

# گرما و قانون گازها

①

**دما:** دما کمیتی است که حالت اجسام را از لحاظ گرمی و سردی مشخص می نماید. از طرفی دمای هر جسم متناسب با متوسط انرژی جنبشی ذرات تشکیل دهنده ای آن جسم می باشد. همانند کتیه های اصلی و از نوع کتیه های نرنده ای بوده و واحد آن در SI کلوین (K) می باشد. به طوری که بین دما بر حسب کلوین با دما بر حسب سانتی گراد (تلسیوس) رابطه ای به صورت زیر برقرار است:

$$(K) T = 273 + \theta(^{\circ}C)$$

و همچنین بین تغییر دما بر حسب کلوین با تغییر دما بر حسب سانتی گراد رابطه ای به صورت زیر برقرار است:

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

که بر اساس این رابطه می توان نتیجه گرفت هر درجه کلوین معادل با  $1$  درجه سانتی گراد می باشد.

**\*** مبنای درجه بندی کلوین صفر مطلق می باشد که پایین ترین دمای ممکن بوده و معادل با  $-273.15$  درجه سانتی گراد می باشد که در این دما معمولاً تمام اجسام به صورت جامد وجود داشته و انرژی درونی تمام اجسام در این دما صاف می گردد و همچنین یک از ویژگی های دما بر حسب کلوین نسبت به درجه تلسیوس این است که تمام درجات کلوین همواره مثبت می باشد.

**\*** معرکه دما منبسطی به طور غیر مستقیم درجه بندی کرده، بین درجات آن دما منبسط با درجه سانتی گراد و با دما بر حسب کلوین رابطه ای به صورت زیر برقرار است:

$$\frac{n_2 - n_1}{n_2 - n_1} = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

②

$$\frac{n_2 - n_1}{n_2 - n_1} = \frac{T - T_1}{T_2 - T_1}$$

سوال: دمايی به طور غیر مشخص درجه بندی شده بطوریکه در شرایط متعارفی دمای بخ در حال مذاب را با عدد 5- و دمای آب در حال بخار شدن را با عدد 115 نمایش می دهد. اگر این دمايی دمای جسی را با عدد 55 نشان دهد، دمای جسم چند درجه ی سانتی گراد می باشد؟

$$\begin{array}{l} \theta_1 = 0 \\ n_1 = -5 \\ \theta_2 = 100 \\ n_2 = 115 \\ \theta = 55 \\ n = ? \end{array} \quad \frac{55 - (-5)}{115 - (-5)} = \frac{\theta - 0}{100 - 0} \Rightarrow \theta = \frac{100}{2} = 50$$

سوال: دمای یک محلول بر حسب اسکالین 1/4 دمای همان محلول بر حسب مگرون می باشد. دمای این محلول بر حسب مگرون چقدر است؟

$$\theta = \frac{1}{4} T$$

$$T = 273 + \theta \Rightarrow T = 273 + \frac{1}{4} T \Rightarrow T - \frac{1}{4} T = 273 \Rightarrow \frac{3}{4} T = 273$$

$$\Rightarrow T = 364$$

**گرمای:** گرمای موردی از انرژی می باشد که در اثر اختلاف دما بین دو جسم در حال تماس از جسی که دمای آن بیشتر است به جسی که دمای آن کمتر است انتقال می یابد. گرمای ویژه گتتهای نرزه این دیده و نشان می دهد که به یک جسم مقدار گرمای داده می شود به انرژی درونی جسم به همان اندازه اضافه می گردد که چنین گرمای را مثبت در نظر می گیریم و اگر از یک جسم مقدار گرمای گرفته شود از انرژی درونی جسم به همان اندازه کاهش می یابد که چنین گرمای را منفی در نظر می گیریم که رابطه های مربوط به گرمای به صورت کلی زیر در نظر گرفته می شوند:

$$Q = mC \cdot \Delta T \quad (\text{ک})$$

(ک)  $\left(\frac{\text{kg} \cdot \text{K}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right)$

$$Q = mc(\theta_2 - \theta_1)$$

① رابطه ی کلی:

بنابراین رابطه گرما برای دو جسم به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{C_2}{C_1} \times \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$$

② رابطه گرما با توان: در دستگاه های الکتریکی گرما را از این توان دستگاه با گرمای ایجاد شده توسط آن دستگاه رابطه های به صورت زیر برقرار می باشد.

الف) اگر تمام انرژی الکتریکی توسط دستگاه به گرما تبدیل گردد:

$$(w) \quad P \cdot t = m C \cdot \Delta\theta$$

ب) اگر قسمتی از انرژی الکتریکی توسط دستگاه به گرما تبدیل گردد:

$$\text{بازده} \quad Ra = \frac{m \cdot C \cdot \Delta\theta}{P \cdot t}$$

③ اگر تمام انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم تبدیل به گرما و گرمای حاصله صرف باک رفتن دمای جسم گردد، می توان نتیجه گرفت:

$$mgh = mC\Delta\theta \Rightarrow h = \frac{C \cdot \Delta\theta}{g}$$

و یا اگر تمام انرژی جنبشی یک جسم تبدیل به گرما و گرمای حاصله صرف باک رفتن دمای جسم گردد، فواید ثابت:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mC\Delta\theta \Rightarrow v = \sqrt{2C \cdot \Delta\theta}$$

④ گرما نهان خوب: مقدار گرمایی که یک جسم جامد داده می شود تا در حالت ثابت (سطح خوب) از حالت جامد به حالت مایع درآید را گرمای نهان خوب آن جسم گویند که رابطه ی آن به صورت زیر

$$(z) \quad Q_f = m \cdot L_f \left( \frac{J}{kg} \right)$$

در نظر گرفته می شود:

(5) رابطه‌ی گرمایی نهان تبخیر و مقدار گرمایی که به یک جسم به حالت مایع داده می‌شود تا در دمای ثابت (نقطه‌ی تبخیر) از حالت مایع به حالت بخار درآید معرف گرمایی نهان تبخیر آن جسم می‌باشد که رابطه‌ی آن به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$Q_{\text{v}} = m \cdot L_v \left( \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

(6) رابطه‌ی شارش گرمایی: مقدار گرمایی که در اثر وجود اختلاف دما بین دو طرف یک جسم توسط آن جسم انتقال می‌یابد به تلف می‌گردد، با استفاده از رابطه‌ی زیر مشخص می‌گردد:

$$Q = k \frac{A \cdot t \cdot \Delta \theta}{L}$$

تلف شارش در طرف جسم  $\rightarrow$   $\Delta \theta$  (C)  
 $A$  (m<sup>2</sup>)  
 $t$  (s)  
 $L$  (m)  
 طول ضخامت جسم  
 مساحت سطح مقطع  
 زمان عبور گرما  
 ضریب ثابت

(\*) رابطه‌ی تبدیل  $C$  به فارنهایت (F) به شکل زیر است:

$$F = 1.8C + 32$$

تلسیوس

(\*) حامل ضرب حجم در گرمایی ویژه (mc) را ظرفیت گرمایی جسم گویند و برابر مقدار گرمایی است که باید به جسم داده شود تا دمای آن  $1^\circ\text{C}$  بالا رود.

