



توان گرمایی: P

مقدار انرژی گرمایی را که یک گرمکن برقی در هر ثانیه تولید می کند

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

انرژی گرمایی

توان گرمایی

بازه زمانی

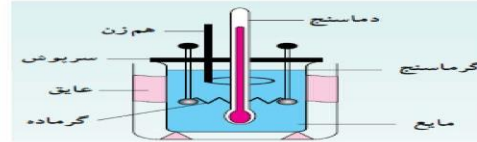
نکته:

واحد توان برابر ژول بر ثانیه (J/s) یا وات است.





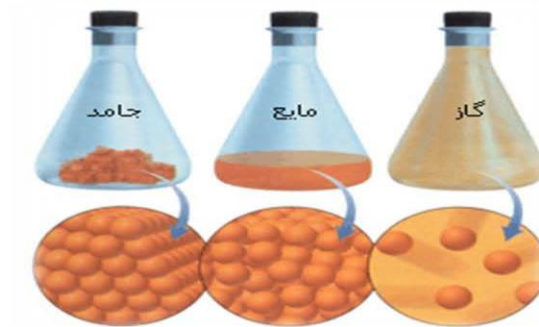
موضوع: حالات ماده و گرمای نهان ذوب



تغییر حالات ماده

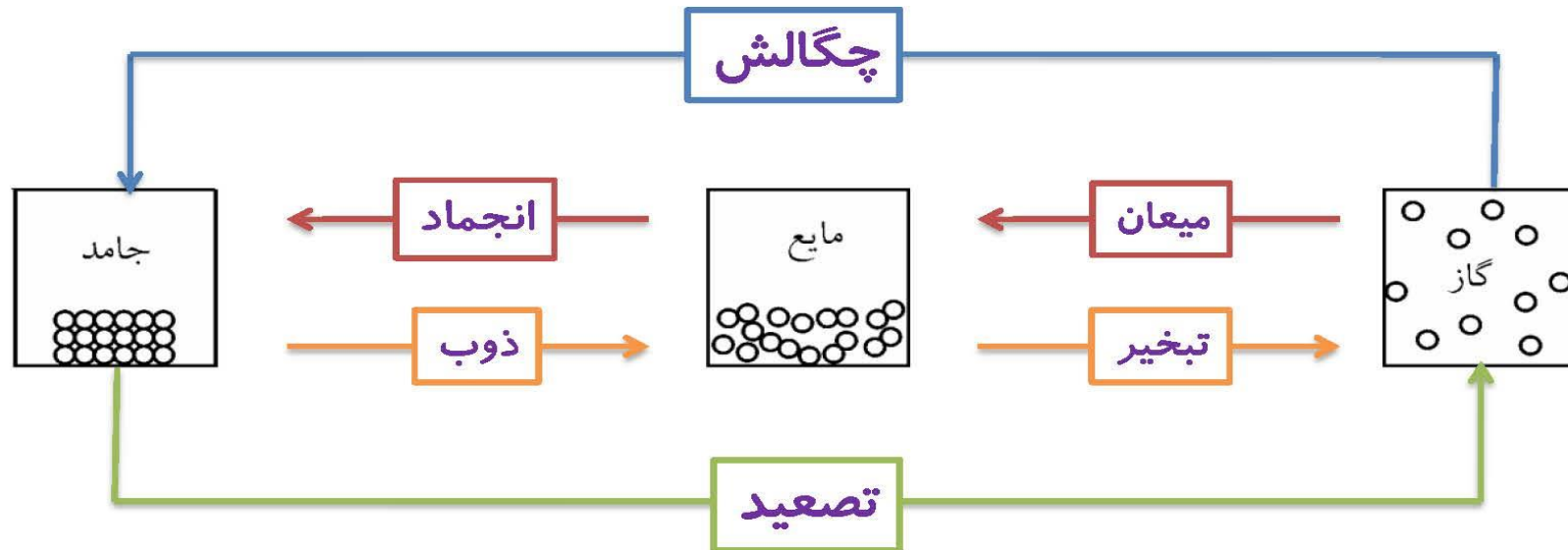
حالت‌های ماده

ماده به سه حالت جامد، مایع و گاز یافت می‌شود
گذار ماده از یک حالت (فاز) به حالت (فاز) دیگر را تغییر حالت (تغییر فاز) گویند
تغییر حالتها معمولاً با گرفتن یا از دست دادن گرما همراهند



نکته:

ذوب و تبخیر و تصعید گرماگیر هستند.



انجماد و میعان و چگالش گرماده (گرمازا) هستند.



تصعید

تغییر حالت مستقیم جامد به بخار را تصعید گویند.

مانند: **نفتالین** و **یخ خشک** بدون این که به مایع تبدیل شوند مستقیماً به بخار تبدیل می شوند بنابراین می گوئیم متصاعد شده اند .

وقتی **لباس های تر** در زمستان **یخ زده** اند، به هنگام طلوع خورشید بدون این که یخ ذوب شود به بخار تبدیل می شود .



چگالش

تغییر حالت مستقیم بخار به جامد را چگالش گویند.

تشکیل برف، برفک روی چمن ها و برفک درون یخچال، چگالش است .

تغییر حالات ماده

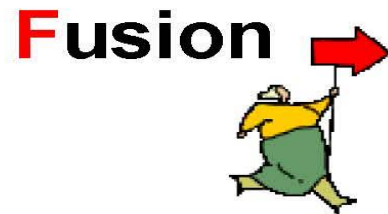
اگر آب جوش، به هوا در دمای 40°C - پاشیده شود، مستقیماً به یخ تبدیل می شود.



