دما و گرما

مدرس:مسعود رهنمون

سال تحصیلی۹۶-۹۵

– چرا آب مایع مناسبی برای خنک کردن موتور اتومبیل است؟
– چرا با پوشیدن لباس های خیس یا نیمه خشک احساس‌سرما می کنیم؟
– چرا باز کردن درب فلزی یک ظرف شیشه ای، پس ازریختن آب گرم روی آن راحت تر انجام می شود؟
– چه عاملی باعث جریان هوای گرم بخاری در اتاق می شود؟
– چرا با باز کردن درب یخچال، هوای سرد از پایین آن به‌طرف بیرون جریان می یابد؟
– چرا بهتر است در پشت شوفاژ یک ورقه ی برق آلومینیومی چسبانده شود؟
– چرا در تابستان، فشار هوای لاستیک اتومبیل ها را کم‌و در زمستان زیاد می کنند؟
– چرا در شبهای سرد زمستان باغهای میوه را با آب اسپری می کنند؟ و.....

اینها نمونه ای از سوالاتی هستند که پس از مطالعه این فصل می توانیم به پاسخ آنها برسیم

انرژی درونی(*internal energy*) :

به مجموع :انرژی‌های جنبشی و پتانسیل همه ذرات درون جسم انرژی درونی آن جسم می‌گویند.
۱ــ افزایش انرژی درونی هر جسم غالبا به صورت افزایش دمای آن جسم ظاهر می شود.
۲ــ انرژی درونی هر جسم، مجموع انرژی های ذره های‌تشکیل دهنده ی آن است.
۳ــ دمای هر جسم با انرژی جنبشی متوسط مولکول های‌سازنده ی آن متناسب است.

دما(temperature):

معیاری است نسبی و مقایسه‌ای که میزان گرمی یا سردی جسم را مشخص می‌کند . می‌توان نشان داد که دما به حرکت نامنظم مولکول ها و اتم‌های جسم مربوط است . به عبارت دقیق تر، دما معیاری است از » میانگین انرژی جنبشی انتقالی به ازای هر مولکول یا اتم در ماده.

برای اندازه گیری دما لازم است مقیاس دمایی داشته باشیم و برای این کار می توانیم از هر مشخصه قابل اندازه . .گیری بهره بگیریم که با گرمی و سردی جسم تغییر می کند. به این ویژگی، اصطلاحا کمّیت دماسنجی می گویند تغییر کمّیت دماسنجی، اساس کار دماسنج هاست. ساده ترین و رایج ترین نوع دماسنج، دماسنج های جیوه ای و الکلی است . در این دماسنج ها، کمّیت دماسنجی، ارتفاع مایع درون لوله دماسنج است؛ زیرا به جز چند مورد استثنا تمام مواد با افزایش دما، منبسط و با کاهش آن منقبض می شوند

پرسش: کدام‌یک انرژی درونی بیشتری دارد : یک کوه یخ یا یک فنجان چای داغ؟ توضیح دهید.
پرسش: کدام: یک در دما مؤثرند: انرژی جنبشی انتقالی، انرژی جنبشی دورانی، انرژی جنبشی ارتعاشی، انرژی پتانسیل و یا همه آنها؟

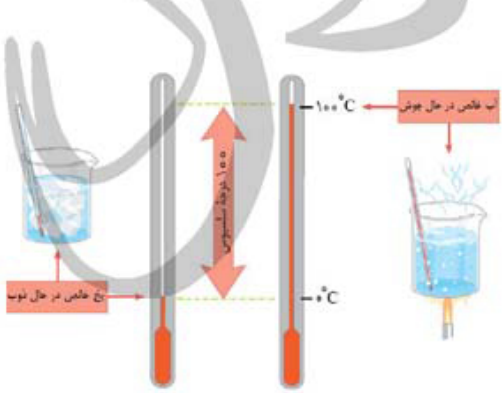
پرسش: آیا انتظار دارید دمای آب در زیر آبشار نیاگارا اندکی بیش از بالای آن باشد ؟ چرا ؟

یکاهای دما(temperature units):

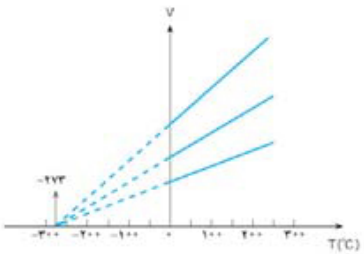
مهم‌ترین یکاهای دما یا مقیاس‌های دماسنجی ، درجه سانتی‌گراد)سلسیوس(و کلوین هستند. از یکاهای دیگر مانند فارنهایت در برخی از کشورها در زندگی روزمره استفاده می‌شود ولی در کارهای علمی کاربرد ندارد یکاهایی مانند رئومور و رنکین نیز هستند که امروزه مورد استفادهای برای آنها وجود ندارد

مقیاس سلسیوس(*Celsius scale*) :

در این مقیاس نقطه ثابت پایینی را دمای یخ در حال ذوب در فشار استاندارد)یک اتمسفر(انتخاب می‌کنند و به آن عدد صفر نسبت می‌دهند . همچنین نقطه ثابت بالایی را دمای آب خالص در حال جوش در فشار استاندارد(یک اتمسفر) گرفته و به آن عدد ۱۰۰ نسبت می دهند . بین این دو نقطه را به صد قسمت مساوی تقسیم کرده و هر قسمت را یک درجه سانتی‌گراد یا سلسیوس(°C) می‌نامند. این درجه‌بندی را با همان مقیاس به زیر صفر و بالای صد نیز ادامه می‌دهند. دماهای زیر صفر را با عددهای منفی نمایش می‌دهند. برای نشان دادن دما برحسب درجه سلسیوس از نماد (θ) استفاده می‌کنند.



صفرمطلق(***absolute zero***) : پایین ترین دمای ممکنی که ماده می‌تواند داشته باشد، دمایی که در آن مولکول های جسم کمترین انرژی جنبشی را دارند و انرژی درونی ماده نیز به کمترین مقدار خود می‌رسد، صفر مطلق نامیده می‌شود . محاسبه نشان می دهد که صفر مطلق در دمای ۲۷۳/۱۵℃ - درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد. مطالعه مطلب زیر شما را د ر فهم این که دانشمند ان چگو نه به ای ن عدد رسیده اند، کمک می‌کند: دو دانشمند به نام های شارل و گیلوسا ک تأثیر دمابر حجم گاز را بررسی کردند. آنها بر ای این کار در فشار ثابت دما ی گاز رابرحسب تغییر دادند و حجم آن را اندازه گرفتند. نمودار حجم برحسب دما خط راستی بود که از مبداء نمی‌گذشت، اما امتداد آن ، محور دما را در دمای ℃ ۲۷۳/۱۵ - قطع می‌کرد.



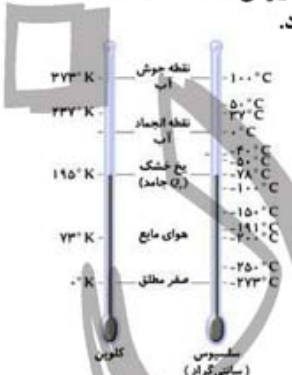
مقیاس کلوین(***Kelvin scale***) :

در مقیا س‌کلوین‌که آن را مقیاس مطلق نیز می‌نامند، دمای صفر مطلق را برابر صفر می‌گیرند و تقسیم‌بندی را به سمت دما های با لاتر به همان صو رت مقیاس سلسیوس ادامه می دهند. بنابراین ا ندازه هر درجه کلوین با اندازه هر درجه سلسیوس برا بر است . در مقیا س کلوین دمای منفی وجود ندارد. دمای مطلق مقیاس کلوین‌را با نماد T نشان می‌دهند.

$$\Delta\theta = \Delta T$$

$$\theta = T - ۲۷۳ \quad و \quad T = \theta + ۲۷۳$$

۱ــ در این مقیاس با دماهای منفی سر و کار نداریم.
۲ــ حد پایین دما در این مقیاس صفر کلوین یا صفر مطلق نامیده می شود، که برابر $-۲۷۳/۱۵^{\circ}C$ است و این دما به طورتجربی غیر قابل دسترس است.
۳ــ تغییر دمای یک جسم برحسب کلوین (ΔT) برابر تغییردمای آن جسم برحسب درجه ی سلسیوس ($\Delta\theta$) است.
۴ــ برای تبدیل دما از مقیاس سلسیوس به کلوین از رابطه ی $T(K)=(\theta^{\circ}C)+۲۷۳$ استفاده می شود.
۵ــ هنگام گفتن و یا نوشتن دمایی برحسب کلوین نیازی به‌گفتن یا نوشتن علامت درجه نیست.



مثال:
کدامیک از دماهای زیر معادل یکدیگرند؟

الف) $۰^{\circ}C$ و $۲۷۳\,K-$

ب) $۰^{\circ}C$ و $۲۷۳\,K$

ج) $۱۰۰^{\circ}C$ و $۱۷۳\,K$

د) $-۱۰۰^{\circ}C$ و $۳۷۳\,K$

مثال دمای: جسمی اگر برحسب کلوین بیان شود، چهار برابر عـددی است که برحسب درجه سلسیوس بیان می‌شود. دمای جسم چند کلوین و چند درجه سلسیوس است؟

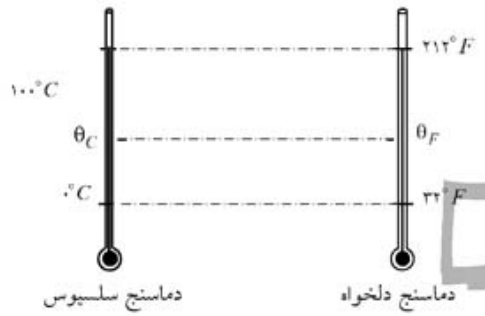
مثال حل شده: نشان دهید که اختلاف بین دو دما در مقیاس های سلسیوس و کلوین با هم برابر است.

$$\Delta T = T_۲ - T_۱ = (\theta_۲ + ۲۷۳) - (\theta_۱ + ۲۷۳) = \theta_۲ - \theta_۱ = \Delta T = \Delta\theta$$

مقیاس فارنهایت(Fahrenheit s cale):

در این مقیاس،نقطه ثابت پایینی دمای مخلو ط یخ و نشادر و نقطه ثابت بالایی، دمای بدن انسان سالم تعیین و به آنها به ترتیب اعداد ۰ و۱۰۰ نسبت داده شد ه است. چون در مقیا س فارنهایت، نقطه ذوب یخ د ر فشار استاندارد، ۲۳°F و نقطه جوش آ ب د ر همان فشار ۲۱۲°F است،۱۰۰ درج ه سلسیوس با۱۸۰ درجه فارنهایت متناظر است. در نتیجه رابط ه تبدیل این دو مقیاس دماسنجی به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\theta_C = \frac{۵}{۹}(\theta_F - ۳۲) \quad و \quad \theta_F = ۳۲ + \frac{۹}{۵}\theta_C$$



$$\Delta\theta_C = ۱/۸\Delta\theta_F$$

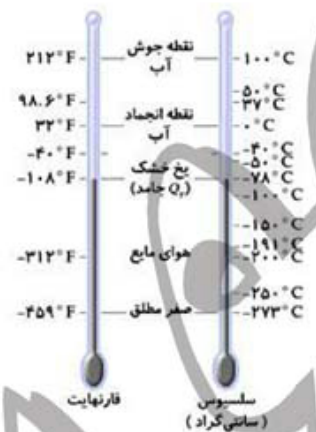
$$\theta_C = \frac{۵}{۹}(\theta_F - ۳۲) \quad و \quad \theta_F = ۳۲ + \frac{۹}{۵}\theta_C$$

مثال:

۱- هر درجه فارنهایت معادل چند درجه سلسیوس است؟
۲- اگر دمای محیطی ۲۷۸ کلوین باشد، دماسنج فارنهایت این دمارا چند درجه نشان می دهد؟
۳- کدام یک بزرگ تر است: افـزایش دمـای ۱ درجـه سلسـیوس؟ افزایش دمای۱ درجه فارنهایت؟ یا افزایش دمای۱ درجه کلوین؟
۴- دمای جسمی اگر برحسب کلوین بیان شود، چهار برابر عـددی است که برحسب درجه سلسیوس بیان می شود. دمای جسم چند کلوین و چند درجه سلسیوس است؟
۵- اگر تغییرات دمای هوای شهر تبریز در طـول سـال گذشـته ۵۴ درجه سلسیوس باشد، دمای هوای این شهر در طول سـال گذشـته، چنـد درجه کلوین و چند درجه فارنهایت تغییر کرده است؟

مثال:

دمای ذوب یخ ۰ °C ،دمای جوش آب ۱۰۰ °Cو دمای بدن انسان سالم، ۳۷ °C است. هر یک از این دماها برابر چند کلوین و چند درجه فارنهایت است؟

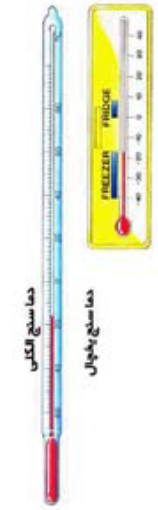


دماسنج(thermometer):

دماسنج ها ابزاری هستند که برای اندازه گیری دما مورد استفاده قرار می گیرند. دماسنج ها بر اساس خواص متفاوتی کار می کنند. هر کدام از این خواص را یک »کمیت دماسنجی« می نامند: مانند حجم یا ارتفاع یک مایع‌در دماسنج های معمولی، فشار یک گاز در حجم ثابت و یا حجم یک گاز در فشار ثابت‌در دماسنج گازی، مقاومت الکتریکی یک سیم در دماسنج مقاومتی، جریان الکتریکی در یک اتصال دوفلزی در دماسنج های ترموکوپل، رنگ نور رشته یک لامپ در تَف سنج ها و .....

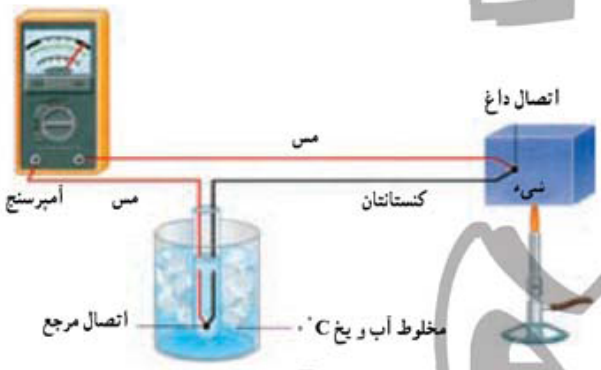
دماسنج های انبساطی(expansionthermometers) :

مهم ترین گروه این نوع دماسنج ها، دماسنج های جیوه ای و الکلی هستند. این دماسنج ها هم ساختار ساده ای دارند و هم دما را با دقت خوبی اندازه می گیرند. دماسنج انبساطی از یک لوله باریک با مخزنی به شکل کره یا استوانه تشکیل شده است که درون آن با مایع مناسبی به نام مایع دماسنجی مثل جیوه یا الکل پر شده است. این مایع در اثر گرما منبسط شده و سطح آن درون لوله بالا می رود. ارتفاع مایع درون لوله، با یک درجه بندی مناسب، نشان دهنده دمای آن است. جداره مخزن دماسنج را معمولاً بسیار نازک می سازند تا تبادل گرما بین مایع دماسنجی با محیط بیرون به آسانی و به سرعت انجام شود.می توان توضیح داد که هر چه لوله دماسنج باریک تر، ضخامت دیواره مخزن آن نازک تر و حجم مخزن و مایع درون دماسنج بیشتر باشد، دماسنج دقیق تر است.چرا؟



پرسش: چرا جیوه مایع مناسبی برای دماسنجی است؟

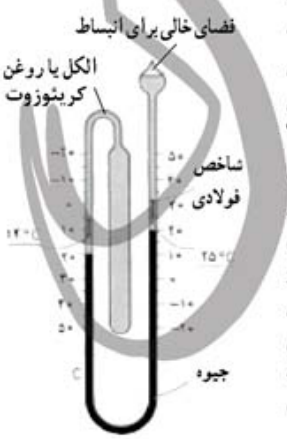
دماسنج ترموکوپل(*thermocouple thermometer*):



دماسنجی است که برمبنای پدیده ترموالکتریک کار می کند. طبق این پدیده، اگر دو سر دو سیم نازک غیر هم جنس مثلاً مس و آهن را به یکدیگر وصل کنیم و دو انتهای دیگر را به یک میلی آمپرسنج ببندیم، با گرم کردن نقطه مشترک دو سیم، در مدار جریان الکتریکی به وجود می آید که اندازه آن غیر از مقاومت مدار و جنس سیم ها به دمای انتهای مشترک آن ها بستگی دارد. برای اندازه گیری دقیق تر دما می توان دو میله فلزی غیرهم جنس را از یک سر به هم جوش داد و یک انتهای مجموعه را به یک دمای ثابت‌مثلاً دمای صفر درجه مخلوط آب و یخ در حال تعادل و انتهای دیگر را به دمای مجهول مورد نظر وصل کرد

گسترهٔ دماسنجی یک ترموکوپل می تواند از صفر تا حدود ۱۶۰۰C باشد. مزیت ترموکوپل در این است که به خاطر جرم کوچک، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه گیری می شود به حال تعادل گرمایی می رسد ودر مدارات الکتریکی به کار رود

دماسنج فرینه(*max-min thermometer*) :



این دماسنج از یک لوله شیشه ای U شکل ساخته شده که دو انتهای آن مسدود و قسمت پایینی آن با جیوه پر شده است. قسمت بالایی لوله در طرف چپ به طور کامل و در سمت راست تا نیمه از الکل پر شده است. نیمه دیگر این قسمت محتوی نوعی گاز است. در بالاترین سطح جیوه و در داخل الکل در هر دو ستون شاخص های فولادی قرار دارند که با اندکی اصطکاک با جداره داخلی لوله تماس دارند اما می توانند در اثر نیروی رانش جیوه به سمت بالا بلغزند. از این دماسنج برای اندازه گیری حداکثر و حداقل دما در یک شبانه روز استفاده می شود. با گرم شدن هوا، الکل موجود در شاخه سمت چپ منبسط شده و سطح جیوه را در شاخه سمت چپ پایین و در شاخه سمت راست بالا می برد و نشانه فولادی نیز با آن بالا می رود. برعکس، با کاهش دما، الکل منقبض شده و سطح جیوه در شاخه سمت چپ بالا آمده و نشانه فولادی را بالا می آورد. انقباض الکل، سطح جیوه در شاخه سمت راست را پایین می آورد اما نشانه فولادی در لوله سمت راست به علت وجود کمی اصطکاک، در جای خود باقی می ماند. با گرم شده دوباره هوا، سطح جیوه در شاخه سمت چپ پایین می آید ولی نشانه فولادی در اینجا نیز در جای خود باقی می ماند. بنابراین محل نشانه فولادی در شاخه سمت راست، بیشینه دما و در شاخه سمت چپ کمینه دما را نشان می دهد. اگر برای یک شبانه روز دیگر بخواهیم از این دماسنج استفاده کنیم باید نشانه های فولادی را با آهن ربا به سطح جیوه برگردانیم.