دما به وسیله ترموکوپل:

چنانچه در دوسر رسانا اختلاف دما ظاهر شود اختلاف پتانسیل کوچکی نیز در دوسر آن ظاهر می‌شود. به این اثر ترموکلمت گفته می‌شود که از این اثر استفاده می‌کنند و ترموکوپل می‌سازند.

مثال: نئیسے سے موجود ہر ذریعہ پنجرہ اس کے ابعاد  $1 \times 2.5$  متر و مسافت  $4 \text{ mm}$  راہ نظر سے گریں۔ اگر اختلاف دریا میں دو طرف پنجرہ  $20$  درجہ کی سانی گراہ باشد مقدار گریہ کے توسط نئیسے در صدر تعین ہے محض خارج انتقال سے یا بہ چند نول است؟ ( $k=1$ )

$$Q = k \frac{A \cdot t \cdot \Delta\theta}{L}$$

$$Q = 1 \times \frac{2.5 \times 60 \times 20}{4 \times 10^{-3}} = 7.5 \times 10^5$$

مثال: چند کلوژول گرما لازم است تا  $200$  گرم از مائیں بہ طرفیت گریہ کی  $20^\circ$  (یا  $500$  یا  $40$  درجہ کی سانی گراہ انفراسون دے؟

$$Q = mc \Delta\theta = 0.2 \times 500 \times 40 = 4 \times 10^3 \text{ J} = 4 \text{ kJ}$$

### دما کی تعادل:

عمر تھ چند جسم با دماهای مختلف در حال تبادل گرما ہ باشند میں از مده دما سے آنا یکساں ہی گردے کہ آئی دما کی تعادل گرنید۔ جھین جھین قانون یا سیکلی انٹری، انٹری گریہ کی کہ اجسام با دما بالا گرمی دےدے برابر با انٹری گریہ کی کہ اجسام با دما یا میں گرمی دےدے کہ دما سے ہمیشہ از جسم با دما بالاتر بہ جسم با دما یا میں گرمی دےدے جھین علامت گریہ کی جسی کہ گریہ از دست سے دےدے منفی و جسی کہ گریہ کی گرمی دےدے مثبت است۔ انڈر سے دما کی تعادل با استقامت از رابطه دما زیر مستقیم ہی گرنید:

(الف) اگر در عمل تبادل گرما تغییر حالت وجود نداشته باشد:

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

(ب) رابطه کلی:

② اگر اجسامی که در عمل تبادل گرمایی نفس دارند مشابه باشند:

$$\theta = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$$

$$\text{ب) } \theta = \frac{V_1 \theta_1 + V_2 \theta_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

ب) اگر در عمل تبادل گرمایی تغییر حالت وجود داشته باشد: در این حالت بر طبق اصل تعادل گرمایی مجموع گرمای داده شده برابر با مجموع گرمای گرفته شده می باشد که در این صورت خواهیم داشت:

$$\sum Q = \sum Q' \rightarrow \text{گرفته شده} \leftarrow \text{داده شده}$$

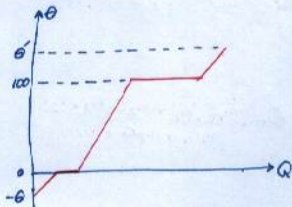
\* در نگاه بعد از عمل تبادل گرمایی مخلوط آب و یخ موجود باشد، می توان تعادل در شرایط معادلی برابر با مسفر در نظر گرفته می شود و همین اثر بعد از عمل تبادل گرمایی مخلوط آب و یخ آب موجود باشد می توان تعادل برابر با 100 در نظر گرفته می شود.

\* اگر مقدار  $m$  کسب یخ  $\theta$  را به یخ  $\theta$  خواهیم تبدیل نماییم. مجموع گرمای لازم برای این عمل با استفاده از رابطه زیر مشخص می گردد و مختار مربوط به این تغییر حالت به صورت زیر می باشد:

$$\text{یخ} \rightarrow \text{آب}$$

$$-\theta \xrightarrow{mc\theta} 0 \xrightarrow{mL_f} 0 \xrightarrow{mc \times 100} 100 \xrightarrow{mL_v} 100 \xrightarrow{mc(\theta-100)} \theta$$

$$Q = mc\theta + mL_f + mc \times 100 + mL_v + mc(\theta - 100)$$



(\*) آب  $\theta$  درجه سانتیگراد و  $\theta$  درجه فارنهایت را با هم مخلوط می کنیم. یکی از سه شرط زیر برقرار است:

$$\theta = \frac{mC\theta - m'L_f}{(m+m')C} \quad \text{آب (} m, C \text{)} \quad \text{یخ (} m', C \text{)}$$

- (1) اگر  $\theta > 0$  باشد، جواب همین  $\theta$  است و تمام یخ آب شده است.
- (2) اگر  $\theta = 0$  باشد، جواب همین  $\theta$  است و صفر درجه می باشد.
- (3) اگر  $\theta < 0$  باشد، جواب همین صفر درجه می باشد و در قسمتی از یخ آب شده که با  $m^*$  نشان می دهیم

و از این رابطه بدست می آید:

مقدار یخ آب شده

$$m^* = \frac{mC\theta}{L_f}$$

(\*) آب و بخار آب را با هم مخلوط می کنیم. یکی از سه شرط زیر برقرار است:

$$\theta = \frac{mC\theta + m'L_v + 100m'C}{(m+m')C} \quad \text{بخار آب (} m', C \text{)} \quad \text{آب (} m, C \text{)}$$

- (1) اگر  $\theta < 100$  باشد، جواب همین  $\theta$  است و تمام بخار مایع شده است.
- (2) اگر  $\theta = 100$  باشد، جواب  $\theta = 100$  است و تمام بخار مایع شده است.
- (3) اگر  $\theta > 100$  باشد، جواب  $\theta = 100$  است و در قسمتی از بخار مایع نشده که از رابطه زیر بدست

