فصل چهارم

دماو گرما

دما:دما کمیتی است که میزان سردی یا گرمی اجسام را مشخص می کند.

کمیت دماسنجی: یک مشخصه ی قابل اندازه گیری که با گرمی یا سردی اجسام تغییر می کندکمیت دماسنجی نام دارد.

نکته:کمیت دماسنجی دماسنج های الکلی و جیوه ای انبساط مایع درون دماسنج در اثر افزایش دما است.

مقیاس های رایج دما:

۱) مقیاس سلسیوس یا سانتیگراد: این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ی ثابت است: یکی دمای شروع یخ زدن آب خالص در فشار ۱atm ودیگری دمای آب در حال جوش در فشار۱atmکه به نقطه ی اول ، عدد صفر و به نقطه ی دوم عدد ۱۰۰ را اختصاص می دهند و فاصله ی بین این دو را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می کنند و هر قسمت ۱ درجه ی سانتیگراد یا سلسیوس نامیده می شود. دمای سلسیوس را با نمادΘ ویکای آن با ^{o}C نمایش می دهند.

۲) مقیاس کلوین یا دمای مطلق: این مقیاس یکای بین المللی اندازه گیری دماست . دمای مطلق را با نماد T و یکای آن با نماد k نشان داده می شود. رابطه میان دمای سلسیوس و دمای کلوین به صورت زیر است:

$$T=\Theta + ۲۷۳$$

۳) مقیاس فارنهایت: این یکا در صنعت و هوا شناسی کاربرد دارد. دمای فارنهایت با نمادF و یکای آن با ^{o}F نمایش داده می شود. رابطه میان دمای سلسیوس و دمای فارنهایت به صورت زیر است:

$$F=\frac{۹}{۵}\theta+۳۲$$

نکته۱–صفر کلوین برابر ۲۷۳/۱۵- درجه سانتیگراد است ، که این کمترین دمای ممکن نیز هست. اما برای دما، حد بالایی وجود ندارد.

نکته۲–تغییر دما در مقیاس های سلسیوس و کلوین با هم برابر است.

مثال۱- به پرسش های زیر پاسخ دهید:

الف) ۵۰ درجه ی فارنهایت چند درجه ی سانتی گراد است؟

ب) ۳۷۳ کلوین چند درجه ی فارنهایت است؟

تمرین۱- باکمک روابط ریاضی:

الف) نشان دهید تغییر دما در مقیاس های سلسیوس و کلوین با هم برابر است.

ب) نشان دهید $\Delta F = ۱/۸\Delta\theta$ است.

تمرین۲-محاسبه کنید ۲۹۸ کلوین چند درجه ی فارنهایت است؟

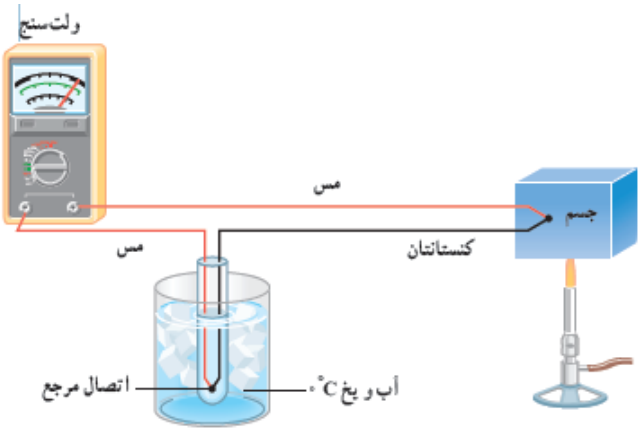
<u>دماسنج های معیار</u>:دانشمندان برای کارهای علمی سه دماسنج را به عنوان دماسنج های معیار برای اندازه گیری گستره ی دماهای مختلف پذیرفته اند:

۱) دماسنج گازی۲) دماسنج مقاومت پلاتینی۳) تف سنج(پیرومتر)

نکته-اساس کار دماسنج های گازی مبتنی بر قانون گازهای کامل است و همچنین اساس کار تف سنج ، مبتنی بر تابش گرمایی است.

دماسنج ترموکوپل: این دماسنج در دهه های گذشته به عنوان دماسنج معیار استفاده می شد اما به دلیل پایین تر بودن دقت آن نسبت به دماسنج های معیار امروزی کنار گذاشته شد.

ساختمان و نحوه ی عملکرد دماسنج ترموکوپل: کمیت دماسنجی این دماسنج ولتاژ است. مطابق شکل دو سیم فلزی غیر هم جنس مانند مس و کنستانتان از طرفی در دمای ذوب یخ نگه داشته شده اند و از طرف دیگر ، در مکانی به هم متصلند که می خواهیم دمای مجهول آنرا به دست آوریم. این مجموعه شامل دو اتصال با سیمهای مسی رابط است که به یک ولت سنج بسته می شود. با افزایش دمای محل مورد اندازه گیری ،ولتاژدو سرسیم های غیر هم جنس بیشتر می شود.اگر آزمایش را چندین بار و برای دماهای متفاوت تکرار کنیم، می توانیم ولتاژهای مربوط به هر دمایی را مشخص کنیم.



نکته:گستره ی دماسنجی یک ترموکوپل به جنس سیمهای متصل به دمای مجهول بستگی دارد.

مزیت دماسنج ترموکوپل:

۱) به دلیل جرم کوچک محل اتصال دو سیم ، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه گیری می شود به تعادل گرمایی می رسد.

۲) این دماسنج می تواند در مدارهای الکترونیکی که در بسیاری از وسایل صنعتی ، گرمایشی و سرمایشی یافت می شود به کار رود.

تمرین۳ – برای اندازه گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کنیم؟

انبساط: افزایش ابعاد یک جسم در اثر دریافت گرما انبساط نامیده می شود که انواع آن عبارتنداز:

۱) انبساط طولی: افزایش طول یک جسم در اثر افزایش دما انبساط طولی نامیده می شود که به صورت زیر محاسبه می شود:

$\Delta L=\alpha L_1 \Delta\Theta$

ΔL: افزایش طول یا انبساط طولی

α:ضریب انبساط طولی($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^oC}$)

L_1:طول اولیه

$\Delta\Theta$:افزایش دما(Kیا^oC)

۲) انبساط سطحی: افزایش مساحت یک جسم در اثر افزایش دما انبساط سطحی نامیده می شود که به صورت زیر محاسبه می شود:

$\Delta A=2\alpha A_1 \Delta\Theta$

ΔA: افزایش مساحت یا انبساط سطحی

2α: ضریب انبساط سطحی($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^oC}$)

A_1:مساحت اولیه

$\Delta\Theta$:افزایش دما(Kیا^oC)

۳) انبساط حجمی: افزایش حجم یک جسم در اثر افزایش دما انبساط حجمی نامیده می شود که به صورت زیر محاسبه می شود:

ΔV: افزایش حجم یا انبساط حجمی

3α:ضریب انبساط حجمی جامدات ($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^oC}$)

$\Delta V=3\alpha V_1 \Delta\Theta$:برای جامدات

β: ضریب انبساط حجمی سیالات ($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^oC}$)

$\Delta V=\beta V_1 \Delta\Theta$:برای سیالات

V_1:حجم اولیه

$\Delta\Theta$:افزایش دما(Kیا^oC)

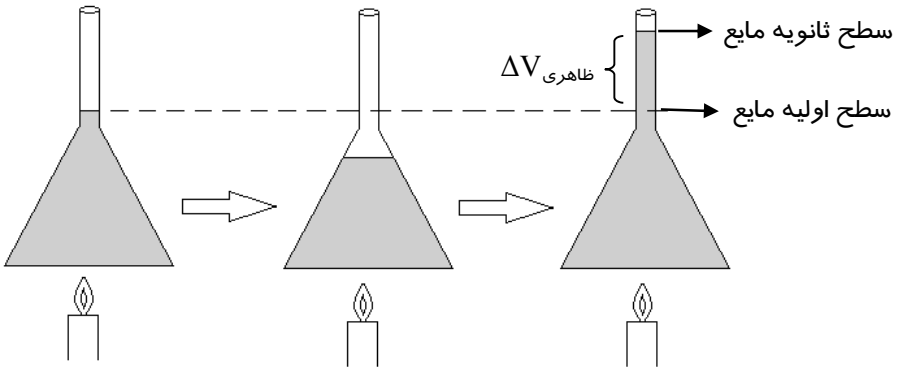
نکته۱–ضرایب انبساط طولی ، سطحی وحجمی همگی به جنس جسم بستگی دارند.(البته وابستگی ناچیزی به دما نیز دارند که در محاسبات چشم پوشی می شود)

نکته۲– چون مایعات شکل معینی ندارند بنابراین انبساط آنها اغلب به صورت حجمی بررسی می شود، و به جای عبارت 3α، از β استفاده می شود.

نکته۳– در سؤالات برای سیالات ، منظور از «ضریب انبساط »به تنهایی همان ضریب انبساط حجمی است.

نکته٤–هنگام انبساط سطحی و حجمی شکل جسم تغییر نمی کند.

نکته٥– هنگامی که مایع درون یک ظرف را روی حرارت قرار می دهیم درابتدا مایع داخل ظرف پایین می رود اما پس از مدتی شروع به بالا رفتن نموده واز سطح اولیه ی خود نیز بالاتر می رود، علت پایین رفتن مایع داخل ظرف این است که در ابتدا خود ظرف گرما می گیرد و انبساط پیدا می کند و فضای بازتری برای مایع ایجاد می شود، مقدار تغییر حجم مایع داخل ظرف که باچشم مشاهده می گردد *انبساط ظاهری* نامیده می شودکه به صورت زیر محاسبه می گردد:



$$\Delta V_{\text{ظاهری}} = \Delta V_{\text{واقعی مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}}$$

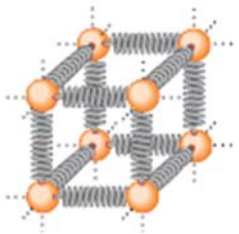
تذکر:در سؤالات هنگامی که مطرح می شودمایع، تمام ظرفی را اشغال کرده است ودر اثر حرارت مقداری از مایع از ظرف بیرون می ریزد، در حقیقت منظور از *مقدار مایع بیرون ریخته از ظرف*، همان انبساط ظاهری مایع است.