انبساط گرمایی:

معمولاً برای آنکه درِ فلزی محکم یک ظرف شیشه ای را باز کنیم روی آن آب داغ می ریزیم. وقتی دو لیوان شیشه ای در هم گیر کرده باشند می توانیم با ریختن آب سرد در لیوان داخلی و گذاشتن لیوان بیرونی در آب گرم، دو لیوان را از هم جدا کنیم. وقتی دندانپزشک سوراخ دندانی را پُر می کند باید ماده پُرکننده همان مشخصه های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد، چرا که در غیر این صورت خوردن یک بستنی سرد و در پی آن نوشیدن چایی داغ بسیار دردناک خواهد بود.

تغییرابعاد یا انبساط گرمایی(*thermal expansion*):

با افزایش دمای بیشتر مواد، مولکول ها و ذرات آن ماده به طور میانگین سریع تر حرکت می کنند و فاصله آنها از یکدیگر نیزبیشترمی‌شود.این‌پدیده‌انبساط‌گرمایی‌نامیده‌می شود. میزان انبساط اجسام را با عددی به نام ضریب انبساط نشان می دهند. هر چه این عدد بزرگتر باشد، آن ماده در اثر افزایش دمای معین، بیشتر منبسط می شود. برخی اجسام مانند آب (آن هم در یک محدوده دمایی خاص) از این امر مستثنی هستند. یعنی در اثر افزایش دما، حجم شان کاهش می یابد. در این جزوه و نیز در کتاب درسی از بررسی این قبیل موارد استثناء چشم پوشی شده است. انبساط را در سه حالت انبساط طولی، سطحی و حجمی می توان مشاهده کرد:

انبساط خطی(linear expansion):

در مورد اجسام میله ای شکل، که طول شان در مقایسه با ضخامت شان به مراتب بیشتر است، انبساط خطی‌که انبساط طولی نیز نامیده می شود بیشتر به چشم می خورد. در این حالت اگر طول اولیه جسم را با l_1 و طول نهایی آن را با l_2 و دمای اولیه آن را با θ_1 و دمای نهایی آن را با θ_2 نشان دهیم، داریم:

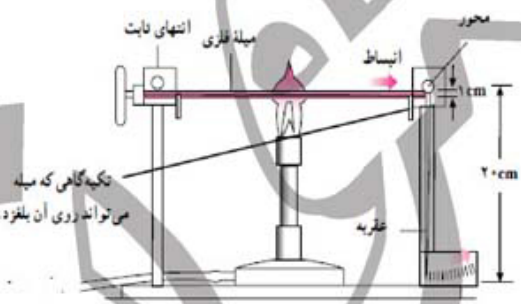
$$\Delta l = \alpha\, l_1\, \Delta T$$

در این رابطه $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ تغییرات دمای جسم بر حسب درجه‌سلسیوس است که اندازه آن با $\Delta T = T_2 - T_1$ برحسب درجه کلوین برابر است. همینطور $L_2 = L_1 + \Delta L$ تغییرات طول جسم برحسب متر می باشد. α نیز مقدار ثابتی است که ضریب انبساط طولی نامیده می شودو اندازه آن به جنس جسم بستگی دارد. بنابراین:

$$l_2 = l_1\left(1 + \alpha\,\Delta T\right)$$

ضریب انبساط خطی:

بنا به تعریف افزایش طول یکای طول ماده جامد را به ازای افزایش دمای یک درجه سلسیوس) یا کلوین(ضریب انبساط خطی می نامند. یکای ضریب انبساط خطی در سیستم بین المللی یکاها، بر درجه سلیوس $\frac{1}{^{o}C}$ یا بردرجه کلوین $\frac{1}{K}$ است.



مثال حل شده:

۱- اختلاف طول یک پل بتنی به طول ۵۰ متر، از یک روز زمستانی با دمای۱۵ - درجه تا یک روز تابستانی با دمای ۳۵ درجه ی سلسیوس چند سانتی متر است؟

پاسخ:

$$\Delta l = \alpha\, l_1\, \Delta T = 1/1 \times 10^{-5} \times 50 \times \left(35 - \left(-15\right)\right) = 0/027\text{۵}m = 2/7\text{۵}cm$$

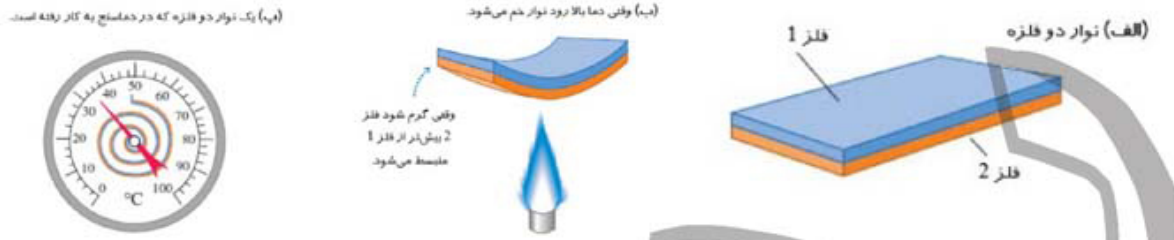
۲-پلی بتونی را با طول۲۰۰ متردر نظر بگیرید. افزایش طول این پل هنگامی که دمای آن ۵۰درجه سلسیوس زیاد شود چند سانتی متر است؟

پاسخ : $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = (12\times10^{-6})(200)(50) = 12\times10^{-2}m = 12cm$

اگر در ساختمان این پل فضای لازم برای انبساط طولی پیش بینی نشده باشد، چنین انبساطی می تواند باعث تخریب پل شود.

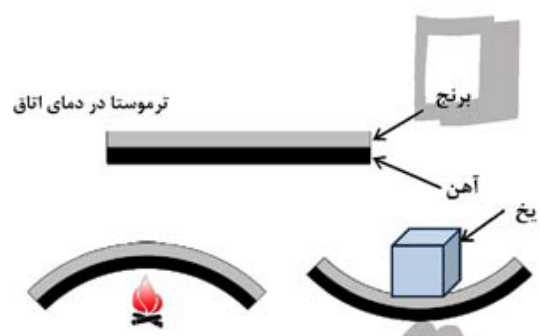
آشنایی با دماسنج نواری دو فلزه :

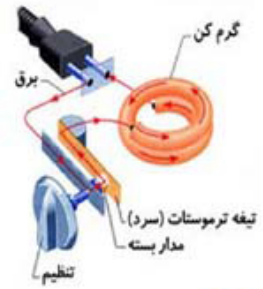
در نوعی دماسنج ، از نوار دو فلزه استفاده می شود که با بستن نوارهایی از دو فلز مختلف به هم تشکیل می شود (شکل الف). وقتی دمای این نوار ترکیبی افزایش یابد ، یک فلز بیش از دیگری منبسط می شود و نوار خم می گردد (شکل ب). این نوار معمولا به شکل مارپیچ درآورده می شود که انتهای خارجی آن به جعبه ی دماسنج بسته شده و انتهای داخل به عقربه ای متصل می شود شکل(پ). عقربه در واکنش به تغییرات دما می چرخد.



ترموستات (دماپا):

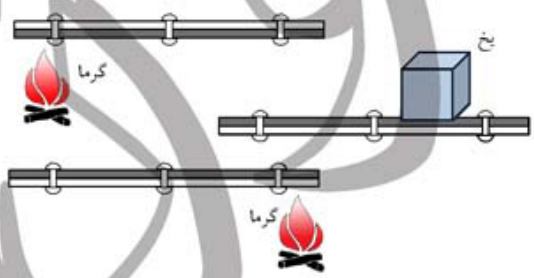
همان طور که در شکل دیده می شود، برنج که ضریب انبساط بیشتری نسبت به آهن دارد، هنگام گرم شدن بیشتر از آهن منبسط و هنگام سرد شدن هم بیشتر منقبض می شود. از این خاصیت نوار دو فلزه در ساخت وسیله ای به نام «ترموستا» یا دماپا(tatsomreht) استفاده می شود: خم شدن پیچه دو فلزه به جلو و عقب، مداری الکتریکی را خاموش و روشن می کند. از ترموستاهای دو فلزه در اجاق های فردار، تستر نان، آبگرمکن های گازی، ساسات اتومبیل و ... برای چرخش عقربه، تنظیم دریچه و یا خاموش کردن کلید استفاده می شود.



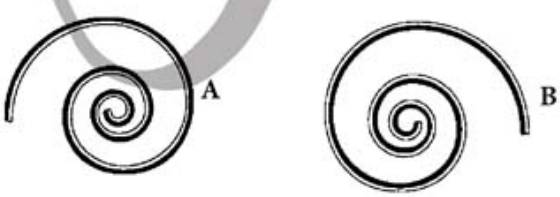


پرسش:

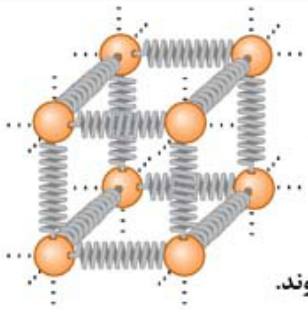
۱- در هر یک از شکل های زیر توضیح دهید، میله دوفلزه به کدام سمت خم می شود؟ در هر مورد فلز با رنگ تیره ضریب انبساط خطی بیشتری دارد.



۲- در شکل های زیر، اگر فلز با رنگ تیره ضریب انبساط بیشتری داشته باشد، با افزایش دما چه اتفاقی برای هر کدام از دو نوار دوفلزه مارپیچی شکل زیر می افتد؟ با کاهش دما چطور؟



۳- آیا می توانید با توجه به مفهوم انبساط گرمایی در فلزات و سازوکار نوار دو فلزه، یک دماسنج طراحی کنید؟



انبساط گرمایی از دیدگاه مولکولی نیز قابل درک است. نیروهای بین اتمی در جامدها مثل فنر عمل می کنند هر اتم در اطراف مکان تعادل خود نوسان می کند و با افزایش دما بر انرژی و دامنه نوسان اتم ها افزوده می شود. در این حالت فاصله متوسط اتم ها از یکدیگر افزایش می یابد و در نتیجه جسم انبساط می یابد.

انبساط سطحی(*surface expansion*):

اجسامی به شکل ورقه و صفحه در اثر افزایش دما بیشتر به صورت سطحی منبسط می شوند.

ضریب انبساط سطحی(surface coefficient of expansion) :

بنا به تعریف، افزایش سطح یکای سطح ماده جامد را به ازای افزایش دمای یک درجه سلسیوس یا کلوین ضریب انبساط سطحی می نامند. یکای ضریب انبساط سطحی نیز در SI ، بردرجه سلسیوس $\frac{1}{^oC}$ یا بر کلوین $^oK^{-1}$ است.

ضریب انبساط سطحی یک جسم تقریباً دو برابر ضریب انبساط طولی آن است. اگر سطح اولیه جسم را با A_1 و سطح نهایی آن را با A_2 و دمای اولیه آن را با θ_1 و دمای نهایی آن را با θ_2 نشان دهیم، با تقریب خوبی خواهیم داشت:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta\theta \qquad A_2 = A_1\left(1 + 2\alpha\,\Delta T\right)$$

مثال:

شکل های الف و ب نشان می دهند که وقتی روی یک صفحه فلزی حفره ای دایره ای داشته باشیم و صفحه را گرم کنیم، قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می شود. نشان دهید که اگر چنین صفحه ای را گرم کنیم، افزایش مساحت حفره ازرابطه $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$ به دست می آید.

هرچند که این را می توان به طور شهودی از خود رابطه $\Delta A=2\alpha A\Delta T$ دریافت، ولی در اینجا راه حلی ریاضی برای آن ارائه می شود:

$$\Delta A = \Delta(\pi R^2) = 2\pi R\Delta R = 2\pi R\,(\alpha R\Delta T) = 2\alpha(\pi R^2)\Delta T = 2\alpha A\Delta T$$

پرسش: ابعاد زمینی را یک بار در ظهر یک روز گرم تابستان و بار دیگر در صبح یک روز سرد زمستان اندازه گرفته ایم. در کدام روز زمین مساحت بزرگ تری دارد؟! آیا پاسخ شما به روش و یا ابزار اندازه گیری طو ل نیز بستگی دارد؟

مثال :افزایش مساحت ورقه ای مسی به مساحت ۲۵۰۰cm۲ وقتی دمایش ۵۰ C^oبالا رود، چند سانتی متر مربع است؟

$$A_2 = 2\alpha\, A_1 \Delta T = 2(1/7\times 10^{-5})(2500)(50) \simeq 4cm^2$$

مثال:

قطر آینه ی تلسکوپ رصدخانه ی پالومار که از شیشه ی پیرکس است، ۵۰۸ سانتی متر است. گستره ی تغییرات دما در کوه‌پالومار از ۱۰- درجه تا ۵۰ درجه است. ماکزیمم تغییر مساحت آینه را تعیین کنید.

مثال: قطعه آهنی را که درون آن حفره ای وجود دارد به طور یکنواخت گرم می کنیم، قطر حفره چه تغییری می کند؟

به ازای افزایش دمای معین نسبت $\frac{\Delta L}{L1}$ برای هر بعد قطعه وحفره یکسان است پس حفره بدون تغییر شکل بزرگتر می شود

انبساط حجمی(*volume expansion*):

هر جسمی که گرم شود، تنها در یک جهت منبسط نمی شود، بلکه در همه جهات انبساط پیدا می کند. یعنی نه تنها طول، بلکه قطر، ضخامت و در نتیجه حجم اجسام نیز در اثر افزایش دما زیاد می شود.

ضریب انبساط حجمی(volume coefficient of expansion) :

بنا به تعریف افزایش حجم یکای حجم جسم را به ازای افزایش دمای یک درجه سلسیوس یا کلوین ضریب انبساط حجمی می نامند و آن را با β نشان می دهند.یکای ضریب انبساط حجمی نیز در سیستم بین المللی یکاها، بر درجه سلسیوس($\frac{1}{^oC}$) یا بر کلوین($^oK^{-1}$) است. ضریب انبساط حجمی یک جسم جامد همسانگرد تقریباً سه برابر ضریب انبساط طولی آن است:

$$\beta_{جامد} = 3\alpha$$

می توان نشان داد که اگر از مقادیر بسیار کوچک چشم پوشی کنیم، تغییر حجم یک جسم جامد همسانگرد در اثر افزایش دما، از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_2 = V_1\left(1 + 3\alpha\,\Delta T\right) \quad (16) \qquad \Delta V = \beta V_1 \Delta\theta$$

در این رابطه حجم اولیه جسم را با V_1 و حجم نهایی آن را با V_2 و دمای اولیه آن را با θ_1 و دمای نهایی آن را با θ_2 نشان داده ایم.

نکته: اگر درون جامدی، حفره ای وجود داشته باشد، هنگام انبساط، سطح و حجم حفره نیز افزایش می یابد با همان ضریب انبساط سطحی یا حجمی.

انبساط مایعات:(expansion of liquids) :

با توجه به اینکه مایعات شکل خاصی ندارند و تنها حجم آنها قابل محاسبه است، در نتیجه فقط انبساط حجمی آنها را می توانیم محاسبه کنیم. ضریب انبساط حجمی واقعی مایعات را با β نشان می دهیم. در نتیجه:

$$\Delta V = \beta\, V_1\, \Delta T$$

ضریب انبساط حجمی واقعی عبارت است از تغییرات حجم مایعی با حجم اولیه ی یک متر مکعب به ازای یک کلوین تغییرات دما.

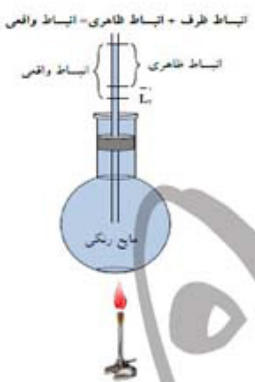
$$V_2 = V_1\left(1 + \beta\,\Delta T\right)$$

مایعات نیز در اثر افزایش دما منبسط می شوند. تنها باید توجه کرد که مایعات همواره درون ظرفی قرار دارند و باید انبساط ظرف محتوی مایع را نیز در نظر گرفت. اگر تغییرات حجم مایع را در ظرف انبساط ظاهری بنامیم، انبساط واقعی را ازرابطه زیر تعیین می کنیم:

انبساط ظرف + انبساط ظاهری= انبساط واقعی

جدول ضریب انبساط حجمی چند مایع

ماده	ضریب انبساط $(\frac{1}{K})$	ماده	ضریب انبساط $(\frac{1}{K})$
جیوه	$0/18 \times 10^{-3}$	اسید استیک	$1/10 \times 10^{-3}$
گلیسیرین	$0/49 \times 10^{-3}$	بنزن	$1/25 \times 10^{-3}$
روغن زیتون	$0/7 \times 10^{-3}$	کلروفرم	$1/27 \times 10^{-3}$
پارافین	$0/76 \times 10^{-3}$	استون	$1/43 \times 10^{-3}$
بنزین	$1/00 \times 10^{-3}$	اتر معمولی	$1/60 \times 10^{-3}$
الکل اتیلیک	$1/09 \times 10^{-3}$	آمونیاک	$2/45 \times 10^{-3}$



مثال: درون یک ظرف آهنی به حجم ۱۰ سانتی متر مکعب، پر از جیوه است. اگر دمای این ظرف را۱۰۰ درجه ی سلسیوس افزایش دهیم، چند سانتی متر مکعب جیوه از درون ظرف بیرون می ریزد؟

پاسخ:

با توجه به اینکه انبساط حجمی مایعات از جامدات بیشتر است، مقداری از جیوه از ظرف بیرون می ریزد. ابتدا انبساط ظرف را حساب می کنیم، سپس انبساط جیوه را حساب می کنیم. تفاضل این دو مقدار، مقدار جیوه ی بیرون ریخته را مشخص می کند.