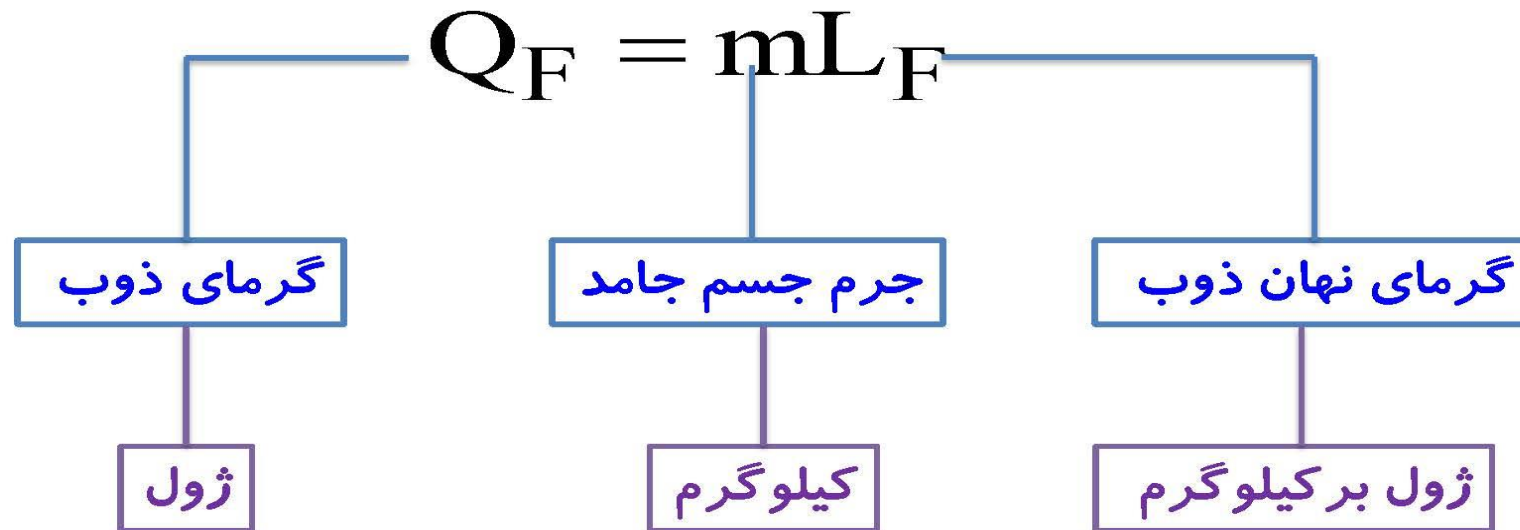
۱- ذوب

هر جسم جامد در دمای ثابتی به نام دمای ذوب (نقطه‌ی ذوب) که به **جنس** و **فشار** وارد بر جسم بستگی دارد، شروع به ذوب شدن می‌کند.

در تمام مدت ذوب، دمای جسم ثابت می‌ماند.



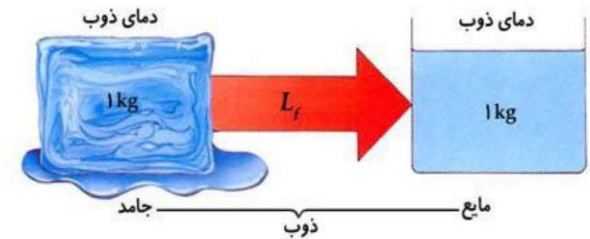
فرمول گرمای ذوب:



گرمای نهان ذوب: L_F

گرمایی است که باید به یک کیلوگرم جسم جامد در دمای ذوب داده شود تا به مایع در همان دما تبدیل شود.

گرمای ذوب واحد جرم اجسام را **گرمای نهان ذوب** گویند. $L_F = \frac{Q_F}{m}$
اگر به یخ 0°C گرما دهیم دمای آن افزایش نمی یابد بلکه به آب 0°C تبدیل می شود.



نکته:

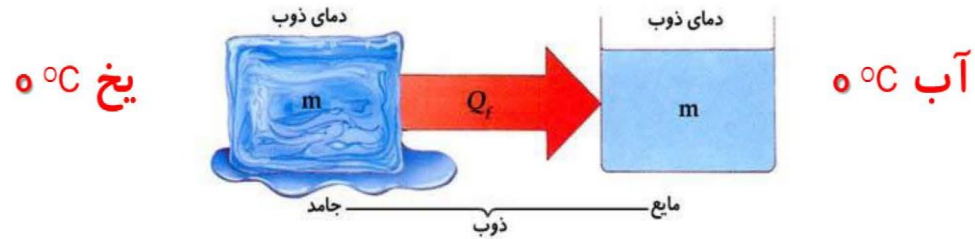
گرمای نهان ذوب اجسام فقط به **جنس جسم** آنها بستگی دارد.

گرمای ذوب: Q_F

گرمایی است که هر جسم جامد در نقطه‌ی ذوب خود می گیرد تا به مایع در همان دما تبدیل شود.

نکته:

گرمای ذوب جسم به **جنس جسم** و **جرم** آن بستگی دارد.



