

قبل از بحث دما اندازهای خلاصه‌ای را جمع به توصیف میکروسکوئیک
و ماکروسکوئیک یک سیستم می‌پردازیم

* توصیف میکروسکوئیک یک سیستم: یک لیتر گاز تقریباً حاوی
 3×10^{22} مولکول می‌باشد که با هم در دینامیک دینامیک طرف بر خورد می‌کنند
اگر مکان و سرعت اولیه هر ذره را مشخص کنیم در آن صورت با
استفاده از قوانین نیوتن می‌توان مکان ذره را در زمان‌های بعدی
بدست بیاوریم با داشتن این اطلاعات می‌توانیم برخی خواص قابل
اندازه‌گیری سیستم مانند نیروی ضربه‌ای وارد بر قسمت کوچکی از
دینامیک طرف را محاسبه کنیم این توصیف میکروسکوئیک سیستم می‌باشد
چون تعداد ذرات سیستم زیاد است بهتر است سیستم را با استفاده
از مقادیر میانگین کمیت‌های میکروسکوئیک توصیف کنیم این
روش را مکانیک آماری می‌نامیم.

* توصیف ماکروسکوئیک: بررسی یک سیستم از طریق بزرگ‌نمایی
محیط اطرافش که با عملیات آزمایشگاهی ساده قابل اندازه‌گیری
می‌باشد را توصیف ماکروسکوئیک سیستم می‌نامیم. مثل محاسبه
فشار - حجم - دمای گاز - که مراحقی در آزمایشگاه قابل انجام
می‌باشد بنا بر این بحث را جمع به کمیت‌های ماکروسکوئیک به علم
ترمودینامیک بر می‌گرداند.

نقربت دما از دو دیدگاه ماکروسکوپی و میکروسکوپی :

الف: از دیدگاه میکروسکوپی به انرژی جنبشی مولکولهای ماده بستگی دارد ولی این ارتباط بسیار پیچیده میباشد

ب: در این جزوه ما دما را از دیدگاه ماکروسکوپی توصیف میکنیم در این دیدگاه دما کمیتی است که میزان سردی و یا گرمی اجسام را مشخص میکند به همین منظور لازم است یک مقیاس دمای معرفی کنیم که در آن از یک مشخصه قابل اندازه گیری استفاده میشود که با گرمی و سردی هم تغییر میکند که به آن کسب دما سنجی میگویند

مقیاس های دما: چون دما یک کسب است نظریه ای باشد باید برای آن یک یکا (واحد) تعریف کنیم. یکای متداول برای دما درجه سلسیوس می باشد که با $^{\circ}C$ نمایش داده می شود و دما را بر حسب درجه سلسیوس با θ نمایش میدهیم. مثال: $\theta = 3^{\circ}C$

نکته: در (SI) یکای دیگری به جای سلسیوس یکا میبریم که مانع از K نمایش داده میشود دما بر حسب کلوین را معمولاً با T نمایش میدهیم مثال $T = 3^{\circ}K$

نکته: رابطه بین دما در مقیاس های کلوین و سلسیوس از رابطه زیر بدست می آید

$$T = \theta + 273$$

نکته: یکای دیگری به نام فارنهایت وجود دارد که در صنعت کاربرد فراوان دارد و رابطه آن با یکای سلسیوس بصورت زیر می باشد

$$F = 1.8\theta + 32$$

مثال ۱: دمای ذوب یخ 0°C و جوش آن 100°C در دمای بدنه انسان 37°C بر ماستر هرکبار این دماها را به کلوین و فارنهایت بیان کنید؟

$\theta_1 = 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow F = 1.8\theta_1 + 32 \Rightarrow F = 1.8(0) + 32 = 32^{\circ}\text{F}$ (نکته: 32°F)
 $\theta_r = 37^{\circ}\text{C} \Rightarrow T = \theta_r + 273 \Rightarrow T = 0 + 273 = 273\text{K}$
 $\theta_r = 100^{\circ}\text{C}$

$\theta_r = 37^{\circ}\text{C} \Rightarrow \begin{cases} F = 1.8\theta_r + 32 = 1.8(37) + 32 = 98.6 \\ T = \theta_r + 273 = 37 + 273 = 310\text{K} \end{cases}$

$\theta_r = 100 \Rightarrow \begin{cases} F = 1.8\theta_r + 32 = 1.8(100) + 32 = 212^{\circ}\text{F} \\ T = \theta_r + 273 \Rightarrow T = 100 + 273 = 373\text{K} \end{cases}$

مثال ۲: واسطه بین تغییرات دما در مقیاس‌های فارنهایت، سلسیوس و کلوین را بدست آورید.

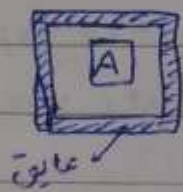
$\begin{cases} T_1 = \theta_1 + 273 \\ T_r = \theta_r + 273 \end{cases} \Rightarrow \Delta T = T_r - T_1 = (\theta_r + 273) - (\theta_1 + 273) = \theta_r - \theta_1 = \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\Delta T = \Delta\theta}$

$\begin{cases} F_1 = 1.8\theta_1 + 32 \\ F_r = 1.8\theta_r + 32 \end{cases} \Rightarrow \Delta F = F_r - F_1 \Rightarrow \Delta F = (1.8\theta_r + 32) - (1.8\theta_1 + 32) \Rightarrow \Delta F = 1.8\theta_r + 32 - 1.8\theta_1 - 32 = 1.8(\theta_r - \theta_1) = 1.8\Delta\theta$

$\Rightarrow \boxed{\Delta F = 1.8\Delta\theta}$

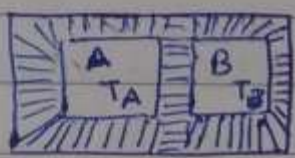
دما و تعادل گرمایی

الف: سیستم منزوی: سیستم A را با یک سیستم منزوی می‌نویسیم هرگاه هیچ انرژی یا ماده نتواند به سیستم وارد و یا از آن خارج شود

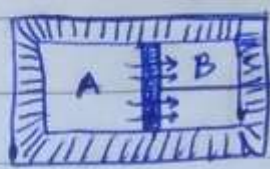


الف: شکل مقابل:

ب: سیستم‌های A و B را در نظر می‌گیریم که بطور جداگانه در محیط منزوی شده‌اند. سیستم A با دمای T_A و سیستم B با دمای T_B مشخص شده‌اند. این دو سیستم هیچ گونه ارتباطی با محیط را ندارند.