نکته٥– در تمام مسائل اینگونه نیست که مانند تصویر بالا مایع الزاماً به بالاتر از سطح اولیه خود برسد، با توجه به ضرایب انبساط ممکن است مایع پایین تر یا مساوی سطح اولیه خود قرار گیرد، به طور کلی سه حالت زیر رخ می دهد:

الف) اگر مایع از سطح اولیه خود بالاتر رود $\Leftarrow \Delta V_{\text{ظاهری}} > 0$

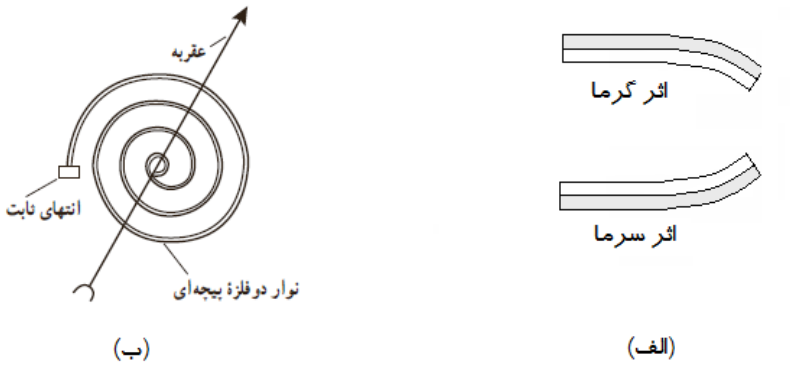
ب) اگر مایع از سطح اولیه خود پایین تر رود $\Leftarrow \Delta V_{\text{ظاهری}} < 0$

پ) اگر مایع از سطح اولیه خود حرکت نکند $\Leftarrow \Delta V_{\text{ظاهری}} = 0$



<u>توجیه میکروسکوپیک انبساط گرمایی:</u> انبساط گرمایی یک جسم پیامدتغییر فاصله بین اتمها و مولکولها ی تشکیل دهنده ی آن است. در واقع اتمها را می توان ذراتی در نظر گرفت که با فنرهایی به اتمهای مجاور متصل شده اند، در دمای معمولی ، اتمها حول مکانهای تعادل خود با دامنه ی کم نوسان می کنند. می توان نشان داد با افزایش دمای جامد، فاصله متوسط بین اتمها افزایش می یابد، درنتیجه کل جسم منبسط می شود.

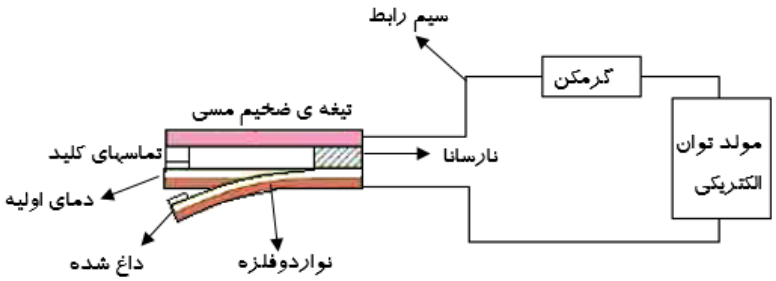
دماسنج نواری دوفلزه: نوار دوفلزه (بی متال) از دوتیغه فلزی متفاوت ، مانند برنج و آهن ساخته شده است که سرتاسر به هم جوش داده شده اندیا پرچ شده اند. هرگاه این نوار ، گرم یا سرد شود مانند شکل الف خم می شود. از این ویژگی می توان برای ساخت دماسنج هایی استفاده نمود که به دماسنج های دو فلزه معروفند، شکل ب ، طرحی ازاین نوع دماسنج را نشان می دهد که از یک نوار دوفلزه حلزونی شکل استفاده شده است:



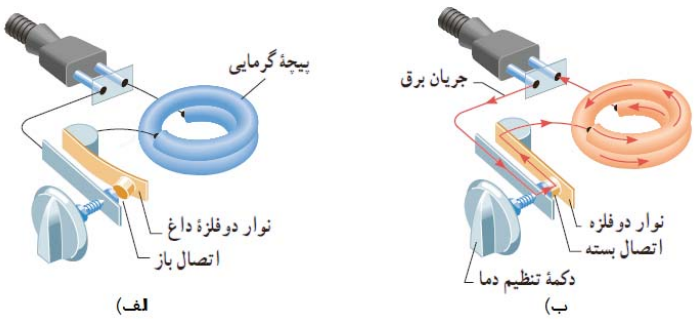
(الف)　　(ب)

دماپا (ترموستات): دماپا یک کلید الکترونیکی است که در آن قطع و وصل جریان با استفاده از حسگرهای گرمایی انجام می شود، برای ساخت دماپا از نوارهای دوفلزه به عنوان حسگر استفاده می شود، مطابق شکل عبور جریان الکتریکی از گرمکن برقی باعث گرم شدن نوار دوفلزه می شود،وقتی دمای نوار به اندازه ی معینی برسد، براثر خم شدن نوار ، جریان قطع شده و گرمکن برقی خاموش می شود . با خاموش شدن گرمکن ، دمای تیغه کاهش می یابد و نوار دوباره به شکل وضعیت قبلی خود باز می گردد و به این ترتیب دوباره مدار وصل شده و گرمکن برقی روشن می شود. دماپاها در بسیاری از وسایل الکترونیکی مانندیخچال، آبگرمکن،سماوربرقی و. . . کاربرد دارند:

نمونه ای از دماپا:



نمونه ای دیگر از دماپا:



(الف)　　(ب)

اصطلاحات رایج در مسائل انبساط:

مثال۲- ضریب انبساط طولی آهن $۱۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است.کارگران در زمستان و در دمای $-۱۰\ ^{o}C$ می خواهند ریل های ۱۲ متری خط آهن را روی زمین نصب کنند. حداقل فاصله ی بین دو ریل متوالی چند میلی متر باید باشد تا در تابستان و در دمای $۴۰\ ^{o}c$ دو ریل متوالی به هم برخورد نکنند؟

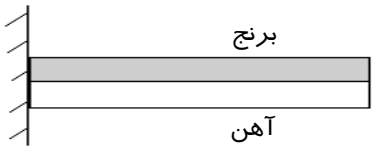
مثال۳-ضریب انبساط سطحی نوعی فلز $۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است. از این فلز یک کره به شعاع $۱۰cm$ در دمای $۴۰\ ^{o}c$ ساخته ایم، محاسبه کنید در دمای $۹۰\ ^{o}c$ حجم این کره چقدر می شود؟($\pi=۳$)

مثال٤–ضریب انبساط نوعی مایع $۸\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است. دمای مایع را چقدر افزایش دهیم تاحجم آن ۰/۰٤ درصد افزایش پیدا کند؟ (ازتبخیر سطحی مایع صرفنظر کنید)

مثال۵–مایعی به حجم $۵۰۰\ cm^{۳}$ و ضریب انبساط $۸\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$داخل ظرفی باضریب انبساط طولی $۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ ریخته شده است، به گونه ای که تمام ظرف توسط مایع اشغال شده است، اگر دمای ظرف و مایع را $۱۰۰^{o}c$ افزایش دهیم ، چند $cm^{۳}$ ازمایع از ظرف بیرون می ریزد؟(از تبخیر سطحی مایع صرفنظر کنید.)

مثال۶– از فلزی با ضریب انبساط طولی $۵\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ میله ای به طول $۲۰۰cm$ساخته ایم . اگر دمای میله را $۱۰۰\ ^{o}c$ افزایش دهیم ، محاسبه کنید چند درصد طول میله افزایش می یابد؟

تمرین٤–دو تیغه ی فلزی از جنس های آهن وبرنج مانند شکل زیر در امتداد طول به هم جوش داده شده اند، اگر ضریب انبساط طولی آهن و برنج به ترتیب $۱۲\times۱۰^{-۶}\ K^{-۱}$ و$۱۹\times۱۰^{-۶}\ K^{-۱}$باشد ، توضیح دهید با گرم کردن میله ها چه اتفاقی می افتد؟

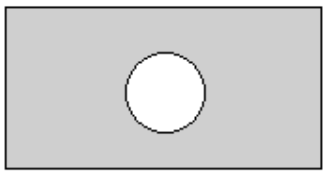


تمرین۵- چرا بهتراست قفل و کلید یک درب ، هم جنس باشند؟

تمرین۶- هنگامی که یک دندانپزشک سوراخ دندانی را پر می کند ، باید ماده ی پرکننده ی دندان همان مشخصه های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد. علت چیست؟

تمرین۷-ورقه ای فلزی به اضلاع a_1 و b_1 را در نظر بگیرید.براثر افزایش دمای ΔT ، طول اضلاع مستطیل به اندازه Δa و Δb افزایش می یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطه ی $\Delta A=2\alpha A_1 \Delta T$ به دست می آید.

تمرین۸-روی یک ورقه ی فلزی مطابق شکل حفره ای دایره ای شکل به قطر$10cm$ وجود دارد ، اگر ضریب انبساط طولی این فلز $5\times10^{-5}\ K^{-1}$ باشد ، هنگامی که دمای ورقه از50^oc به 150^oc افزایش یابد ، مساحت حفره چقدر می شود؟ ($\pi=3$)



تمرین۹–ضریب انبساط حجمی نوعی فلز $۱۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است و از آن ورقه ای در دمای $۱۲۵^{o}c$ ساخته ایم. در چه دمایی افزایش مساحت این ورق ۰/۰٤ مساحت اولیه اش می شود؟

تمرین۱۰–ضریب انبساط طولی نوعی فلز $۱۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است وقطعه ای از آن را در دمای معین در اختیار داریم.دمای این قطعه را چقدر افزایش دهیم تا حجم آن ۰/۶ درصد افزایش یابد؟

تمرین۱۱–ضریب انبساط سطحی یک ورقه ی فلزی $۲\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ است. اگر دمای این ورقه را $۲۰۰^{o}c$ افزایش دهیم، مساحت آن چند درصد افزایش می یابد؟

تمرین۱۲–درظرفی به ضریب انبساط طولی $۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ مایعی به ضریب انبساط $۸\times۱۰^{-۵}\ K^{-۱}$ به گونه ای ریخته شده است که مایع تمام ظرف را اشغال کرده است. هنگامی که دمای ظرف ومایع را از $۲۵^{o}c$ به $۲۲۵^{o}c$ می رسانیم، $٤\ cm^{۳}$ از مایع از ظرف بیرون می ریزد. حجم ظرف در دمای $۲۵^{o}c$ چقدر بوده است؟ (از تبخیر مایع صرفنظر کنید)

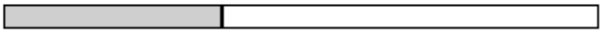
تمرین۱۳–گنجایش باک بنزین یک خودرو ۵۰ لیتر وضریب انبساط حجمی آن $۱۰^{-٤}\ K^{-۱}$ است. در یک روز گرم که دمای هوا $٤۰^{o}c$ است ، ٤۷ لیتر بنزین از منبعی در زیر زمین که دمای آن $۱۰^{o}c$ است وارد باک خودرو می کنیم و خودرو را پارک می کنیم تا به دمای محیط برسد. اگر ضریب انبساط بنزین $۱۰^{-۳}K^{-۱}$باشد. . .