ظرف:

$$\Delta V = 3\alpha\, V_1\, \Delta T = 3 \times 1/2 \times 10^{-5} \times 10 \times 10^{-6} \times 100 = 3/6 \times 10^{-8}\ m^3$$

$$\Delta V = \beta\, V_1\, \Delta T = 0/18 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-6} \times 100 = 1/8 \times 10^{-7}\ m^3$$

مثال:

$$1/8 \times 10^{-7} - 3/6 \times 10^{-8} = 1/44 \times 10^{-7}\ m^3 = 0/144\,cm^3$$

حجم یک شمش آلومینیومی در دمای $10^\circ C$، برابر $1000\,cm^3$است. اگر دمای شمش را به $100^\circ C$برسانیم چقدر بر حجم آن افزوده می شود؟

$$\beta = 3\alpha = 3 \times 23 \times 10^{-6} = 69 \times 10^{-6}\ \frac{1}{^\circ C}$$

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta\theta = (69 \times 10^{-6})(1000)(100 - 10) = 6\,cm^3$$

پرسش: اگر گاز پیش از عبور از کنتور گرم شود، به نفع شما است یا شرکت گاز؟

دما و چگالی:

با توجه به رابطه چگالی $\rho = m/V$ ، با افزایش دما و به دنبال آن افزایش حجم، چگالی بیشتر مواد کاهش می یابد. ازاین روچگالی اغلب مواد را در دمای۲۵ درجه سلسیوس تعیین می کنند. می توان نشان داد که رابطه چگالی برحسب دما به صورت زیر نوشته می شود:

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1+\beta\Delta\theta}$$

رابطه فوق را می توان اینگونه اثبات کرد که:

$$V_2 = V_1\,(1+\beta\Delta T)$$

بدیهی است، با توجه به اینکه جرم تغییر نمی کند، با افزایش دما، چگالی جسم باید کاهش یابد. ولی شکل آن چگونه است؟ از رابطه $\rho = m/V$ داریم:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{1+\beta\Delta T}$$

به عبارت دیگر

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1+\beta\Delta T}$$

حال صورت و مخرج را در $1-\beta\Delta T$ ضرب می کنیم :

$$\rho_2 = \frac{\rho_1(1-\beta\Delta T)}{(1+\beta\Delta T)(1-\beta\Delta T)} = \frac{\rho_1(1-\beta\Delta T)}{1-\beta^2\Delta T^2}$$

با توجه به اینکه β مقداری کوچک از مرتبه 10^{-3} است می توانیم از جمله $\beta^2\Delta T^2$ چشم پوشی کنیم. در آن صورت خواهیم داشت:

$$\rho_2 = \rho_1(1-\beta\Delta T)$$

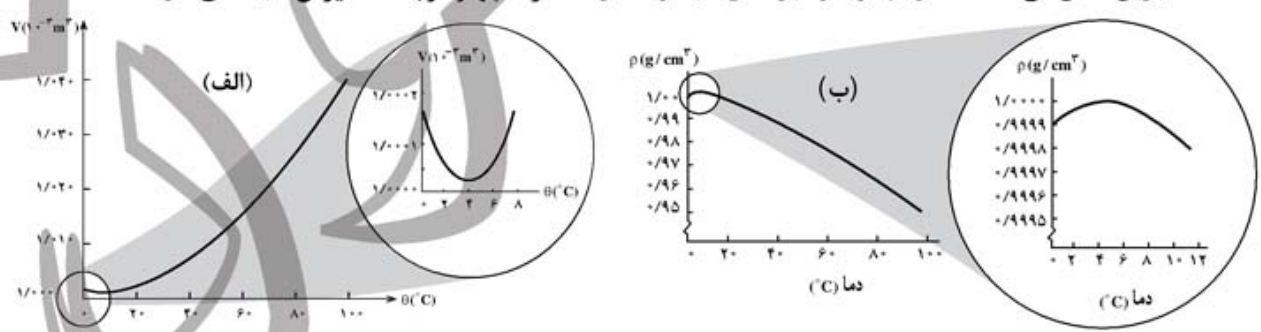
مثال:

هرگاه دمای مایعی دو برابر شود چگالی آن چه تغییری می کند؟ پاسخ با محاسبه

$$\begin{cases}\rho_1 = \dfrac{\rho_0}{1+\beta\theta_1}\\ \rho_2 = \dfrac{\rho_0}{1+\beta\theta_2}\end{cases} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1+\beta\theta_1}{1+\beta\theta_2} \xrightarrow{(\theta_2 = 2\theta_1)} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1+\beta\theta_1}{1+2\beta\theta_1} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1+\beta\theta_1}{2(1+\beta\theta_1)-1} > \frac{1}{2}$$

انبساط غیرعادی آب:

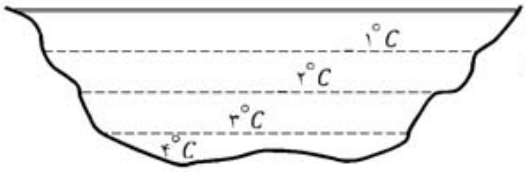
حجم بیشتر مایع ها با کم شدن دما کاهش و در نتیجه چگالی آنها، افزایش می یابد. ولی رفتار آب در محدوده دمایی صفر تا چهار درجه سلسیوس متفاوت است. یعنی در این محدوده با کاهش دما، حجم آب افزایش و در نتیجه چگالی آن کاهش می یابد. شکل های الف و ب به ترتیب نمودار حجم برحسب دما و نمودار چگالی برحسب دما را برای آب شیرین نشان می دهد که در آنها رفتار غیرعادی آب در محدوده صفر تا چهار درجه سلسیوس دیده می شود.



رفتار شگفت انگیز آب را می توان با ساختار غیرعادی شبکه بلوری یخ توضیح داد. می دانیم حجم اشغال شده با آرایش منظم مولکول ها در مقایسه با حجم اشغال شده با آرایش نامنظم همان مولکول ها کمتر است. مولکول های آب در بلور یخ طوری آرایش یافته اند که در بعضی نواحی، مولکول ها خیلی به هم نزدیک اند در حالی که در نواحی دیگر بین آنها فضای خالی وجود دارد . وقتی آب از بلور یخ به حالت مایع تبدیل می شود، برخلاف سایر اجسام، آرایش مولکول های آن یکنواخت تر می شود. یعنی فاصله بین مولکول هایی که خیلی به هم نزدیک بودند افزایش می یابد در حالی که فاصله بین مولکول هایی که فضای خالی میان آنها وجود داشت کم می شود و در نتیجه حجم اشغال شده کاهش می یابد. در محدوده دماهای ۰°C تا ۴°C بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز در آب وجود دارد و موجب رفتار غیرعادی آب می شود.

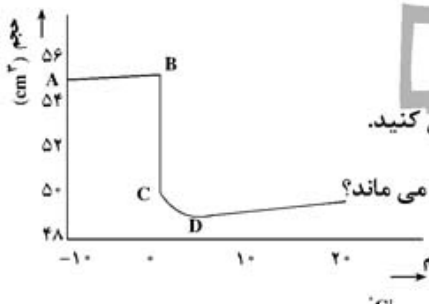
اثر رفتار غیرعادی آب بر محیط زیست:

انبساط غیرعادی آب در بازه دمایی صفر تا ۴ درجه سلسیوس، سبب می شود که دریاچه ها به جای آن که از پایین به بالا منجمد شوند، از بالا به پایین یخ بزنند. وقتی آب سطح دریاچه ای مثلاً از ۱۰ درجه سانتی گراد تا نقطه انجماد سرد می شود، درست زمانی که دمای آب های سطحی به$4^{\circ}C$ می رسد، این آب ها چگال تر از لایه های زیرین خود شده و به زیر دریاچه فرو می روند؛ ولی در دماهای پایین تر از$4^{\circ}C$، سرد شدن بیشتر موجب می شود که آب سطح نسبت به آبهای زیرین خود سبک تر شود، طوری که روی آب می ماند تا این که یخ بزند. در همین حال دمای آب در لایه های زیرین بیشتر از صفر درجه باقی مانده و زندگی آبزیان ادامه می یابد. افزون بر این، وجود لایه یخ در سطح دریاچه مانند یک عایق گرمایی عمل می کند و مانع سردشدن آب عمق دریاچه می شود



مثال:

نمودار مقابل تغییرات حجم بر حسب دما را برای قطعه یخی که از دمای $-10^{\circ}C$ به دمای $20^{\circ}C$ می رسد نشان می دهد.



الف) تغییر حجم را در هر یک از قسمت های مختلف نمودار بررسی کنید.

ب) درباره ی چگالی آب در نقطه ی D چه می توان گفت؟

پ) با توجه به نمودار توضیح دهید چرا یخ روی آب به حالت شناور می ماند؟

پاسخ:

الف) در قسمت AB تغییر حجم اندکی افزایش، در قسمت BC کاهش چشم گیر حجم، در قسمت CD کاهش‌ملایم حجم، در قسمت D به بعد افزایش ملایم حجم.

ب) بیش ترین چگالی را دارد چون حجم آن کمینه است.

پ) چون چگالی یخ نسبت به آب کم تر است.

مثال: فرض کنید در دماسنج به جای جیوه آب ریخته شده باشد. وقتی که دما ..... تغییر کند، سطح آب در دماسنج بالا می رود؟

الف) از $4^{\circ}C$ تا $3^{\circ}C$ **ب) از $4^{\circ}C$ تا $5^{\circ}C$** **ج) از $3^{\circ}C$ تا $1^{\circ}C$** **د) در هر سه حالت فوق!**

گرما(*heat*) :

گرما انرژیی است که فقط به علت اختلاف دما بین دو جسم که باهم در تماس اند، مبادله می شود. اگر دو جسم همدما باشند، گرمایی مبادله نمی شود و می گوییم آنها در تعادل گرمایی اند. در این حالت دمای مشترک دو جسم را دمای تعادل می نامند. انرژی گرمایی همواره، به طور خود به خود از جسمی که دمای بیشتری دارد به جسمی که دمای آن کمتر است، منتقل می شود.

چشمه گرما(heat sourse) :

جسمی است که تغییر دمای آن در اثر تبادل گرما قابل ملاحظه نیست. یعنی اگر گرما بگیرد یا از دست بدهد، دمای آن تقریباً ثابت باقی می ماند. به عنوان مثال، آب یک استخر در مقایسه با یک لیوان آب داغ که در تماس با آن است، چشمه)منبع(گرما محسوب می شود. همین طور مخلوط آب و یخ موجود در یک ظرف نسبتاً بزرگ را می توان به عنوان چشمه گرما در نظر گرفت.

گرمای مثبت، گرمای منفی، گرمای صفر:

بنابه قرارداد، گرمای داده شده به جسم را مثبت و گرمای گرفته شده از آن را منفی درنظر خواهیم گرفت. در دو حالت نیز گرمای مبادله شده بین جسم و محیط را صفر درنظر خواهیم گرفت: وقتی که دستگاه به طور کامل »عایق بندی« شده و از محیط خارج ایزوله شده باشد، و زمانی که فرآیند به قدری »سریع« رخ دهد که گرما فرصت انتقال نیابد.

یکای گرما: یکای گرما در سیستم بین المللی واحدها، ژول(J) است. همچنین، گرما در سیستم های دیگر، برحسب یکایی به نام کالری(cal) سنجیده می شود.ارتباط این دو واحد با یکدیگر به صورت زیر است:

$$۱\,cal = ۴/۱۸\,J$$

آثار گرما(***thermal effects***) :

به طور کلی گرما دارای دو دسته اثر متفاوت است: الف) تغییر خواص فیزیکی ب) تغییر خواص شیمیایی
تغییر خواص شیمیایی بیشتر شامل فعل و انفعالات شیمیایی است و در حیطه تغییر خواص فیزیکی، با سه اثر مهم زیر سروکار داریم:۱. تغییر دما ۲. تغییر فاز(حالت) ۳. تغییر ابعاد(انبساط)

تغییر دما:

گرمای داده شده به یک جسم معمولاً دمای آن را افزایش می دهد. تنها در پاره ای شرایط ویژه ممکن است که »جسمی« علیرغم دادن یا گرفتن گرما، دمایش را ثابت نگه دارد. این قبیل حالت ها را تحت عنوان فرآیندهای هم دما در سال بعد بررسی خواهیم کرد.

گرمای ویژه(specific heat) :

مقدار گرمای لازم، برای آنکه دمای یک کیلوگرم از جسمی را بدون تغییر حالت به اندازه یک درجه‌سلسیوس تغییر دهد، گرمای ویژه آن جسم نامیده می شود. گرمای ویژه هر جسم به جنس آن جسم بستگی دارد. گرمای ویژه را با c نشان می دهند و یکای آن در SI برابر J/kg C است.

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_۲ - \theta_۱)$$

پرسش

۱- اگر جرم جسمی را دو برابر و دمای آن را سه برابر کنیم،گرمای ویژه آن چند برابر می شود؟

۲- : الف) ماده ای که به سرعت گرم می شود، گرمای ویژه زیادی دارد یا کم؟ب) ماده ای که به سرعت خنک می شود، چطور؟ توضیح دهید.

۳- : معنای این جمله چیست؟ »هر چه گرمای ویژه جسمی بیشتر باشد، قابلیت ذخیره انرژی گرمایی در آن جسم بیشتر است«.

الف) برآورد گرما در اثر تغییر دما:

مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای معین در جرم یکسان از اجسام مختلف، یکسان نیست. نسبت گرمای (Q) داده شده به یک جسم بر افزایش دمای آن (ΔT) را ظرفیت گرمایی (C) آن جسم می‌نامند. یعنی:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

ظرفیت گرمایی یکای جرم جسم، که گرمای ویژه نامیده می‌شود، مشخصه‌ی جنس ماده‌ی تشکیل دهنده جسم است:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\Delta T}$$

گرمایی که باید به جسمی به جرم m که گرمای ویژه‌ی آن c است داده شود تا دمای آن از $T_۱$ به $T_۲$ برسد، عبارت است از:

$$Q = mc(T_۲ - T_۱)$$

در رابطه اخیر m برحسب (kg)، Q برحسب (J)، ΔT برحسب (k) و c برحسب $(\frac{J}{kg.k})$ است.

براساس رابطه‌ی بالا می‌توان گفت گرمای ویژه در واقع مقدار گرمایی است که باید به ۱ کیلو گرم جسم داده شود تا دمای آن ۱k($۱^\circ C$) افزایش یابد.

چون داریم $\Delta T = \Delta\theta$ میتوان رابطه فوق را به صورت زیر نیز نوشت:

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_۲ - \theta_۱)$$

تذکر :هرگاه بخواهیم دویا چند ماده را با یکدیگر مقایسه کنیم خواهیم داشت:

$$\frac{Q_۲}{Q_۱} = \frac{m_۲}{m_۱} \times \frac{c_۲}{c_۱} \times \frac{\Delta\theta_۲}{\Delta\theta_۱}$$

اگر دمای جسم در اثر مبادله گرما بالا رود $\theta_۱ < \theta_۲$ و $\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ > ۰$ و رابطه $Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_۲ - \theta_۱)$ مقدار مثبتی برای Qبه دست می دهد($Q>۰$)

در حالی که اگر دمای جسم با مبادله گرما کاهش یابد، $\theta_۱ > \theta_۲$ و $\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ < ۰$، و مقداری که برای Qبه دست می آید منفی خواهد بود .)$Q < ۰$(پس می توان گفت که علامت Q در رابطه مشخص می کند که جسم گرما گرفته است $Q > ۰$یا گرما داده است ($Q < ۰$)از این پس همواره گرما برای جسمی که گرما را می گیرد مثبت و برای جسمی که گرما را از دست می دهد منفی در نظر گرفته می شود.

مثال حل شده :

اگر از ۴ کیلوگرم آب با دمای ۱۰۰ درجه ی سلسیوس، ۴۲۰۰۰۰ ژول گرما گرفته شود، دمای آن به چند درجه ی سلسیوس خواهد رسید؟ گرمای ویژه ی آب برابر است با۴۲۰۰ ژول بر کیلوگرم کلوین .

$$Q = m\,c\,\Delta T \Longrightarrow -۴۲۰۰۰۰ = ۴ \times ۴۲۰۰ \times \Delta T \Longrightarrow \Delta T = -۲۵K = -۲۵°C$$

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ \Longrightarrow -۲۵ = \theta_۲ - ۱۰۰ \Longrightarrow \theta_۲ = ۷۵°C$$

مثال حل شده:

یک قطعه ۱۰۰گرمی از مس را که دمای آن $۹۰^{\circ}C$است در یک ظرف آب سرد می اندازیم، دمای تعادل به $۲۴^{\circ}C$ می رسد. گرمای Q را برای مس حساب کنید

$\theta_۲ = ۲۴°C \;،\; \theta_۱ = ۹۰°C \;،\; m = ۱۰۰g = ۰/۱kg$

$$Q = mc\Delta\theta = ۰/۱ \times ۳۹۰ \times (۲۴-۹۰) = ۳۹ \times (-۶۶) = -۲۵۷۴J \simeq -۲/۶kJ$$

علامت منفی که در محاسبه Q به دست آمده، نشان می دهد که مس گرما از دست داده است.