تمرین:

گرمای ذوب ۳ کیلوگرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس چند ژول است؟ $L_F = ۳۳۴ \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$

پاسخ:

$$Q_F = ۱۰۰۲ \text{ kJ}$$

چون یخ در نقطه‌ی ذوبش یعنی 0°C است بنابراین هر گرمایی که بگیرد باعث ذوب آن می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{l} L_F = ۳۳۴ \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}} \\ m = ۳ \text{ Kg} \\ Q_F = ? \end{array} \right.$$

$$Q_F = mL_F$$

$$Q_F = ۳ \times ۳۳۴ \cdot \dots$$

$$Q_F = ۱۰۰۲ \cdot \text{J} = ۱۰۰۲ \text{ KJ}$$



تمرین:

۲Kg یخ 10°C - مفروض است. گرمایی که یخ می گیرد تا تبدیل به آب 20°C شود، چند کیلو ژول است؟

$$\left(L_F = 334 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} , C = 2100 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \text{ یخ} , C = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \text{ آب} \right)$$

پاسخ:

$$Q_{\text{کل}} = 878 \text{kJ}$$

این پرسش با مراحل زیر حل می شود:



تغییر حالت ذوب

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta \rightarrow Q_1 = 2 \times 2100 \times (0 - (-10)) = 42000 \text{ J} \\ Q_F = mL_F \rightarrow Q_F = 2 \times 334000 = 668000 \text{ J} \\ Q_r = mc_{\text{آب}} \Delta\theta' \rightarrow Q_r = 2 \times 4200 \times (20 - 0) = 168000 \text{ J} \end{array} \right. \begin{array}{l} + \\ + \end{array}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_F + Q_r \rightarrow$$

$$Q_{\text{کل}} = 42000 + 668000 + 168000 = 878000 \text{ J} = 878 \text{ kJ}$$



انجماد:

فرآیند انجماد **وارون** فرآیند ذوب است، یعنی در این فرآیند مایع تبدیل به جامد می‌شود.

دمای نقطه‌ی ذوب با دمای نقطه‌ی انجماد برابر است،

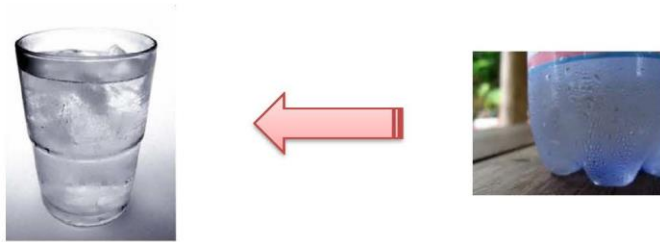
به طور مثال دمای ذوب یخ و دمای انجماد آب هر دو صفر درجه می‌باشد.



نکته:

هر گاه از مایعی در دمای انجمادش گرما بگیریم، کاهش دما رخ نداده و مایع تبدیل به جامد می‌شود.

مقدار گرمایی که **جسم از دست می‌دهد تا انجماد** یابد برابر مقدار گرمایی است که **جسم می‌گیرد تا ذوب شود**.



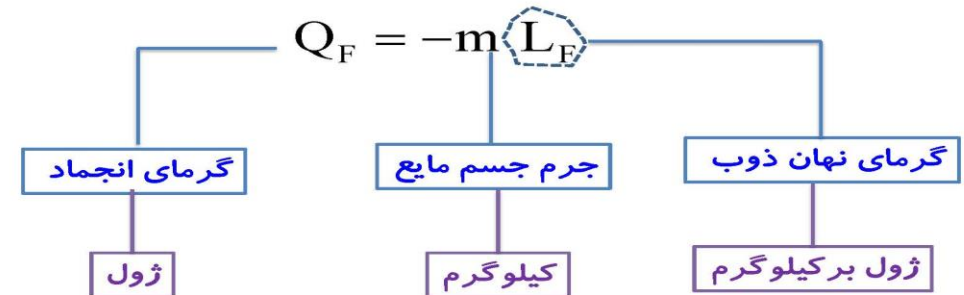
گرمای نهان انجماد : $-L_F$

گرمای نهان انجماد، **منفی** گرمای نهان ذوب است.

به طور مثال گرمای نهان ذوب یخ برابر $L_F = 334 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$ و گرمای نهان انجماد آب برابر $L_F = -334 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$ می‌باشد



فرمول گرمای انجماد : Q_F



۵۰۰g آب ۴ °C چند کیلوژول گرما مبادله کند تا به یخ -۲ °C تبدیل شود؟

(آب $C = 4200 \frac{J}{Kg^{\circ}C}$ ، یخ $C = 2100 \frac{J}{Kg^{\circ}C}$ ، $L_F = 334 \frac{KJ}{Kg}$)

پاسخ:

$$Q_{کل} = -177/5 kJ$$

تغییر حالت انجماد

این پرسش با مراحل زیر حل می‌شود:

پاسخ:



$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = mc_{\text{آب}} \Delta\theta \rightarrow Q_1 = 0.5 \times 4200 \times (0 - 4) = -8400 \text{ J} \\ Q_F = -mL_F \rightarrow Q_F = -0.5 \times 334000 = -167000 \text{ J} \\ Q_r = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta' \rightarrow Q_r = 0.5 \times 2100 \times (-2 - 0) = -2100 \text{ J} \end{array} \right.$$

$$Q_{کل} = Q_1 + Q_F + Q_r \rightarrow$$

$$Q_{کل} = -8400 - 167000 - 2100 = -177500 \text{ J} = -177/5 \text{ kJ}$$



تمرین :

یک گرمکن که با آهنگ ثابت ۵۰۰ وات انرژی تولید می کند، به طور کامل در یک قطعه یخ بزرگ با دمای ۰°C گذاشته شده است. در مدت ۱۳۲۰ ثانیه، ۲kg آب با دمای ۰°C تولید می شود. گرمای نهان ویژه ذوب یخ را حساب کنید.

پاسخ:

$$\left. \begin{array}{l} p = 500 \cdot w \\ t = 1320 \cdot s \\ m = 2 \text{ kg} \\ L_F = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q = pt \\ Q_F = mL_F \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{آب } 0^\circ\text{C} \longleftarrow \text{یخ } 0^\circ\text{C} \\ pt = mL_F \end{array} \right\} \rightarrow L_F = \frac{pt}{m} = \frac{500 \times 1320}{2}$$

$$L_F = 330000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$



۳- نقطه ی جوش

هرمایعی در دمای ثابتی به نام دمای جوش که به جنس و فشار وارد بر آن بستگی دارد ، به جوش آمده و تبدیل به بخار می شود .