مقدار بخار مایع نشده

$$m^* = \frac{mC(100 - \theta)}{L_v}$$

می آید:

مثال: ظرفی شامل 250 گرم تمده 90 درجه سانتیگراد است. اگر 50 گرم شکر 3 درجه سانتیگراد به آن اضافه کنیم و اطلاق انرژی نماند، دمای قاطل چند درجه سانتیگراد است. در صورتی که  $C_{شکر} = C_{آب}$  ؟

8

$$\theta = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2}{m_1 + m_2} = \frac{250 \times 90 + 50 \times 3}{250 + 50} = \frac{2250 + 150}{300} = \frac{453}{6}$$

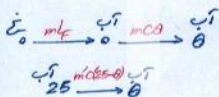
$$\Rightarrow \theta = 75.5$$

سوال 8: مقدار انرژیه که سائیس 100°C است. با چینه لیتر از همان مایع با دمای 60°C مخلوط کنیم تا 20 لیتر مایع با دمای 40°C حاصل شود. (آلاف انرژیه را چینه فرض کنید)

$$\theta = \frac{V_1 \theta_1 + V_2 \theta_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 40 = \frac{(20 - V_2) \times 10 + V_2 \times 60}{20} \Rightarrow V_2 = 12$$

سوال 9: 50 گرم یخ صفر درجه را در 200 گرم آب 25°C می‌اندازیم. دمای آب پس از ذوب شدن چقدر خواهد رسید؟  $(\frac{cal}{g \cdot C} = 1)$  و  $(\frac{cal}{g})_F = 80$

$$L_F = 80 \left( \frac{cal}{g} \right) \quad , \quad C = 1 \left( \frac{cal}{g \cdot C} \right)$$



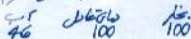
$$m \times L_F + m \times C \times \theta = m \times C \times (25 - \theta)$$

$$50 \times 80 + 50 \times 1 \times \theta = 200 \times 1 \times (25 - \theta)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{50} (80 + \theta) = \frac{4}{200} (25 - \theta) \Rightarrow 80 + \theta = 100 - 4\theta \Rightarrow 5\theta = 20 \Rightarrow \theta = 4$$

سوال 10: 100 گرم بخار 100 درجه سانتیگراد با m گرم آب 46 درجه سانتیگراد مخلوط کنیم.

انرژی از ایجاد تقابل گرمایی 40 گرم بخار آب باقی مانده مقدار مینیمم است؟  $C = 1$  و  $L = 540$



$$\begin{matrix} \text{آب} & \xrightarrow{m \times 54} & \text{آب} \\ 46 & & 100 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{بخار} & \xrightarrow{m \times L} & \text{آب} \\ 100 & & 100 \end{matrix}$$

$$m \times C \times 54 = m \times L_F \Rightarrow$$

$$m \times 1 \times 54 = 60 \times 540 \Rightarrow m = 600$$

m را باید 60 گرم کمتر کرد 400 گرم باقی مانده و 60 گرم تبخیر شده.



9

تقریباً در اجسام جامد باعث ایجاد انبساط طولی یا انبساط سطح و یا انبساط حجم می‌گردد که بستگی به وضعیت جسم جامد داشته و رابطه‌ها مربوط به هر تغییر حالت به صورت‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:

(الف) رابطه‌های مربوط به انبساط طولی (خطی)

ضریب انبساط طولی  $\alpha$  (خطی)

$$\Delta L = L_1 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

تغییر طول

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$$

(ب) رابطه‌های انبساط سطحی:

ضریب انبساط سطحی  $2\alpha$

$$\Delta A = A_1 \cdot 2\alpha \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

$$A_2 = A_1 (1 + 2\alpha \cdot \Delta \theta)$$

(ج) رابطه‌های ضریب انبساط حجمی:

ضریب انبساط حجمی  $3\alpha$

$$\Delta V = V_1 \cdot 3\alpha \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$V_2 = V_1 (1 + 3\alpha \cdot \Delta \theta)$$

$3\alpha = \beta$

مثال: تغییر حجم یک مکعب مستطیل آهنی به ابعاد  $10\text{cm} \times 6\text{cm} \times 5\text{cm}$  را وقتی که دمای آن  $50^\circ\text{C}$  تغییر می‌کند، چند  $\text{cm}^3$  است؟ ( $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$ )

$$\Delta V = V_1 \cdot 3\alpha \cdot \Delta \theta \Rightarrow \Delta V = (10 \times 6 \times 5) \times 3 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 50 = 900 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 50$$

$$\Rightarrow \Delta V = 0.54$$

مثال: طول یک میلۀ آهنی در صان 350 ، 1 متر است. اگر صان میلۀ به 650 برسد، طول جدید آن 1.000375 متر شود. ضریب انبساط طولی آهن بر حسب  $10^{-4}$  چقدر است؟

$$\Delta L = L_2 - L_1 = 1.000375 - 1 = 0.000375 = 3.75 \times 10^{-4}$$

$$\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 65 - 35 = 30^\circ$$

$$\Delta L = L_1 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \Rightarrow 3.75 \times 10^{-4} = 1 \times \alpha \times 30 \Rightarrow \alpha = 1.25 \times 10^{-5}$$

### انحراف در مایعات

گرمای در مایعات فقط باعث ایجاد انبساط حجمی می‌گردد به طوری که انبساط حجمی مایعات به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

① انبساط حجمی واقعی مایع: در این حالت انبساط ظرف شامل مایع در نظر گرفته نمی‌شود، که رابطه انبساط حجمی واقعی مایع به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta V = V_1 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$

② انبساط حجمی ظاهری مایع: چون علاوه بر مایع ظرف شامل مایع نیز انبساط می‌یابد، بنابراین انبساط حجم مشاهده شده در مایع داخل ظرف ظاهری می‌باشد که رابطه انبساط حجم آن به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\Delta V' = V_1 \cdot \beta' \cdot \Delta \theta$$

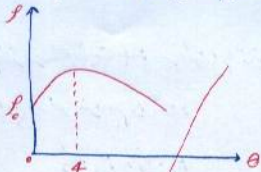
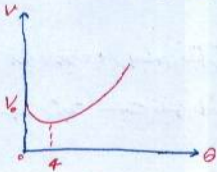
$$\beta' = \beta - \beta' \quad \text{یا} \quad \beta' = \beta - 3\alpha$$