مثال : یک گلوله‌ی مسی با سرعت $۲۰۰\,m/s$ به یک مانع برخورد می‌کند. اگر ۸۰٪ گرمای حاصل از برخورد باعث افزایش دمای گلوله شود، دمای گلوله چند درجه سلسیوس افزایش می‌یابد؟ (گرمای ویژه مس $= ۴۰۰\frac{J}{kg.k}$)

بر اثر برخورد تمام انرژی جنبشی گلوله به گرما تبدیل می شود که ۸۰٪ این گرما، دمای گلوله را بالا می‌برد.

$$k = Q \;\rightarrow\; ۰/۸Q = mc\Delta T \Rightarrow ۰/۸k = mc\Delta T$$

$$\Rightarrow ۰/۸(\tfrac{۱}{۲}mV^۲) = mc\Delta T \Rightarrow ۰/۴V^۲ = ۴۰۰\Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta T = ۴۰_{(k)} \Rightarrow \Delta\theta = ۴۰_{(°C)}$$

مثال حل شده:

به دو گلوله مسی با جرم‌های متفاوت به ترتیب ۱۵۰J و ۵۵۰J گرما می‌دهیم تا دمای هر کدام $۲۰^{\circ}C$ افزایش یابد. اختلاف جرم دو گلوله چند گرم است؟ $(\text{مس}\;\; c = ۴۰۰\frac{J}{kg.k})$

$$Q = mc\Delta T \begin{cases} ۱۵۰ = m_۱ \times ۴۰۰ \times ۲۰ \\ ۵۵۰ = m_۲ \times ۴۰۰ \times ۲۰ \end{cases} \Rightarrow ۴۰۰ = (m_۲ - m_۱) \times ۴۰۰ \times ۲۰$$

$$m_۲ - m_۱ = ۰/۰۵kg \text{ یا } ۵۰gr$$

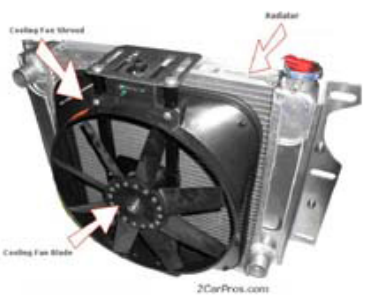
مثال:

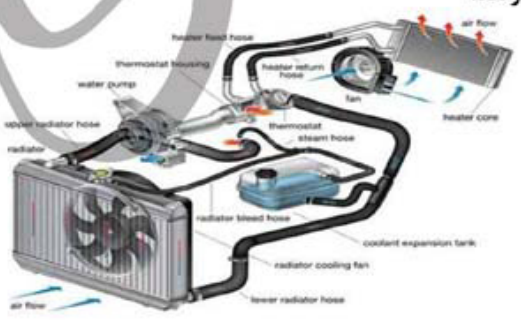
بلندی آبشاری ۸۴ متر است. اگر تمام انرژی پتانسیل گرانشی آب در پایین آبشار به گرما تبدیل شود، دمای آب چقدر افزایش می یابد؟

فناوری و کاربرد

گرمای ویژه آب بالا است به همین علت از آن در سیستم های گرمایش منازل به وسیله شوفاژ وسیستم های خنک کننده اتومبیل استفاده به عمل می اورند

موتور خودرو: سامانه خنک کننده خودرو طراحی و ساخته شده است تا انرژی گرمایی موتور را به رادیاتور منتقل کند. رادیاتورها به صورت پهن و در نتیجه با سطح زیاد ساخته می شوند. این طراحی سبب از دست دادن گرما به صورت همرفت و تابش خواهد شد. علاوه بر این خودروها فن خنک کننده نیز دارند. هنگامی که موتور داغ شود، فن ها روشنی شوند و سبب دور شدن هوای داغ اطراف رادیاتور می گردند.





مول وعدد آووگادرو:

واحد اندازه گیری مقدار یک ماده مول نام دارد که آن را با نماد n نمایش می دهیم،
می توان یک مول را مقدار $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ ذره از اجزای سازنده ان ماده دانست که به آن عدد آووگادرو نیز گفته می شود.
به عنوان مثال یک مول مس تعداد $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ اتم مس دارد
حال اگر جرم نمونه ای از یک ماده را با m و جرم یک مول از ماده را با M (جرم مولی) نمایش دهیم خواهیم داشت:

$$n = \frac{m}{M}$$

که در آن n بر حسب مول(mol)، m بر حسب کیلوگرم (kg)و M جرم مولی(برحسب کیلوگرم بر مول است(kg/mol)

$N_A = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ به تعداد عدد آووگادرو مولکول از آن گاز = ۱ مول از هر گاز
جرم مولی یا جرم مولکولی = جرم یک مول از هر گاز

$$\underset{\text{تعداد مول}}{n(\text{mole})} = \frac{\underset{\text{جرم گاز}}{m(\text{kg})}}{\underset{\text{جرم مولکولی گاز}}{M(\text{kg/mol})}}$$

مثال:

جرم یک الماس ۴۴/۵قیراط است. یک قیراط معادل با ۰/۲۰۰gاست. چه تعداد اتم کربن در این الماس وجود دارد؟
جرم مولی کربن g / mol ۱۲/۰۱۱ است.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{(۴۴/۵ \times ۰/۲۰۰)\text{g}}{(۱۲/۰۱۱)\text{g/mol}} = ۰/۷۴۱\text{mol}$$

با توجه به اینکه در هر مول از کربن به تعداد عدد آووگادرو اتم کربن وجود دارد، نتیجه می گیریم :
(تعداد اتم کربن) = (تعداد مول) (عدد آووگادرو) $= (۰/۷۴۱\text{mol})(۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\text{اتم/mol}) = ۴/۴۶ \times ۱۰^{۲۳}$ اتم

گرمای ویژه مولی :

هرگاه واحد اندازه گیری مقدار ماده برحسب مول بیان شود به جای ظرفیت گرمایی بر واحد جرم از ظرفیت گر مایی بر مول استفاده به عمل می آ وریم (C/n) که به آن ظرفیت گرمایی مولی یا گرمای ویژه مولی گفته می شود ، که می توان آن را مقدار گرمایی دانست که باید به یک مول از آن ماده بدهیم تا در شرایط فیزیکی مشخص دمای آن یک درجه کلوین یا سلسیوس افزایش یابد
قاعده دولن وپتی :
این قاعده بیان می دارد که مقدار گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک مول از هر کدام از فلزات ، مقدار یکسانی است وبه جنس آن ها وابسته نیست

تعادل گرمایی) *thermal equilibrium*(: اگر دو جسم با دماهای متفاوت را در تماس گرمایی با یکدیگر قرار دهیم، گرما از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل می شود. در اثر این انتقال گرما، دمای جسم گرم کاهش یافته و دمای جسم سرد افزایش می یابد. این عمل تا زمانی ادامه می یابد که دمای دو جسم با یکدیگر مساوی شود. در این‌حالت می گوییم که دو جسم به تعادل گرمایی رسیده اند.

دمای تعادل equilibrium temperatur

دمای مشترک دو جسم‌را پس از تعادل گرمایی، دمای تعادل می نامند.

دمای تعادل: اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند و پس از مدتی همدما شوند، دمای تعادل را می توان با استفاده از قانون پایستگی انرژی محاسبه کرد. در این حالت بعضی از اجسام گرما از دست می دهند؛ برای این اجسام Q<۰ است. بقیه اجسام گرما می گیرند؛ برای این اجسام Q>۰است. بنا به قانون پایستگی انرژی همان قدر که اجسام گرم انرژی از دست‌می دهند، اجسام سرد انرژی می گیرند .

یعنی حاصل جمع این Qها صفر است: $Q۱+Q۲+Q۳+\ldots=۰$

هرگاه چند جسم متفاوت با گرماهای ویژه $c_۱$، $c_۲$، $c_۳$و... به جرم های $m_۱$، $m_۲$، $m_۳$ و ... با دماهای اولیه $\theta_۱$، $\theta_۲$، $\theta_۳$ و ... را در تماس با یکدیگر قرار دهیم می توان دمای تعادل را از آن محاسبه کرد

$$m_۱c_۱(\theta-\theta_۱)+m_۲c_۲(\theta-\theta_۲)+\ldots=۰ \Rightarrow \theta=\frac{m_۱c_۱\theta_۱+m_۲c_۲\theta_۲+\ldots}{m_۱c_۱+m_۲c_۲+\ldots}$$

و در حالت های خاص داریم :

۱ـ هرگاه فقط جرم اجسام با هم مساوی باشند. در این صورت :

$$m_1 = m_2 = \ldots \Rightarrow \theta = \frac{c_1\theta_1 + c_2\theta_2 + \ldots}{c_1 + c_2 + \ldots}$$

۲ـ هرگاه فقط گرمای ویژه اجسام با هم مساوی باشند. در این صورت :

$$c_1 = c_2 = \ldots \Rightarrow \theta = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2 + \ldots}{m_1 + m_2 + \ldots}$$

۳ـ هرگاه گرمای ویژه و جرم اجسام با هم مساوی باشند. در این صورت :

$$\left.\begin{matrix} m_1 = m_2 = \ldots \\ c_1 = c_2 = \ldots \end{matrix}\right\} \Rightarrow \theta = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \ldots + \theta_n}{n}$$

مثال حل شده:

جسمی به جرم ۲۵۰g و دمای ۳°C را درون ظرف عایقی حاوی ۵۰۰g آب ۲۵°C می اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می گیریم. دمای تعادل ۲۱°C می شود، گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و سایر جسام چشم پوشی کنید

$$m_1 = ۵۰۰g = ۰/۵kg \quad , \quad \theta_1 = ۲۵^\circ C \quad , \quad c_1 = ۴۲۰۰ J/kg.^\circ C$$

$$\text{جسم} : m_2 = ۲۵۰g = ۰/۲۵kg \quad , \quad \theta_2 = ۳^\circ C \quad , \quad c_2 = ?$$

و دمای تعادل $\theta = ۲۱^\circ C$ است. در واقع آب گرما را از دست می دهد و جسم گرما به دست می آورد و به این دمای تعادل می رسد.

$$m_1c_1(\theta - \theta_1) + m_2c_2(\theta - \theta_2) = ۰$$

$$c_2 = \frac{m_1c_1(\theta_1 - \theta)}{m_2(\theta - \theta_2)} = \frac{(۰/۵kg)(۴۲۰۰J/kg.^\circ C)(۲۵^\circ C - ۲۱^\circ C)}{(۰/۲۵kg)(۲۱^\circ C - ۳^\circ C)} \simeq ۱۸۶۶J/kg.^\circ C$$

مثال حل شده :

یک قطعه آهن ۵۰۰ گرمی با دمای ۱۰۰ درجه ی سلسیوس را درون ۲۰۰ گرم آب با دمای ۲۰ درجه می اندازیم. با چشم پوشی از اثر ظرف، دمای تعادل چقدر خواهد شد؟

پاسخ:

$$Q_1 + Q_2 = ۰ \Rightarrow m_1c_1\left(\theta_e - \theta_1\right) + m_2c_2\left(\theta_e - \theta_2\right) = ۰ \Rightarrow$$

$$۵۰۰ \times ۴۲۰ \times \left(\theta_e - ۱۰۰\right) + ۲۰۰ \times ۴۲۰۰ \times \left(\theta_e - ۲۰\right) = ۰ \Rightarrow$$

$$۲۱۰۰۰\left(\theta_e - ۱۰۰\right) + ۸۴۰۰۰۰\left(\theta_e - ۲۰\right) = ۰ \Rightarrow \theta_e - ۱۰۰ + ۴۰\theta_e - ۸۰۰ = ۰ \Rightarrow \theta_e \cong ۲۱/۹۵^\circ C$$

مثال حل شده:

در مخزنی ۵۰kg آب ۸۰°C وجود دارد. چند کیلوگرم آب ۴°C به آن اضافه کنیم تا دمای آب درون مخزن ۴۲°C شود؟ (تبادل گرمایی ظرف ناچیز است)

$$\theta_e = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow ۴۲ = \frac{(۵۰ \times ۸۰) + (m_2 \times ۴)}{۵۰ + m_2} \Rightarrow m_2 = ۵۰kg$$

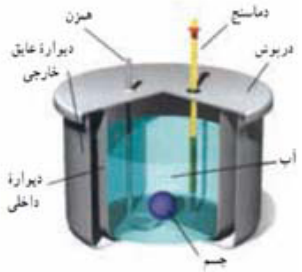
مثال:

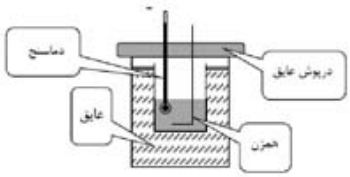
وقتی یک جسم داغ، جسم سردی را گرم می کند، آیا تغییر دماهای آنها به یک اندازه است؟ با ذکر چند مثال از پاسخ خود دفاع کنید. به این ترتیب آیا می توان گفت که دما از یک جسم به جسم دیگر منتقل می شود؟ آیا قانونی به نام قانون پایستگی دما وجود دارد؟

مثال:

m_1 گرم آب ۱۸°C را با m_2 گرم آب ۲۶°C مخلوط می کنیم تا ۲۰۰گرم آب ۲۰°C به دست آید. مقادیر m_1 و m_2 را به دست آورید.

گرماسنج وگرماسنجی:





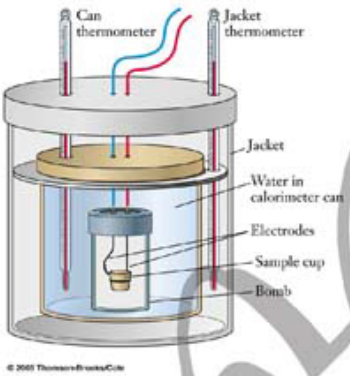
گرماسنج که به آن کالری متر نیز می گویند و در شکل نشان داده شده است، ظرفی فلزی و درپوش دار است که به خوبی عایق بندی گرمایی شده است. این ظرف در آزمایش های گرماسنجی مانند تعیین گرمای ویژه اجسام به کار می رود. در گرماسنج مقداری آب با جرم معلوم می ریزیم و پس از همدما شدن آب و گرماسنج، دمای آب را اندازه می گیریم. سپس جسمی که می خواهیم گرمای ویژه اش را پیدا کنیم و جرم و دمای اولیه آن را اندازه گرفته ایم، درون گرماسنج قرار می دهیم و به کمک همزن آب را به هم می زنیم تا مجموعه سریع تر به دمای تعادل برسد. پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای تعادل را اندازه می گیریم. با استفاده از رابطه های $Q_1+Q_2+Q_3+\dots=0$ و $m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_2c_2(\theta-\theta_2)=0$ با چشم پوشی از اثر ناچیز دماسنج و همزن در مبادله گرما داریم:

$$Q_{\text{آب}}+Q_{\text{جسم}}+Q_{\text{ظرف}}=0$$

$$m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta-\theta_{1\text{آب}})+m_{\text{جسم}}c_{\text{جسم}}(\theta-\theta_{1\text{جسم}})+m_{\text{ظرف}}c_{\text{ظرف}}(\theta-\theta_{1\text{ظرف}})=0$$

حاصل ضرب جرم در گرمای ویژه یک جسم را ظرفیت گرمایی آن جسم می نامند و آن را با **C** نشان می دهند. یکای این کمیت، **j/k** یا **j/°c** است. معمولاً در مورد گرماسنج به جای آنکه جرم و گرمای ویژه ظرف گرماسنج را جداگانه معلوم کنند، ظرفیت گرمایی ظرف گرماسنج را مشخص می کنند.

گرماسنج بمبی :



گرماسنج بمبی نوعی گرماسنج است که از آن برای تعیین ارزش غذایی مواد با اندازه گیری انرژی آزاد شده آنها در حین سوختن استفاده می شود. نمونه ای که جرم آن به دقت اندازه گیری شده است در ظرف سربسته ای که محتوی اکسیژن است (که اصطلاحا به آن بمب گفته می شود) قرار داده می شود . سپس این محفظه در آب یک گرماسنج قرار داده می شود و توسط جریان الکتریکی عبوری از یک سیم نازک، نمونه داخل آن سوزانده می شود. با اندازه گیری تغییر دمای آب، انرژی حاصل از احتراق ماده موردنظر را به دست می آورند که تقریباً معادل انرژی آزاد شده از آن ماده است.

قطعه ای فلزی به جرم ۵۵۰g و دمای ۷۵ °C که گرمای ویژه اش نامعلوم است را درون گرماسنجی حاوی ۵۰۰g آب ۵/۵۱ °C می اندازیم. ظرف گرماسنج آلومینیومی و جرم آن ۱۰۰g است. دمای تعادل مجموعه ۸/۸۱ °C می شود.
الف) گرمای ویژه قطعه فلز چقدر است؟تعیین کنید این قطعه فلز از چه جنسی می تواند باشد ؟
ب) با چشم پوشی از مبادله گرما با ظرف گرماسنج، گرمای ویژه قطعه فلز را دوباره بیابید .

پاسخ:

الف)

$$Q_{\text{آب}}+Q_{\text{جسم}}+Q_{\text{ظرف}}=0$$

$$m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta-\theta_{1\text{آب}})+m_{\text{جسم}}c_{\text{جسم}}(\theta-\theta_{1\text{جسم}})+m_{\text{ظرف}}c_{\text{ظرف}}(\theta-\theta_{1\text{ظرف}})=0$$

$$0/500\times4200\times(18/8-15/5)+0/550\times c_{\text{جسم}}(18/8-75)+0/100\times900(18/8-15/5)=0$$

$$6930-30/91c_{\text{جسم}}+297=0\Rightarrow c_{\text{جسم}}=234\frac{J}{kg.^\circ C}$$

فلز مورد نظر نقره است

ب)

$$Q_{\text{آب}}+Q_{\text{جسم}}=0$$

$$m_{\text{آب}}c_{\text{آب}}(\theta-\theta_{1\text{آب}})+m_{\text{جسم}}c_{\text{جسم}}(\theta-\theta_{1\text{جسم}})=0$$

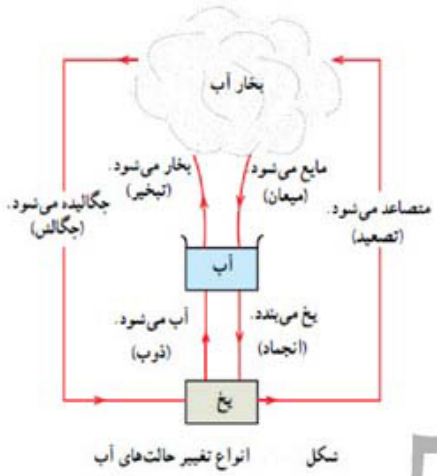
$$0/500\times4200(18/8-15/5)+0/550\times c_{\text{جسم}}(18/8-75)=0$$

$$6930-30/91c_{\text{جسم}}=0\Rightarrow c_{\text{جسم}}=224\frac{J}{kg.^\circ C}$$

با مقایسه پاسخ های الف و ب معلوم می شود که اثر ظرف گرماسنج در مبادله گرما ناچیز است.

حالت های ما ده :

موادی که در اطراف ما وجود دارند در سه حالت (فاز) جامد، مایع و گاز یافت می شوند. برای مثال H_2Oهم به حالت جامد (یخ) و هم به حالت مایع (آب) و هم به حالت گاز (بخار آب) یافت می شود. گذار از یک حالت)فاز(به یک حالت)فاز(دیگر را یک تغییر حالت)گذار فاز(می نامند. برای مثال در شکل انواع تغییر حالت هایی که برای آب امکان پذیر است نشان داده شده است. تغییر حالت ها معمولاً با گرفتن و یا از دست دادن گرما همراه اند. تبدیل جامد به مایع را ذوب، تبدیل مایع به بخار را تبخیر و تبدیل مایع به جامد را انجماد و تبدیل بخار به مایع را میعان یا چگالش بخار به مایع می نامیم. امکان دارد که تغییر حالت از جامد به بخار و وارون آن از بخار به جامد نیز به طور مستقیم و بدون گذر از حالت مایع صورت گیرد.