الف) آیا بنزین از باک خودرو سرریز می شود؟

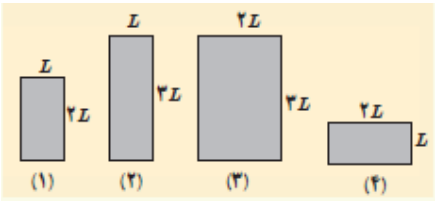
ب) اگر پاسخ الف مثبت است حجم بنزین سرریز شده از باک را به دست آورید و در غیر اینصورت حجم فضای خالی باک پس از انبساط را محاسبه کنید.

تمرین۱٤–درون یک مکعب فلزی به ضلع ۲۰cm حفره ای کروی به شعاع ۵cm وجود دارد. اگر دراثر افزایش دما ضلع مکعب به اندازه ی ٤ cm افزایش یابد، شعاع حفره چقدر افزایش می یابد؟

تمرین۱۵–دو میله ی آلومینیمی به طول ۱۰ cm و آهنی به طول۲۰cm را مطابق شکل به هم جوش داده ایم و دمای آنها را $۱۰۰^{o}c$ افزایش می دهیم، اگر مجموع طول دو میله ۰/۰٤۸cm افزایش پیدا کند و بدانیم که ضریب انبساط آلومینیم ۲ برابر ضریب انبساط آهن است ، ضریب انبساط طولی هر فلز را به دست آورید.



تمرین۱۶ –شکل روبه رو چهار صفحه ی فلزی هم جنس به اضلاع متفاوت را در یک دما نشان می دهد.اگر دمای همه ی آنها را به یک اندازه ی یکسان زیاد کنیم،



الف) ارتفاع کدام صفحه یا صفحه ها بیشتر افزایش پیدا می کند؟

ب) مساحت کدام یک بیشتر افزایش پیدا می کند؟

پ) اگر در هر چهارتای آنها روزنه ی کوچک هم اندازه ای وجود داشته باشد، افزایش قطر چهار روزنه در اثر افزایش دمای یکسان را با هم مقایسه کنید.

تمرین۱۷–مقداری بنزین در مخزنی استوانه ای به ارتفاع h=۱۰/۲m ریخته شده است. دردمای ۱۰- درجه سانتیگراد فاصله ی بین سطح بنزین تا بالای ظرف $\Delta h=۲۰cm$ است. اگر از انبساط ظرف در نتیجه افزایش دما چشم پوشی شود و ضریب انبساط بنزین $۱۰^{-۳}\ K^{-۱}$باشد ، در چه دمایی بنزین از مخزن سرریز می شود؟

<u>اثر دما روی چگالی:</u> هنگامی که جسمی گرم می شود جرم آن تغییری نمی کند ، اما در اثر انبساط حجم آن اغلب افزایش می یابد، طبق رابطه ی $\rho = \frac{m}{V}$ می توان نتیجه گرفت با افزایش دما، چگالی جسم کاهش می یابد.

<u>رابطه ی چگالی با دما:</u>

$$\rho_۲ = \frac{\rho_۱}{۱+۳\alpha\Delta T}$$

$\rho_۱$:چگالی اولیه

$\rho_۲$:چگالی اولیه

α: ضریب انبساط طولی

ΔT: افزایش دما

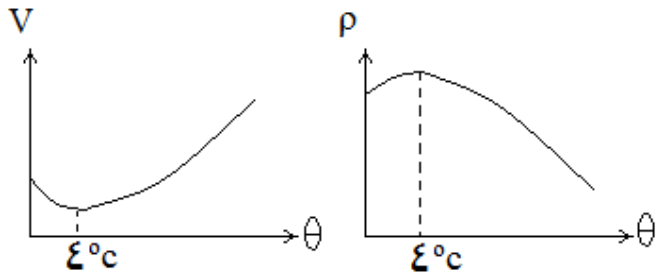
مثال۸-رابطه ی $\rho_۲=\frac{\rho_۱}{۱+۳\alpha\Delta T}$ را به دست آورید.

مثال۹-چگالی شاره ای ۶ گرم بر سانتیمتر مکعب و ضریب انبساط آن $۱۰^{-۳}\ K^{-۱}$ است، اگر دمای شاره ۲۰۰ درجه سانتیگراد بالا رود چگالی شاره چقدر کاهش می یابد؟

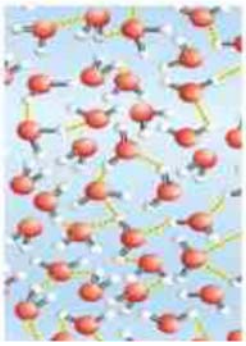
تمرین۱۸- نشان دهید با تقریب مناسبی می توان چگالی جسم را از رابطه ی زیر نیز به دست آورد.

$$\rho_۲=\rho_۱(۱-\beta\Delta T)$$

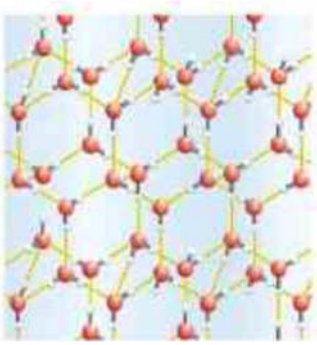
انبساط غیر عادی آب: آب در دمای $۰^{o}c$ تا $٤^{o}c$ برخلاف سایر مایعات با افزایش دما کاهش حجم دارد.یعنی در این محدوده با افزایش دما چگالی آب بر خلاف سایر مایعات افزایش می یابد.نمودارهای زیر تغییرات حجم وچگالی آب را در دماهای مختلف نشان می دهد:



علت انبساط غیر عادی آب: رفتار شگفت انگیز آب را می توان با ساختار مولکول های آن در یخ توضیح داد. مولکول های آب در یخ شبکه ی بلوری تشکیل می دهند، به طوری که مولکول ها در بعضی نواحی خیلی به هم نزدیکند و درنواحی دیگر بین آنها فضای خالی وجود دارد(مطابق شکل).وقتی آب از حالت یخ به حالت مایع تبدیل می شود دیگر شبکه ی بلوری وجود ندارد و آرایش مولکول های آن یکنواخت تر می شود ودر نتیجه حجم اشغال شده کاهش می یابد، اما مطلب مهم این است که در محدوده ی $0^{o}c$ تا $4^{o}c$ بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز در آب وجود دارد و موجب رفتار غیر عادی آب می شود.



آب در حالت مایع شبکه بلوری ندارد.



یخ در حالت مایع شبکه بلوری دارد.

مثال۱۰–چرا آب داخل یک ظرف به جای آن که از پایین به بالا یخ بزنند از بالا یخ می زند؟

تعادل گرمایی: هنگامی که دو یا چند جسم درتماس با یکدیگردارای دمای یکسان باشند، در اصطلاح گفته می شود در تعادل گرمایی هستند.

انرژی گرمایی: انرژی ای که به علت اختلاف دما بین دوجسم مبادله می شود انرژی گرمایی نام دارد.

یکاهای انرژی گرمایی:

۱) ژول: یکای SI انرژی ژول می باشد.

۲)کالری: این یکا به صورت زیر به ژول تبدیل می شود:

$$1cal=4/184J$$

تمرین۱۹– منظور از اینکه دماسنج های معمولی دمای خودشان را اندازه گیری می کنند، چیست؟

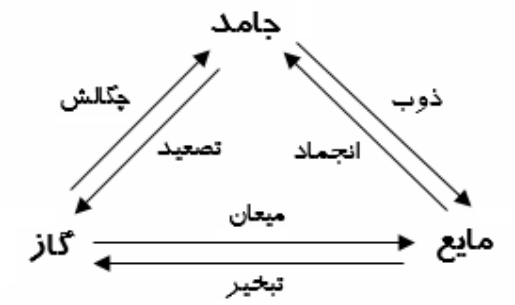
ظرفیت گرمایی(C): مقدار گرمایی است که باید به یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه ی سانتیگراد افزایش یابد.(یکای آن J/K است)

گرمای ویژه(c): مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از جسم داده شود تا دمای آن یک درجه ی سانتیگراد افزایش یابد.(یکای آن J/Kg.K است)

قاعده ی دولن و پتی: اگر گرمای ویژه ی مولی مواد مختلف را با هم مقایسه کنیم ، به نظم شگفت انگیزی پی می بریم و در می یابیم برای بیش تر فلزها مقدار آن تقریباً مساوی ۲۵ J/mol.k است . این نظم با آنکه تقریبی است به نام قاعده ی «دولن وپتی » معروف است.(بر اساس این قاعده می توان گفت گرمای ویژه ی مولی فلزها مقدار یکسانی است و به جنس آنها بستگی ندارد.)

تغییرحالت(گذار فاز): گذار ازیک حالت(فاز) به یک حالت(فاز) دیگر را یک تغییر حالت (گذارفاز) گفته می شود. (هنگام تغییر حالت دمای جسم ثابت می ماند)

انواع تغییر فاز:



نقطه ی ذوب (دمای گذار جامد به مایع): هنگامی که به جسم جامدی گرما دهیم ، در ابتدا دمای آن افزایش می یابد . اگر عمل گرما دادن ادامه یابد ، وقتی دمای جسم به مقدار معینی برسد افزایش دما متوقف می شود و دراین دما جسم شروع به ذوب شدن می کند و به مایع تبدیل می شود.این دمای ثابت را نقطه ی ذوب می گویند.