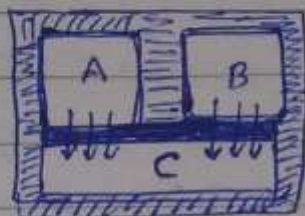


ج: دو سیستم A و B را که از محیط منزوی شده‌اند را با وسیله‌ای مثلاً دیواره گرمابری مثل یک ورقه مس از هم جدا می‌کنیم. این دو سیستم که در ابتدا دمای T_A و T_B دارند پس از مدتی به دمای یکسان T می‌رسند زیرا تبادل انرژی بین این دو سیستم باعث می‌شود که خواص ماکروسکوپی دو سیستم تغییر کند مثلاً اگر سیستم شامل گازهای محبوس باشد در این صورت ممکن است فشار یکی از گیسب‌هایی باشد که تغییر می‌کند. این تغییرات در ابتدا سریع صورت می‌گیرد ولی پس از گذشت زمان بتدریج کندتر می‌شود تا سرانجام خواص ماکروسکوپی به مقدار ثابتی می‌رسند و وقتی این حالت برقرار آمد می‌نویسیم دو سیستم در حال تعادل گرمایی می‌باشند (شکل (۱))



ورقه مس از میان
جنس مس

اصل صفرم ترمودینامیک: اگر هر یک از سیستم‌های A و B در حال تعادل گرمایی با سیستم سومی مانند C باشند خود این سیستم‌ها (A و B) هم با یکدیگر در حال تعادل گرمایی هستند.



* گرما: مقدار انرژی است که بر اثر اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود. نکته: با توجه به قانون پایستگی انرژی، انرژی که جسم مادی بالاتر از دست می‌دهد برابر است با انرژی که جسم مادی پایین‌تر دریافت می‌کند. و این مبادله گرما تا زمانی صورت می‌گیرد که دمای دو جسم برابر شود. پس از آن گرمایی بین دو جسم مبادله نمی‌شود و می‌گوئیم در حالت تعادل گرمایی می‌باشد و دمای مشترک آن‌ها را دمای تعادل می‌نامیم.

* گرمای ویژه: مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش یابد.

$$Q = mc\Delta\theta = mc\Delta T$$

↓
گرمای
↓
جرم جسم
↓
تغییرات دما
↓
طریقت گرمایی ویژه

ماده	c
مس	$390 \frac{J}{kg^{\circ}C}$
آب	$4200 \frac{J}{kg^{\circ}C}$

نکته: اگر دمای هم برابر باشد، گرما افزایش یا بد یعنی $\theta_1 > \theta_2$ آنوقت $Q > 0$ می باشد و جسم گرما میگیرد و اگر دمای جسم برابر گرما کاهش یا بد یعنی $\theta_1 < \theta_2$ باشد آنوقت $Q < 0$ می باشد و جسم گرما از دست میدهد.

مثال یک قطعه 100 gr مس که دمای اولیه آن 90°C می باشد را در یک ظرف آب سرد قرار داده ایم پس از مدتی دمای تعادل به 24°C رسید گرمای Q را برای فلز مس حساب کنید $c = 290 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1 = 90^\circ\text{C} \\ c = 290 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \\ \theta_2 = 24^\circ\text{C} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} Q = mc\Delta\theta = (0.1)(290)(24-90) \\ = (29)(-66) = -2574 \text{ J} \end{array}$$

چون مس گرما از دست داده Q منفی می باشد. $m = 100\text{ gr} = 0.1\text{ kg}$

* دمای تعادل: اگر دو یا چند جسم با دماهای مختلف در تماس با یکدیگر قرار داشته باشند پس از مدتی هم دما میشوند دمای تعادل را می توان با استفاده از پایستگی انرژی محاسبه نمود یعنی اجزایی که گرما میگیرند $Q > 0$ و اجزایی که گرما از دست میدهند $Q < 0$ می باشد بنابراین طبق قانون پایستگی انرژی داریم:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0 \quad (1)$$

$$Q = mc\Delta\theta \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots &= 0 \Rightarrow \\ Q_1 &= m_1 c_1 (\theta - \theta_1) \\ Q_2 &= m_2 c_2 (\theta - \theta_2) \\ Q_3 &= m_3 c_3 (\theta - \theta_3) \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots &= 0 \\ \Rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) &= 0 \\ \Rightarrow m_1 c_1 \theta - m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta - m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta - m_3 c_3 \theta_3 &= 0 \\ \Rightarrow m_1 c_1 \theta + m_2 c_2 \theta + m_3 c_3 \theta &= m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3 \\ \Rightarrow \theta (m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3) &= m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3 \\ \Rightarrow \theta &= \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3 + \dots}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3 + \dots}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots}$$

θ : دمای تعادل

θ_1 : دمای جسم ۱

θ_2 : دمای جسم ۲

θ_3 : دمای جسم ۳

m_1 : جرم جسم ۱

m_2 : جرم جسم ۲

m_3 : جرم جسم ۳

θ : دمای تعادل می و شیر

c_1 : ظرف و اثر جسم ۱

c_2 : ظرف و اثر جسم ۲

c_3 : ظرف و اثر جسم ۳

مثال یک قطعه ۱۴ گرمی الزئیم را که دمای آن 10°C می باشد را در ظرف عایقی که حاوی ۲۵ گرم آب در دمای 22°C می باشد می اندازیم دمای تعادل را محاسبه کنید

حل: در حجم داریم بنابراین $Q_i + Q_r = 0$

$$\begin{cases} m_i = 14 \text{ gr} = 0.014 \text{ kg} \\ \theta_i = 10^{\circ}\text{C} \\ c_i = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \end{cases} \quad \text{آب} \quad \begin{cases} m_r = 25 \text{ gr} = 0.025 \text{ kg} \\ \theta_r = 22^{\circ}\text{C} \\ c_r = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \end{cases}$$

$$Q_i + Q_r = 0 \Rightarrow m_i c_i (\theta - \theta_i) + m_r c_r (\theta - \theta_r) = 0 \Rightarrow$$

$$m_i c_i \theta - m_i c_i \theta_i + m_r c_r \theta - m_r c_r \theta_r = 0 \Rightarrow$$

$$\theta = \frac{m_i c_i \theta_i + m_r c_r \theta_r}{m_i c_i + m_r c_r}$$

$$\theta = \frac{(14)(900)(10) + (25)(4200)(22)}{(14)(900) + (25)(4200)} = \frac{12490}{231} = 53.9^{\circ}\text{C}$$

$$\theta = 53.9^{\circ}\text{C} \quad \text{دمای تعادل}$$

مثال در طرف عایقی جاری ۵۰۰ gr آب 20°C و یک قطعه مس ۱۰۰ gr که دمای 50°C و یک قطعه فلز دیگر به حجم ۱۵۰ gr به دمای 40°C و گرمای ویژه نامعلوم می‌اندازیم و دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. اگر دمای تعادل 22°C درجه سانتیگراد باشد با می‌توانیم یوش از تبادل گرما بین طرف وسط و سایر اجسام گرمای ویژه فلز (C) را حساب کنیم؟