ضریب انبساط حجمی ظاهری مایع  
 ضریب انبساط حجمی ظرف شامل مایع

(\* انبساط آب غیر مدنی می‌باشد یعنی حجم آب از صفر تا 4 درجه سانتیگراد کاهش یافته و از 4 درجه به بعد حجم آن افزایش می‌یابد. بنابراین همگالی آب از صفر تا 4 درجه لغزش و از آن به بعد کاهش می‌یابد که

(11)

مردار تغییرات حجم و تغییرات پتانسی آب بر حسب زمان صورتها را زیر نقیصه کرده:



**سوال:** در یک بالن به حجم 1 لیتر با شریب انبساط حجمی  $5 \times 10^{-5} (K^{-1})$  مقدار 1 لیتر مایع منفرجه به نسبتی  
 انبساط حجمی مطلق  $(K^{-1}) 2 \times 10^{-4}$  ریخته تا ظرف پر گردد. اگر دمای این مجموعه را به اندازه 10 درجه سانتیگراد  
 بالا ببریم چند  $cm^3$  مایع داخل بالن بیرون می‌ریزد؟

$$\Delta V = V_1 \cdot \beta \cdot \Delta \theta = V_1 \cdot (\beta - \beta_0) \Delta \theta = 10^3 (2 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}) \times 10 = 1.5 \text{ cm}^3$$

**سوال:** دو گلوله‌ای مسی با حجم ظاهر یکسان و دمای اولیه یکسان یکی توپر و دیگری توخالی موجود می‌باشد. اگر  
 به این دو گلوله به یک اندازه گرما داده شود، انبساط حجم کدام یک از دو گلوله بیشتر می‌گردد؟

پاسخ:  
 بر طبق رابطه  $Q = mc \Delta \theta$  ، چون  $Q$  و  $c$  برای هر دو گلوله یکسان است بنابراین چون گرم گلوله‌ای  
 توخالی کمتر است ، پس افزایش دمای آن بیشتر می‌باشد. بنابراین بر طبق رابطه  $\Delta V = V_1 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$  ، باز هم  
 چون  $V_1$  و  $\beta$  برای هر دو یکسان است ، پس انبساط حجم گلوله توخالی بیشتر می‌گردد.

**تبصیر سطحی**

سطح آزاد مایعات در هر دمای تبخیر را انجام می‌دهند که به این پدیده تبخیر سطحی گفته می‌شود. مایع در اثر تبخیر  
 سطحی گرمای نهان تبخیر خود را از دست می‌دهد و حاصلش پایین می‌آید. در واقع مولکولهای سطحی این جدا شدن  
 از سطح مایع به انرژی گرمایی نیاز دارند و این انرژی را از مولکولهای زیرین دریافت می‌کنند و همین امر سبب کاهش دمای خودی

(موضوع: اندازشده)

① قانون بویل مربوط به (رابطه‌ی فشار گاز با حجم گاز در دمای ثابت) : بر طبق این قانون فشار گاز با حجم گاز در دمای ثابت نسبت عکس داشته، که برای این امر فرض داریم داشته:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

در صورتی که ظرف شامل گاز به شکل مکعب و یا مکعب مستطیل و یا استوانه باشد، می‌توان نتیجه گرفت:

$$P_1 \cdot h_1 = P_2 \cdot h_2$$

و اگر ظرف شامل گاز به شکل کره باشد می‌توان نتیجه گرفت:

$$P_1 \cdot r_1^3 = P_2 \cdot r_2^3$$

از طرفی رابطه‌ی تغییر حجم با تغییر فشار در دمای ثابت به صورت زیر نتیجه می‌شود:

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta V}{V_2} \quad (\ominus) \quad \frac{\Delta P}{P_2} = \frac{\Delta V}{V_1}$$

به طریقی اگر  $\Delta P = P_2 - P_1$  باشد، در این صورت  $\Delta V = V_1 - V_2$  و اگر  $\Delta V = V_2 - V_1$  باشد، در این صورت  $\Delta P = P_1 - P_2$  می‌شود.

② قانون شارل - گلیوساک (رابطه‌ی حجم گاز با دمای گاز در فشار ثابت) : بر طبق این قانون حجم گاز با دمای گاز در فشار ثابت نسبت مستقیم داشته که رابطه‌ی آن به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (\ominus) \quad \frac{V_1}{273 + \theta_1} = \frac{V_2}{273 + \theta_2}$$

در صورتی که ظرف شامل گاز به شکل استوانه یا مکعب یا مکعب مستطیل باشد می‌توان نتیجه گرفت:

$$\frac{h_1}{T_1} = \frac{h_2}{T_2}$$

19 از طرفی رابطه‌ی تغییر حجم با تغییر دما در فشار ثابت به صورت‌های زیر نتیجه می‌شود:

$$\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \quad (6) \quad \frac{\Delta V}{V_2} = \frac{\Delta T}{T_2}$$

3) قانون مربوط به فشارها (رابطه‌ی فشار گاز با دما) گاز در حجم ثابت): بر طبق این قانون فشار گاز با دما در حجم ثابت نسبت مستقیم داشته که رابطه‌ی آن به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

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

از طرفی رابطه‌ی تغییر فشار با تغییر دما در حجم ثابت به صورت‌های زیر نتیجه می‌شود:

$$\frac{\Delta P}{P_2} = \frac{\Delta T}{T_2} \quad (6) \quad \frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$$

4) معادله‌ی حالت گازهای کامل: هر گاز بسیار رقیق یا خیلی بسیار کثیف که برهم کنش بین مولکول‌های آنها ناچیز می‌باشد را گاز کامل گویند که رابطه‌ی بین حجم و فشار و دما و دمای مطلق گاز به صورت‌های زیر در نظر گرفته می‌شود که به آنها معادله‌ی حالت گاز کامل گویند:

$$\frac{P \cdot V^{(m^3)}}{T} = n \cdot R$$

$$\frac{P \cdot V^{(m^3)}}{T} = \frac{m}{M} \cdot R$$

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

با هم جمع خواهند شد.