Vaporization



جوش و میعان

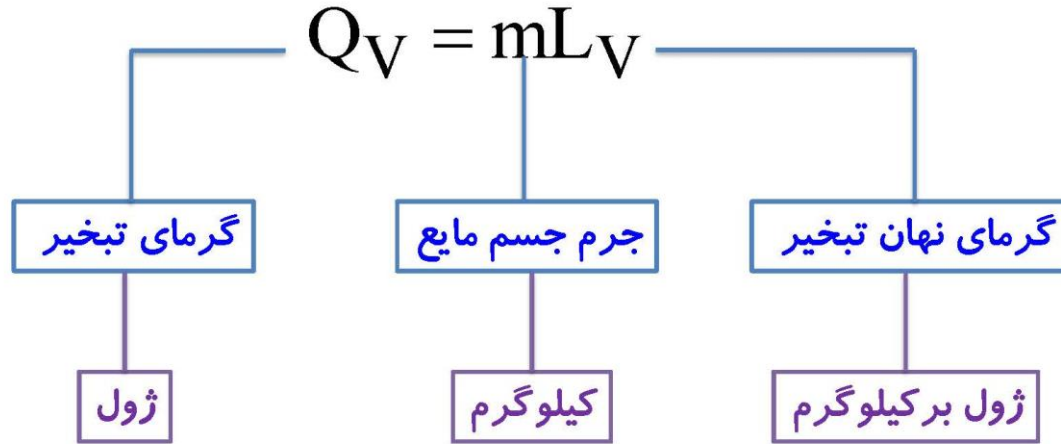
گرمای تبخیر Q_v

مقدار گرمایی است که هر مایع در نقطه ی جوش خود می گیرد تا به بخار در همان دما تبدیل شود.

نکته:

گرمای تبخیر جسم به جنس جسم و جرم آن بستگی دارد.

فرمول گرمای تبخیر: Q_v

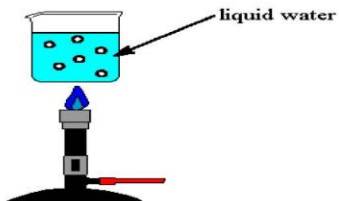


جوش و میعان

گرمای نهان تبخیر: L_v

گرمایی است که به یک کیلوگرم از مایع در نقطه ی جوش می دهیم تا به بخار در همان دما تبدیل شود

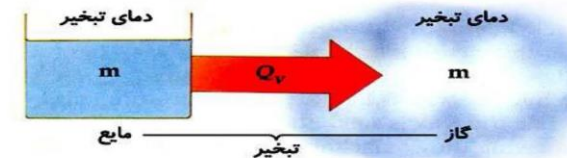
گرمای تبخیر واحد جرم اجسام را گرمای نهان تبخیر گویند. $L_v = \frac{Q_v}{m}$



نکته:

گرمای نهان تبخیر اجسام فقط به جنس آنها بستگی دارد.

آب ۱۰۰ °C



بخار آب ۱۰۰ °C

چند کیلوژول گرما لازم است تا ۲۰۰g آب ۲۰°C به بخار آب ۱۰۰°C تبدیل شود؟



$$(\text{آب } C = 4200 \frac{J}{Kg^{\circ}C} , \text{بخار } L_v = 2256 \frac{KJ}{Kg})$$

پاسخ:

$$Q_{\text{کل}} = 518/4 \text{ kJ}$$

جوش و میعان

پاسخ:

این پرسش با مراحل زیر حل می شود:



$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = mc\Delta\theta \rightarrow Q_1 = . / 2 \times 4200 \times (100 - 20) = 67200 \text{ J} \\ Q_v = mL_v \rightarrow Q_v = . / 2 \times 2256000 = 451200 \text{ J} \end{array} \right. +$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_v \rightarrow Q_{\text{کل}} = 67200 + 451200 = 518400 \text{ J} = 518/4 \text{ kJ}$$



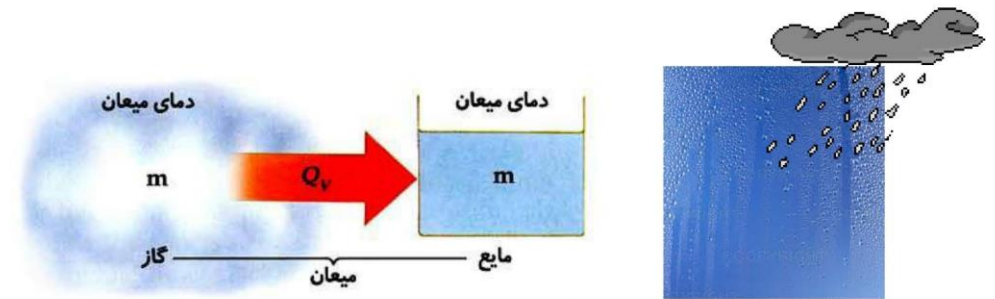
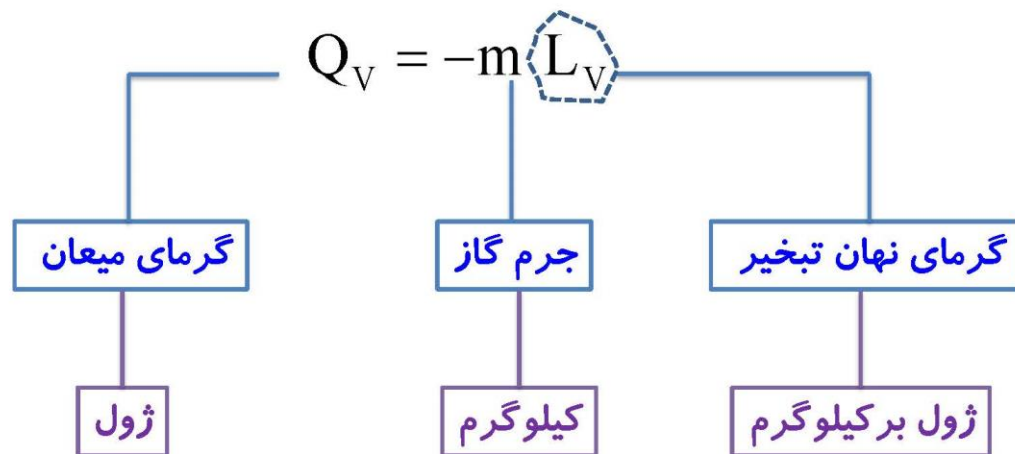
(۴) میعان:

فرآیند میعان **وارون** فرآیند تبخیر است یعنی در این فرآیند **بخار** به **مایع** در همان دما تبدیل می‌شود

دمای نقطه‌ی میعان یک ماده با دمای نقطه‌ی جوش آن برابر است به طور مثال دمای نقطه‌ی میعان آب 100°C است.

هر بخار هنگام میعان همان قدر **گرمای** از دست می‌دهد که به هنگام تبخیر می‌گیرد

جوش و میعان

فرمول گرمای میعان: Q_V 

تمرین:

گرمکنی در هر ثانیه 200 J انرژی فراهم می کند. چه مدت زمان طول می کشد تا این گرمکن 1 kg آب 100°C را به بخار آب 100°C تبدیل کند؟ $L_v = 2256 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$

پاسخ:

$$t = 1128 \text{ s}$$

$$\left. \begin{array}{l} p = 200 \text{ W} \\ t = ? \\ m = 1 \text{ kg} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q = pt \\ Q_v = mL_v \end{array} \Rightarrow pt = mL_v \Rightarrow t = \frac{mL_v}{p} = \frac{1 \times 2256 \times 10^3}{200}$$

$$t = 1128 \text{ s}$$

بخار آب $100^\circ\text{C} \Rightarrow$ آب 100°C

$$L_F = ?$$



مثال و نمودار مهم

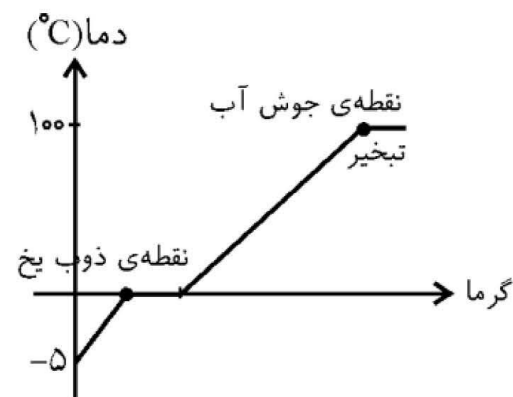
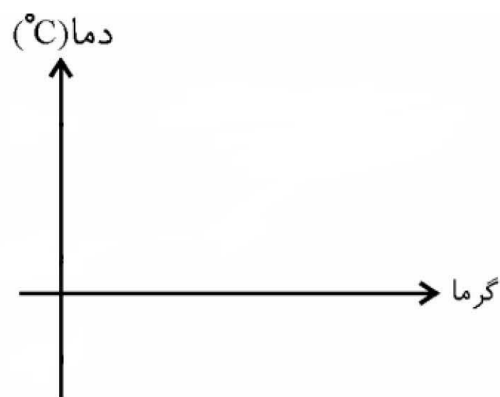
جوش و میعان

پرسش:

به مقداری یخ 5°C - گرما می‌دهیم تا به بخار آب جوش تبدیل شود. با رسم نموداری مرحله‌های تغییر و تبدیل را روی نمودار نشان دهید.

پاسخ:

در تغییر حالت، دما ثابت است و در بقیه مورد ها با دادن گرما، دما افزایش می‌یابد.



تمرین ۴-۶:

قطعه یخی به جرم ۱ kg و دمای اولیه 20°C - را آن قدر گرم می کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار 100°C شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلو ژول است؟

پاسخ:

کتاب

جوش و میعان

تمرین ۴-۶:

پاسخ: این پرسش با مراحل زیر حل می شود:



$$Q_1 = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta \rightarrow Q_1 = 1 \times 2200 \times (0 - (-20)) = 44000 \text{ J}$$

$$Q_F = mL_F \rightarrow Q_F = 1 \times 334000 = 334000 \text{ J}$$

$$Q_r = mc_{\text{آب}} \Delta\theta' \rightarrow Q_r = 1 \times 4200 \times (100 - 0) = 420000 \text{ J}$$

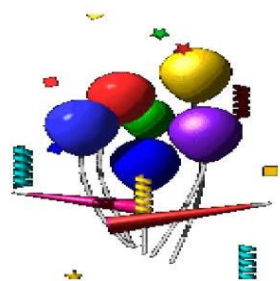
$$Q_v = mL_v \rightarrow Q_v = 1 \times 2256000 = 2256000 \text{ J}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_F + Q_r + Q_v \rightarrow$$

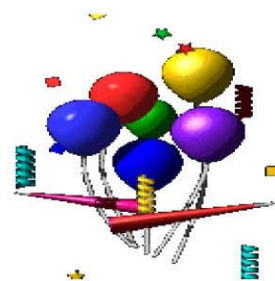
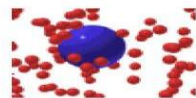
$$Q_{\text{کل}} = 44000 + 334000 + 420000 + 2256000 = 3054 \text{ kJ}$$