آب	$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = 500 \text{ gr} \\ \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \\ C_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \end{array} \right.$	مس	$\left\{ \begin{array}{l} m_2 = 100 \text{ gr} \\ \theta_2 = 50^{\circ}\text{C} \\ C_2 = 390 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \end{array} \right.$	فلز	$\left\{ \begin{array}{l} m_3 = 150 \text{ gr} \\ \theta_3 = 40^{\circ}\text{C} \\ C_3 = \text{نامعلوم} \end{array} \right.$
----	---	----	--	-----	--

$$\sum Q = 0 \quad Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow m_1 C_1 (\theta - \theta_1) + m_2 C_2 (\theta - \theta_2) + m_3 C_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

$$\Rightarrow m_1 C_1 (\theta - \theta_1) + m_2 C_2 (\theta - \theta_2) + m_3 C_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

$$(500)(4200)(22 - 20) + (100)(390)(22 - 50) + 150 C_3 (22 - 40) = 0$$

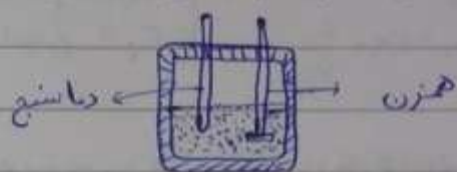
$$(150)(4200)(2) + (390)(-28) + (-28)(150) C_3 = 0$$

$$\Rightarrow 1260000 - 10920 - 42000 C_3 = 0$$

$$1249080 = 42000 C_3 \Rightarrow C_3 = \frac{1249080}{42000} \Rightarrow$$

$$C_3 = 29.74 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

* گرماسنج: ظرفی فلزی و درپوش دار است که به خوبی عایق بندی شده است و برای محاسبه گرمای ویژه اجسام از آن استفاده می شود. در گرماسنج ابتدا مقداری آب با حجم معلوم می ریزیم و پس از هم دما شدن با گرماسنج دمای آن را ثبت می کنیم پس جسی را که می خواهیم ظرفیت ویژه گرمایی آن را محاسبه نماییم و حریم و دمای اولیه آن را نیز اندازه گرفته ایم و با در گرماسنج می اندازیم و توسط همزن آهن آب را به هم زده تا هم دما به دمای تعادل برسد پس از سیرقاری تعادل دمای تعادل را ثبت نموده حال با استفاده از پاستلی انرژی داریم:



$$Q + Q_p + Q_c = 0 \Rightarrow m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

جسم آب گرماسنج

تنها مجهول این معادله c_3 می باشد که با جایگذاری معلومات محاسبه می شود. نکته حاصل ضرب حریم یک جسم در ظرفیت گرمایی ویژه آن را ظرفیت گرمایی یک جسم می نامند و آن را با C غاش می دهند.

$$C = mc \rightarrow \text{ظرفیت گرمایی ویژه}$$

$\downarrow$
ظرفیت گرمایی

$\downarrow$
جسم

$\downarrow$
ظرفیت

ظرفیت گرمایی یک جسم تابع حریم یک جسم می باشد در صورتی که ظرفیت گرمایی ویژه یک جسم به جنس جسم بستگی دارد.

مثال قطعه فلزی به جرم 55.0 gr و دمای 75°C که گرمای ویژه آن نامعلوم می باشد را درون ترماسنجی حاوی 50.0 gr آب 15°C می اندازیم ظرف ترماسنج اویسی و جرم آن 100 gr می باشد اگر دمای تعادل مجموع 18.1°C باشد الف گرمای ویژه فلز را حساب کنید ب. اگر ماده گرمای ظرف ترماسنج چشم بیوشی شود گرمای ویژه فلز را حساب کنید. (ج) ظرف گرمایی ... را همین فلز را حساب کنید؟

حل

$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = 55.0 \text{ gr} \\ \theta_1 = 75^\circ\text{C} \\ c_1 = ? \end{array} \right.$	ب	$\left\{ \begin{array}{l} m_2 = 50.0 \text{ gr} \\ \theta_2 = 15.1^\circ\text{C} \\ c_2 = 4.2 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \end{array} \right.$	ج	$\left\{ \begin{array}{l} m_3 = 100.0 \text{ gr} \\ c_3 = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \\ \theta_3 = 18.1^\circ\text{C} \end{array} \right.$
--	---	---	---	--

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

الف: $m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) = 0$

$$(55)(c_1)(18.1 - 75) + (50)(4.2)(18.1 - 15.1) + (100)(900)(18.1 - 18.1) = 0$$

$$\Rightarrow c_1 = 224 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

ب: با چشم بیوشی از اتلاف رسانه ترماسنج داریم $Q_1 + Q_2 = 0$

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

$$(55)(c_1)(18.1 - 75) + (50)(4.2)(18.1 - 15.1) = 0$$

$$\Rightarrow c_1 \approx 224 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

ج) $m = 200 \text{ gr} = 0.2 \text{ kg} \Rightarrow C = mc = (0.2)(224) \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

حالت های ساده: هوای که در اطراف ما وجود دارند در سه حالت (فاز) جامد مایع - گاز - یافت می شوند مانند آب مایع - یخ جامد و بخار شل بخار آب

نکته: گذار از یک حالت (فاز) به یک حالت (فاز) دیگر را تغییر حالت (تغییر فاز) می گویند

- | | |
|--|-------------------------------|
| <p>۱- تبدیل جامد به مایع را ذوب می گویند</p> <p>۲- تبدیل مایع - گاز را تبخیر می گویند</p> <p>۳- تبدیل بخار به مایع را ابرایش می گویند</p> <p>۴- تبدیل جامد به بخار را تصفیه می گویند</p> <p>۵- تبدیل حالت از بخار به جامد را جفاف می گویند</p> | انواع تغییر حالت یا تغییر فاز |
|--|-------------------------------|

* ذوب: اگر جسم جامدی را به تدریج دمای آن افزایش می دهیم و باید اگر عمل را ادامه دهیم و دمای جسم به حد خاصی برسد افزایش دما متوقف می شود و دما ثابت باقی می ماند و جسم شروع به ذوب شدن می کند و به مایع تبدیل می شود این دمای ثابت را که به جنس جسم فشار وارد می آید می گویند و دمای ذوب و یا به عبارتی دمای گذار جامد به مایع می نامیم.

نکته: معمولاً حجم جامدهای مذوب همگام ذوب شدن افزایش می یابند

نکته: افزایش فشار باعث افزایش نقطه ذوب جسم می شود

نکته: در بعضی از اجسام مانند یخ افزایش فشار باعث نقطه ذوب می آید

* گرمای ذوب یا گرمای همان ذوب: مقدار گرمایی را که یک یکپوش گرم نقطه جرم میگیرد تا بدون تغییر دما ذوب شود

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

$\downarrow$ گرمای ذوب
 $\downarrow$ جرم

نکته: گرمای همان ذوب
 جنس هم بستگی دارد و یکای آن
 برابر $\frac{J}{kg}$ می باشد.

نقطه انجماد وقتی از مایع خالصی گرما بگیریم سرد میشود تا به نقطه انجماد برسد آنگاه گرما گرفتن از مایع را در این دما ادامه دهیم مایع شروع به جامد شدن میکند بدون آنکه دماش کاهش یابد.

نکته: دمای نقطه ذوب هر ماده با دمای انجماد آن در فشار یکسان برابر است.

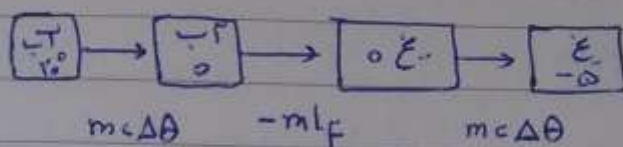
نکته: هر چه هنگام انجماد همان مقدار گرما از دست میدهد که در موقع ذوب میگیرد.