5) رابطه‌ی مخلوط گازهای کامل: هر گاه چند گاز کامل را مخلوط کنیم برین گازهای مخلوط شده رابطه‌ی صورت‌های زیر برقرار است:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} + \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} + \dots$$

در صورتی که گاز های مخلوط شده دارای همان یکسان باشند، ضرایب ثابت:

$$P \cdot V = P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2 + \dots$$

مثال: در همان ثابت فشار گازی به اندازه 0.2 فشار اولیه افزایش می یابد. حجم گاز به اندازه 2 لیتر تغییر نموده، حجم اولیه گاز چند لیتر می باشد؟

$$\Delta P = 0.2 P_1$$

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta V}{V_2} \Rightarrow \frac{0.2 P_1}{P_1} = \frac{2}{V_2}$$

$$\Rightarrow 0.2 = \frac{2}{V_2} \Rightarrow V_2 = 10$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 \Rightarrow 2 = V_1 - 10 \Rightarrow \underline{V_1 = 12}$$

### ضرایب ها :

① ضرایب هم حجم: در این فرآیند حجم گاز ثابت بوده، بنابراین کار انجام یافته از طرف محیط برد نگاه برابر با صفر می باشد. ( $W_{ext} = 0$ ) و گرمای مبادله شده بین محیط و دستگاه با اتزان از رابطه های زیر مشخص می گردد:

$$Q_{in} = m C_v \Delta T$$

$$Q_{in} = n C_{mv} \Delta T$$

$$Q_{in} = \frac{3}{2} V (P_2 - P_1) \text{ برای گاز}$$

$$C_{mv} = \frac{3}{2} R \text{ برای گاز}$$

$$C_{mv} = \frac{5}{2} R \text{ برای گاز}$$

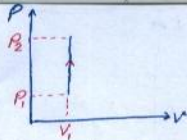
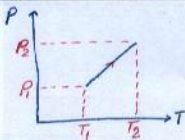
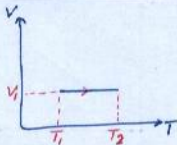
$$C_{mv} = \frac{7}{2} R \text{ برای گاز}$$

بنابراین تغییرات انرژی درونی دستگاه در این فرآیند با اتزان از رابطه های زیر مشخص می گردد:

$$\Delta U = Q_{in}$$

در چنین نمودار های مربوط به این فرآیند ۲ صورت گرمایی زیر در نظر گرفته می شود:

(15)



② فرآیند هم فشار: در این فرآیند فشار ثابت بوده به طوری که کار انجام یافته از طرف محیط بردستگاه در این فرآیند با استفاده از رابطه زیر مشخص می گردد:

$$W_p = -p(V_2 - V_1)$$

کمتر اساس این رابطه می توان نتیجه گرفت اگر حجم گاز افزایش یابد (مجاز انبساط یابد) کار انجام یافته از طرف محیط بردستگاه منفی بوده و اگر حجم گاز کاهش یابد (مجاز متراکم گردد) کار انجام یافته از طرف محیط بردستگاه مثبت می باشد و همچنین گرمای اضافه شده بین محیط و دستگاه در این فرآیند با استفاده از رابطه های زیر مشخص می گردد:

$$Q_p = m C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_p = n C_{mp} \cdot \Delta T$$

$$Q_p = \frac{5}{2} p(V_2 - V_1)$$

$$C_{mp} = \frac{5}{2} R$$

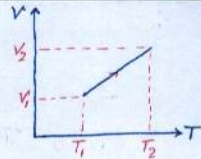
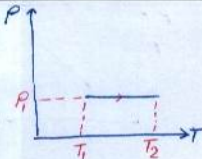
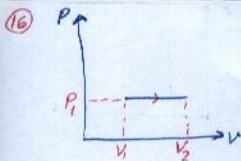
$$C_{mp} = \frac{7}{2} R$$

$$C_{mp} = \frac{9}{2} R$$

بنابراین تغییرات انرژی درونی دستگاه در این فرآیند با استفاده از رابطه زیر مشخص می گردد:

$$\Delta U = W_p + Q_p \quad \text{④} \quad \Delta U = -\frac{3}{2} W_p$$

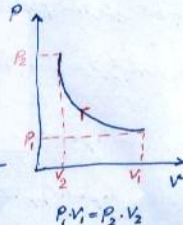
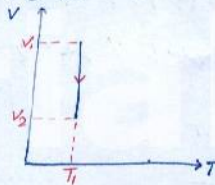
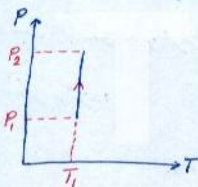
(\*) نسبت زیر نمودار  $p-v$  عرف انرژی کار انجام یافته از طرف محیط بردستگاه می باشد و همچنین نمودارهای مربوط به این فرآیند به صورت های زیر در نظر گرفته می شود:



(3) فرآیند هم‌حجم یا هم‌فشار در این فرآیند دما ثابت بوده، بنابراین انرژی درونی گاز همواره ثابت می‌باشد و در نتیجه تغییرات انرژی درونی گاز در این فرآیند برابر با صفر می‌باشد که بر این اساس خواهیم داشت:

$$\Delta U = 0 \Rightarrow \begin{cases} W = -Q \\ Q = -W \end{cases}$$

از طرفی نمودارهای مربوط به این فرآیند به صورت‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:



(4) فرآیند بی‌درزه در این فرآیند دما ثابت بوده، بنابراین این فرآیند بی‌محیط و در نگاه کار انجام می‌گیرد که کار انجام یافته از طرف محیط برداشته از رابطه‌های مشخص می‌گردد

$$W = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T \quad (6)$$

$$W = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

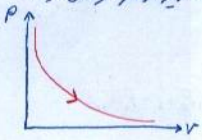
از طرفی تغییرات انرژی درونی در نگاه در این فرآیند برابر با انرژی کاری است که از طرف محیط برداشته انجام می‌گیرد یعنی:

$$\Delta U = W$$

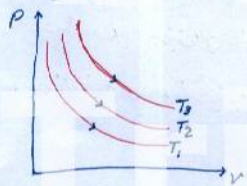


(17) \* در فرآیند بی درجه همگام گاز انبساط یابد همان آن خاصیت می یابد و اگر گاز سردتر کم گردد همان آن

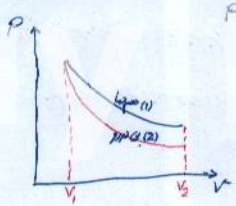
انفراست می یابد. از طرفی نمودار  $(P-V)$  در فرآیند بی درجه به صورت زیر در نظر گرفته می شود:



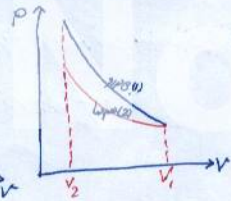
\* نمودار  $(P-V)$  در فرآیند هم نه برابران دماهای مختلف هوا به میزان هم بوده به طوریکه هر چه خود را نسبت به سید اختصا دورتر باشد، عرف این است که دمای گاز بیشتر بوده، مانند شکل زیر:



\* چون در فرآیند بی درجه گرما تبادل شده بین محیط و دستگاه برابر صفر می باشد، بنابراین تغییر فشار دستگاه برابران یک تغییر حجم معین بیشتر از تغییر فشار همان دستگاه در فرآیند هم ما برابران همان تغییر حجم می باشد.