مخصوص رشته ریاضی



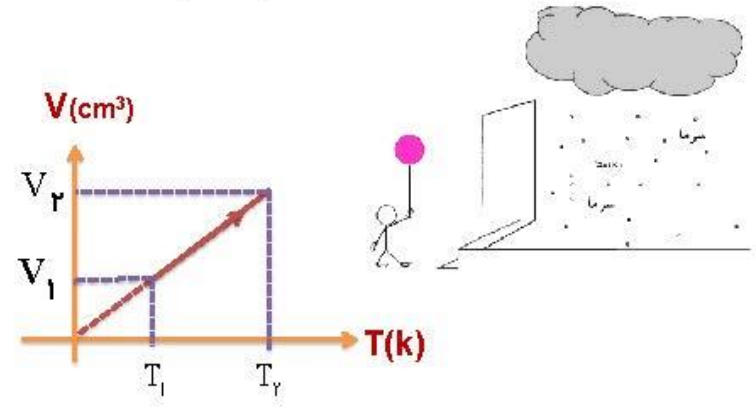
موضوع: قانون گازها



بررسی گاز در فشار ثابت: قانون شارل :

در فشار ثابت، حجم گاز با دمای آن در مقیاس کلوین نسبت مستقیم دارد.
در فشار ثابت، نسبت حجم به دمای مطلق مقداری گاز کامل، مقداری ثابت است.

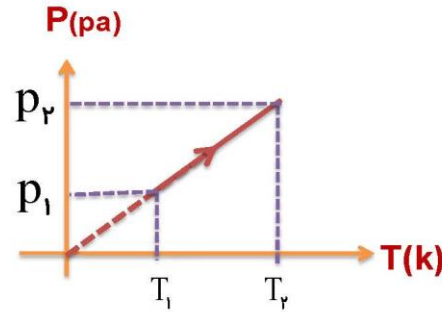
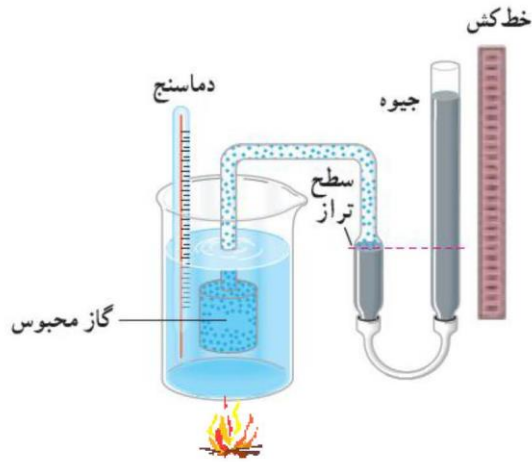
$$V \propto T \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{مقدار ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots \quad (\text{فشار و جرم ثابت})$$



بررسی گاز در حجم ثابت: قانون گی لوساک

در حجم ثابت، فشار گاز با دمای آن در مقیاس کلوین نسبت مستقیم دارد.

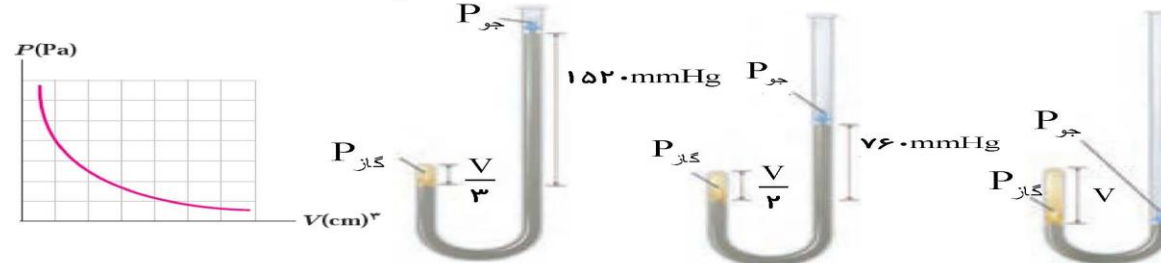
$$P \propto T \Rightarrow \frac{P}{T} = \text{مقدار ثابت} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (\text{حجم و جرم ثابت})$$



بررسی گاز در دمای ثابت: قانون بویل و ماریوت

در دمای ثابت، حجم مقدار معینی از گاز با فشار آن نسبت وارون دارد.
برای یک گاز کامل در دمای ثابت، حاصل ضرب حجم در فشار آن مقداری ثابت است.

$$T = \text{ثابت} \Rightarrow V \propto \frac{1}{P} \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots$$



قانون گازهای آرمانی کامل:

- ۱- هنگامی که گازها بسیار رقیق یا چگالی آن به حد کافی کم باشد
- ۲- گازی که مولکولهای آنها به حدی از هم دورند که برهم تاثیر چندانی نمی گذارند.