نقطه ی جوش (دمای گذار مایع به گاز)و جوشیدن کامل: وقتی مایعی را حرارت می دهیم به دمای مشخصی می رسیم که در آن حبابهای گاز از درون مایع بالا می آیند، که نشانه ای از آغاز فرآیندی موسوم به جوشیدن است، به این دمای مشخص ، *نقطه ی جوش* می گویند. در مورد آب به محض اینکه حبابها بالا می آیندو به آب کمی سردتر می رسند و پیش از رسیدن به سطح آزاد آب با صدای تیزی فرو می پاشند و در آنجا دوباره به مایع تبدیل می شوند. ولی وقتی دمای آب همچنان بالا رود ، حبابها می توانند بیشتر بالا روند تا اینکه سرانجام به سطح آزاد آب می رسند و در آنجا با صدای دیگری که به آن غلغل کردن می گویند فرو می پاشند. در این حالت است که می گوییم آب به *جوش کامل* رسیده است.

نقطه ی سه گانه: برای آب نقطه ای موسوم به نقطه ی سه گانه وجود دارد که درآن سه حالت یخ ، آب و بخار در تعادلند. دمای این نقطه ۰/۰۱ درجه سانتیگراد است.

تبخیر سطحی: تبخیر مایع از سطح آن تا پیش از رسیدن به نقطه ی جوش مایع تبخیر سطحی نامیده می شود. در پدیده ی تبخیر برخی از مولکول های مایع که تندی آن ها به حد کافی افزایش یابد از سطح مایع فرار می کنند.

عوامل مؤثر بر تبخیر سطحی:

۱) دما ۲) مساحت سطح مایع ۳) فشار ٤) وزش باد ۵) تابش نور۶) افزودن ناخالصی

(افزایش دما ، افزایش مساحت سطح مایع ،تابش نور و وزش باد همگی موجب افزایش سرعت تبخیر سطحی می گردند، اما افزایش فشار روی مایع و افزودن ناخالصی به مایع موجب کاهش سرعت تبخیر سطحی می شود)

تذکر: خشک شدن لباس خیس روی بند یا خشک شدن سریع زمین خیس در هوای گرم تابستان ، مثال هایی از تبخیر سطحی هستند.

گرمای نهان ویژه ذوب(L_f): نسبت گرمای منتقل شده برای تغییر حالت یک جسم از جامد به مایع، به جرم آن می باشد یا مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم جسم برای تغییر حالت از جامد به مایع داده شود. (یکای آنJ/Kg است)

گرمای نهان ویژه تبخیر(L_V): نسبت گرمای منتقل شده برای تغییر حالت یک جسم از مایع به گاز،به جرم آن می باشد یا مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم جسم برای تغییر حالت از مایع به گاز داده شود. (یکای آنJ/Kg است)

نکته۱- منظور از ظرفیت گرمایی(C) این نیست که جسم توانایی محدودی برای مبادله ی گرما دارد. بلکه تا وقتی که اختلاف دما وجود داشته باشد، مبادله ی گرما امکانپذیز است.

نکته۲- برای c وC روابطی به صورت زیر نیز وجود دارد:

$$C= mc$$

m:جرم جسم

نکته۳-گرمای ویژه(c)،گرمای نهان ویژه ی ذوب(L_f)،گرمای نهان ویژه ی تبخیر(L_v)، تنها به جنس جسم بستگی دارند.

نکته٤-ظرفیت گرمایی(C) علاوه برجنس به جرم جسم نیز بستگی دارد.

نکته۵- هرچه گرمای ویژه(c) جسمی بیشتر باشد ، افزایش دمای آن دشوارتر است و نیاز به انرژی گرمایی بیش تری برای افزایش دما دارد.

نکته۶-نقطه ی ذوب و جوش به جنس جسم و فشار وارد برآن بستگی دارد و اغلب با افزایش فشار وارد برجسم نقطه ی ذوب و جوش جسم نیز افزایش می یابد.

نکته۷- برخلاف سایر مواد،در مورد یخ ، با افزایش فشار، نقطه ی ذوب آن کاهش می یابد.

نکته۸- افزودن ناخالصی موجب کاهش نقطه ی انجماد مایع و افزایش نقطه ی جوش آن می شود.

نکته۹- برخلاف جامدهای خالص و بلورین ، جامدهای بی شکل مانند شیشه و قیر نقطه ی ذوب کاملاً مشخصی ندارند. در واقع وقتی این مواد را گرم می کنیم ، پیش ازذوب شدن خمیری شکل می شوند. این مواد در گستره ای از دما به تدریج ذوب می شوند.

نکته۱۰- فرآیندهای ذوب و تبخیر گرماگیر و فرآیندهای انجماد و میعان گرماده اند.

تمرین۲۰-علت دیرتر ذوب شدن برف روی قله کوه ها چیست؟

تمرین۲۱- دو جسم با جرم های برابر در نظر بگیریدکه به آن ها مقدار گرمای مساوی داده ایم ، اگر گرمای ویژه ی اولی بیش تر از گرمای ویژه ی دومی باشد، توضیح دهید کدام جسم افزایش دمای بیش تری خواهد داشت؟

تمرین۲۲- چند گوی فلزی از جنس های مختلف ، مثلاً از آلومینیم ، فولاد، برنج، مس وسرب و . . . را اختیار می کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی ها را توسط ریسمان هایی داخل ظرف آب در حال جوشی قرار می دهیم و پس از مدتی گوی ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه ی پارافین قرار می دهیم . به نظر شما کدام گوی پارافین بیش تری را ذوب می کندو علت چیست؟(مقدار گرمای ویژه این فلزها را می توانید از جداول کتاب درسی ببینید)

تمرین۲۳-چرا آب مایع مناسب برای خنک کردن موتور اتومبیل است؟

تمرین۲٤-چرا غذا در دیگ زود پز زودتر آماده می شود؟

تمرین۲۵-علت هر یک از موارد زیر را بنویسید.

الف) با پوشیدن لباس های تر احساس سرما می کنید.

ب) عرق کردن به خنک نگه داشتن بدن کمک می کند.

پ) هنگامی که دوش می گیرید بخار آب روی شیشه ی پنجره ی حمام مایع می شود.

تمرین۲۶-چرا ظاهر برف با یخ تفاوت دارد؟

تمرین۲۷- کوزه های سفالی چگونه می توانند آب داخل خود را خنک کنند؟

تمرین۲۸-چگونه با استفاده از تفاوت دمای جوش ، برای جدا کردن محصولات نفتی کمک گرفته می شود؟

تمرین۲۹-گرمای نهان ویژه ی تبخیر آب با افزایش دما کاهش می یابد، علت چیست؟

تمرین۳۰-علت دیرتر آب پز شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای بر طرف شدن این مشکل چه کاری انجام می دهند؟

محاسبه گرما

۱) گرمای لازم برای تغییر دما:

$$Q=mc\Delta\Theta \quad , \quad Q=C\Delta\Theta$$

۲) گرمای لازم برای تغییر حالت

الف) گرمای نهان ذوب:

$$Q=mL_f$$

ب)گرمای نهان انجماد:

$$Q= -mL_f$$

پ)گرمای نهان تبخیر:

$$Q=mL_v$$

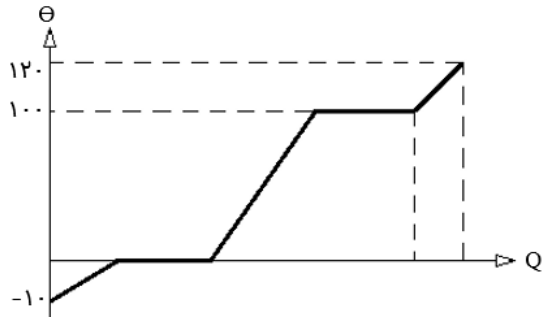
ت)گرمای نهان میعان:

$$Q= -mL_v$$

نکته۱- با توجه به اینکه یخ در 0^oc ذوب می شودو آب در 100^ocشروع به تبخیر شدن می نماید، به مثال زیر برای بررسی مراحلی که یخ طی می کند تا تبخیرشود برای محاسبه ی گرما توجه نمایید:

یخ-10^oc ⟵ یخ 0^oc ⟵ آب0^oc ⟵ آب 100^oc ⟵ بخارآب100^oc ⟵ بخارآب120^oc

نکته۲-نمودارزیر برای نشان دادن مراحل فوق استفاده می شود:



نکته۳-منظور از توان گرمایی ، مقدارگرمایی است که یک وسیله در مدت یک ثانیه تولید می کندکه به صورت زیر محاسبه می گردد:

P: توان(W)

$$P = \frac{Q}{t}$$

گرماسنج(کالری متر): شامل ظرفی درپوش دار است که به خوبی عایق بندی گرمایی شده است . این ظرف در آزمایش های گرماسنجی مانند تعیین گرمای ویژه ی اجسام به کار می رود.

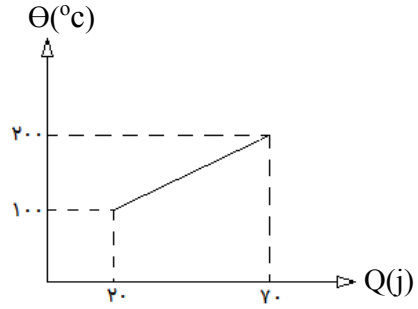
گرماسنج بمبی: نوعی گرماسنج است که از آن برای تعیین ارزش غذایی مواد با اندازه گیری انرژی آزاد شده آنها در حین سوختن استفاده می شود . نمونه ای که جرم آن با دقت اندازه گیری شده است در ظرف سر بسته ای که محتوی اکسیژن است (که اصطلاحاً به آن بمب گفته می شود) قرار داده می شود. سپس این محفظه در آب یک گرماسنج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

مثال۱۱-گرمایی که باید از۲ کیلوگرم آب $۱۰^{o}c$گرفته شود تا بتوان آن را کاملاً منجمد نمود چقدر است؟

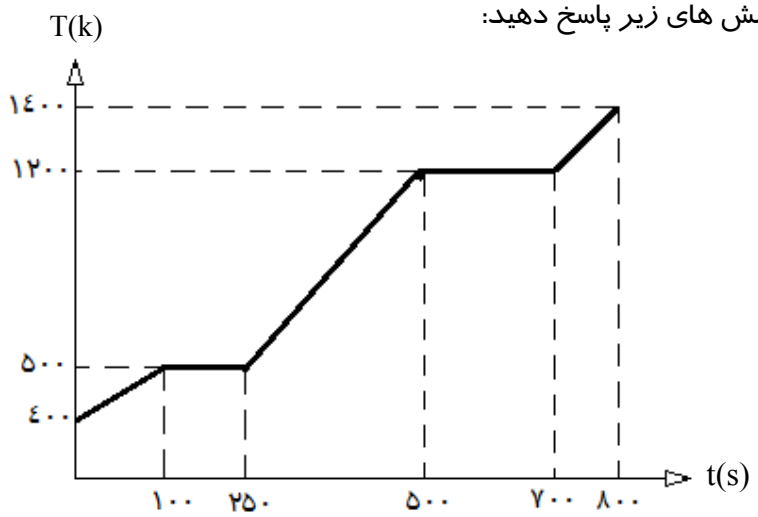
$(C_{آب}= ۴۲۰۰ \frac{J}{Kg.^{o}C}, L_f=۳۳۴ \frac{Kj}{Kg})$