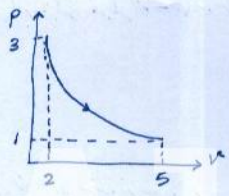
حجم یکسان  
 $|W_1| > |W_2|$



حجم یکسان  
 $W_1 > W_2$

بنابراین خواهیم داشت:

مثال: مطابق شکل زیر مقدار کار حاصل ~~در این فرآیند~~ را بیابید. <sup>فرآیند</sup> را می‌تواند کار، خلاصی که گاز در این محیط انجام می‌دهد چند برابر است؟



$$W = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$W = \frac{3}{2} (5 \times 1 - 2 \times 3) = -\frac{3}{2} \quad \text{محیط کار}$$

$$W = -(-\frac{3}{2}) = \frac{3}{2} \quad \text{مجازی محیط}$$

**قانون اول ترمودینامیک:** برطبق این قانون تغییرات انرژی درون دستگاه برابر با مجموع جبری کاری است که محیط بردستگاه انجام می‌دهد و گرمایی که بین محیط و دستگاه مبادله می‌گردد، یعنی:

$$\Delta U = W + Q$$

**\*** در مائین گرمایی  $Q_H$  توسط دستگاه از منبعی گرمایی دریافت می‌گردد، بنابراین مثبت بوده و انرژی به اندازه  $W$  کار توسط مائین بیرون محیط انجام می‌گیرد و همچنین به اندازه  $Q_C$  انرژی در مائین گرمایی تلف می‌گردد (بهمین سرد انتقال می‌یابد) بنابراین، این دو کمیت منفی در نظر گرفته می‌شوند. از طرفی این اندازه‌ها کمیت ذکر شده رابطه‌ای به صورت زیر برقرار است:

$$Q_H = W + Q_C$$

**بازدهی گرمایی:** نسبت کاری که مائین گرمایی بیرون محیط انجام می‌دهد به گرمایی که از منبعی گرمایی دریافت می‌گردد، عرف بهره‌ی گرمایی آن مائین می‌باشد که رابطه‌ی آن به صورت‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\eta = \frac{W}{Q_H} \quad \text{و} \quad \eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

(\*) در ماشین کارنو بازدهی گرمایی ماشین ما کسب بود، که رابطه‌ی آن به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود: (19)

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

$$\frac{T_C}{T_H} = \frac{Q_C}{Q_H}$$

**بخش ۱: در چرخال**  $Q_C$  توسط چرخال از جسم سرد دریافت می‌گردد و همچنین مقدار  $W$  انرژی برای چرخال است.  
 موتور چرخال باید به آن داده شود تا برای در چرخال این دو کمیت مثبت هستند. از طرفی گرمایی که توسط چرخال  
 به محیط خارج انتقال می‌یابد  $(Q_H)$  منفی باشد و بین اندازه‌ی این سه کمیت رابطه‌ی آن به صورت زیر برقرار است:

$$Q_H = W + Q_C$$

**ضریب عملکرد چرخال**، نسبت گرمایی که توسط چرخال از جسم سرد گرفته می‌شود (سرمای ایجاد شده) به  
 انرژی الکتریکی داده شده برای چرخال است. موتور چرخال  $K$  معرف ضریب عملکرد آن چرخال می‌باشد،  
 که رابطه‌ی آن به صورت‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$K = \frac{Q_C}{W} \quad (2) \quad \frac{1}{K} = \frac{Q_H}{Q_C} - 1$$

معمولاً ضریب عملکرد چرخال‌های تجاری بین ۲ تا ۷ می‌باشد.

(\*) بر طبق قانون دوم ترمودینامیک هیچ ماشینی نمی‌توان یافت که تمام انرژی گرمایی را به کار تبدیل کند  
 و همچنین بر طبق این قانون در وضعیت در حالت عادی به هیچ وجه گرمای خود از جسم سرد به جسم گرم  
 انتقال نمی‌یابد.

(20) \* جرم ماده‌ی سوختنی مورد مصرف در یک ماشین گرمایی با استفاده از رابطه‌ی زیر مشخص می‌گردد:

$$m = \frac{Q_H}{L_v} \quad \text{اگر جلد باشد همان جرم است و اگر نه همان جرم است}$$

و همچنین اگر در بخال آب  $\theta$  درجه تبدیل به بخار  $\theta$  درجه گردد مقدار گرمایی که توسط بخال از آب گرفته می‌شود، با استفاده از رابطه‌ی زیر مشخص می‌گردد:

$$Q_c = m C_{\text{آب}} \times \theta + m L_f + m C_{\text{بخار}} \theta'$$

مثال: ضریب عملکرد یک بخال 4 است. اگر در هر ساعت  $7 \times 10^5$  ژول انرژی الکتریکی مصرف شود، تقریباً چند ژول انرژی گرمایی داده می‌شود:

$$k = \frac{Q_c}{W} \Rightarrow 4 = \frac{Q_c}{7 \times 10^5} \Rightarrow Q_c = 28 \times 10^5$$

$$Q_H = Q_c + W = 7 \times 10^5 + 28 \times 10^5 = 35 \times 10^5 \text{ جی}$$

چیزه 6

\* همواره دستگاه پس از این چند فرآیند به حالت اول خود بازمی‌گردد چنانچه این را می‌توانیم در این حالت انرژی کل دستگاه صاف و ثابت و تغییرات انرژی درونی دستگاه برابر با صفر می‌گردد:

$$\Delta U = 0$$

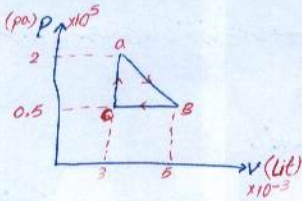
از طرفی مساحت داخل چیزه معرف اندازه‌ی کل کار (کار مفید) انجام یافته از طرف محیط به دستگاه و همچنین معرف کل گرمای مبادله شده بین دستگاه و محیط می‌باشد به طوری که اگر چیزه در جهت چرخش عقربه‌ای ساعت باشد کار انجام یافته از طرف محیط به دستگاه منفی و برعکس مبادله شده مثبت می‌باشد یعنی:

$$\begin{cases} W = -S \\ Q = +S \end{cases} \quad \text{مساحت داخل چیزه}$$

و اگر جهت چیزه در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت باشد، کار مثبت و گرمای منفی در نظر گرفته می‌شود یعنی:

$$\begin{cases} W = +S \\ Q = -S \end{cases}$$

مثال: مطابق شکل زیر تعدادی گاز کامل میزنی abc را طی می‌کنند، گاز خالصی که گاز درون محیط انجام داده چند جول است؟