شکل انواع تغییر حالت‌های آب

تغییر حالت از جامد به بخار، تصعید و تغییر حالت وارون آن یعنی از بخار به جامد چگالش بخار به جامد گفته می شود. برای مثال نفتالین در دمای اتاق به طور مستقیم از جامد به بخار تبدیل می شود و یا در صبح های بسیار سرد زمستان برفکی که روی گیاهان و یا روی شیشه پنجره می نشیند، بخار آبی است که به طور مستقیم به بلورهای یخ تبدیل شده است. در ادامه تغییر حالت های جامد به مایع ومایع به بخار یا گاز را به طور جداگانه بررسی می کنیم.

ذوب:

پیش از این دیدیم که اگر به جسم جامدی گرما دهیم، دمای آن افزایش می یابد. اگر عمل گرما دادن را برای جامدهای خالص و بلورین ادامه دهیم، وقتی دمای جسم به مقدار مشخصی برسد، افزایش دما متوقف می شود و دما ثابت باقی می ماند. در این حالت جسم شروع به ذوب شدن می کند و به مایع تبدیل می شود. این دمای ثابت را که‌به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد دمای ذوب یا نقطه ذوب و به عبارتی دمای گذار جامد به مایع می نامند. معمولاً حجم جامدهای بلوری هنگام ذوب شدن افزایش می یابد، زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول ها در حالت جامد اشغال می کند نسبت به این حجم در حالت مایع که آرایش مولکولی نامنظمی دارد، کمتر است. برخلاف جامدهای خالص و بلورین، جامدهای بی شکل مانند شیشه و قیر نقطه ذوب کاملاً مشخصی ندارند. در واقع، وقتی این مواد را گرم می کنیم پیش از ذوب شدن خمیری شکل می شوند. این مواد در گستره ای از دما به تدریج ذوب می شوند

تذکر :

درست تر آن است که بگوییم موادی مانند شیشه یا قیر که ساختار بلورین ندارند و در فیزیک به آنها آمورف گفته می شود، هنگام ذوب یا انجماد، تغییر حالت (فاز) نمی دهند. قیر یا شیشه هنگام ذوب یا انجماد فقط شل یا سفت می شوند و ساختار مولکولی آنها برخلاف . در برخی اجسام مانند جامدهای بلورین تغییر نمی کند. به همین دلیل منابع ، شیشه را مایع سفت نیز می گویند.

تذکر :

معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می شودیخ، افزایش فشار به کاهش‌نقطه ذوب می انجامد. نقطه ذوب یخ در فشار یک اتمسفر برابر صفر درجه سلسیوس است.

سوال:

علت دیر تر ذوب شدن برف در ارتفاعات را شرح دهید ؟

اجسامی مانند یخ یک استثنا هستند ونقطه ذوب آنها برخلاف اکثر اجسام با کاهش فشار، افزایش می یابد. و به دلیل همین استثناست که برف در ارتفاعات که فشار کمی دارد دیرتر ذوب می شود

سو ال
علت تفاوت ظاهری یخ وبرف را شرح دهید؟

تفاوت این دو در شیوه تشکیل شدنشان است. یخ از انجماد آب تشکیل میشود اما برفک یا برف از تبدیل مستقیم بخار آب به یخ یا چگالش تشکیل میشود. دلیل تفاوت در شکل هم شیوه تشکیل شدن بلور در آنها است که آب به هنگام تبدیل شدن به یخ چون دما در محیط بالاتر بوده زمان کافی برای تشکیل بلور را داشته ولی برفک به دلیل سرد شدن بسیار سریع در دمای پایین دارای بلورهای بسیار ریز است

عمل ذوب، فرایندی گرماگیر است. یعنی به جسم جامدی که به دمای ذوب خود رسیده باشد باید گرما بدهیم تا به مایع تبدیل شود. این گرما دمای جسم را تغییر نمی دهد بلکه سبب تغییر حالت آن می شود. گرمای لازم برای تغییر حالت جسم از جامد به مایع، در دمای ذوب، با جرم آن نسبت مستقیم دارد. نسبت این گرما به جرم جسم را گرمای ذوب (یا گرمای نهان ذوب) می نامیم و آن را با L_Fنشان می دهیم:

$$L_F = \frac{Q}{m}$$

گرمای ذوب به جنس جسم بستگی دارد و یکای آن در SIژول بر کیلوگرم(J/kg)است. بنابراین گرمای لازم برای ذوب جسم جامدی به جرم m و گرمای ذوب L_F از رابطه زیر به دست می آید

$$Q = mL_F$$

گرمای ذوب و نقطه ذوب مواد مختلف، متفاوت است.

انجماد:

وقتی از مایع خالصی گرما می گیریم، سرد می شود تا به نقطه انجماد خود برسد. اگر گرما گرفتن از مایع را در این دما ادامه دهیم مایع شروع به جامد شدن می کند، بی آنکه دمای آن کاهش یابد. دمای نقطه ذوب هر ماده با دمای انجماد آن در فشار یکسان برابر است. یعنی برای مثال اگر در فشار یک اتمسفر به یخ صفر درجه سلسیوس گرما دهیم شروع به ذوب می کند و نیز اگر در همان فشار از آب صفر درجه سلسیوس گرما بگیریم شروع به انجماد می کند. هر جسم به هنگام انجماد همان قدر گرما از دست می دهد که به هنگام ذوب می گیرد. همان طورکه قبلاً دیدیم وقتی جسم گرما از دست می دهد $Q < 0$ است، پس برای محاسبهٔ گرما به هنگام انجماد مایعی به جرم m داریم،

$$Q = -mL_F$$

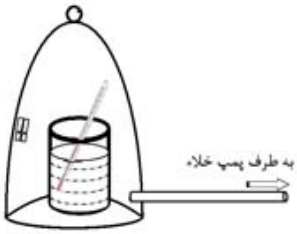
در اینجا نیز مانند فرایند ذوب که برای جامدهای غیربلورین نقطه انجماد مشخصی وجود ندارد، وجود ناخالصی موجب می شود که مایع، نقطه انجماد مشخصی نداشته باشد بلکه انجماد در گستره ای از دماها رخ دهد. مثلاً هنگام یخ زدن آب نمک، اولین بلورها در دمای کمتر از $0^\circ C$تشکیل می شود و انجماد کامل در دماهای کمتر، تا $-8^\circ C$ روی می دهد.

سو ال:
به این شکل با دقت نگاه کنید. این آزمایش برای نشان دادن چه مفهوم فیزیکی درباره یخ و انجماد یا ذوب آن ترتیب داده شده است؟ آنرا توصیف کنید.

پرسش: در تابستان از مخلوط یخ و نمک برای))انجماد((بستنی استفاده می شود. در حالی که نمک در زمستان، برای))ذوب کردن((یخ های خیابان ها به کار برده می شود. این پارادوکس را چگونه توضیح می دهید؟

پرسش: در هر یک از موارد زیر، علت فیزیکی را توضیح دهید:
الف)غذا در دیگ زودپز سریع تر پخته می شود.
ب(در فصل زمستان بر روی جاده های برفی نمک می پاشند.
ج) در زمستان به آب رادیاتور اتومبیل ها محلول ضدیخ اضافه می کنند و این محلول در فصل تابستان به عنوان ضد جوش عمل می کند
د) در کوهستان، برای پختن تخم مرغ کمی نمک به آب اضافه می کنند.
و) کوه های بزرگ یخ شناور از قسمت تحتانی خود در زیر آب شروع‌به ذوب شدن می کنند.

پرسش:



در آزمایش شکل مقابل، ظرف آبی را درزیر سرپوش شیشه ای قرار داده ایم و دماسنج درون آب، دمای آن را $52\,^{\circ}C$ نشان می دهد. اگر هوای زیر سرپوش را به تدریج خالی کنیم، چه اتفاق یا اتفاق هایی می افتد؟ چرا؟

پرسش: مخترعی مدعی است که با ارائه طرحی برای ظروف آشپزخانه توانسته است با پختن غذاها در دماهای کمتر از ۱۰۰ درجه درمصرف انرژی صرفه جویی کند. درباره این طرح اظهار نظر کنید.

مثال حل شد ه:

قطعه ای یخ به جرم ۱۰۰ گرم و دمای $-20\,^{\circ}C$ را در حوض محتوی آب $0\,^{\circ}C$ می اندازیم. جرم یخ چقدرافزایش می یابد؟

پاسخ گرمایی که قطعه ی یخ می گیرد تا به دمای $0\,^{\circ}C$ برسد برابر است با

$$Q_1 = mc\Delta\theta = (0/1kg)\times(2100J/kg.K)\times(0-(-20)) = 4200J$$

این مقدار گرما از آب $0\,^{\circ}C$ حوض گرفته می شود. بنابراین جرم آبی که به یخ تبدیل می شود برابر است با

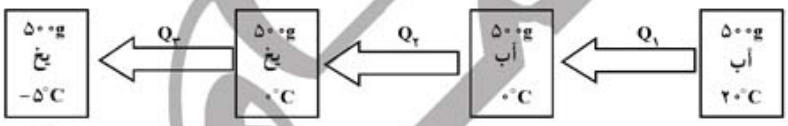
$$Q = mL_F \Rightarrow 4200 = m\times 334\times 10^3 \Rightarrow m = 0/012kg$$

بنابراین جرم یخ حدود ۱۲ گرم زیاد می شود.

مثال حل شده:

از ۵۰۰ g آب با دمای $20\,^{\circ}C$ چند کیلوژول گرما بگیریم تا به یخ با دمای $-5\,^{\circ}C$ تبدیل شو د؟

پاسخ: مرحله های این فرایند به طور طرح وار در شکل زیر رسم شده است.



$$Q_1 = mc\Delta\theta = 0/5\times 4200(0-20) = -42000J = -42kJ \quad {}^{\circ}C$$

که در آن:

$$Q_2 = -mL_F = -0/5\times 334000 = -167000J = -167kJ$$

$$Q_3 = mc\Delta\theta = 0/5\times 2100(-5-0) = -5250J = -5/25kJ$$

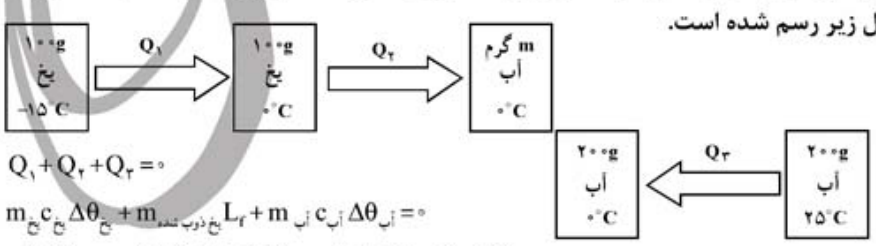
بنابراین کل گرما برابر است با

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -214/25kJ$$

یعنی باید ۲۱۴/۲۵kJ گرما از آب بگیریم.

مثال حل شده:

در گرماسنجی با ظرفیت گرمایی ناچیز ۲۰۰g آب با دمای $25\,^{\circ}C$ وجود دارد. قطعه یخی به جرم ۱۰۰g و دمای $-15\,^{\circ}C$ درون آن می اندازیم. پس از مبادله گرما و برقراری تعادل گرمایی، مخلوطی از آب و یخ به جا می ماند. جرم یخ باقی مانده چندگرم است ؟پاسخ: می دانیم دمای تعادل آب خالص و یخ خالص در فشار ۱atm برابر $0\,^{\circ}C$ است. مرحله های طرح وار این فرایندر شکل زیر رسم شده است.



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$m_{یخ}c_{یخ}\Delta\theta_{یخ} + m_{یخ\ ذوب\ شده}L_F + m_{آب}c_{آب}\Delta\theta_{آب} = 0$$

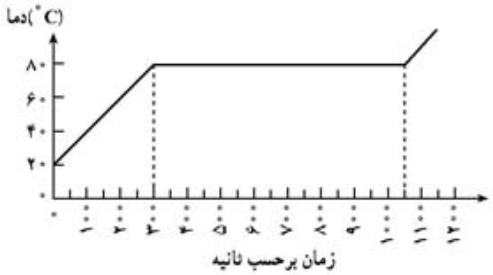
$$0/1\times 2100\,0-(-15) + m\times 334000 + 0/2\times 4200(0-25) = 0$$

$$3150 + 334000m - 21000 = 0$$

$$334000m = 17850 \Rightarrow m = 0/053kg = 53g \quad (\text{جرم یخ ذوب‌شده})$$

بنابراین ۴۷ g از یخ *ذوب نشده* باقی می ماند.

مثال:



شکل مقابل تغییر دمای ماده ای به جرم ۰/۵ kg را که‌با گرم کننده ای به توان ۱۰۰W گرم می شود نشان می دهد.

الف) چند ثانیه طول می کشد تا دمای جسم به‌نقطه ی ذوب برسد؟

ب) با توجه به شکل، گرمای نهان ویژه ی ذوب ماده را به دست آورید.

تبخیر سطحی(*evaporation*) :

در سطح آزاد هر مایعی در هر دما تبخیری اتفاق می افتد که تبخیر سطحی نامیده می شود. علت این امر فرار مولکول های سطحی مایع از دام نیروهای بین مولکولی در اثر جنبش گرمایی آنها می باشد. خشک شدن لباس های خیس و نم دار بر روی بند رخت مثالی از این پدیده است. از آن جایی که که انرژی جنبشی مولکول های آزاد شده بیشتر از میانگین انرژی جنبشی مولکول های باقی مانده در مایع است، با جدا شدن آنها، میانگین انرژی جنبشی کل کاهش می یابد. به بیان دیگر در اثر تبخیر سطحی دمای مایع کم می شود.

اشباع(saturation) :

اگر مایع درون ظرفی دربسته قرار داشته باشد، هر چه تبخیر مایع بیشتر شود، غلظت بخار آن نیز افزایش می یابد. بنابراین ممکن است برخی از مولکول های آزاد شده در اثر برخوردهای کاتوره ای با مولکول های دیگر به سطح مایع نزدیک شده و دوباره در دام نیروهای بین مولکولی گرفتار شوند. یعنی هر چه غلظت بخار و فشار آن افزایش یابد، احتمال تبدیل بخار به مایع)میعان(نیز بیشتر می شود. این روند تا جایی ادامه می یابد که آهنگ تبدیل مایع به بخار و بخار به مایع یکسان شود. در این حالت مقادیر مایع و بخار ثابت می ماند و سیستم به تعادل می رسد. فشار بخار در حالت تعادل را فشار بخار اشباع می گویند.

عوامل مؤثر بر تبخیر سطحی: علاوه بر جنس مایع، عوامل دیگری نیز وجود دارند که بر سرعت تبخیر سطحی و فشار بخار اشباع اثر می گذارند. این عوامل عبارتند از:

۱.دما ۲ .فشارهوای‌محیط ۳.بزرگی‌سطح‌مایع ۴. جریان هوای محیط بر روی سطح مایع

پرسش: در هر مورد علت را توضیح دهید:

الف) تبخیر سطحی سبب کاهش دما می شود.

ب(با پوشیدن لباس های تر احساس سرما می کنیم.

ج) با ریختن بنزین یا الکل روی دست، احساس خنکی می کنیم.

د) فوت کردن سوپ داغ آن را خنک می کند.

هـ)ریختن چای داغ در نعلبکی، آن را سریع تر خنک می کند؟

پرسش: لیوانی را از آب جوش و لیوان مشابهی را از آب سرد پر کنید و در فریزر بگذارید. آب در کدام لیوان زودتر یخ می زند؟چرا ؟

جوش ونقطه جوش:

با گرم کردن تدریجی مایع، آهنگ تبخیر سطحی آن افزایش می یابد. بخشی از گرمای داده شده به مایع موجب افزایش دما و بخش دیگر موجب تبخیر سطحی مایع می شود. تاکنون در حل مسئله های گرماسنجی، گرمایی را که هنگام افزایش دمای مایع صرف تبخیر سطحی آن می شود، نادیده گرفتیم. وقتی مایعی را گرم می کنیم دمای آن بالا می رود تا اینکه در دمای خاصی حباب های گاز درون مایع شکل می گیرند و به سطح مایع می آیند و از آن خارج می شوند. به این پدیده جوشیدن مایع و به این دما، دمای جوش یا نقطه جوش می گوییم. در نقطه جوش هرچه به مایع گرما بدهیم دمای آن افزایش نمی یابد همه گرما صرف تبخیر مایع می شود. آهنگ تبخیر هر مایع در نقطه‌جوش آن به بیشترین مقدار خود می رسد. تجربه نشان می دهد که گرمای لازم برای تبخیر هر مایع با جرم آن نسبت مستقیم دارد. نسبت این گرما به جرم مایع بخارشده را گرمای تبخیر مایع)یا گرمای نهان تبخیر مایع(می نامیم و آن را با LVنشان می دهیم .

$$L_v = \frac{Q}{m}$$

m گرمای تبخیر هر مایع به جنس و دمای آن بستگی دارد و یکای آن در SIژول بر کیلوگرم (J/kg) است. گرمای لازم برای تبخیر مایعی به جرم m که گرمای تبخیر آن L_V است از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$$Q = mL_V$$

نقطه جوش هر مایع به جنس و فشار وارد بر آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر مایع سبب بالا رفتن نقطه جوش آن می شود

مثال حل شده:

۲لیتر آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۵/۱ Wkمی ریزیم و آن را روشن می کنیم .
الف) از لحظه آغاز جوشیدن تا تبخیر همه آب درون کتری چقدر گرما به آب داده می شو د؟
ب) چه مدت طول می کشد تا این فرایند انجام شود؟ فرض کنید تمام گرمای تولید شده کتری به آب می رسد.
پاسخ:
الف)

$$Q = mL_V = (۲\times۱۰^{۶})(۲۲۵۶) = ۴/۵\times۱۰^{۶}J$$

ب)

$$Q = Pt \Rightarrow t = \frac{۴/۵\times۱۰^{۶}}{۱/۵\times۱۰^{۳}} = ۳۰۰۰s = ۵۰min$$

قطعه یخی به جرم ۰/۵ کیلوگرم ودمای اولیه $-۲۰^{\circ}C$ را آنقدر گرما می دهیم تا تمام آن به بخار $۱۰۰^{\circ}C$ تبدیل شود .کل گرمایی که برای ای منظور صرف کر ده ایم چند کیلو زول است؟

گرمای لازم برای تبدیل به بخار $۱۰۰^{\circ}C$ از مجموع فرایند حاصل می‌شود :

۱ـ تبدیل یخ $-۲۰^{\circ}C$ به یخ $۰^{\circ}C$ ، ۲ـ تبدیل یخ $۰^{\circ}C$ به آب $۰^{\circ}C$ ۳ـ تبدیل آب $۰^{\circ}C$ به آب $۱۰۰^{\circ}C$ ۴ـ تبدیل آب $۱۰۰^{\circ}C$ به بخار $۱۰۰^{\circ}C$.