مثال۱۲–داخل یک گرمکن با توان ۱/۱۲۸ کیلووات، ۱۰ کیلوگرم آب جوش در فشار ۱atm موجود است، پس از ۵۰ دقیقه چند کیلوگرم آب داخل گرمکن می ماند؟(L_v=۲۲۵۶ $\frac{Kj}{Kg}$)

مثال۱۳–نمودار تغییرات دمای ۱۰ کیلوگرم از یک ماده برحسب گرمای داده شده به آن به صورت زیر است ، گرمای ویژه جسم چقدر است؟



مثال۱٤–جسم جامدی به جرم ۲Kg داخل یک گرمکن با توان ۰/۶Kw قرار داده شده است . اگر نمودار تغییرات دمای جسم با زمان به صورت زیر باشد، به پرسش های زیر پاسخ دهید:



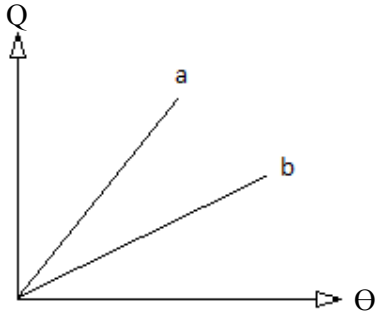
الف) دمای ذوب وجوش این جسم چند درجه سانتی گراد است؟

ب) گرمای ویژه ی مایع چقدر است؟

پ) گرمای نهان ویژه ذوب جسم چقدر است؟

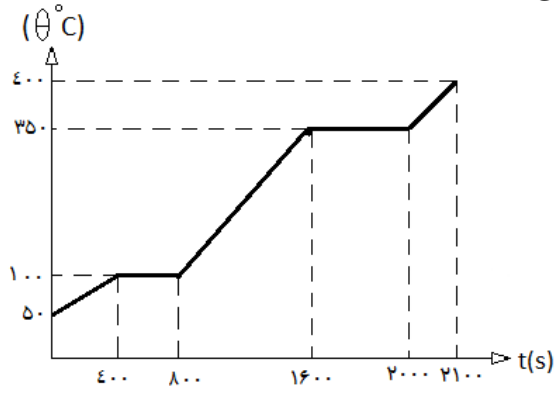
ت) درچه لحظه ای جسم کاملاً مایع شده است؟

تمرین۳۱–نمودار گرمای گرفته شده برحسب تغییرات دمای دو جسم متفاوت با جرم های برابر به صورت زیر است. توضیح دهید گرمای ویژه کدام جسم بیش تر است؟



تمرین۳۲–داخل گرمکنی با توان ۶/۶۸ Kw مقدار ۵ کیلوگرم یخ صفردرجه سلسیوس موجود است، پس از یک دقیقه و چهل ثانیه چند درصد از یخ باقی می ماند؟($L_f=۳۳٤\ \frac{Kj}{Kg}$)

تمرین۳۳–جسم جامدی به جرم ۵۰۰گرم داخل یک گرمکن با توان ٤۰۰ وات قرار داده شده است . اگر نمودار تغییرات دمای جسم با زمان به صورت زیر باشد، به پرسش ها پاسخ دهید:



الف) دمای ذوب و جوش جسم چند کلوین است؟

ب)گرمای ویژه ی مایع چقدر است؟

پ)گرمای ویژه نهان تبخیر چقدر است ؟

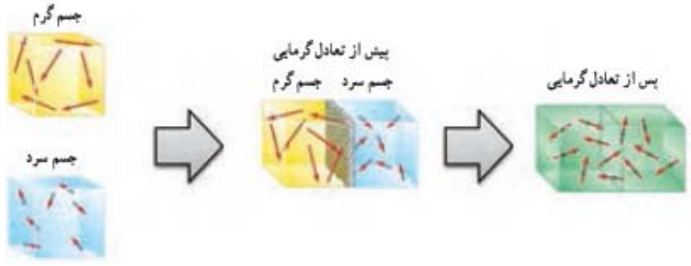
ت)درچه لحظه ای جسم کاملاً بخار شده است؟

تمرین۳٤–داخل یک گرماسنج مقدار ۰/۵ کیلوگرم آب $۶۰^{o}c$ که در تعادل گرمایی با گرماسنج است موجود است. اگر ۹۰۰ کیلوژول به مجموعه گرما بدهیم،آب به جوش می آید . ظرفیت گرمایی گرماسنج چقدر است؟

$(C_{آب}=٤۲۰۰\ \frac{J}{Kg.^{o}C})$

تمرین۳۵- چند لیتر آب با چگالی ۱/۲ گرم بر سانتیمتر مکعب با گرفتن ۸٤۰۰ ژول گرما ۵ درجه سانتیگراد افزایش دما دارد؟($C_{آب}$=٤۲۰۰ $\frac{J}{Kg.^oC}$)

دمای تعادل: اگر دو یا چند جسم درتماس با یکدیگر قرار گیرند، پس از مدتی همدما می شوند. به این دما، دمای تعادل می گویند. شکل زیر ازنظر مولکولی این فرآیند را نشان می دهد:



محاسبه ی دمای تعادل: با توجه به قانون پایستگی انرژی رابطه ی زیر برقرار است:

$Q_۱+ Q_۲+ Q_۳+ ۰ ۰ ۰=۰$

مثال۱۵- شخصی ۲٤۰ گرم آب ۵۰^{o}c را در یک لیوان آلومینیمی ۱۰۰ گرمی با دمای ۲۰^{o}c می ریزد. دمای نهایی پس از آنکه آب و لیوان به تعادل گرمایی برسند چقدر است؟ (ظرفیت گرمایی ویژه ی آب و آلومینیم به ترتیب ٤۲۰۰ $\frac{J}{Kg.^oC}$ و ۰/۱۲ $\frac{J}{Kg.^oC}$ است)

مثال۱۶-قطعه ای ۶۰۰ گرمی از یک فلز با دمای ۱۰۰^{o}c را درگرماسنجی با ظرفیت گرمایی ۲۰۰ $\frac{J}{^oC}$ که حاوی ۵۰۰ گرم آب با دمای ۲۰^{o}c است می اندازیم . اگر دمای نهایی مجموعه ۲۵^{o}c گردد، ظرفیت گرمایی ویژه این فلز چقدر است؟($C_{آب}$=٤۲۰۰ $\frac{J}{Kg.^oC}$)

حالت های خاص دمای تعادل:

۱) مخلوط یخ 0^oc با جسم بالای 0^oc: به طور مثال اگر یک قطعه آهن 80^oc روی یک قطعه یخ 0^oc گذاشته شود، حالت های زیر ممکن است رخ دهد که باید به آن توجه کنید:

الف) اگرهمه ی یخ ذوب شود ⟸ دمای تعادل بالای 0^oc خواهدبود و فرآیندهای زیر رخ می دهد:

یخ 0^oc ⟶ آب 0^oc ⟶ آب θ_e

آهن 80^oc ⟶ آهن θ_e

ب) اگرهمه ی یخ ذوب نشود ⟸ دمای تعادل برابر 0^oc خواهد بود(زیرا در نهایت مقداری یخ 0^oc در ظرف می ماند) و فرآیندهای زیر رخ می دهد:

یخ 0^oc ⟶ آب 0^oc

آهن 80^oc ⟶ آهن 0^oc

پ) اگر نامعلوم باشد که آیا همه یخ ذوب می شود یا نه ⟸ ابتدا به طور جداگانه برای هر جسم مراحل زیر را می نویسیم و سپس گرمای لازم برای ذوب یخ و همچنین گرمایی که آهن برای ذوب یخ فراهم می کند را جداگانه به دست می آوریم و در نهایت با مقایسه ی اعداد نتیجه گیری می کنیم:

یخ 0^oc $\xrightarrow{Q_1=mL_f}$ آب 0^oc

آهن 80^oc $\xrightarrow[Q_2=mC\Delta\theta]{}$ آهن 0^oc

⟹ ۱) $Q_1 > Q_2$ ⟹ همه ی یخ ذوب نمی شود $\theta_e = 0^o$

۲) $Q_1 < Q_2$ ⟹ همه ی یخ ذوب می شود $\theta_e > 0^o$

تذکر: درتمام حالت های بالا با رابطه ی زیر می توان پاسخ سوال را تعیین نمود:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots = 0$$

۲) مخلوط آب$100^{o}c$ با جسم بالای $100^{o}c$: به طور مثال اگر یک قطعه آهن $150^{o}c$روی مقداری آب $100^{o}c$ انداخته شود، حالت های زیر ممکن است رخ دهد که باید به آن توجه کنید:

الف) اگرهمه ی آب بخار شود ⟸ دمای تعادل بالای $100^{o}c$خواهدبود و فرآیندهای زیر رخ می دهد:

آب$100^{o}c$ ⟶ بخار آب$0^{o}c$ ⟶ بخارآبΘ_e

آهن$150^{o}c$⟶ آهن Θ_e

ب) اگرهمه ی آب بخار نشود ⟸ دمای تعادل برابر$100^{o}c$خواهد بود(زیرا در نهایت مقداری آب$100^{o}c$ در ظرف می ماند) و فرآیندهای زیر رخ می دهد:

آب$100^{o}c$ ⟶ بخارآب$100^{o}c$

آهن$150^{o}c$⟶ آهن$100^{o}c$

پ) اگر نامعلوم باشد که آیا همه آب بخارمی شود یا نه ⟸ ابتدا به طور جداگانه برای هر جسم مراحل زیر را می نویسیم و سپس گرمای لازم برای تبخیرآب و همچنین گرمایی که آهن برای تبخیرآب فراهم می کند را جداگانه به دست می آوریم و در نهایت با مقایسه ی اعداد نتیجه گیری می کنیم:

آب$100^{o}c$ $\xrightarrow{Q_1=mL_v}$ بخار آب$100^{o}c$

آهن$150^{o}c$ $\xrightarrow[Q_2=mC\Delta\Theta]{}$ آهن$100^{o}c$

⟹ ۱) $Q_1 > Q_2$ ⟹ همه ی آب، بخار نمی شود $\Theta_e=100$

⟹ ۲) $Q_1 < Q_2$ ⟹ همه ی آب،بخار می شود $\Theta_e>100$

تذکر: درتمام حالت های بالا با رابطه ی زیر می توان پاسخ سؤال را تعیین نمود:

$$Q_1+Q_2+Q_3+\cdots=0$$

روش تعیین ظرفیت گرمایی با کمک گرماسنج: درگرماسنج مقداری آب با جرم معین می ریزیم و پس از هم دما شدن آب و گرماسنج ، دمای آب را اندازه گیری می کنیم.سپس جسمی که می خواهیم گرمای ویژه اش را پیدا کنیم و جرم ودمای اولیه آن را اندازه گرفته ایم، درون گرماسنج قرار می دهیم و به کمک همزن آب را هم می زنیم تا مجموعه سریعتر به دمای تعادل برسد.پس از برقرار ی تعادل ، دمای تعادل را اندازه گیری می کنیم.سپس با رابطه ی زیر و باز کردن آن می توان به ظرفیت گرمایی جسم دست یافت:

$Q_۱+ Q_۲+ Q_۳+ \cdots =۰$

مثال۱۷–اگر۲۵ گرم یخ ۰^oc را در ۱۷۵ گرم آب ۲۰^oc وارد کنیم پس از ذوب همه ی یخ ، دمای تعادل چند درجه سانتیگراد می شود؟($L_f=۳۳۶\frac{Kj}{Kg}$ و $C_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{Kg.^oC}$)

مثال۱۸– بر روی ۵۰ گرم یخ ۰^oc، ۸۰ گرم آب ۴۰^oc می ریزیم. پس از برقراری تعادل چند گرم آب و چند گرم یخ داریم؟($L_f=۳۳۶\frac{Kj}{Kg}$ و $C_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{Kg.^oC}$)

مثال۱۹–در ظرفی ۴۰ گرم یخ ۰^oc و ۵۰ گرم آب ۱۰^oc می ریزیم. پس از برقراری تعادل در ظرف چه خواهیم داشت؟($L_f=۸۰\frac{cal}{g}$ و $C_{آب}=۱\frac{cal}{g.^oC}$)

مثال۲۰–۱۱/۲۸ کیلوگرم فولاد^{o}c ۲۰۰ ، حداکثر چند گرم آب ^{o}c۱۰۰ را تبخیر می کند؟

($C_{\text{فولاد}}$= ۵۰۰ $\frac{J}{Kg.^{o}C}$,L_{v}=۲۲۵۶ $\frac{Kj}{Kg}$)

تمرین۳۶– در ظرفی ۲۰۰ لیتر آب ^{o}c۵۰ موجود است، چند لیتر آب ^{o}c۱۰ به آن اضافه کنیم تا دمای آب درون ظرف به ^{o}c۳۰ برسد؟(چگالی آب را ۱ گرم بر سانتی متر مکعب فرض کنید.)

تمرین۳۷–چند گرم آب^{o}c ۱۰ را با چندگرم آب ^{o}c۴۰ مخلوط کنیم تا ۱۲۰ گرم آب ^{o}c۳۰ به دست آید؟

تمرین۳۸– اگر داخل ۴۰۰ گرم آب ^{o}c۶۰ چند تکه یخ ^{o}c۰ به جرم ۲۰ گرم بیندازیم پس از ذوب کامل یخ دمای مخلوط چند درجه سلسیوس می شود؟($C_{\text{آب}}$=۴۲۰۰ $\frac{J}{Kg.^{o}C}$و L_{f}=۳۳۶ $\frac{Kj}{Kg}$)

تمرین۳۹-یک قطعه فولاد به جرم ۱۰ کیلوگرم ودمای $160\ ^{o}c$ روی یک قطعه یخ $0\ ^{o}c$ به جرم ۲۰ کیلوگرم قرار داده شده است. پس از برقراری تعادل چند کیلوگرم یخ باقی می ماند؟($C_{فولاد}=0/1\ \frac{cal}{g.^{o}C}$ و $L_f=80\ \frac{cal}{g}$)

تمرین۴۰- ۴۰ گرم یخ $0\ ^{o}c$ را در ۱۰۰ گرم آب $20\ ^{o}c$ می اندازیم . پس از برقراری تعادل دمای نهایی مخلوط چقدر می شود؟($C_{آب}=1\ \frac{cal}{g.^{o}C}$ و $L_f=80\ \frac{cal}{g}$)

تمرین۴۱-داخل یک لیوان آب با دمای $50\ ^{o}c$ مقداری یخ $0\ ^{o}c$ به جرم ۲۰ گرم می اندازیم . پس از ذوب کامل یخ ، ۵۲۰ گرم آب $45\ ^{o}c$ داخل ظرف خواهیم داشت. ظرفیت گرمایی لیوان را به دست آورید.

($L_f=80\ \frac{cal}{g}$ و $C_{آب}=1\ \frac{cal}{g.^{o}C}$)

تمرین۴۲-چند گرم فولاد $80\ ^{o}c$ می تواند ۱۰ گرم یخ $0\ ^{o}c$ را ذوب نماید؟($C_{فولاد}=0/1\ \frac{cal}{g.^{o}C}$ و $L_f=80\ \frac{cal}{g}$)

تمرین۴۳- اگر ۵۰ گرم یخ $0^{o}c$ را در ۵۰ گرم آب $60^{o}c$ وارد کنیم ، پس از برقرای تعادل چه خواهیم داشت؟

($L_f=80\frac{cal}{g}$ و $C_{آب}=1\frac{cal}{g.^{o}C}$)

تمرین۴۴-در ظرفی ۱۰۰ گرم آب $20^{o}c$ موجود است. روی آن مقداری یخ $0^{o}c$ می ریزیم ، پس از برقراری تعادل جرم یخ به ۲۵ گرم می رسد. جرم اولیه ی یخ را به دست آورید. ($L_f=80\frac{cal}{g}$ و $C_{آب}=1\frac{cal}{g.^{o}C}$)

تمرین۴۵-در ظرفی ۴۰ گرم یخ $0^{o}c$ و ۳۰ گرم آب $20^{o}c$ می ریزیم. پس از برقراری تعادل در ظرف چه خواهیم داشت؟($L_f=80\frac{cal}{g}$ و $C_{آب}=1\frac{cal}{g.^{o}C}$)

تمرین۴۶-اگر ۵/۶۴ کیلوگرم فولاد $20^{o}c$ داخل ۳ کیلوگرم آب $100^{o}c$ انداخته شود،پس از برقراری تعادل چقدر آب باقی می ماند؟ ($L_v=2256\frac{Kj}{Kg}$ و $C_{فولاد}=500\frac{J}{Kg.^{o}C}$)

تمرین ٤٧–یک قطعه ی ۵۰۰ گرمی آلومینیم $-٤^{o}c$ داخل یک کیلوگرم آب $٠^{o}c$ انداخته می شود. پس از برقراری تعادل چقدر آب داخل ظرف باقی می ماند؟($C_{آلومینیم}=٠/٢\frac{cal}{g.^{o}C}$ و $L_f=٨٠\frac{cal}{g}$)

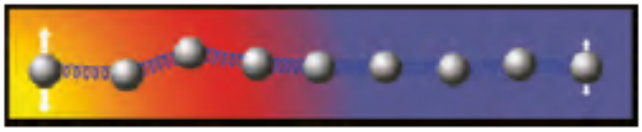
تمرین٤٨–۸۰ گرم یخ $-١٠^{o}c$ را دریک استخر آب $٠^{o}c$ می اندازیم . اگر از اتلاف انرژی صرفنظر کنیم، جرم یخ چقدر می شود؟($C_{یخ}=٠/٥\frac{cal}{g.^{o}C}$ و $L_f=٨٠\frac{cal}{g}$)

تمرین٤٩–٤٠ گرم یخ $-٥^{o}c$ را در ۱۰۰ گرم آب $٠^{o}c$ می اندازیم . اگر بدانیم همه ی آب منجمد نمی شود ، پس از برقراری تعادل جرم آب ویخ چقدر می شود؟($C_{یخ}=٠/٥\frac{cal}{g.^{o}C}$ و $L_f=٨٠\frac{cal}{g}$)

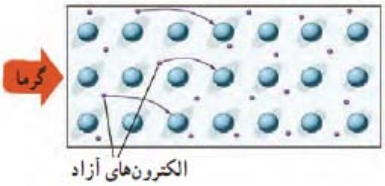
روش های انتقال گرما: عبارتند از:

۱-رسانش ۲- همرفت ۳- تابش

۱) رسانش: روشی از انتقال گرما است که در آن به دلیل ارتعاش اتمها در اثر گرما و گسترش این ارتعاشات در طول آنها صورت می گیرد.شکل زیر نشان دهنده ی این پدیده است:



نکته: در فلزات علاوه بر ارتعاش های اتمی ، الکترونهای آزاد نیز درانتقال گرما نقش دارند و بنابراین نسبت به سایر اجسام ، رساناهای گرمایی بهتری هستند. در واقع چون الکترون ها بسیار کوچک اند و به سرعت حرکت می کنند با برخورد با سایر الکترون ها و اتمها سبب رسانش گرما می شوند . بنابر این در رساناهای فلزی سهم الکترون های آزاد در رسانش گرما بیش تر از اتم است:



محاسبه ی گرمای رسانش شده و آهنگ رسانش گرما:

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

$$Q = \frac{kAt(T_H - T_L)}{L}$$

K: ثابت رسانندگی میله(J/m.s.k یا w/m.k)

A: سطح مقطع(m^2)

t: زمان شارش گرما(s)

(T_H-T_L) : اختلاف دمای دو انتها(K)

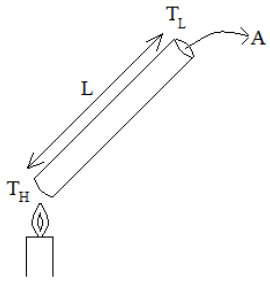
T_H : دمای قسمت گرمتر(K)

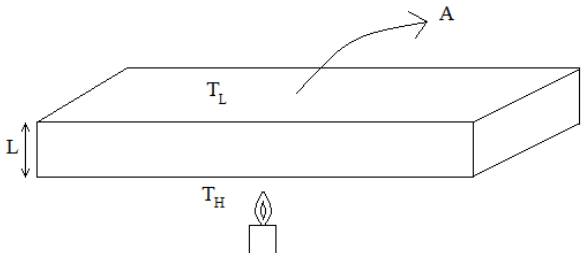
T_L: دمای قسمت سردتر(K)

L: طول یا ضخامت(m)

Q: گرمای رسانش شده(J)

$\frac{Q}{t}$ یا H : آهنگ رسانش گرما(J/s یا W)





نکته: ثابت رسانندگی (k) به جنس جسم بستگی دارد.