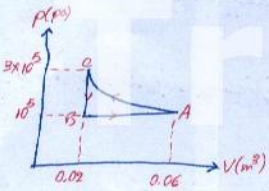
$$S = \frac{2 \times 1.5}{2} = 1.5$$

$$W = -S = -1.5 \times 10^5 \times 10^{-2} = -150$$

گاز انجام شده از طرف محیط برداشته

$W = +150$  | گاز انجام شده از طرف دستگاه برداشته

مثال: هرگاه یک گاز کامل تک اتمی میزنی را مطابق شکل زیر بیایید تغییر انرژی درونی آن در مسیر ac چند جول است؟



$$P_A \cdot V_A = P_C \cdot V_C$$

$$3 \times 10^5 \times 0.02 = 10^5 \times 0.06$$

تساوی برقرار است

بنابراین فرآیند ac همجداست بنابراین

$\Delta U = 0$

درجه دمای در مقیاس های فارنهایت و سلسیوس یک عدد بیان می شود؟

$$F = 1.8C + 32 \rightarrow F = 1.8F + 32$$

$$F = \frac{-32}{0.8} = -40 \rightarrow -40^\circ F = -40^\circ C$$

اگر دمای سیاه پختی در مقیاس فارنهایت 80 و در مقیاس انبساط آب خالص برابر 10 باشد رابطه ای بین دماهای این دو مقیاس بر حسب C و F بدست آورید.

90 100

$$\Delta Z \quad C \Rightarrow \Delta Z = \frac{2}{10} C \Rightarrow Z = \frac{2}{10} C - 10$$

تفاوت بین نقطه جوش و نقطه انجماد بر حسب فارنهایت 180 است.

90 180

$$\Delta Z \quad \Delta F \Rightarrow F - 32 = (2 + 10) \frac{180}{90} \Rightarrow F = 2Z + 52$$

درون گرمایی 700 گرم آب 10 درجه سانتیگراد دارد می کشیم. دمای قابل 7.5 درجه می شود. ظرفیت گرمایی این گرمای چندانها در SI است؟

مقدار گرمایی شامل ظرفیت و همزن و دماهای درون آن است و ملاحظه فرمایید گرمایی همه اینها را با هم می

باید کنیم

$$\frac{A}{m_1 C_1} (\theta - \theta_1) + m_1 C_1 (\theta - \theta_1) + m_2 C_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

$$A(7.5 - 10) + 0.7x + 200(7.5 - 10) + 0.24x + 200(7.5 - 0) = 0$$

می کشیم

23

$$A = \frac{2.5 \times 4200 \times 0.7 - 0.24 \times 4200 (7.5)}{-2.5} = 84 \frac{J}{K}$$

مقدار آب در  $14^\circ C$  را با مقدار آب  $22^\circ C$  مخلوط کنیم تا 200 گرم آب  $20^\circ C$  به دست می آید این مقدار آب هر یک چند گرم بوده اند؟

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

$c_1 = c_2$  است. طرفین مساوی را بر هم میزنیم آنها تقسیم می کنیم.

$$m_1 (20 - 14) + m_2 (20 - 22) = 0 \Rightarrow 6m_1 + (-2)m_2 = 0 \Rightarrow 6m_1 - 2m_2 = 0 \Rightarrow m_2 = 3m_1$$

$$m_1 + m_2 = 200 \Rightarrow m_1 + 3m_1 = 200 \Rightarrow m_1 = 50g, m_2 = 150g$$

500 گرم آهن  $80^\circ C$  را بدون ظرف آب که 250 گرم آب  $10^\circ C$  دارد می اندازیم آنرا  $\frac{2}{3}$  گرمی بیابانیم. بین آب و آهن به محیط منتقل گردد، های مقابل چند درجه می سوزد است.

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}, c_{Fe} = 400 \frac{J}{kg^\circ C}, c_{H_2O} = 4200 \frac{J}{kg^\circ C}$$

$$Q = m_1 c_1 \Delta \theta_1 = 0.5 \times 400 (\theta - 80)$$

گرمای که آهن می سوزد به مقابل می رسد.

$$Q_2 = m_2 c_2 \Delta \theta_2 = 0.25 \times 4200 (\theta - 10)$$

گرمای که آب می سوزد تا به مقابل می رسد.

مانند آنکه در سوال نامه،  $\frac{2}{3} Q_1$  به محیط ظرف منتقل می شود، بنابراین  $\frac{1}{3} Q_1$  در مقابل مقابل می رسد.

$$\frac{1}{3} Q_1 + Q_2 = 0$$

$$\frac{1}{3} \times 0.5 \times 400 (\theta - 80) + 0.25 \times 4200 (\theta - 10) = 0$$

$$\frac{200}{3} (\theta - 80) + 1050 (\theta - 10) = 0 \Rightarrow \theta \approx 14.2^\circ C$$

6) 100 گرم یخ صفر درجه را با 300 گرم آب 50°C مخلوط می کنیم. دمای تعادل را به دست آورید. (24)

(از رابطه های گرمایی محیط و ظرفیت صرف نظر می شود).  $(c_p = 4.2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$  و  $c_f = 336 \text{ J/g})$

پایه، ابتدا گرمای لازم برای تبدیل 100 گرم یخ صفر درجه را به آب صفر درجه حساب می کنیم.

$$Q_f = m_f L_f \rightarrow Q_f = 100g \times 336 \frac{\text{J}}{\text{g}} = 33600 \text{ J}$$

اما یخ بدون ذوب شدن، گرمای خود را از آب می گیرد. پس حداکثر گرمایی که آب می تواند به صفر بپردازد حساب می کنیم:

$$|Q| = |m_2 c \Delta \theta| = 300g \times 4.2 \frac{\text{J}}{\text{g}} \times 50 = 63000 \text{ J}$$