یعنی

$$Q = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta_۱ + mL_f + mc_{\text{آب}}\Delta\theta_۲ + mL_V$$

در یکاهای SI داریم

$$Q = (۰/۵)(۲۱۰۰)(۲۰) + (۰/۵)(۳۳۴\times۱۰^{۳}) + (۰/۵)(۴۲۰۰)(۱۰۰) + (۰/۵)(۲۲۵۶\times۱۰^{۳})$$

$$= ۱۵۲۶۰۰۰J = ۱۵۲۶kJ$$

گرمای نهان تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می یابد.چرا؟
نیروهای چسبندگی مولکولی به فاصله بین مولکول ها بستگی دارند. با افزایش دما و کاهش چگالی، فاصله بین مولکولی در حالت مایع نزدیک به فاصله مولکولی در حالت بخار می شود و به عبارتی انرژی های پتانسیل بر هم کنش بین مولکولی این دو حالت تقریباً شبیه به هم می شود و این یعنی اینکه تفاوت بین انرژی های داخلی جسم در حالت های مایع و بخار کاهش می یابد. به بیانی بسیار ساده شده، با افزایش دما، مولکول ها ساده تر می توانند از سطح مایع بگریزند و به گرمای کمتری برای این امر نیاز است و بالعکس.

مثال: در گروهی از جانوران خونگرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه های مهم کنترل دمای بدن است

الف) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم ۵۰kg را، $1^{\circ}C$ اسردتر کند؟ گرمای ویژه تبخیر آب در دمای بدن ($37^{\circ}C$) برابر ۲۴۲۰۰۰۰ J/Kg و گرمای ویژه بدن در حدود ۳۴۸۰ J/Kg. است.

الف) با فرض اینکه تمام انرژی لازم برای تبخیر آب، از بدن شخص گرفته شده، داریم:

$$Q_{\text{آب}} = Q_{\text{شخص}}$$

$$m_{\text{آب}} L_V = m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} \Delta T$$

از اینجا جرم آب رابه دست می آوریم:

$$m_{\text{آب}} = \frac{m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} \Delta T}{L_V} = \frac{(50kg)(3480J/g.kg)(1k)}{2/42\times10^{6}J/kg} = 0/072kg$$

مثال:

در چاله کوچکی ۱kg آب $0^{\circ}C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیه آن یخ ببندد، جرم آب یخ زده چقدر است؟

یخ زدن جرم m_1 آب، مقدار گرمایی برابر با $Q_1 = m_1 L_F$ آزاد می شود. در حین تبخیر جرم باقی مانده $m_2 = (m-m_1)$ مقدار گرمای جذب شده برابر $Q_2 = m_2 L_V$ است. چون $Q_1 = Q_2$ است، داریم:

$$m_1 L_F = (m-m_1) L_V$$

$$m_1 = \frac{mL_V}{L_F + L_V} = \frac{(1kg)(2490kJ/kg)}{(2490kJ/kg)+(333/7kJ/kg)} \approx 0/88kg = 88g$$

میعا ن: condensation

میعان، وارو ن فرایند تبخیر است. بخار هنگام تبدیل شدن به مایع گرما از دست می دهد. این گرما برابر گرمایی است که مایع هنگام تبخیر می گیرد. میعان نیز مانند تبخیر، در هر دمایی رخ می دهد. گرمای مربوط به میعانِ مقداری بخار به جرم m و گرمای تبخیر L_V از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q = -mL_V$$

علامت منفیِ نشان دهنده آن است که بخار هنگام میعان گرما از دست می دهد و باعث گرم شدن اجسام پیرامون خود می شود. مثلا اتاق حمامی را پس از دوش گرفتن یک شخص در نظر بگیرید وقتی شما وارد حمام شوید پس از چند لحظه احساس می کنید که گرمتان شده است. زیرا در اثر باز بودن دوش‌حتی اگر آب سرد باشد مقداری بخار آب در فضای حمام ایجاد شده است و با ورود شما به حمام، میعان این بخار روی بدنتان به شما گرما می دهد.

$^{\circ}C$

مثال حل شده:

در یک روز زمستانی، بخار آب موجود در اتاقی بر روی شیشه پنجره به شکل مایع درمی آید و قطره قطره می چکد. اگردمای شیشه حدود $0^{\circ}C$باشد برای آنکه حدود ۵۰گرم آب روی شیشه تقطیر شود چقدر گرما به شیشه داده می شود؟

در این عمل ۱۲۴/۵ کیلوژول گرما به شیشه داده می شود.

$$Q = -mL_V = -(50\times10^{-3})(2490\times10^{3}) = -124500J$$

تبخیر سطحی و جوشیدن فرایندهایی هستند که مایع به بخار تبدیل می شود. این دو فرایند چه تفاوتی با یکدیگردارند؟ می دهند که مایع در حال جوشیدن است، تشخیص داد. تفاوت مهم دیگر آن است که تبخیر سطحی از سطح آزاد مایع در هر دمایی روی می دهد ولی جوشیدن تنها هنگامی رخ می دهد که مایع به دمای معینی به نام نقطه ی جوش برسد.

مثال:

۱ــ چند ژول گرما به ۱ گرم یخ $0^{\circ}C$ باید داد تا به بخار آب $100^{\circ}C$ تبدیل شود؟

۲ــ نمودار کاهش دمای ماده ای از $250^{\circ}C$ تا دمای اتاق مطابق شکل است

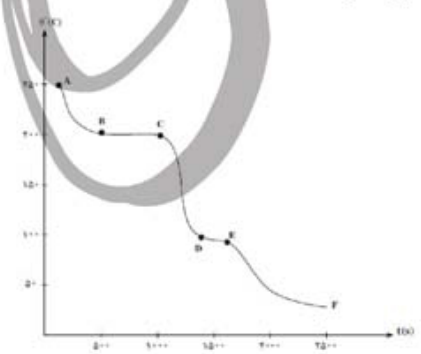
الف(در دمای $250^{\circ}C$ ماده چه حالتی دارد؟

ب) نقطه ی جوش ماده چقدر است؟ نقطه ی انجماد آن چیست؟

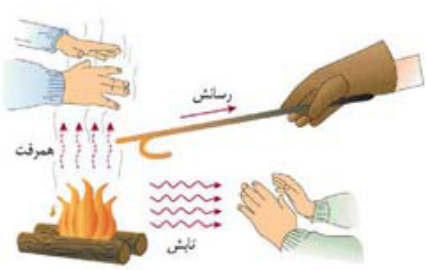
پ) در ناحیه ی DE چه روی می دهد؟

ت) در کدام بخش های نمودار، ماده به‌محیط پیرامون گرما می دهد؟

ث) گرمای نهان ویژه ی تبخیر این ماده بزرگ تر است یا گرمای نهان ویژه ی ذوب آن؟چگونه می توان این موضوع را تعیین کرد؟



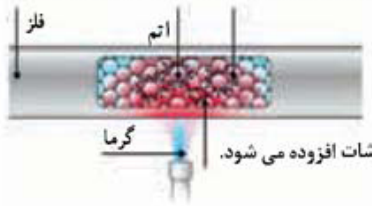
انتقال گرما(*transport of heat*) :



گرما به دلیل اختلاف دما، از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل می شود. در اثر این کار، جسم گرم خنک تر می شود و جسم خنک، گرم تر و انتقال خودبه خود گرما پس از رسیدن به تعادل گرمایی متوقف می شود. روش های انتقال گرما: به طور کلی سه فرآیند متفاوت فیزیکی برای انتقال گرما وجود دارد: رسانش، همرفت و تابش

الف) رسانش(*conduction*) :

در این روشِ انتقال گرما که بیشتر در مورد جامدات کاربرد دارد، گرما در جسم رسانا، مولکول به مولکول و ذره به ذره از محل با دمای بالاتر به محل با دمای پایین تر منتقل می شود. وقتی یک سر میله آهنی را درون شعله قرار دهیم، گرما به روش رسانش به انتهای دیگر منتقل می شود. در روش رسانش برای انتقال گرما به وجودذرات مادی نیاز است اما خود ذرات به همراه گرما منتقل نمی شوند. در واقع ارتعاش اتم ها و الکترون های آزاد در ناحیه گرم شده جسم موجب انتقال بخشی از انرژی آنها به اتم ها و الکترون های بسیار زیاد مجاورشان و در نتیجه انتقال گرما به روش رسانش می شود.



رساناها و عایق ها: اجسامی که گرما را به روش رسانش بهتر منتقل می کنند، رسانا و اجسامی که گرما را منتقل نمی کنند و یا آهنگ رسانش گرما در آنها بسیار آهسته است، نارسانا یا عایق نامیده می شوند. رسانش گرما در یک جسم به پیوندهای اتمی یا مولکولی آن جسم بستگی دارد. جامداتی که اتم های آنها یک یا چند الکترون خارجی «آزاد» یا با پیوند سست دارند، گرما (و جریان الکتریکی) را خوب هدایت می کنند. فلزات رساناهای خوب گرما و نقره و مس بهترین آنها هستند. اما برخی از جامدهای غیر فلزی مانند کوارتز، یاقوت کبود و ... نیز رساناهای گرمایی خوبی به شمار می روند. موادی مانند چوب، شیشه و پلاستیک عایق گرمایی محسوب می شوند. الکترون های خارجی این مواد دارای پیوند محکمی با اتم هایشان هستند. هوا رسانای بسیار ضعیف (و عایقی خوب) است. ویژگی اجسامی چون پشم، پوست، پر، پشم شیشه و ... به عنوان عایق خوب بیشتر به علت هوایی است که در فضاهای کوچک درون آنها حبس شده است. برف نیز رسانای ضعیف گرما است.

محاسبه گرما: کل گرمایی که به روش رسانش منتقل می شود به عوامل مختلفی مانند خاصیت ذاتی یا رسانندگی گرمایی ماده(k) ، سطح مقطع (A) و طول (L) آن، مدت زمان (t) و اختلاف دمای ($\Delta\theta$) دو سر ماده بستگی دارد. برای محاسبه گرمای شارش یافته داریم:

$$Q = k\frac{At\Delta\theta}{L}$$

یکای رسانندگی گرمایی ($J/s.m.K$) و یا ($W/m.K$) است. رسانندگی گرمایی به جنس جسم و دمای آن بستگی دارد، طوری که با افزایش دما مقدار آن کمی افزایش می یابد. البته اگر اختلاف دما بین قسمت های مختلف جسم زیاد نباشد، می توان مقدار رسانندگی گرمایی را در سراسر جسم ثابت در نظر گرفت. در جدول زیر رسانندگی گرمایی چند ماده مختلف در دمای صفر درجه سلسیوس آورده شده است:

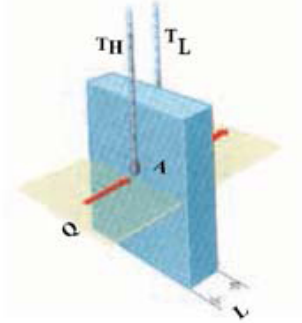
ماده	رسانندگی گرمایی W / m.K	ماده	رسانندگی گرمایی W / m.K
پشم شیشه	۰/۰۵	یخ	۲
چوب پنبه	۰/۰۴	سرب	۳۵
هوای خشک	۰/۰۲۴	آهن	۸۰
انواع چوب	۰/۱ تا ۰/۲	آلومینیم	۲۳۵
آب	۰/۶	نقره	۴۲۰
آجر	۰/۶ تا ۰/۸	مس	۴۰۰
انواع شیشه	۰/۶ تا ۱		

برای محاسبه عوامل مؤثر بر انتقال گرما به روش رسانش از یک سر میله به سر دیگر آن ،فرض می کنیم طول یک میله L و مساحت مقطع آن A باشد و یک سر میله در دمای بالاتر T_H و سر دیگر آن در دمای پایین تر T_L قرار گرفته باشد. گرمایی که در مدت زمان t از انتهای با دمای بالاتر میله به انتهای با دمای پایین تر آن شارش می یابد، را با Q نشان می دهیم.

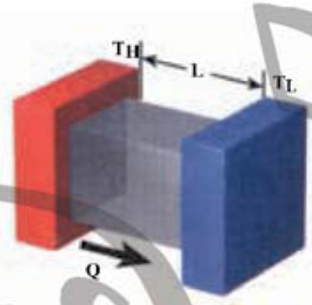
نسبت Q/t، آهنگ رسانش گرمایی نامیده می‌شود و آن را با H نشان می دهیم.تجربه نشان می دهدکه آهنگ رسانش گرمایی H با مساحت سطح مقطع میله A و اختلاف دمای دو انتهای میله ($T_H - T_L$) نسبت مستقیم و با طول میله L نسبت وارون دارد؛ یعنی:

$$H = \frac{Q}{t} = k\frac{A(T_H - T_L)}{L}$$

$\Delta T = T_H - T_L$



تیغه ای به طول L و مقطع A بین دومنبع با دماهای T_C و T_H قرار گرفته است.



میله ای به طول L و مقطع A بین دومنبع با دماهای T_C و T_H قرار گرفته است

مثال حل شده:

۱- موهای خرس های قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه داشتن بدن آنها در سرمای قطب دارد؟

پاسخ:توجه کنید که موهای سفید خرس قطبی قسمت های مرئی و فروسرخ خورشید را »گیر می اندازند«؛ به این معنی که این قسمت های طیف نور خورشید در موها بازتابیده و به سمت پوست منتقل می شوند و در آنجا جذب پوست شده و بدین ترتیب دمای بدن خرس را افزایش می دهند. امّا انرژی گرمایی پوست نسبتاً حفظ می شود، زیرا موها توخالی هستند و می دانیم لوله های توخالی انرژی گرمایی را به طور ضعیفی هدایت می کنند.

۲- برخی آشپزها برای آنکه سیب زمینی زودتر آب پز شود ابتدا چند سیخ کوچک فلزی درون سیب زمینی می گذارند و بعد آن را در آب می اندازند و گرم می کنند. علت این کار آشپزها چیست ؟

یک سیخ کوچک، انرژی گرمایی را از طریق رسانش به درون سیب زمینی انتقال می دهد. چون فلز انرژی گرمایی را بهتر از خود سیب زمینی انتقال می دهد؛ بنابراین این سیخونک ها زمان لازم برای پخت سیب زمینی را کاهش می دهند. البته نشان داده اند که سیخ های کوچک بیشتر از ۱تا ۲دقیقه زمان متعارف برای پختن سیب زمینی را کاهش نمی دهند، ولی اگر سر آزاد سیخ سنگین و یا پهن باشد، این عمل تأثیرگذارتر خواهد بود.

۳-طول و عرض شیشهٔ پنجرهٔ اتاقی ۰/۲ و ۱/۵ مترو ضخامت آن ۵ میلی متراست، در یک روز زمستانی دمای وجهی از شیشه که در تماس با هوای بیرون است،$-۳^{\circ}C$ و دمای وجهی از شیشه که در تماس با هوای درون اتاق است$۲^{\circ}C$است. آهنگ رسانش گرمایی از طریق شیشه چقدر است؟

$$H = k\frac{A(T_H - T_C)}{L}$$

آنگاه با قرار دادن $k = ۱W/m.K$ ، $A = ۱/۵ * ۲/۰ = ۳m^۲$ ، $\Delta T = ۵^{\circ}C$ و $L = ۰/۰۰۵m$ در رابطه بالاخواهیم داشت:

$$H = ۱\times\frac{(۳)(۵)}{۰/۰۰۵} = ۳۰۰۰W$$

اگر بخواهیم با استفاده از یک بخاری برقی گرمای هدر رفته از پنجره را جایگزین کنیم، توان گرمایی این بخاری ۳۰۰۰W می شود.

مثال:

یک سر میله آهنی به طول یک متر در آب جوش و سر دیگر آن در دست ما قرار دارد. اگر قطر میله ۲ سانتی متر باشد، چه مقدار انرژی گرمایی در هر دقیقه از طریق رسانش در میله منتقل می شود؟

نکته:

در »احساس« سردی و گرمی اجسام، آهنگ انتقال گرما مهم تر از دما است.

کف کاشی یا سرامیکی اتاق سردتر از کف چوبی احساس می شود، اگر چه هر دو دمای یکسانی دارند.

مثال:

از شیشه ای به ضخامت ۲ میلی متر و سطح ۲ متر مربع در هر ساعت چقدر گرما عبور می کند؟ با این فرض که دمای بیرون برابر صفر درجه و دمای داخل برابر ۳۰ درجه باشد. $k = 1 W/m.K$

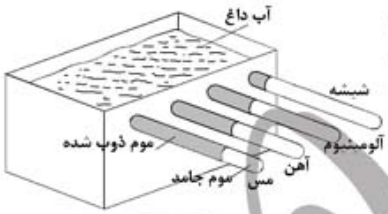
$$Q = \frac{k A \Delta T t}{l} = \frac{1 \times 2 \times 30 \times 3600}{2 \times 10^{-3}} = 1/08 \times 10^{8} J$$

مثال:

آزمایش مقابل نشان دهنده کدام ویژگی انتقال گرما در آب است؟

مثال:

چهار میله ی کاملاً مشابه از جنس های مس، آهن، آلومینیوم و شیشه را موم اندود کنید، و آن ها را مطابق شکل از درون سوراخ هایی در دیواره ی یک ظرف عبور دهید. سپس مقداری آب جوش به درون ظرف بریزید.چه روی می دهد ؟ چرا؟



همرفت(*convection*) :

در این روش برای انتقال گرما، که بیشتر در مورد مایعات و گازها)شاره ها(کاربرد دارد، گرما ابتدا قسمتی از مایع یا گاز را که در مجاورت چشمه گرما است، به روش رسانش گرم می کند. سپس مایع یا گازِ گرم شده که چگالی آن کمتر از چگالی محیط اطراف است بالا رفته و مایع یا گاز سردتر اطراف جای آن را می گیرد. این عمل تا جایی ادامه می یابد که به تدریج گرما به تمام نقاط محیط منتقل شود.

به این ترتیب جریان های همرفتی به وجود می آیند. گرم شدن هوای داخل اتاق به وسیلهٔ بخاری یا شومینه ، جریان های باد ساحلی، گرم شدن آب درون قابلمه، انتقال گرما از کوره هسته ای واقع در مرکز خورشید به سطح آن و ... همگی براثرپدیده همرفت رخ می دهند. همه این مثال ها نمونه هایی از همرفت طبیعی است.