عوامل مؤثر بر آهنگ رسانش گرما: با توجه به رابطه ی $H = \frac{kA(T_H - T_L)}{L}$ عبارتنداز:

۱-ثابت رسانندگی یا جنس جسم ۲- مساحت سطح مقطع۳- طول ٤- اختلاف دمای دو انتها

۲)همرفت: انتقال گرما در شاره ها که اغلب رسانای خوب گرما نیستند به روش همرفت صورت می گیرد ، یعنی همراه با جابه جایی بخشی از خود ماده ، انجام می گیرد. در این روش انتقال گرما، دما قسمتی از شاره که درتماس با جسم گرم است ، افزایش می یابد و به این ترتیب حجم آن زیاد می شود ، در نتیجه چگالی این قسمت از شاره کاهش می یابد. چون اکنون چگالی این شاره انبساط یافته کم تر از شاره سرد اطراف خود است ، نیروی شناوری (طبق اصل ارشمیدس) موجب بالا رفتن آن می شود. آنگاه مقداری از شاره سردتر اطراف آن جایگزین شاره گرمتر می شود که بالا رفته است و این فرآیند به همین ترتیب ادامه پیدا می کند تا کل شاره گرم شود. آزمایش زیر این پدیده را نشان می دهد: (در اثر فرآیند همرفت مایع رنگی همراه با گرما حرکت کرده وکل مایع رنگی می شود)

نکته: گرم شدن هوای داخل اتاق به وسیله ی بخاری ورادیاتور ، گرم شدن آب درون قابلمه ، جریان های باد ساحلی، انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن و . . . همگی بر اثر پدیده همرفت رخ می دهند.

همرفت واداشته: نوعی از همرفت است که درآن شاره به کمک یک تلمبه (طبیعی یا مصنوعی) به حرکت واداشته می شود تا با این حرکت انتقال گرما صورت پذیرد. سیستم گرم کننده مرکزی در ساختمان ها ، سیستم خنک کننده موتور اتومبیل ، دستگاه گردش خون در بدن جانداران خونگرم مثالهایی از انتقال گرما به این روش هستند.

۳) تابش گرمایی: روشی از انتقال گرما است که در آن انتقال انرژی از طریق تابش الکترومغناطیس گسیل شده از مواد صورت می گیرد. در واقع تابش الکترومغناطیس در هر دمایی رخ می دهد اما با افزایش دما بیشتر می شود.

دما نگار و دما نگاشت: تابش گرمایی دردماهای زیر ۵۰۰ درجه سانتیگراد عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است ، تابش فروسرخ ، نامرئی است ،ابزاری که می تواند تابش های فروسرخ را نشان دهد دمانگار نامیده می شود و تصویر به دست آمده از آن دما نگاشت نام دارد. در این تصویر از رنگهای نمادین استفاده می شود و ناحیه های گرمتر با رنگ قرمز و ناحیه های سردتر با رنگ آبی مشخص می شود.

عوامل مؤثر بر تابش گرمایی:

۱) مساحت جسم۲) دمای جسم ۳) رنگ سطح جسم٤) میزان صیقلی بودن (سطوح صاف و در خشان یا رنگ های روشن تابش گرمایی کمتری دارند، در حالیکه تابش گرمایی سطوح تیره، ناصاف و مات بیشتراست.)

کاربردهای زیستی تابش گرمایی:

۱)شکاربا تابش فروسرخ: نوعی از مارهای زنگی اندام هایی حفره ای بر روی پوزه ی خود دارند که نسبت به تابش فروسرخ حساس اند. این مارها اغلب در سیاهی شب شکار می کنند . در واقع اندامهای حفره ای به آنها کمک می کند که طعمه های خونگرم خود را به واسطه تابش فروسرخ در تاریکی و سرمای شب مشاهده کنند.

۲)کلم اسکانک: یکی از چندین گیاهی است که می تواند دمایش را تا بیشتر از دمای محیط بالا ببرد. این نوع کلم به خاطر بالا رفتن دمایش ، انرژی خود را از طریق تابش فروسرخ از دست می دهد و می تواند برف اطرافش را در زمستان آب کند.

تف سنج و تف سنجی: از تابش گرمایی می توان به عنوان مبنایی برای اندازه گیری دمای اجسام استفاده کرد. به روش های اندازه گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی ، تف سنجی و به ابزارهای اندازه گیری به این روش، تف سنج می گوییم.

نکته۱- تف سنج برخلاف سایر دماسنج ها بدون تماس با جسمی که می خواهیم دمای آن را اندازه گیری کنیم ، دمای جسم را می توانند اندازه گیری کنندو همچنین تف سنجی برای اندازه گیری دماهای بالای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد اهمیت ویژه ای دارد.

نکته۲-تف سنج نوری وتف سنج تابشی دو نوع تف سنج پرکاربرد محسوب می شوند که تف سنج نوری به عنوان دماسنج معیار برای اندازه گیری این دماها انتخاب شده است.

اثر گلخانه ای :بخشی از نور خورشید با عبور از جو زمین به سطح آن می رسد و بخش عمده ی این نور جذب زمین می شود، زمین گرم می شود و با تابش گرمایی از خود امواج فروسرخ گسیل می کند . وجود گازهایی مانند کربن دی اکسیدکه مولکولهای جذب کننده بسیار خوبی برای امواج فروسرخ هستند ، در لایه ی استراتوسفر(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 دام افتادن تابش گرمایی بین لایه ی استراتوسفر و سطح زمین اثر گلخانه ای می گویند و به گازهای موجود در لایه ی استراتوسفر گازهای گلخانه ای می گویند.

نکته:اگر لایه ی استراتوسفر(پوش سپهر) وجود نداشت، دمای میانگین سطح زمین در حدود ۱۸- درجه سانتیگراد می شد ولی اینک این دما چیزی در حدود ۱۵+ درجه سانتیگراد است یعنی اثر گلخانه ای حدود ۳۳ درجه سانتیگراد به دمای میانگین سطح زمین افزوده است.

مثال۲۱-یک میله به طول ۸۰cm از فلزی با ثابت رسانندگی $\frac{w}{m.k}$ ٤ ومساحت مقطع $2cm^2$ در اختیار داریم. یک سر میله داخل یخ 5^oc- و سر دیگر آن داخل آب 15^oc قرار دارد. محاسبه کنید در مدت یک دقیقه و چهل ثانیه چه مقدار گرما در در میله شارش می شود؟

مثال۲۲-دوقوری همجنس وهم اندازه را در نظر بگیریدکه سطح بیرونی یکی سیاه رنگ ودیگری سفید رنگ است . هر دو را با آب داغ با دمای یکسان پر می کنیم. آب کدام قوری زودتر خنک می شود؟

تمرین۵۰- دو تفاوت بین رسانش و همرفت بنویسید.

تمرین۵۱- هریک از پدیده های زیر نشان دهنده ی کدام روش انتقال گرماست؟

الف) هنگامی که دسته قاشق غذاخوری درون ظرف غذای درحال پخت است را لمس می کنیم آنرا گرم احساس می کنیم.

ب) سیستم گرمایشی خانه ها با به جریان انداختن آب گرم در رادیاتور ها موجب گرم شدن خانه می شود.

پ) با نزدیک کردن دستتان به یک جسم گرم ، گرمای آن را احساس می کنید.

تمرین۵۲- برخی آشپزها برای آنکه سیب زمینی زودتر آب پز شود ابتدا چند سیخ کوچک فلزی درون سیب زمینی فرو می کنند و بعد آن را درآب انداخته و روی اجاق قرار می دهند. علت این کار آشپزها چیست؟

تمرین۵۳-علت هر یک از موارد زیر را بیان کنید.

الف) در لباس های آتشنشانی از پوششهای براق استفاده می کنند.

ب) هنگامی که در یخچال را باز می کنید،هوای سرد از پایین آن بیرون می آید.

پ) در زمستان وقتی با پای برهنه روی کف سنگی یا سیمانی راه می روید احساس سرما می کنید اما روی کفپوش چوبی با همان دما راه می روید احساس سرما نمی کنید.

تمرین۵٤-چرا درکنار ساحل در هنگام روز نسیم از سمت دریا به طرف ساحل می وزد اما هنگام شب وزش نسیم از سمت ساحل به طرف دریاست؟

تمرین۵۵-دررابطه با روش های انتقال گرما به پرسش های زیر پاسخ دهید.