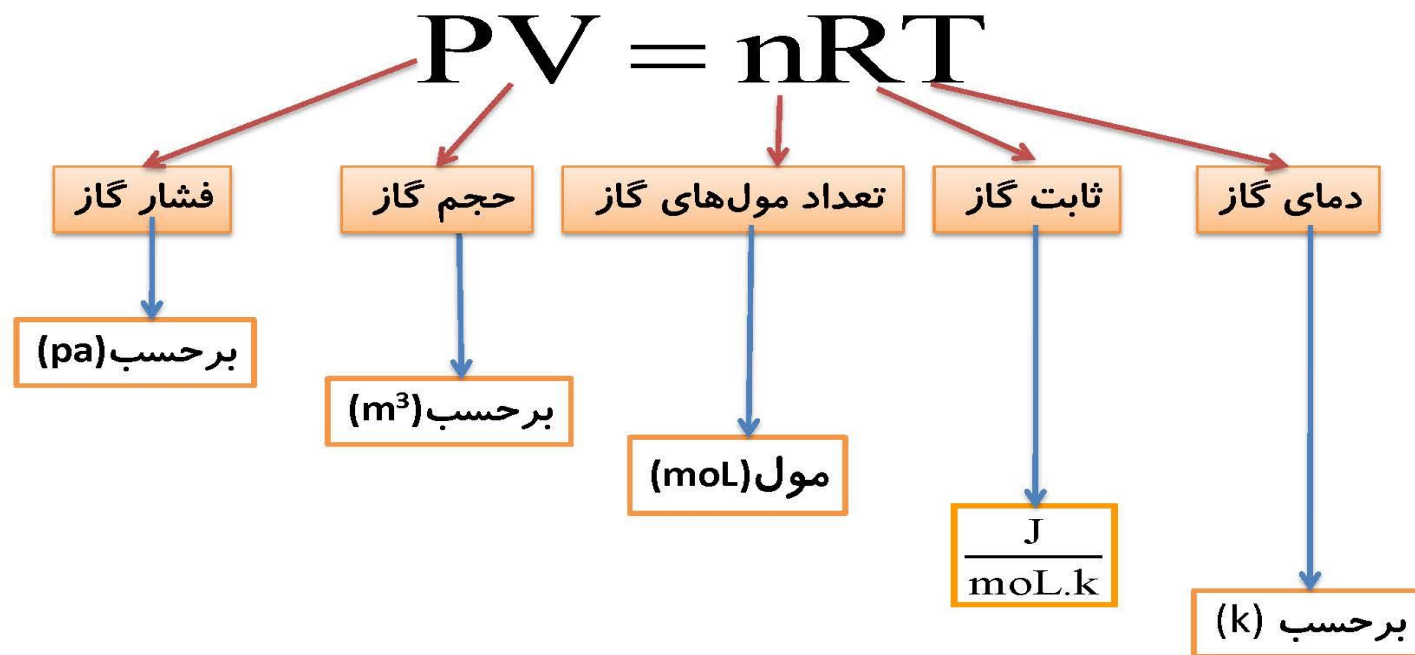
در گازهای کامل، معادله ی حالت آن ها ساده و مستقل از نوع گاز است. در این حالت گاز کامل نامیده می شوند

از ترکیب چهار قانون فوق رابطه زیر حاصل می شود

$$\frac{PV}{nT} = \text{مقدار ثابت} \rightarrow PV = nRT$$



فرمول قانون گازهای کامل



یک مول : n

شامل $۶ / ۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ از اجزای سازنده آن ماده (اتم یا مولکول) است.

$$\frac{\text{مول}}{n} = \frac{N_A = ۶ / ۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ ماده}}{N}$$



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

تعداد مولکول

تعداد مول‌های یک جسم

عدد آووگادرو

جرم مولی : M

جرم یک مول از هر ماده را جرم مولی می‌گویند.

تعداد مول‌ها را نیز می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:

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

جرم جسم kg

جرم مولی Kg/mol

تعداد مول‌های جسم mol

تمرین:

می دانیم الماس از کربن تشکیل شده است. یک قطعه الماس به جرم ۹ g از چه تعداد کربن تشکیل شده است؟ ($M_{\text{کربن}} = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$)

پاسخ:

$$N = 4/515 \times 10^{23}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 9\text{g} \\ N = ? \\ M = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \\ N_A = 6/02 \times 10^{23} \text{ اتم} \end{array} \right.$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{9}{12} = .75 \text{ mol}$$

$$n = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = nN_A = .75 \times 6/02 \times 10^{23}$$

$$N = 4/515 \times 10^{23}$$



تمرین:

حجم ۸ ل. / مول گاز کامل هنگامی که فشار آن ۴۰۰۰ Pa و دمای آن

۲۷ °C است، تعیین کنید (R = $\frac{25}{3} \frac{J}{mol \cdot K}$)

پاسخ:

$$V = 0.5 \text{ m}^3$$

$$n = 8 \text{ mol}$$

$$P = 4000 \text{ Pa}$$

$$\theta = 27^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

$$V = ?$$

$$R = \frac{25}{3} \frac{J}{mol \cdot K}$$

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P}$$

$$V = \frac{8 \times \frac{25}{3} \times 300}{4000}$$

$$V = 0.5 \text{ m}^3$$



تمرین:

دمای گازی 27°C است. اگر فشار گاز را نصف و حجم گاز را ۳ برابر کنیم، دمای گاز چند درجه‌ی سلسیوس می‌شود؟

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1 = 27^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_1 = \theta_1 + 273 \Rightarrow T_1 = 273 + 27 = 300 \cdot \text{K} \\ P_2 = \frac{P_1}{2} \\ V_2 = 3V_1 \\ \theta_2 = ? \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ \frac{\cancel{P_1} V_1}{300} = \frac{\cancel{P_1} 3V_1}{2 T_2} \\ T_2 = 450 \cdot \text{K} \end{array}$$

پاسخ:

$$\theta_2 = 177^{\circ}\text{C}$$

$$273 + \theta_2 = 450$$

$$\theta_2 = 177^{\circ}\text{C}$$



تمرین:

فشارسنجی، فشار لاستیک دوچرخه را، قبل از حرکت $1/5 \text{ atm}$ و پس از حرکت ،
 2 atm نشان می دهد. اگر دمای داخل لاستیک قبل از حرکت 27°C باشد،
دمای داخل این لاستیک بعد از حرکت چند درجه سانتی گراد شده است؟
(فشار هوای محیط 1 atm است)



پاسخ:

فشارسنج فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهد $P_g = P - P_0$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{g1} = 1/5 \text{ atm} \Rightarrow P_1 = 1 + 1/5 = 2/5 \text{ atm} \\ P_{g2} = 2 \text{ atm} \Rightarrow P_2 = 1 + 2 = 3 \text{ atm} \\ \theta_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K} \\ \theta_2 = ? \\ V_1 = V_2 \\ P_0 = 1 \text{ atm} \end{array} \right.$$