پس برای محاسبه گرما به هنگام انجماد مایعی به جرم m داریم:

$$Q = -m L_f$$

$\downarrow$ گرمای همان ذوب
 $\downarrow$ جرم
 $\downarrow$ گرما

مثال: از ۵۰۰ گرم آب با دمای ۲۰°C چند کیلوژول گرما بگیریم تا به یخ با دمای ۵°C - تبدیل شود.



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$Q_1 = m c \Delta \theta = (1/5)(4200)(0 - 20) = -42000 \text{ J} = -42 \text{ KJ}$$

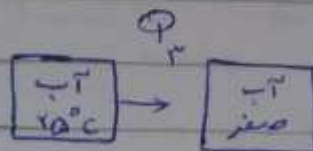
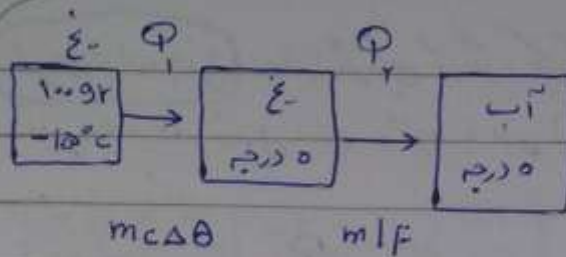
$$Q_2 = -m L_f = (-1/5)(334000) = -147000 \text{ J} = -147 \text{ KJ}$$

$$Q_3 = (1/5)(2100)(-5 - 0) = -52500 \text{ J} = -52.5 \text{ KJ}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -241.5 \text{ KJ}$$

مثال: در گرماسنجی ما ظرفیت گرمایی ناچیز ۲۰۰ گرم آب با دمای ۲۵°C وجود دارد فقط یعنی به گرم ۱۰۰ گرم و دمای ۱۵°C درون آن می اندازیم پس از معادله گرما و برقراری تعادل گرمایی مخلوط در آب و یخ بدست می آید خرم یخ مانده چند گرم می باشد.

$$\begin{aligned} \text{آب} \left\{ \begin{array}{l} m = 200 \text{ gr} \\ c = 4200 \text{ J/K} \\ \theta = 25^{\circ}\text{C} \end{array} \right. & \quad \text{یخ} \left\{ \begin{array}{l} m = 100 \text{ gr} \\ \theta_1 = -15^{\circ}\text{C} \end{array} \right. \end{aligned}$$



$$[Q=0]$$

$$\begin{cases} Q_1 = mc\Delta\theta = (100)(1)(0 - (-15)) \\ Q_2 = mL_f = m(334000) \\ Q_3 = mc\Delta\theta = (x)(4200)(0 - (25)) \end{cases}$$

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

$$\Rightarrow 1500 + 334000m - 21000 = 0$$

$$\Rightarrow m = 0.53 \text{ kg} = 53 \text{ gr}$$

* **دمای جوش:** نقطه جوش: وقتی مایع را گرم کنیم دمای آن بالا می رود تا آنکه در دمای خاصی جابجایی یاخته درون مایع شکل می گیرند و به سطح مایع حباب آید و در آن حباب می خیزد به این میگویند جوشیدن مایع و به این دمای جوش را نقطه جوش می گویند.

* **نکته:** در نقطه جوش هر چه مایع را گرم کنیم دمای آن افزایش نمی یابد و همه را صرف تبخیر مایع می شود.

مردمان کمال بنیاد: مقدار گرمایی که یک کیلوگرم از یک مایع می گیرد تا به دمای دیگر دما به بخار تبدیل شود و آن را به مایع غایب می دهیم و از رابطه زیر بدست می آید.

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

مثال: مقدار آنرم بخار آب 100°C را در یک ظرفی به گرم 25°C گرم که محتوای 300 gr آب 20°C است دارد می کنیم پس از برقراری تعادل دمای ظرف چه اندازه می باشد.

① $\begin{matrix} \text{بخار} \\ 100 \end{matrix} \xrightarrow{-mL_v} \begin{matrix} \text{آب} \\ 100 \end{matrix} \xrightarrow{m\Delta\theta} \begin{matrix} \text{آب} \\ \theta \end{matrix}$ $\begin{cases} m = 100\text{ gr} \\ \theta = 100^\circ\text{C} \\ c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \end{cases}$

② $\begin{matrix} \text{آب} \\ 20^\circ\text{C} \end{matrix} \xrightarrow{m\Delta\theta} \begin{matrix} \text{آب} \\ \theta \end{matrix}$ $\begin{cases} m = 300\text{ gr} \\ \theta = 20^\circ\text{C} \\ c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \end{cases}$

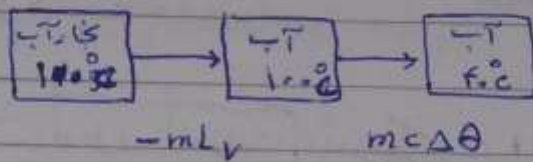
③ $\begin{matrix} \text{مس} \\ 25 \end{matrix} \xrightarrow{m\Delta\theta} \begin{matrix} \text{مس} \\ \theta \end{matrix}$ $\begin{cases} m = 25\text{ gr} \\ \theta = 25^\circ\text{C} \\ c = 390 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \end{cases}$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$\Rightarrow -mL_v + \underbrace{m\Delta\theta}_{\text{آب 1}} + \underbrace{m\Delta\theta}_{\text{آب 2}} + \underbrace{m\Delta\theta}_{\text{مس}} = 0$$

$$\begin{aligned} & -(100)(2500) + (100)(4200)(\theta - 100) + 300(4200)(\theta - 20) + 25(390)(\theta - 25) \\ & = 0 \Rightarrow -250000 + 42000\theta - 420000 + 126000\theta + 51000 + (25)(390)(\theta - 25) \\ & \Rightarrow \theta = \end{aligned}$$

مثال مقدار گرمایی را که ۲۰۰ گرم بخار آب 100°C باید از دست بدهد تا به آب مایع 40°C تبدیل شود



$$\Rightarrow Q = Q_1 + Q_2$$

$$\Rightarrow Q = -mL_v + mc\Delta\theta$$

$$\Rightarrow Q = -(/۰۲)L_v + (/۰۲)(۴۰۰)(۴۰-۱۰۰)$$

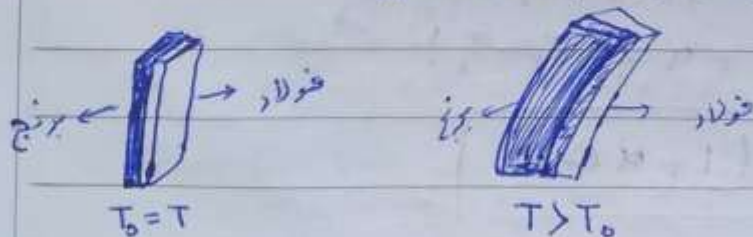
$$= -(/۰۲)(۲۲۵۶) + (/۰۲)(۴۰۰)(۴۰-۱۰۰)$$

$$= -۴۵۱۲ + (۸۰)(-۶۰)$$

$$= -۴۵۱۲ + (-۵۰۴۰) = -۵۰۸۵۱۲ \text{ J} = -۵۰۸ \text{ kJ}$$

انقباض گرمایی سوراخ‌ها و افزایش دما انقباض پیدا می‌کنند و با کاهش دما حجم آنها کم می‌شود این پدیده اساس ساخت برخی دماسنج‌ها و ترموستات‌ها می‌باشد.