الف) کدام روش انتقال گرما از سایر روشها سریعتر است؟

ب) کدام روش انتقال گرما در جامدها رخ نمی دهد؟

پ) در کدام روش انتقال گرما، انرژی گرمایی همراه ماده منتقل می شود؟

ت) کدام روش انتقال گرما نیاز به محیط مادی ندارد؟

ث) در کدام روش انتقال گرما اختلاف دما بین دو نقطه از جسم نقش اساسی دارد؟

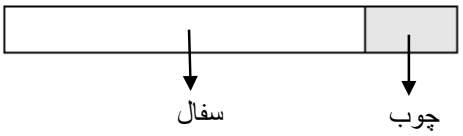
ج) علت وزش باد کدامیک از روش های انتقال گرما است؟

تمرین۵۶- چهار بطری شیشه ای یکسان ، دو رنگ جوهر قرمز و آبی ، دو کارت ویزیت مقوایی و آب بسیار سرد و بسیار گرم تهیه کنید. در دوتا از بطری ها جوهر آبی ودر دو بطری دیگر جوهرقرمز بریزید . سپس بطری ها ی آبی را با آب خیلی سرد و بطری های قرمز را با آب خیلی گرم پر کنید. اکنون در حالی که دهانه یک بطری قرمز را با کارت ویزیت گرفته اید، دهانه آن را دقیقاً روی دهانه یک بطری آبی قرار دهیدو سپس کارت ویزیت را بیرون بکشید. همین آزمایش را به طور معکوس نیزانجام دهید یعنی این بار ، یک بطری آبی رنگ که دهانه آن با کارت پوشیده شده است را روی دهانه بطری قرمز رنگ قرار دهید وسپس کارت را بیرون بکشید.توضیح دهید در هر حالت چه اتفاقی رخ می دهد؟چرا؟

تمرین۵۷-ثابت رسانندگی نوعی شیشه به ضخامت ۱cm برابر $۲\frac{w}{m.k}$ است و از آن پنجره ای مستطیل شکل به ابعاد ۳m×۲m ساخته شده است . دمای داخل و خارج اتاق به ترتیب $۱۸^{o}c$ و $۲^{o}c$- است . محاسبه کنید در هر دقیقه چه مقدار انرژی از پنجره ی اتاق تلف می شود؟

تمرین۵۸- ظرف مسی حاوی آب جوش $۱۰۰^{o}c$ است وروی یک صفحه ی داغ قرار دارد. مساحت کف ظرف $۵۰۰cm^{۲}$ و ضخامت آن ۵mm است . اگر صفحه ی داغ در هر ثانیه ۲۰۰۰ ژول گرما به کف ظرف بدهد ، دمای سطح بالایی صفحه ی داغ که درتماس با ظرف است ، چند درجه سلسیوس است؟(ثابت رسانندگی مس $۴۰۰\frac{w}{m.k}$ است)

تمرین۵۹-میله سفالی به طول ۳۰cm ویک میله چوبی به طول ۱cm مطابق شکل در امتداد هم قرار دارند. اگر سطح بیرونی سفال و چوب به ترتیب $-۱۰^{o}c$ و $۲۰^{o}c$ باشد . دمای سطح مشترک سفال با چوب چقدر است؟(ثابت رسانندگی سفال وچوب به ترتیب $۰/۶\frac{w}{m.k}$ و $۰/۰۸\frac{w}{m.k}$ است)



تمرین۶۰-به نظر شما چه ارتباطی بین انتقال گرما به روش همرفت و ضریب انبساط حجمی ، برای یک مایع وجود دارد؟

تمرین۶۱-اگر یک تیر چوبی و یک لوله ی فلزی بسیار سرد را که همدما هستند لمس کنید، چرا حس می کنید که لوله سردتر است ؟ چرا ممکن است دست شما به لوله بچسبد؟

تمرین۶۲-جریان همرفتی دربالای یک شعله سبب رسیدن اکسیژن هوا به شعله و در نتیجه سبب ماندگاری شعله می شود. فرض کنید درون محفظه ای اکسیژن کافی برای سوختن شمع وجود دارد اما در این محفظه پدیده همرفت رخ نمی دهد(مثلاً در فضایی دور از کره زمین که نیروی وزن بسیار ناچیز است و بنابراین ، نیروی ارشمیدوسی برای رخ دادن پدیده همرفت تقریباً وجود ندارد). درون محفظه شمعی را روشن می کنیم.

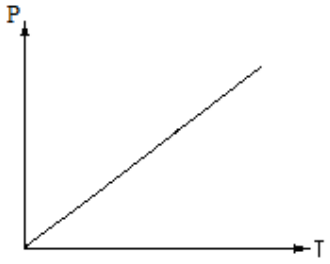
الف) چه اتفاقی برای شعله شمع رخ می دهد؟ چرا؟

ب) استفاده از چه راه حلی برای برطرف شدن این مشکل پیشنهاد می کنید؟

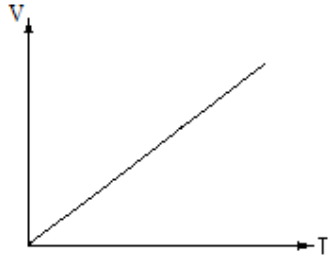
قوانین گازها: طبق قانون عمومی گازها برای مقدارمعینی گازکامل $\frac{PV}{T}$ مقدارثابتی است بنابراین برای گازهای کامل رابطه هایی بصورت زیر نوشته می شود:(این رابطه هنگامی درست است که مقدارگاز ثابت باشد.)

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\Rightarrow\begin{cases}1)\ \text{در حجم ثابت} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}\\ 2)\ \text{در فشار ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}\\ 3)\ \text{در دمای ثابت} \Rightarrow P_1V_1=P_2V_2\end{cases}$$

قانون گیلوساک:برای مقدارمعینی گاز درحجم ثابت ، دما و فشار گاز با هم رابطه مستقیم دارند:



قانون شارل: برای مقدارمعینی گاز درفشار ثابت ، دما و حجم گاز با هم رابطه مستقیم دارند:



قانون بویل: برای مقدار معینی گاز در دمای ثابت ، فشار و حجم گاز با هم رابطه وارونه دارند:

قانون آووگادرو: دردما و فشار ثابت، نسبت حجم گازبه تعداد مولکول آن ثابت است:

V: حجم گاز

N:تعدادمولکول ها

n:تعداد مول ها

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

تعریف مول : به تعداد $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ مولکول از یک ماده یک مول گفته می شود.بر این اساس تعداد مولکولهای یک گاز به صورت زیر قابل محاسبه است:

N: تعداد مولکول های گاز

N_A:عدد آووگادرو($۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$)

n:تعداد مول ها

$$N=nN_A$$

گاز آرمانی (گاز کامل): گازی که به اندازه کافی رقیق باشد ویا چگالی آن به حد کافی کم باشد مولکول های آنها به حدی ازهم دورند که بر هم تأثیر چندانی نمی گذارند، چنین گازهایی از قوانین گازها پیروی می نمایند و به آنها گاز کامل گفته می شود.

قانون گازهای آرمانی: برای گازهای کامل حاصل عبارت $\frac{PV}{nT}$ مقدار ثابتی است که این مقدار ثابت را با R نمایش می دهند و به آن ثابت جهانی گازها می گویند. بنابراین قانون گازهای کامل را به صورت زیر می نویسند:

P: فشار گاز (pa)

V: حجم گاز ($m^۳$)

T : دمای مطلق گاز (k)

R : ثابت عمومی گازها

n : تعداد مول های گاز (mol)

$$PV=nRT$$

$$R= ۸/۳۱۴ \frac{j}{mol\ .k}$$

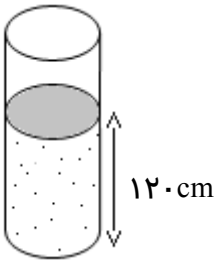
مثال۲۳–حجم گازی را که فشار آن ۶atm است ، نصف می کنیم و دمای آن را از ۱۲۷^oc به ۳۲۷^oc می رسانیم. فشار گاز چقدر می شود؟

مثال۲٤–دمای گازی $27^{o}c$ و حجم آن ۲۰ لیتر است. اگر حجم گاز را به ۱۰ لیتر برسانیم و فشار آن را ۳ برابر کنیم، دمای گاز چند درجه سانتی گراد افزایش می یابد؟

مثال۲۵– در فشار ثابت حجم گازی را دوبرابر می کنیم، مشاهده می شود دمای آن بر حسب سلسیوس سه برابر می شود، دمای اولیه ی گاز چند درجه سلسیوس بوده است؟

مثال۲۶–حباب هوایی در یک عملیات غواصی در عمق ۷۰ متری آب ایجاد شده است و به طرف سطح آب حرکت می کند. اگر دمای آب را ثابت فرض کنیم شعاع این حباب در سطح آب چند برابر می شود؟(فشار هوای محیط را $۱۰^{۵}$ پاسکال و چگالی آب دریاچه را $۱\ \frac{g}{cm^{۳}}$ فرض کنید)

مثال۲۷–داخل یک ظرف استوانه ای مانند شکل زیر مقداری گاز زیر یک پیستون بدون اصطکاک قرار دارد ، مساحت پیستون $۲۰cm^{۲}$ و فشار هوای محیط $۱۰^{۵}$ پاسکال است . اگر یک وزنه ۶۰ کیلوگرمی روی پیستون قرار داده شود با فرض ثابت ماندن دما ،حجم گاز داخل ظرف چقدر می شود؟

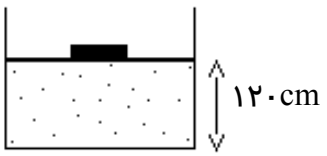


مثال۲۸- اتاقی به ابعاد ٤m،٦m،١m در دمای $۲۷^{o}c$ و فشار ۱atm در نظر بگیرید. دراین اتاق چند مولکول هوا موجود است؟(ثابت عمومی گازها را ۸J/mol.k فرض کنید.)

تمرین۶۳- در حجم ثابت مقداری گاز با دمای $۱۲۷^{o}c$ و فشار ۸atm در اختیار داریم . برای آنکه فشار گاز ۱۲atm افزایش یابد، باید دمای گاز به چند درجه سلسیوس برسد؟

تمرین٦٤-در فشار ثابت ، حجم گازی با دمای $۲۷^{o}c$ را ٤٠ درصد کاهش می دهیم . دمای گاز چند درجه سلسیوس می شود؟

تمرین٦٥-مطابق شکل، زیر پیستون ، گاز کامل با دمای $۲۷^{o}c$ محبوس است . اگر دمای گاز را به $۱۲۷^{o}c$ برسانیم، پیستون چند سانتیمتر جابه جا می شود؟(ازاصطکاک پیستون صرفنظر کنید.)



تمرین۶۶-در دمای ثابت حجم گاز کاملی را چند درصد افزایش دهیم تا فشار آن ۲۰ درصد کم شود؟

تمرین۶۷-در یک عملیات غواصی و در عمق ۱۰۰ متری سطح آب دریاچه ای با چگالی $۱\frac{g}{cm^۳}$ ، حباب هوایی به حجم $۶\ cm^۳$ در دمای ۷^oc ایجاد شده است . حجم حباب در سطح دریا و در دمای ۱۲^oc چقدر می شود؟(فشار هوای روی سطح آب $۱۰^۵$ پاسکال است)

تمرین۶۸-در ظرفی به حجم ۱۲ لیتر، در دمای ۲۳^oc- حداکثر چند گرم اکسیژن با فشار ۲atm می تواند وجود داشته باشد؟ (جرم مولی اکسیژن ۳۲g/mol و ثابت عمومی گازها ۸J/mol.k است)

تمرین۶۹-دما و فشار متعارف(STP) برای گاز،دمای صفر درجه سانتیگراد و فشار ۱atm معرفی می شود. حجم یک مول گاز کامل در دما و فشار متعارف چقدر است؟(ثابت عمومی گازها ۸/۳۱٤J/mol.k است.)