نوع دیگری از همرفت، همرفت واداشته است که در آن شاره به کمک یک تلمبه (طبیعی یا مصنوعی) به چرخش واداشته می شود تا با این چرخش انتقال گرما صورت پذیرد. سیستم گرم کننده مرکزی در ساختمان ها ، سیستم خنک کنندهٔ موتور اتومبیل، دستگاه گردش خون در بدن جانوران خونگرم و ... مثال هایی از انتقال گرما به روش همرفت واداشته هستند.

پرسش:

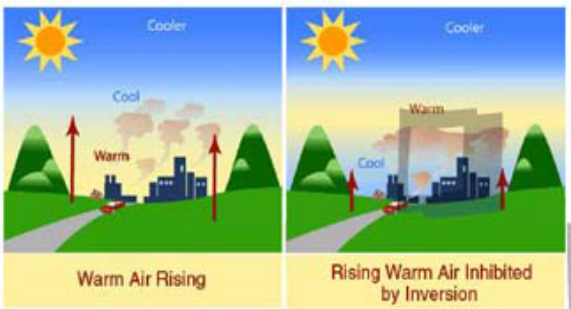
۱ - می توانید انگشتان خود را بدون آسیب دیدن کنار شعله‌شمع نگه دارید اما نه روی آن. چرا؟

۲- به کف دستتان »فوت« کنید. نفستان به طور قابل ملاحظه ای خنک است. حال دهانتان را باز و کف دستتان را »ها« کنید. با این که دمای بدن شما در این مدت ثابت مانده است، اما این بار نفستان گرم است. چرا؟

۳- چرا بخار داغ خروجی از شیر اطمینان دیگ زودپز در فاصله تقریبی ۳۰ سانتی متر از آن »خنک« است و دست را نمی سوزاند؟

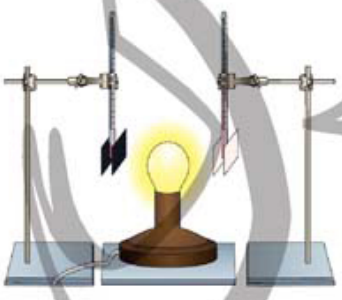
وارونگی هوا

وارونگی هوا که معمولاً در شب های آرام و بدون ابر زمستان شروع می شود پیامد توقف همرفت طبیعی در جوّ زمین است. در چنین شب هایی لایه هوای بسیار سردی بین سطح زمین و لایه هوای گرم بالاتر قرار می گیرد. این لایه هوای گرم، پیش از این براثر پدیده همرفت در یک روز معمولی ایجاد شده است. در واقع سردی زیاد لایه هوای سرد مجاور زمین آن را چگال تر از هوای سردی می کند که در شرایط طبیعی به پایین رانده می شود و بدین ترتیب مانع از چرخش هوا براثر پدیده همرفت می شود. در این وضعیت گرد و غبار و گازهای آلاینده شهری واقع در لایه هوای سرد مجاور زمین در این لایه حبس می شوند. به این پدیده وارونگی هوا می گویند. وارونگی هوا تا وقتی تداوم دارد که براثر وزیدن باد لایه های هوای سرد و گرم جابه جا شود یا با افزایش دمای قابل توجه لایه سرد مجاور زمین، همرفت طبیعی دوباره در جوّ زمین از سرگرفته شود. با توجه به اینکه در این پدیده الگوی تغییرات دما در یک روز طبیعی برهم می خورد به آن وارونگی دما نیز گفته شده است.



تابش(radiation):

خورشید، اتوی داغ، کتری، رادیاتور شوفاژ و ... از خود پرتوهایی گسیل می کنند که دست ما با جذب کردن آن گرم می شود. این پرتوها از نوع امواج الکترومغناطیسی هستند تولید امواج الکترومغناطیسی به روش های مختلفی انجام می شود. یکی از این روش ها تابش الکترومغناطیسی جسم به دلیل دمای آن است. در واقع هر جسم می تواند از خود تابش الکترومغناطیسی گسیل کند که شدت و بسامد این تابش به دمای جسم بستگی دارد و به همین دلیل آن را تابش گرمایی می نامیم. مثلاً سطح بدن یک فرد معمولی در محیطی با دمای $22\ ^{\circ}C$ تابشی گرمایی با آهنگی در حدود ۱۰۰ W دارد(شکل‌مقابل) در دماهای متداول، اجسام معمولاً تابش فروسرخ دارنداین نوع انتقال گرما به محیط مادی‌نیاز ندارد وبا سرعت نور در خلا منتشر می شود. تابش گرمایی از سطح هر جسم علاوه‌بر دما به مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح آن جسم بستگی دارد سطوح صاف و درخشان با رنگ های روشن تابش گرمایی کمتری دارند، در حالی که‌تابش‌گرمایی سطوح تیره، ناصاف و مات بیشتر است.به طورکلی، هر جسمی که گسیلنده خوبی برای انرژی تابشی باشد، جذب کننده خوبی هم برای آن تابش خواهد بود.



جسمی مانند آینه، که سطح آن صیقلی شده باشد، و یا جسم با رنگ سفید و روشن، تابشگری ضعیف و جذب کننده ای ضعیف است و جسمی که سطح آن زبر یا سیاه شده باشد، مانند یک سطح دوده اندود، تابشگری خوب و جذب کننده ای خوب است. بدیهی است که در این مورد «تابش» را نباید با «بازتاب» یکی دانست. سطوح صیقلی بازتابنده های خوبی هستند اما تابشگر خوبی نیستند. جذب و بازتاب فرآیندهایی مخالف یکدیگراند. اگر سطحی بازتابنده خوبی باشد، جذب کننده بدی است و اگر سطحی بازتابنده خوبی نباشد، جذب کننده خوبی خواهد بود. بنابراین سطوح براق و سفید که بازتابنده های خوبی هستند، تابش کمی را جذب می کنند و سطوح تیره و سیاه که نور کمی را باز می تابانند، جذب کننده های خوبی می باشند.

در مورد انتقال گرما به روش تابش تنها به ذکر این نکته اکتفا می کنیم که گرچه تابش می تواند در محیط های بسیاری منتشر شود، اما: انتقال گرما از راه تابش نیازی به محیط مادی ندارد و گرما می تواند در خلاء نیز با این روش منتقل گردد.

رادیومتر کروکس

یکی از آزمایش های معروف که نشانگر انرژی نورانی است آزمایش رادیومتر کروکس است. چهار پره سبک که به شکل ضرب در (صلیب) به هم وصند داخل رادیومتر کروکس قرار دارند. این پره ها می توانند آزادانه حول محو مرکز بچرخند. این مجموعه داخل محفظه شیشه ای قرار دارد و بخش عمده هوای داخل محفظه شیشه ای با پمپ خلاء تخلیه شده است. همانطور که در عکس زیر هم می بینید یک سمت هر پرده سیاه و سمت دیگر آن سفید و برّاق است.در تاریکی یا نور کم پره های رادیومتر کروکس ساکن است اما اگر به رادیومتر کروکس نور بتابانیم متوجه پدیده جالبی می شویم .

وقتی نور به پره های رادیومتر کروکس تابانده می شود بخش سیاه پره بیشتر از بخش سفید آن انرژی نورانی را جذب می کند برای همین گرم تر می شود. بر اثر گرمای قسمت سیاه پره ها، هوای مجاور پره نیز گرم شده و جنبش ملکول های هوا آن ناحیه بیشتر می شود. مولکول هوا به پره ضربه می زنند و باعث پس زنیِ پره و در نتیجه حرکت آن می شوند.

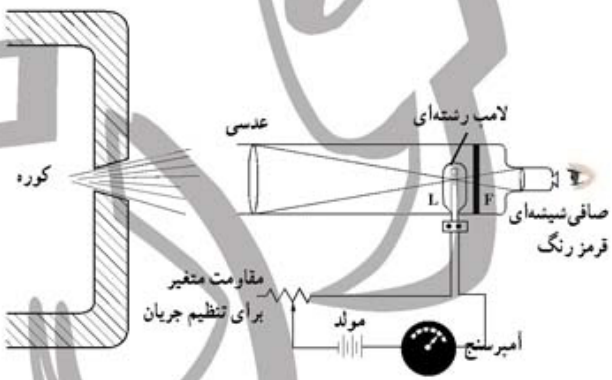
اگر رادیومتر را سرد کنیم جهت چرخش پره ها معکوس میشود گرچه از اسم این دستگاه بر می آید که نور را اندازه گیری کند اما رادیومتر را نمیتوان به تنهایی برای اندازه گیری چیزی به کار برد اما میتوان سرعت چرخش پره ها را با دستگاه دیگری اندازه گیری کرد .گرچه استفاده از این دستگاه دقت اندازه گیری را کم میکند امروزه این رادیومترها در سراسر جهان به معرض فروش گذاشته میشوند . این دستگاه نیازی به باطری ندارد و هنگام چرخاندن پره ها انرژی تابشی خورشید به انرژی مکانیکی تبدیل میشود .

تَف سنج (پیرومتر) :

تف سنج ها، دماسنج هایی هستند که براساس تابش حاصل از اجسام طراحی شده اند. اهمیت تف سنج ها در این است که برخلاف سایر دماسنج ها بدون تماس با جسمی که می خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، دمای جسم را اندازه می گیرند. دو نوع معروف این دماسنج ها، عبارت انداز تف سنج تابشی و تف سنج نوری.

الف) تَف سنج تابشی: این تف سنج وسیله ای است که دمای جسم داغ را با متمرکز کردن تابش گرمایی گسیل شده از جسم روی یک ترموکوپل یا آرایه ای از ترموکوپل ها اندازه می گیرد. می توان دمای جسم را از روی جریان خروجی ترموکوپل تعیین کر د.

ب) تَف سنج نوری: این تف سنج وسیله ای است که برای اندازه گیری دمای اجسام خیلی داغ که تابشی مرئی دارند مانند کوره ها) به کار می رود. اساس کار این تف سنج، مقایسه رنگ و شدت نور تابیده از جسم داغ، با رنگ و شدت نور یک لامپ رشته ای است. نور تابیده از جسم داغ، توسط یک عدسی روی رشته لامپ متمرکز می شود و ناظر که از طریق یک دوربین رشته ملتهب لامپ را در زمینه نور حاصل از جسم داغ می بیند، شدت جریان لامپ را آنقدر تغییر می دهد تا روشنایی لامپ برابر روشنایی زمینه شود، به طوری که رشته لامپ محو شود. با اندازه گیری این جریان می توان دمای جسم داغ را تعیین کرد.



پرسش۱ : چرا در لباس های آتش نشانی از پوشش های فلزی براق استفاده می شود؟

۲: اگر در هوای یخبندان، تنها منبع گرمایی شما بدنتان باشد، در یک ایگلو)کلبه برفی اسکیمویی(گرم تر خواهید بود یا در یک آلونک‌چوبی ؟

۳: اگر رادیاتور)شوفاژ(ها به رنگ سیاه مات باشند، انرژی تابشی بیشتری گسیل می دارند. با این حال چرا عموماً از رنگ های سفیدبراق برای رادیاتورها استفاده می شود؟

۴- برف تمیز در آفتاب دیرتر از برف کثیف ذوب می شودچرا؟

اثر گلخانه ای :

بخشی از نور خورشید با عبور از جوّ زمین به سطح آن می رسد. بخش عمده این نور جذب زمین می شود، زمین گرم می شود و با تابش گرمایی از خود امواج فروسرخ گسیل می کند. وجود گازهایی مانند CO_2 ،بخار آب و متان HC_4 ــ که مولکول های جذب کننده بسیار خوبی برای امواج فروسرخ هستند ــ در لایه پوش سپهر (استراتوسفر جوّ زمین لایه ای حدوداً در فاصله ۱۰تا ۱۸کیلومتری سطح زمین)باعث کدر شدن این لایه برای تابش های فروسرخ می شود. این لایه بیشتر تابش گرمایی حاصل از زمین را جذب می کند. خود این لایه نیز تابش گرمایی می کند.

بخشی از تابش گرمایی لایه پوش سپهر از جو خارج می شود، ولی بیشتر آن به زمین باز می گردد و به این ترتیب رفت و برگشتی از تابش گرمایی بین این لایه و سطح زمین رخ می دهد. در تشابه با گلخانه ها که با ایجاد محیطی محصور مانع از جریان هوا و خروج هوای گرم از گلخانه ها می شوند، به این به دام افتادن تابش گرمایی بین لایه پوش سپهر و سطح زمین اثر گلخانه ای و به گازهای موجود در لایه پوش سپهر که سبب این پدیده می شوند گازهای گلخانه ای می گویند. اگر لایه پوش سپهر وجود نداشت، دمای میانگین سطح زمین چیزی در حدود $-18^{\circ}C$ می شد ولی اینک این دما در حدود $+15^{\circ}C$ است؛ یعنی اثر گلخانه ای حدود $33^{\circ}C$ به دمای میانگین سطح زمین افزوده است

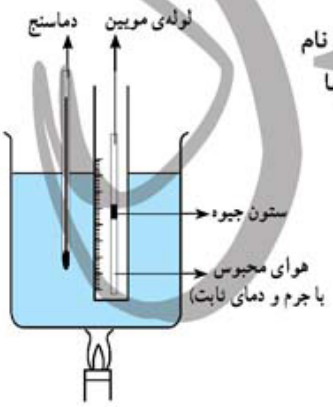
بازتابش و تابش گرمایی در جو و سطح زمین و اثر گلخانه ای

با افزایش غلظت گازهای گلخانه ای درپوش سپهر، اثر گلخانه ای تشدید می شود و بدین ترتیب دمای زمین افزایش می یابد. درچند دهه اخیر به دلیل فعالیت های مختلف صنعتی و افزایش آلاینده هایی مثل CO_2 در جو زمین، غلظت گازهای گلخانه ای در لایه پوش سپهر زیادتر از قبل شده و دمای سطح زمین بالا رفته است. خوب است بدانید که همواره درحالت تعادل، انرژی تابشی جذب شده توسط سطح زمین با انرژی تابشی گسیل شده از آن (بازتابش و تابش گرمایی) برابر است. همین برابری در خارجی ترین سطح جو زمین نیز وجود دارد. جذب و گسیل انرژی تابشی در درون خود جو نیز برابر است.

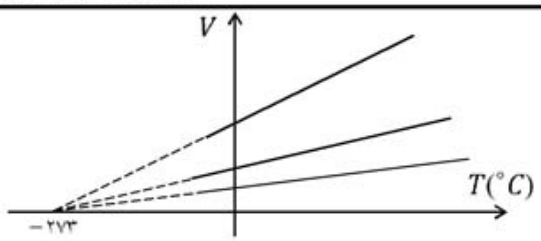
قوانین گازها:

گاز کامل(*ideal gas*) :

گاز کامل گازی است که بین مولکول های آن برهم کنش دور وجود ندارد و صرفاً بین آنها برخورد صورت می گیرد. به لحاظ میکروسکوپی، در یک گاز بسیار رقیق، که می توان آن را با تقریب خوبی گاز کامل دانست، فاصله متوسط بین مولکول ها نسبتاً زیاد است و در نتیجه می توان از برهم کنش بین اتم ها صرف نظر کرد. یعنی مولکول ها حرکت آزادانه دارند و تنها عامل محدود کننده آنها، برخوردهای اتفاقی است که به ندرت با مولکول های دیگر رخ می دهد. آزمایش ها و کوشش های متعددی در مورد بررسی رفتار گازهای کامل در چند قرن گذشته انجام شده است که در اینجا به‌چندنمونه اشاره می کنیم :



قانون شارل(*Charles's law*): در اواخر قرن هیجدهم میلادی دو دانشمند به نام های »ژاک شارل« و »ژوزف گیلوساک« تأثیر دما بر حجم گاز را بررسی می کردند. آنها برای این کارر فشار ثابت دمای گاز را)برحسب درجه سانتی گراد تغییر می دادند وحجم آن را به دست می آوردند.مطابق شکل مقابل نمودار حجم برحسب خط راستی بود که از مبداء نمی گذشت. با تغییر مقدار گاز نمودار دیگری به دست می‌آمد. امتداد همه این نمودارها، محور دما را در یک نقطه قطع می کرد و این نقطه در حدود دمای ۲۷۳- درجه سانتی گراد بود.



بنابراین در فشار ثابت، حجم یک نمونه گاز با دمای مطلق (کلو ین)نسبت مستقیم دارد

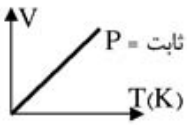
$$\Rightarrow \frac{V}{T} = cte \quad \text{(مقدار ثابت)}$$

در این رابطه V حجم گاز و T دمای گاز برحسب کلوین است.

این رابطه را به صورت مقایسه ای زیر نیز می توان نوشت که‌قانون شارل یا قانون شارل ـ گیلوساک نامیده می شود:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

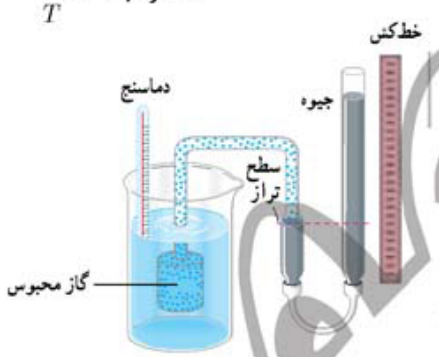
نمودار $V-T$ فرآیند فشار ثابت مطابق شکل مقابل است.