اساس ساخت ترموستات، از دو نواری فلزی متفاوت را در نظر بگیرید و آنها را که در دمای T_0 قرار دارند و با هم خمش می‌دهیم



چون برون صرب انقباض طولی آن بیشتر می‌باشد پس در مقدار تغییر دما بیشتر تغییر طول می‌دهد، از این علت در فلزی در ساخت ترموستات یا دما یا استفاده می‌شود

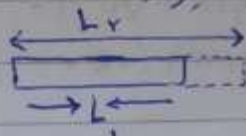
نکته: وقتی دما را افزایش بدهیم اتم‌ها با دانه بیشتری مرتعش می‌شوند و فاصله متوسط میان آنها افزایش می‌یابد این فرایند منجر به انبساط کلی جسم جامد می‌شود.

انبساط طولی جامدات تغییر در یک از ابعاد طول - عرض - یا ضخامت جسم جامد را انبساط طولی می‌گویند.

نکته: اگر طول بعد مورد نظر جامدی با ΔT تغییر دمای به اندازه ΔT داشته باشیم در این صورت تغییر طولی به اندازه ΔL خواهیم داشت که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

↓ ↓ ↓
تغییر طول تغییرات دما
↑
تغییر انبساط طولی جامد
↑
طول اولیه



$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

$$\Rightarrow L_r - L_1 = \alpha L_1 (T_r - T_1)$$

$$\Rightarrow L_r = L_1 + \alpha L_1 (T_r - T_1)$$

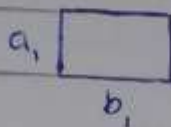
$$\Rightarrow \boxed{L_r = L_1 (1 + \alpha \Delta T)}$$

$$\boxed{\Delta L = \alpha L_1 \Delta T}$$

* ضرب اشباع سطحی جامدات: فرض کنید ورقه‌ای مستطیل شکل با ابعاد

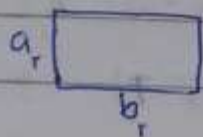
a و b در دمای T_1 می‌دانیم. بر اثر افزایش دما به اندازه ΔT طول و عرض ورقه به اندازه Δa و Δb تغییر می‌کند طبق فرمول اشباع طولی

جامدات داریم



$$A_1 = a_1 b_1$$

$$\Delta a = a_1 \alpha \Delta T$$



$$A_r = a_r b_r$$

$$\Delta b = b_1 \alpha \Delta T$$

$$\begin{aligned} \text{داریم} \quad \left\{ \begin{aligned} \Delta a &= a_1 \alpha \Delta T \Rightarrow a_r - a_1 = a_1 \alpha \Delta T \\ &\Rightarrow a_r = a_1 + a_1 \alpha \Delta T \\ &\Rightarrow a_r = a_1 (1 + \alpha \Delta T) \end{aligned} \right. \quad (P) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta b &= b_1 \alpha \Delta T \Rightarrow b_r - b_1 = b_1 \alpha \Delta T \\ &\Rightarrow b_r = b_1 + b_1 \alpha \Delta T \\ &\Rightarrow b_r = b_1 (1 + \alpha \Delta T) \quad (I) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_r &= a_r b_r \stackrel{(I), (P)}{\Rightarrow} A_r = [a_1 (1 + \alpha \Delta T)] [b_1 (1 + \alpha \Delta T)] \\ &\Rightarrow A_r = a_1 b_1 (1 + \alpha \Delta T)^2 \\ &\Rightarrow A_r = A_1 (1 + 2\alpha \Delta T + \cancel{(\alpha \Delta T)^2}) \\ &\Rightarrow A_r = A_1 (1 + 2\alpha \Delta T) \\ &\Rightarrow A_r = A_1 (1 + 2\alpha \Delta T) \end{aligned}$$

تاریخ: / / ۲۰

موضوع:

* تغییرات غیر قابل تغییرات نسبی یک جسم جامد بر اثر تغییر دما بصورت زیر می باشد

$$\Delta A = A_1 \gamma \alpha \Delta T$$

$$\Delta A = \gamma A_1 \alpha \Delta T$$

یا

$$A_2 = A_1 (1 + \gamma \alpha \Delta T)$$

$$A_1 \text{ مساحت اولیه} - A_2 \text{ مساحت ثانویه} = \Delta T \text{ تغییر دما} \cdot \gamma \cdot (T_2 - T_1)$$

مثال یک ورقه مستطیل شکل به ابعاد ۱ m و ۰.۵ m داریم اگر چگالی این ورقه از آلومینیوم باشد و دمای اولیه آن ۲۰ درجه باشد پس ما دمای این ورقه را به ۴۰ درجه برسانیم تغییر مساحت این ورقه چقدر می باشد.

$$\begin{cases} a_1 = 1 \text{ m} \\ b_1 = 0.5 \end{cases} \Rightarrow A_1 = (1)(0.5) = 0.5 \text{ m}^2 \quad \text{سطح اولیه}$$

$$\Delta A_0 = A_1 \gamma \alpha \Delta T$$

$$\Delta A_0 = (0.5)(2)(23 \times 10^{-6})(40 - 20)$$

$$\Delta A_0 = (1)(23 \times 10^{-6})(20)$$

$$\Delta A_0 = 92 \times 10^{-6} = 9.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{مربع}$$

تغییر مساحت ورقه

$$\Delta A = 9.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

ضریب انبساط حجمی جامدات) حجم سترایام با افزایش دما زیاد

می‌گردد اگر حجم اولیه حجم (جامد یا مایع) V_1 و افزایش دمای ΔT باشد افزایش حجمی به اندازه ΔV پیدا می‌کند

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

$\beta = \frac{1}{\text{C}^\circ} = \frac{1}{K}$
 ← یکا (واحد) ↓ ↓
 درجه سلسیوس کلوین

↓ ↓
 به تغییر حجم حجم اولیه مایعات

ضریب انبساط حجمی جامدات یا مایعات
چون مایعات شکل معین ندارند انبساط آنها را فقط حجمی بیان می‌کنیم

تکانه) برای سترایام جامد انبساط طولی در راستاهای مختلف با ضریب انبساط طولی بیان صورت می‌گیرد و همان صورتی که در مورد انبساط سطحی ثابت کردیم در مورد انبساط حجمی نیز می‌توان براحتی ثابت کرد

$$\beta = 3\alpha$$

← برای جامدات ضریب انبساط طولی جامدات

پس برای جامدات داریم:

$$\Delta V = 3\alpha V_1 \Delta T$$

تغییر حجم

و برای مایعات فقط داریم:

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

تغییر حجم

مثال حجم یک شمش آلمینیومی در دمای 10°C برابر 100 cm^3 می باشد اگر دمای شمش را به 100°C برسانیم مقدار برحجم آن افزوده می شود؟ $(\alpha = 24 \times 10^{-6})$

$$\left. \begin{array}{l} \theta_r = 100^\circ\text{C} \\ \theta_i = 10^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} T_1 = \theta_i + 273 = 10 + 273 = 283 \\ T_r = \theta_r + 273 = 100 + 273 = 373 \end{array} \right.$$

حل

$$\left\{ \begin{array}{l} V_i = 100\text{ cm}^3 \\ \beta = 3\alpha \Rightarrow \beta = 3 \times 24 \times 10^{-6} = 72 \times 10^{-6} \end{array} \right.$$

$$\Delta V = V_i (\beta \Delta T) \quad \text{فرمول}$$

$$\text{برای محاسبات} = (100) (72 \times 10^{-6}) (373 - 283)$$

$$= (100) (72 \times 10^{-6}) (90) = 648 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = 4,2 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = 4,2 \text{ cm}^3$$

۲۳

تاریخ: / /

پایه: /

مسئله: یک ادرن شیشه‌ای در دمای 20°C دارای حجم 200 cm^3 می‌باشد. اگر این ادرن را با همان دما با گلیسرین پر کنیم و دمای ظرف و مایع را به 40°C برسانیم محاسبه کنید آیا گلیسرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟ اگر بیرون می‌ریزد حجم گلیسرین سرریز شده را محاسبه کنید؟

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

$$\text{ادرن} \begin{cases} \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \\ V_1 = 200\text{ cm}^3 \\ \theta_2 = 40^{\circ}\text{C} \end{cases} \Rightarrow \Delta V = V_1 \alpha \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta V = (200)(3)(9 \times 10^{-6})(40) = 2\text{ cm}^3$$

افزایش حجم ادرن

$$\text{مایع} \begin{cases} V_1 = 200\text{ cm}^3 \\ \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \\ \theta_2 = 40^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$\beta = 49 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta V = V_1 \beta \Delta \theta$$

$$\begin{aligned} \text{تغییر حجم گلیسرین بر اثر تغییر دما} &= (200)(49 \times 10^{-3})(40 - 20) \\ &= (200)(49 \times 10^{-3})(20) \\ &= 392 = 39\text{ cm}^3 \end{aligned}$$

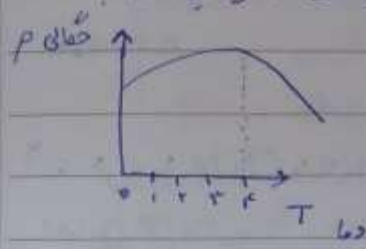
چون تغییر حجم گلیسرین بیشتر است پس از ادرن سرریزی می‌شود

$$\text{مقدار گلیسرین که سرریزی می‌شود} = 39 - 2 = 37\text{ cm}^3$$

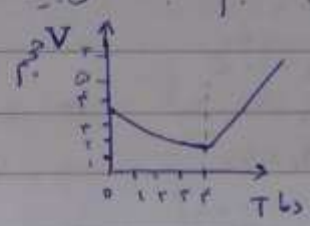
سرریزی می‌شود



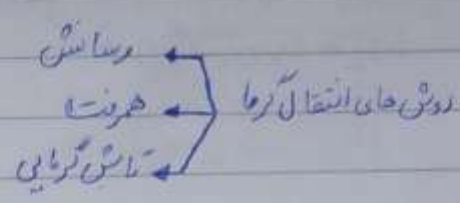
اسباب طغیر عادی آب حجم بیشتر مایعات با کاهش دما کاهش می یابد و بنابراین خطای آنکها کاهش دما افزایش می یابد ولی بر فشار آب در محدوده بین ۰ و ۱۰ درجه سانتیگراد متفاوت است یعنی بین ۰ و ۱۰ درجه سانتیگراد با افزایش دما حجم آب کاهش پیدا نموده و خطای آن افزایش می یابد



مکثرات چگالی بر حسب دما



نمودار حجم بر حسب دما

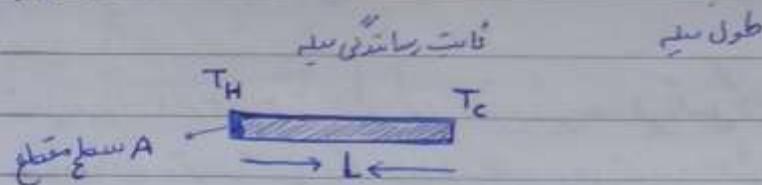


الف: رسانش - فرض کنید یک میله فلزی را بر روی شعله احتراق قرار می دهیم پس از چند لحظه گرما از انتهای گرم به سمت دسته میله منتقل می گردد در واقع ارتعاش اتم ها و انزودن های آزاد در ماده گرم شده میله موجب انتقال جنبی از انرژی به اتم ها و انزودن های بسیار زیاد مجاورشان و در نتیجه انتقال گرما به روش رسانش می شود. چون رساناهای فلزی دارای انزودن آزاد هستند لذا رسانش گرمایی آنکها نسبت به مواد عایق و غیر فلز مانند شیشه و چوب بیشتر می باشد.

گفته: فرض کنیم میلرهای طول L و مساحت مقطع A داشته باشیم. دمای انتهای سرد میلر را T_c و دمای گرم آن را T_H بماند. می‌فهمیم گرما را که در مدت زمان t از انتهای میلر گرم به انتهای سرد آن شارش می‌شود را Q نامگذاری می‌کنیم. نسبت $\frac{Q}{t}$ را آهنگ شارش یا آهنگ رسانش گرما می‌نامیم.

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

$\downarrow$ آهنگ رسانش گرما $\downarrow$ زمان $\downarrow$ ثابت رسانش میلر $\downarrow$ طول میلر



مثال: طول و عرض شیشه پنجره‌ای ۲ m و ۱.۵ m باشد. ضخامت شیشه ۵ mm باشد و دمای وجه بیرونی شیشه -۳°C و وجه داخلی آن $+۲^\circ\text{C}$ باشد. آهنگ رسانش گرما از طریق شیشه این پنجره را محاسبه کنید؟

$$k = 1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$A = 1.5 \times 2 = 3 \text{ m}^2$$

$$H = kA \frac{\Delta T}{L}$$

$$k = 1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$H = (1)(3) \frac{2 - (-3)}{0.005}$$

$$L = 5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m}$$

$$\Delta T = 2 - (-3) = 5^\circ\text{C}$$

$$H = \frac{15}{0.005} = 3000 \frac{\text{W}}{\text{وات}} \quad \text{یا} \quad \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

همرفت نه چون باغهاست و گاهها رسانها را گرمای خوبی نیستند لذا انتقال گرمای
در آنجا به طریق همرفت صورت میگیرد یعنی همراه با جابه جایی خفشی از مایع صورت
میگیرد به این صورت که وقتی مایع یا گاز (از زیر در قفس) با مایع گرم
تر از خود قرار میگیرد مایکهای زیرین شاره حرکت می کنند و بیشتر از هم دور
می شوند و بنابراین حجم شاره در قسمت پایین افزایش می یابد و چگالی آن
کاهش یافته و به سمت بالا رانده میشود و شاره خفک تر و چگال تر به سمت پایین
می آید و جایی شاره گرم را میگیرد و به این صورت حرارت همرفتی بوجود می آید.
گرم شدن هوای داخل اتاق گرم شدن آب بخورن آب گرم کن و سیستم خفک
گرفته موتور اتومبیل به صورت همرفت می باشد.