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

$$T_2 = \frac{3 \times 300}{2/5} = 360 \text{ K}$$

$$\theta_2 = 360 - 273 = 87^\circ \text{C}$$



تمرین:

حجم گازی در فشار 1.0^5 pa و دمای 27°C برابر 1 cm^3 است تعداد مولکول های گاز چقدر است؟ ($R \approx 8 \text{ J/mol}^\circ \text{K}$ عدد آووگادرو $= 6 \times 10^{23}$)

پاسخ:

$$\begin{cases}
 P = 1.0^5 \text{ pa} \\
 \theta = 27^\circ \text{C} \Rightarrow T = 273 + 27 = 300 \text{ K} \\
 V = 1 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 N = ? \\
 N_A = 6 \times 10^{23} \\
 R \approx 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}
 \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 PV &= nRT \\
 n &= \frac{N}{N_A}
 \end{aligned}
 \Rightarrow PV = \frac{N}{N_A} RT \Rightarrow N = \frac{N_A PV}{RT}$$

$$N = \frac{6 \times 10^{23} \times 1.0^5 \times 10^{-6}}{8 \times 300} \Rightarrow N = 2.5 \times 10^{19}$$

$$N = 2.5 \times 10^{19}$$



تمرین:

گازی در دمای 20°C دارای حجم 100 cm^3 است. این گاز را باید تا چه دمایی گرم کنیم تا حجم آن در فشار ثابت 200 cm^3 شود؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + 20 = 293\text{ K} \\ V_1 = 100\text{ cm}^3 \\ \theta_2 = ? \\ P_2 = P_1 \\ V_2 = 200\text{ cm}^3 \end{array} \right.$$

$$n_1 = n_2$$

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

$$\frac{100}{293} = \frac{200}{T_2}$$

$$\frac{1}{293} = \frac{2}{T_2}$$

$$T_2 = 586\text{ K}$$

$$586 = 273 + \theta_2$$

$$\theta_2 = 313^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_2 = 313^{\circ}\text{C}$$



تمرین:

در یک سیلندر ۱۰ لیتر گاز اکسیژن با فشار ۴ atm و دمای 27°C موجود است، جرم گاز را تعیین کنید ($R \approx 8 \text{ J/mol}^{\circ}\text{K}$). ($O = 16 \text{ g}$)

پاسخ

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 10 \text{ lit} = 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 10^{-2} \text{ m}^3 \\ P = 4 \text{ atm} = 4 \times 10^5 \text{ pa} \\ \theta = 27^{\circ}\text{C} \rightarrow T = 273 + 27 = 300 \text{ K} \\ m = ? \\ R \cong 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \end{array} \right. \quad m = 53/33 \text{ g}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n = \frac{m}{M} \\ PV = nRT \end{array} \right. \rightarrow PV = \frac{m}{M} RT$$

$$4 \times 10^5 \times 10^{-2} = \frac{m}{32} \times 8 \times 300 \rightarrow m = \frac{4 \times 32 \times 10^{-2}}{8 \times 3 \times 10^2} \rightarrow m = 53/33 \text{ g}$$



شناسنامه دما و گرما

یکای (SI)	علامت	نام کمیت
$^{\circ}\text{C}$ یا $^{\circ}\text{K}$	$\Delta\theta$ یا ΔT	تغییرات دما
$1/^{\circ}\text{C}$	α	ضریب انبساط طولی
$1/^{\circ}\text{C}$	2α	ضریب انبساط سطحی
$1/^{\circ}\text{C}$	3α	ضریب انبساط حجمی
$1/^{\circ}\text{C}$	β	ضریب انبساط مطلق مایع
ل (ژول)	Q	گرما
$\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$	c	گرمای ویژه
ل (ژول)	Q_V, Q_F	گرمای ذوب و تبخیر
J/kg	L_V, L_F	گرمای نهان ذوب و تبخیر
J/s	H	آهنگ شارش گرما
j/mk	k	رسانندگی گرمایی
m^3	v	حجم گاز



فرمول های فصل چهارم

۱۱- گرمای ذوب و انجماد : $Q_F = \pm mL_F$

۱۲- گرمای تبخیر و میعان : $Q_v = \pm mL_v$

۱۳- آهنگ شارش گرما در جامدات

$$H = K \frac{A \Delta T}{L}$$

۱۴- تعداد مولها $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$

۱۵- قانون گازهای کامل $PV = nRT$

۱۶- رابطه گاز کامل (برای یک گاز)

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

۱۷- رابطه گاز کامل (برای دو گاز مختلف)

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

۱۸- رابطه چگالی گاز کامل (برای یک گاز)

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{T_1}{T_2}$$

۱- رابطه بین یکای سلسیوس و کلونین $T = \theta + 273$
 $\Delta T = \Delta \theta$

۲- رابطه بین یکای سلسیوس و فارنهایت: $F = 1/180 + 32$
 $\Delta F = 1/180 \Delta \theta$

۳- انبساط طولی: $\Delta L = \alpha L_1 \Delta \theta$

۴- انبساط سطحی: $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta \theta$

۵- انبساط حجمی جامدات: $\Delta V = 3\alpha V_1 \Delta \theta$

۶- انبساط واقعی مایعات: $\Delta V = \beta V_1 \Delta \theta$

۷- انبساط ظاهری مایعات: $\Delta V = \beta' V_1 \Delta \theta$
 $\beta' = \beta - 3\alpha$
 ظرف $\Delta V_{ظرف} - \Delta V_{مایع} = \Delta V_{سریز شده}$

۸- رابطه چگالی با تغییر دما: $\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta \theta)$

۹- گرمای لازم برای تغییر دما: $Q = mc \Delta \theta$

۱۰- دمای تعادل: $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$
 $m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + \dots = 0$