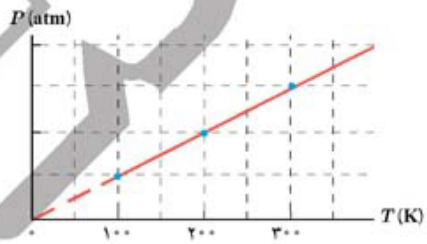


گاز در حجم ثابت:

شیمیدان فرانسوی ژوزف لوئیس گی لوساک در سال ۲۰۸۱میلادی به طور تجربی دریافت که اگر حجم مقدار معینی از یک گاز ثابت نگه داشته شود، فشار آن مستقیما با دما (بر حسب کلوین) متناسب است

$$\frac{P}{T} = \text{مقدار ثابت}$$

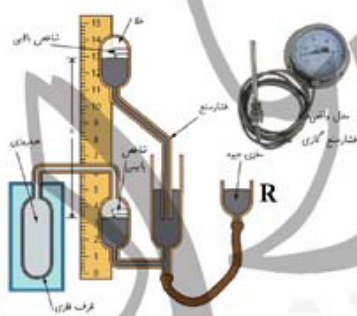




رابطهٔ بین فشار و دمای یک گاز، در حجم ثابت

دماسنج گازی حجم ثابت:

دماسنج گازی مطابق شکل از یک حباب پر شده از گاز که توسط یک لوله به یک فشار سنج متصل شده است ساخته شده است با بالا رفتن مخزن R همواره می توان سطح جیوه را در شاخه سمت چپ لوله U شکل در مقابل صفر خط کش نگه داشت تا حجم گاز ثابت بماند. با تغییر دما ، فشار گاز تغییر می کندوهمانگونه که می دانیم دما با فشار نسبت مستقیم دارد ونمودار دما- فشار خطی است



برای استاندارد کردن دماسنج گازی نقطه ای به نام نقطه سه گانه آب را به عنوان مرجع اندازه گیری درنظر می گیریم(در نقطه سه گانه آب سه فاز آب در حالت تعادل قرار دارند ودر دمای K ۲۷۳/۱۶ وجود دارد) برای اندازه گیری دمای مورد نظر فشار گاز درون حباب را در این دما اندازه گیری کرده وبه آن مقادیر T و P اختصاص می دهند

سپس دما و فشار گاز درون حباب را در نقطه سه گانه آب به ترتیب با مقادیر T_{tr} و P_{tr} واختصاص می دهند

با توجه به خطی بودن رابطه دما وفشار خواهیم داشت:

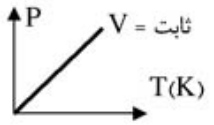
$$T = T_{tr}(\frac{P}{P_{tr}}) = (۲۷۳/۱۶K)(\frac{P}{P_{tr}})$$

حال می توان با دانستن فشار گاز در دمای مورد نظر ودر نقطه سه گانه آب به راحتی دمای مورد نظر را به دست آورد

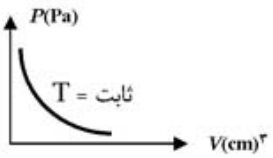
گاز در دمای ثابت:

قانون بویل(*Boyle's law*: در قرن هفدهم میلادی دو دانشمند به نام های «رابرت بویل» و «اِدم ماریوت» رفتار گاز کامل را دردمای ثابت بررسی کردند. بدین صورت که حجم مقدار معینی گاز کامل را در دمای ثابت تغییر دادند و تغییرات فشار گاز را اندازه گرفتند. نتیجه این که با افزایش حجم گاز در دمای ثابت، فشار آن کاهش می یابد، طوری که حاصل ضرب حجم در فشار ثابتی باقی می ماند: $PV = cte$ (مقدار ثابت)

در عین حال با افزایش مقدار گاز، *PV* بزرگ تر می شود. می توان نشان داد که مقدار *PV* با »تعداد« مولکول ها و ذرات گاز متناسب است و بستگی به جنس و جرم گاز ندارد. این رابطه را به صورت مقایسه ای زیر نیز می توان نوشت که قانون بویل ماریوت نام دارد: $P_2V_2 = P_1V_1$



نمودار $P-T$ فرآیند حجم ثابت مطابق شکل مقابل است.



نمودار $P-V$ فرآیند دما ثابت مطابق شکل مقابل است.

شکل مقابل یکی از انواع دستگاه هایی را نشان می دهد که برای بررسی قانون بویل—ماریوت مورد استفاده قرار می گیرد. این دستگاه شامل ستونی از هواست که در بالای ستونی از روغن محبوس است. فشار لازم توسط یک تلمبه به روغن درون مخزن وارد می شود. یک فشارسنج، فشار هوای بالای روغن داخل مخزن را اندازه می گیرد. این فشار به دلیل وجود ستون قائم روغن کمی بیش تر از فشار هوای محبوس در لوله است، اما به دلیل ناچیز بودن می توان از آن چشم پوشی‌کرد.

قانون گازها(*the law of gases*) :

اگر معادله حالت گازها را برای «مقدار معینی» گاز کامل و به ازای دو حالت مختلف (۱) و (۲)بنویسیم، رابطه کلی زیر را بین مقادیر حجم، فشار و دمای یک گاز کامل)برحسب کلوین(، خواهیم داشت:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \cdots$$

شکل دستگاه تحقیق قانون گازهای کامل

مخلوط چند گاز :

هرگاه چند گاز که فشار ، حجم و دمای آنها به ترتیب P_1 ، V_1 ، T_1 و P_2 ، V_2 ، T_2 و . . . است در ظرفی به حجم V مخلوط شوند در صورتیکه دستگاه با خارج تبادل انرژی نداشته باشد رابطه ی زیر بین کمیت های اولیه و فشار مخلوط P و دمای مخلوط T برقرار است.

$$\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}+\frac{P_2V_2}{T_2}+\dots$$

چنانچه دمای گاز قبل و بعد از مخلوط تغییر نکند رابطه ی فوق بصورت مقابل خواهد شد : $PV=P_1V_1+P_2V_2+\dots$

رابطه ی چگالی گاز بر حسب فشار و دما :

بر اساس قانون گازها و رابطه ی چگالی می توان نوشت : $\frac{PV}{T}=\text{ثابت}\ ,\ V=\frac{m}{\rho}\Rightarrow\frac{Pm}{\rho T}=\text{ثابت}\Rightarrow\rho\,\mu\,\frac{mP}{T}$

بر طبق رابطه ی فوق چگالی گاز با فشار گاز رابطه ی مستقیم و با دمای مطلق گاز رابطه ی عکس دارد بطوریکه در حالت مقایسه داریم :

$$\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{P_2}{P_1}\times\frac{T_1}{T_2}$$ (جرم گاز ثابت است)

مثال:

۱- اگر در فشار ثابت دمای یک گاز کامل را که حجم آن ۲۲ لیتر است از ۱۳- درجه به ۳۷ درجه ی سلسیوس برسانیم، حجم گاز چند لیتر خواهد شد؟

پاسخ:

ابتدا دما را به کلوین تبدیل می کنیم و فشار به دلیل ثابت بودن از طرفین تساوی حذف می شود و نیازی به تبدیل واحد حجم نیست:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{۲۲}{۲۶۰}=\frac{V_2}{۳۱۰}\Rightarrow V_2=۲۶/۲۳lit$$

مثال: در آزمایشی، دمای مقدار معینی گاز اکسیژن را در فشار ثابت از $۲۷^\circ C$ به $۸۷^\circ C$ می‌رسانیم. اگر حجم گاز ابتدا ۲/۰ لیتر باشد، حجم آن را در پایان آزمایش حساب کنید.

پاسخ : در این آزمایش فشار ثابت مانده است، یعنی $P_1=P_2$ $\quad\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

$T_1=۲۷+۲۷۳=۳۰۰K$ $\quad V_1=۲/۰\ \text{liter}$ $\quad T_2=۸۷+۲۷۳=۳۶۰K$ $\quad V_2=?$

بنابراین داریم :

$$\frac{۲/۰}{۳۰۰}=\frac{V_2}{۳۶۰}$$

و در نتیجه $V_2=۲/۴liter$ می‌شود.

مثال:

بادکنکی محتوی ۴ لیتر هوای $۲۰^\circ C$ است. اگر بادکنک را به عمق ۱۵ متری زیر سطح دریاچه ای ببریم، حجم‌آن به ۱/۶ لیتر می رسد. دمای آب در این عمق چقدر است؟ فشار در سطح دریاچه $۱۰^۵\ Pa$ است.

پاسخ: ابتدا فشار کل را در عمق ۱۵ متری دریاچه به کمک رابطه ی $P_2=\rho gh+P_1$ به دست می آوریم که‌برابر خواهد شد. با $۲/۵\times۱۰^۵Pa$ سپس با استفاده از رابطه ی $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ داریم $T_2=۲۹۳K$.

همان طور که دیده می شود این مقدار با دمای اولیه ی هوا برابر است. اگر مسئله را بخواهیم دقیق تر حل کنیم‌باید از مقدار دقیق ρ هنگام محاسبه ی فشار در عمق ۱۵ متری دریاچه استفاده کنیم.

مثال:

گازی در دمای $۲۰^{\circ}C$ دارای حجم $۱۰۰cm^{۳}$ است. این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا حجم آن در فشار ثابت $۲۰۰cm^{۳}$ شود؟ این گاز در همین فشار در چه دمایی دارای حجم $۵۰CM^{۳}$ خواهد شد؟

$$\frac{V_۱}{T_۱}=\frac{V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{(۱۰۰cm^{۳})}{(۲۹۳K)}=\frac{(۲۰۰cm^{۳})}{T_۲}$$

$$T_۲=۵۸۶K=۳۱۳^{\circ}C$$

برای حالت دوم داریم

$$\frac{V_۱}{T_۱}=\frac{V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{(۱۰۰cm^{۳})}{(۲۹۳K)}=\frac{(۵۰cm^{۳})}{T_۲}$$

$$T_۲=۱۴۶/۵K=-۱۲۶/۵^{\circ}C$$

مثال:

هوایی با فشار یک اتمسفر درون استوانه یک تلمبه دوچرخه به طول ۲۴cm محبوس است.
الف) اگر طول استوانه را در دمای ثابت به ۳۰cm افزایش دهیم، فشار هوای محبوس چه قدر خواهد شد ؟
ب) برای آنکه در دمای ثابت، فشار هوای محبوس ۳ اتمسفر شود، طول استوانه را چقدر باید کاهش دهیم؟

الف) چون دما ثابت است باید از قانون بویل ــ ماریوت استفاده کنیم:

$$P_۱V_۱=P_۲V_۲$$

اگر مساحت قاعده استوانه تلمبه را A فرض بگیریم، خواهیم داشت:

$$(۱atm)(۲۴cm\times A)=P_۲(۳۰cm\times A)\qquad P_2=۰/۸\ atm$$

ب) اکنون داریم

$$(۱atm)(۲۴cm\times A)=(۳atm)(AL)$$

مثال: لاستیک یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هواست. هنگامی که دمای هوا $۱۷^{\circ}C$ است فشار اندازه گیری شده در لاستیک ۲اتمسفر بیش از فشار جو است. پس از یک اتومبیل رانی بسیاربرسیع فشار هوای لاستیک دوباره اندازه گیری می‌شود. مشاهده می شود که فشار۲/ ۳ اتمسفر بیش از فشار جو است. دمای هوای درون لاستیک در این وضعیت چقدر است(حجم لاستیک را ثابت بگیرید)؟

$$\frac{P_۱}{T_۱}=\frac{P_۲}{T_۲}$$

اما توجه کنید که همان طورکه در متن درس اشاره شده است، فشار اندازه گیری شده، همان فشار پیمانه ای (سنجه ای) است و بنابراین در این رابطه باید فشارهای پیمانه ای را قرار دهیم:

$$\frac{(۲+۱)atm}{(۱۷+۲۷۳)K}=\frac{(۲/۳+۱)atm}{T_۲}$$

از اینجا $T_۲=۳۱۹K=۴۶^{\circ}C$ می‌شود.

مثال:

سر سرنگی شیشه ای (که پیستون آن آزادانه حرکت می کند) را بسته و آن را درون ظرف آبی می گذاریم. توضیح دهید با روشن کردن چراغ زیر ظرف، هریک از کمیت های دما، حجم و فشار هوای درون سرنگ چگونه تغییر می کند؟ سرنگ را عمودی نگه می داریم و آن را داخل آب داغ فرو می کنیم. پیستون به بیرون حرکت خواهد کرد. در واقع در اینجا انبساط هم فشاری داریم. یعنی فشار ثابت است و با افزایش دما، حجم نیز زیاد می شود تا $\frac{V}{T}$ ثابت بماند (قانون شارل ــ گیلوساک).

مثال:

با وجود تلاش در جهت ثابت نگه داشتن فشار هوای درون هواپیما، مقدار آن همواره کمتر از فشار هوای روی زمین است. وقتی هواپیما بالا می رود و فشار هوا کم می شود، بسته های نوشیدنی یا دِ سر باد می کنند و حتی گاهی درشان باز می شود. با فرض ثابت بودن دما، این پدیده را توضیح دهید

این را می توان با استفاده از قانون گازهای کامل توضیح داد. وقتی هواپیما بالا می رود و فشار هوا کم می شود، و درنتیجه فشار هوا یا سایر گازهای موجود در ظرف های نوشیدنی هم کم می شود؛ با فرض هم دما بودن این فرایند، از (قانون بویل ـــ ماریوت) درمی یابیم که این هوا باید انبساط یابد و همین باعث بازشدن در ظرف های نوشیدنی و دسر می شود. اگر درِ این ظرف براثر انبساط این هوا باز نشود، و شما پیش از نوشیدن یا خوردن محتویاتشان، آنها را تکان دهید، با بازکردن ناگهانی درِ ظرف، محتویات آن به سمت شما پرت خواهد شد.

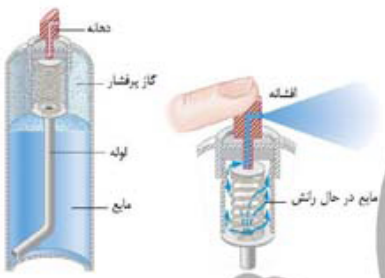
مثال:

در شکل مقابل با در دست گرفتن حباب شیشه ای و گرم کردن آن، مایع رنگی در لولهٔ مارپیچ بالا می رود.چرا؟

هنگامی که مخزن شیشه ای را در دستان خود بگیرید، فشار هوا و بخار مایع درنیمه خالی مخزن زیاد می شود و سطح مایع را به طرف پایین می راند. این امر سبب می شود مایع در لوله باریک و مارپیچ بالا رود. هرچه دستان شما گرم تر باشد و بهتر مخزن شیشه ای را دربرگیرد، مایع درلوله باریک بیشتر بالا می رود.

مثال:

شکل مقابل نمایش دهنده یک افشانه است روش کار آن را شرح دهید؟



قانون آووگادرو(Avogadro's hypothesis)

حجم یک گازدر دما و فشار ثابت با تعداد مول های آن نسبت مستقیم دارد. یعنی: $V \propto n$

به عنوان یک نتیجه جالب از این قانون می توان گفت: حجم های مساوی از گازهای متفاوت، در دما و فشار یکسان، عده ذرات یکسانی دارند.

$$\frac{V}{N} = \text{ثابت}$$ (دما و فشار یکسان)

همان طور که در بخش های قبل دیدیم در یک مول از گاز به تعداد عدد آووگادرو مولکول وجو د دارد.
بنابراین، $N = nN_A$ که در آن n تعداد مول و N_A همان عدد آووگادرو است. پس نتیجه می گیریم که رابطه بالا را می توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$\frac{V}{n} = \text{ثابت}$$

قانون دالتون(*Dalton's law*):

فشار کلی مخلوطی از چند گاز با مجموع فشارهای جزئی هر کدام از گازهای تشکیل دهنده آن مخلوط برابر است. یعنی:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots$$

معادله حالت(*equation of state*) :

در گازها مقادیر فشار و حجم و دما مستقل از یکدیگر نیستند و با هم ارتباط دارند. رابطه بین این متغیرهای ترمودینامیکی را معادله حالت گاز می نامند.

با ترکیب روابط قبلی و با اندکی دخل و تصرف درآن ها، معادله حالت گاز کامل بدون توجه به نوع گاز، به شکل ساده زیر نوشته می شود: $PV = nRT$

در این رابطه، R، مقدار ثابتی است که ثابت گازها نـام دارد و انـدازه آن برابر است با: $R = ۸/۳۱۴(\frac{J}{mol.^\circ K})$

همچنین، n عده مول های گاز)یا مقدار ماده برحسب مول(است کـه از رابطه زیر می توان آن را محاسبه کرد:

$$n = \frac{m}{M}$$

در این رابطه، m جرم گاز و M جرم مولکولی آن می باشد. گازی که‌معادله حالت آن به شکل فوق باشد را گاز کامل می نامند.

مثال۱:

حجم ۲/۵ مول گاز اکسیژن با فشار ۱/۰ اتمسفر و دمای ۲۰۰ کلوین را بر حسب متر مکعب و لیتر بدست آورید. $R = 8.0\frac{J}{mol.K}$

پاسخ: $V = \frac{nRT}{P} \Rightarrow V = \frac{2/5\times8.0\times200}{1.0\times10^5} = 4000\times10^{-5} = 4.0\times10^{-2}m^3 = 4.0\times10^{1}lit$

مثال۲:

در یک مخزن نگهداری گاز اکسیژن، ۳ مول گاز اکسیژن در دمای ۲۷ درجه ی سلسیوس وجود دارد. اگر فشار گاز ۶ اتمسفر باشد، تعیین کنید:

a) حجم گاز اکسیژن درون مخزن را

b) جرم گاز اکسیژن موجود در مخزن. (جرم مولکولی اکسیژن $\frac{g}{mol}$ ۳۲ فرض شود)

پاسخ:

(a $PV = nRT \Rightarrow ۶\times۱۰^{۵}\times V = ۳\times۸\times۳۰۰ \Rightarrow V = ۱۲lit$

(b $n = \frac{m}{M} \Rightarrow ۳ = \frac{m}{۳۲} \Rightarrow m = ۹۶g$

مثال ۳ درون سیلندری ۲۴ لیتر گاز کامل در فشار ۲/۰ اتمسفر و دمای ۲۷ درجه ی سلسیوس وجود دارد. اگر دمای آن را به ۱۲۷ درجه و حجم آن را به ۴۴ لیتر برسانیم، فشار گاز چند اتمسفر خواهد شد؟

پاسخ:

هنگام استفاده از رابطه ی مقایسه ای $\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲}$

در صورتیکه یکای حجم و فشار در دو طرف یکسان باشد، نیاز به تبدیل یکا نیست، ولی دما باید به کلوین تبدیل شود.

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{۲\times۲۴}{۳۰۰} = \frac{P_۲\times۴۴}{۴۰۰} \Rightarrow P_۲ = ۱/۶atm$$

مثال۴

حجمی که یک مول گاز در شرایط متعارفی اشغال می کند را به دست آورید؟

شرایط متعارفی $\begin{cases} P = ۱\,atm = ۱/۰۱\times۱۰^{۵}\,Pa \\ \theta = ۰^\circ C \Rightarrow T = ۲۷۳/۱۵\,K \end{cases}$ $n = ۱$ mole

$$\frac{PV}{T} = n \Rightarrow V = \frac{nRT}{P} \Rightarrow V = \frac{۱\times۸/۳۱۴\times۲۷۳/۱۵}{۱/۰۱\times۱۰^{۵}} = ۰/۰۲۲۴\,m^{۳} = ۲۲/۴\,lit$$