نشان گرمایی: هر جسمی تواند از خود قاشق اکثر مفاطین گسیل کند که شدت و
مبادیان به ترمیم میگی دارد و به همین دلیل آن را قاشق گرمایی می نامیم
مثل نشان خود خود رسیده اتوی داغ.

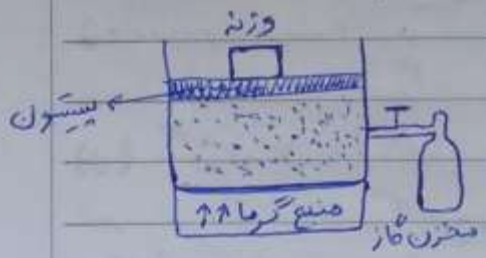
نکته: انتقال انرژی با گرمای در قاشق به محیط مادی سنگینی ندارد یعنی در حلقه
تیز قاشق میکند.

نکته: قاشق گرمایی از هر سطح هر جسم به دعا - مساحت - میزان مسطحی بودن
و رنگ و سطح جسم سنگینی دارد.

انظریه جنبش گازهای مایع: فرض کنیم یک گاز محبوس در استوانه شکل زیر قرار دارد

و پیستونی هم روی استوانه قرار میگیرد میخواهیم روابط بین کمیت های مایع و پیستون را بدست بیاوریم. (P, V, T)

دعا را بوسیله منبع دما و فشار را با افزایش یا کاهش وزن های پیستون تنظیم می کنیم حجم گاز را با جابجایی پیستون و همین مقدار گاز را با باز کردن شیر مخزن گاز تنظیم می کنیم



۱) بستگی $(V$ به $N)$ را ثابت نگه داشتن دما و فشار: اگر فشار و دما ثابت باشد آزمایش نشان میدهد که حجم یک گاز با افزایش مقدار ذرات آن افزایش می یابد یعنی حجم بطور خطی با مقدار ذرات گاز افزایش می یابد این آزمایش در نوع گاز بستگی ندارد فقط به مقدار ذرات گاز بستگی دارد بنابراین نتیجه میگیریم که: حجمی که یک گاز در دما و فشار ثابت اشغال می کند مستقل از نوع گاز یا اندازه و جرم مولکول های گازها باشد و حجم گاز فقط به مقدار مولکول های آن بستگی دارد که به آن قانون آوگادروی گوئیم.



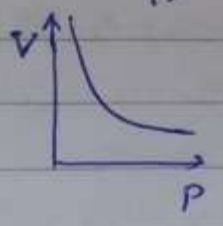
$$V = cN \quad (P, T)$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 حجم $\downarrow$ $\downarrow$
 تعداد ذرات

ب: سگلی V به P وقتی ذرات N و T ثابت می باشند: با ثابت نگه داشتن تعداد ذرات و دمای T فشار را با عوض کردن وزن های روی پیستون تغییر می دهیم و حجم گاز را هر بار اندازه می گیریم نتیجه این اندازه گیری ها نشان می دهد که در این شرایط $[T, N]$ ثابت پس V و P رابطه عکس برقرار می باشد یعنی داریم:

$$P = \frac{c'}{V} \quad (N, T \text{ ثابت})$$

$$P = c' V^{-1}$$



$$PV = c' \quad \text{ثابت}$$

(قانون بویل یا بویوت)

ج: سگلی V به T وقتی فشار و تعداد ذرات (P, N) ثابت می باشد در این صورت با افزایش دمای T منبسط و حجم را اندازه گیری می کنیم و مشاهده می شود با افزایش دما حجم نیز افزایش می یابد بنابراین داریم

$$V = c'' T \quad (P, N \text{ ثابت هستند})$$

این قانون (معادله) را قانون چارلز - گیلوساک می نامیم.

معادلات (۱)، (۲) و (۳) خلاصه نتایج تجربی هستند که با تقریب خوبی برای گازهای واقعی نیز اعتبار دارند می توان این سه رابطه را در یک رابطه مفید خلاصه نمود که به معادله حالت معروف می باشد و به صورت زیر بیان می شود.

$$\frac{PV}{NT} = K \quad (1)$$

$\xrightarrow{\text{حجم}}$
 $\xleftarrow{\text{فشار}}$
 $\xrightarrow{\text{نسبت مولنرم}}$

$$K = 1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$$

تعداد ذرات گاز
(مولکول ها)

$$n = \frac{N}{N_A}$$

تعداد مول های
گاز

$N_A \rightarrow$
عدد آووگادرو

$$\begin{aligned} (1) \quad PV &= NKT = NTK \\ &= n N_A T K = n \underbrace{N_A K}_R T = nRT \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \boxed{PV = nRT}$$

معادله حالت یک
گاز کامل

$$\boxed{\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}}$$

برای یک گاز کامل در دو حالت متفاوت داریم

معادله فوق برای یک گاز کامل می باشد.

همی اثر تعداد مول های یک گاز کامل درون ظرفی ثابت باشد نسبت $\frac{PV}{T}$ و عددی ثابت است یعنی اگر دما، فشار و حجم گاز کاملی در حالت اول P_1 و V_1 و T_1 و در حالت بعدی P_2 و V_2 و T_2 باشد رابطه فوق برقرار است

مثال: یک استوانه محاقق بندی شده که با بیستونی محدود میشود حاوی مقداری متکون های گاز اکسیژن در دمای 20°C و فشار 15 atm (اتمسفر) و حجم 22 لیتر باشد بیستون را با این می آوریم و حجم گاز را به 14 لیتر کاهش میدهم همزمان دمای گاز به 25°C می رسد اگر اکسیژن گاز کامل فرض شود فشارهای گاز را می تابه کنید؟

$$\begin{cases} \theta_1 = 20^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + 20 = 293\text{ K} \\ P_1 = 15\text{ atm} \\ V_1 = 22\text{ lit} \\ V_2 = 14\text{ lit} \\ \theta_2 = 25^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + 25 = 298\text{ K} \\ P_2 = ? \end{cases}$$

رابطه حالت $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{V_2 T_1}$

$$P_2 = \frac{(15)(22)(298)}{(14)(293)} \Rightarrow P_2 = 15.5$$

* زیر پستون یک سیلندر هوایی با حجم 12.0 cm^3 و فشار یک اتمسفر وجود دارد. ما پستون پستون حجم هوای محبوس را به 2.0 cm^3 می‌رسانیم در حالی که دمای آن را ثابت نگه داشته ایم فشار هوا چقدر می‌شود

$$\begin{cases} V_1 = 12.0 \text{ cm}^3 \\ P_1 = 1 \text{ atm} \\ V_2 = 2.0 \text{ cm}^3 \end{cases} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{T \text{ ثابت}}$$

$$T = \text{ثابت} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = ? \quad (1)(12.0) = P_2(2.0) \Rightarrow P_2 = \frac{12.0}{2.0}$$

$$\boxed{P_2 = 6 \text{ atm}}$$

(مثال) در آزمایشی دمای مقدار معینی از گاز اکسیژن را در فشار ثابت از 27°C به 87°C می‌رسانیم اگر حجم گاز ابتدا ۲ لیتر باشد حجم آن را در پایان آزمایش حساب کنید

$$\begin{cases} P = \text{ثابت} \\ \theta_1 = 27 \Rightarrow T_1 = 273 + 27 = 300 \text{ K} \\ \theta_2 = 87 \Rightarrow T_2 = 273 + 87 = 360 \text{ K} \end{cases} \quad \begin{cases} V_1 = 2 \text{ lit} \\ V_2 = ? \end{cases}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{P \text{ ثابت}} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow$$

$$\frac{2}{300} = \frac{V_2}{360} \Rightarrow V_2 = \frac{2 \times 360}{300} = 2.4 \text{ lit}$$

کار انجام شده روی یک گاز اگر دمای آن گاز محسوس نماند و تغییرات
افزایش دمای گاز منطبق شود و وزن و درجه حرارت مختلف آن را بالا می برد
در این صورت می توانیم گاز روی وزن کار مثبت انجام داده است
نموده که سبب حرکت پیستون و انجام کار می شود ناشی از فشار گاز
می باشد طبق قانون سوم نیوتن همین نیرو را وزن به گاز وارد می کند
پس کار انجام شده روی گاز را می توان بصورت زیر نوشت

$$W = \int F \cdot dx = \int (1 - PA) dx$$

$$P = \frac{F}{A}$$

معادله بالا را می توان بصورت زیر نوشت

$$W = \int -PA dx = - \int PA dx = - \int P dv$$

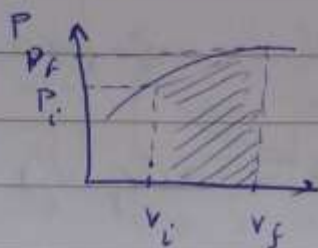
$$W = - \int_{v_i}^{v_f} P dv$$

معادله فوق مربوط به کار انجام شده بر روی یک گاز می باشد علامت
کار در رابطه گرفته شده است و شقی به dv (تغییرات حجم) دارد
اگر dv منفی باشد کار مثبت و اگر dv مثبت باشد کار منفی باشد

نکته: اگر نمودار PV را داشته باشیم کار انجام شده برآش تغییر حجم

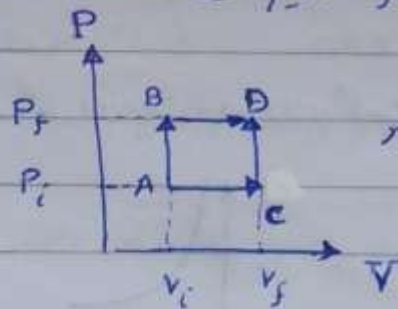
$$W = - \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

V_i تا V_f برابر است با سطح محصور
تیر نمودار در فاصله V_i تا V_f



نکته: محاسبه کار با استفاده از نمودارها: فرض می‌کنیم می‌خواهیم گاز را

از شرایط اولیه P_i, V_i به شرایط P_f, V_f ببریم یعنی از نقطه A به نقطه D ببریم.



$$\begin{aligned} W_{ABD} &= W_{AB} + W_{BD} \\ &= - \int_{V_i}^{V_f} P dV - \int_{V_f}^{V_i} P dV \\ &= - \int_{V_i}^{V_f} P dV = -P_f (V_f - V_i) \end{aligned}$$

$$W_{ACD} = W_{AC} + W_{CD} = - \int_{V_i}^{V_f} P dV = -P_i (V_f - V_i)$$

* کار انجام شده در حجم ثابت $dv=0$

$$W = - \int p dv \xrightarrow{dv=0} \boxed{W=0}$$

کار در حجم ثابت صفر است

* کار انجام شده در فشار ثابت

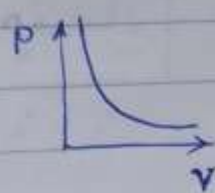
$$W = - \int p dv \xrightarrow{P \text{ ثابت}} W = -P \int_{v_i}^{v_f} dv = -P(v_f - v_i)$$

$$\boxed{W = -P(v_f - v_i)}$$

کار در فشار ثابت
مستقیم

* کار انجام شده در دمای ثابت:

$$\begin{cases} PV = nRT \\ PV = \text{ثابت} \end{cases}$$

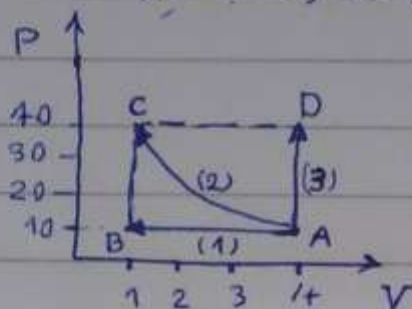


$$W = - \int_{v_i}^{v_f} p dv = - \int_{v_i}^{v_f} \frac{nRT}{V} dv$$

$$= -nRT \int_{v_i}^{v_f} \frac{1}{V} dV \Rightarrow \boxed{W = nRT \ln \frac{v_f}{v_i}}$$

کار در دمای ثابت

حجم گازی شامل ۱ مول به علت تراکم از 4 m^3 به یک (۱) مترکعب 1 m^3 رسیده است و فشار آن از 10 Pa به 40 Pa افزایش یافته است. کار انجام شده در امتداد مسیرهای مشخص شده را حساب کنید.


 $A(V_i, P_i)$

$$\text{مسیر (۱)} = W_{AB} + W_{BC} = - \int P dv + 0 = - \int_{V_i}^{V_f} P dv =$$

$$P(V_f - V_i) = -10(1-4) = -(-30) = \boxed{30 \text{ J}}$$

$$\text{مسیر (۲)} \Rightarrow W = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = -P_i V_i \ln \frac{V_f}{V_i}$$

$$-(10)(4) \ln\left(\frac{1}{4}\right) = \boxed{55 \text{ J}}$$

$$\text{(۳)} \quad W = W_{AD} + W_{DC} = - \int_{V_i}^{V_f} P dv - \int_{V_i}^{V_f} P dv$$

$$= \underbrace{- \int_{V_i}^{V_f} dv}_{AD=0} - P \underbrace{\int_{V_i}^{V_f} dv}_{DC} = -P \int_{V_i}^{V_f} dv$$

$$= -P(V_f - V_i) = (-40)(1-4) = \boxed{120 \text{ J}}$$