ملاحظه شود که  $Q_f < Q$  است یعنی این که قبل از اینکه به صفر درجه ی لسیوس برسد می تواند گرمای لازم برای ذوب کردن کامل یخ را تأمین کند. پس دمای نهایی تعادل 0 درجه خواهد بود. زیرا آب صفر درجه شونده به یخ ذوب شده گرمای 100 گرم را به صورت زیر خواهد بود.

$$\text{آب } 50 \rightarrow \text{آب } 0 \rightarrow \text{آب صفر } \rightarrow \text{یخ صفر}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \rightarrow m_1 L_f + m_1 c (\theta - 0) + m_2 c (\theta - 50) = 0$$

$$33600 + 100 \times 4.2 \times \theta + 300 \times 4.2 (\theta - 50) = 0 \Rightarrow 1680\theta = 29400 \rightarrow \theta = 17.5^\circ\text{C}$$

7) 100 گرم یخ صفر درجه ی لسیوس را با 500 گرم آب 30°C مخلوط می کنیم. با صرف نظر کردن از اتلاف گرمایی، از تعادل می خواهیم دانست؟  $(c_p = 340 \text{ J/g}^\circ\text{C}$  و  $c_f = 4.2 \text{ J/g}^\circ\text{C})$

پایه، دمای تعادل نامشخص است، بنابراین گرمایی مورد نیاز برای ذوب شدن یخ را تعیین می کنیم که آب می تواند به حد تا آب 0°C تبدیل شود را جداگانه حساب می کنیم:



(25)

$$Q_1 = m_1 L_f = 400 \text{ g} \times 340 \frac{\text{J}}{\text{g}} = 136000 \text{ J}$$

$$Q_2 = m_2 C \Delta\theta = 500 \times 4.2 \times (30 - 0) = 63000 \text{ J}$$

چون  $Q_1 > Q_2$  است پس آب می تواند صحت یخ را ذوب کند و تنها بخشی از یخ ذوب می شود و صاف تعادل نیز  $0^\circ\text{C}$  می شود و مخلوطی از آب و یخ داریم. حال مقدار یخ را که آب می تواند ذوب کند، محاسبه می کنیم:

$$Q = m' L_f \Rightarrow m' = \frac{63000 \text{ J}}{340 \frac{\text{J}}{\text{g}}} \approx 185 \text{ g}$$

آنچه که باقی می ماند به شکل یخ است:

$$500 + 185 = 685 \text{ g}$$

$$400 - 185 = 215 \text{ g}$$

(8) 30 گرم آب با دمای  $5^\circ\text{C}$  را با 20 گرم یخ با دمای  $-5^\circ\text{C}$  مخلوط می کنیم. پس از تعادل چه دما می داشت؟

$$\left( C_{\text{ice}} = \frac{1}{2} \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}, C_{\text{water}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}, L_f = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} \right)$$

$$Q_1 = m_1 C \Delta\theta = 30 \times 1 \times 5 = 150 \text{ cal}$$

$$Q_2 = m_2 C \Delta\theta = 20 \times \frac{1}{2} \times 5 = 50 \text{ cal}$$

$$Q_3 = m_3 L_f = 20 \times 80 = 1600 \text{ cal}$$

با توجه به مقادیر بدست آمده، آب می تواند صحت یخ را به مقدار کم براند و در توانایی ذوب تمام یخ را ندارد.

$$Q_1 > Q_2$$

$$Q_1 - Q_2 = 100 < Q_3$$

$$100 = m' L_f \Rightarrow m' = \frac{100}{80} = 1.25 \text{ g}$$

- 9) مایه اولی 30 گرم از رایج A، 20 گرم از رایج B و 30 گرم از رایج C به ترتیب 25، 20، 10 درجه سانتیگراد است. اگر رایج های A و B را مخلوط کنیم مایه متعادلی 25°C می شود و اگر رایج های B و C را مخلوط کنیم مایه متعادلی 15°C می شود. چنانچه رایج های A و C را مخلوط شوند مایه متعادلی چند درجه می شود؟ از اتلاف گرما صرف نظر کنید.

$$A, B: 25 = \frac{m_A C_A \theta_A + m_B C_B \theta_B}{m_A C_A + m_B C_B} = \frac{m_A C_A \times 30 + 2 m_B C_B \times 20}{m_A C_A + 2 m_B C_B}$$

$$\Rightarrow 25 C_A + 50 C_B = 30 C_A + 40 C_B \Rightarrow 2 C_B = C_A$$

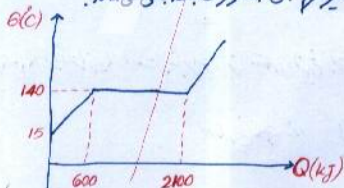
$$B, C: 15 = \frac{2 m_B C_B \times 20 + 3 m_C C_C \times 10}{2 m_B C_B + 3 m_C C_C} \Rightarrow 2 C_B = 3 C_C$$

$$A, C: \theta = \frac{m_A \times 30 C_A + 3 m_C \times 10 C_C}{m_A C_A + 3 m_C C_C} \Rightarrow \theta = \frac{30(2 C_B) + 30 \times \frac{2}{3} C_B}{2 C_B + 3 \times \frac{2}{3} C_B}$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{(60 + 20) C_B}{4 C_B} \Rightarrow \theta = 20^\circ C$$

- 10) شکل زیر نمودار تغییرات دما بر حسب گرمای داده شده به جسم جامدی به جرم 600 گرم است. الف) گرمای ویژه و گرمای نهان ذوب آن را بدست آورید.

ب) اگر به آن 1100 کالری گرمای به جرم چند کلوگرم آن به صورت جلد باقی می ماند؟



در سمت اول فقط تغییر دما داریم و در سمت دوم تغییر حالت.

$Q_1 = mc\Delta\theta \Rightarrow 600 \times 10^3 = 6 \times c \times 125 \Rightarrow c = 800 \frac{J}{kg}$

$Q_2 = mL_f \rightarrow 1500 \times 10^3 = 6 \times L_f \Rightarrow L_f = 2.5 \times 10^5 \frac{J}{kg}$

ب) از مقدار 1100 kJ گرمای که به جسم داده می شود، ابتدا 600 kJ را آن فقط صرف افزایش دمای جسم در ساینه آن می نماید و بقیه می شود و فقط 500 kJ را آن صرف ذوب کردن جسم می شود:

$Q = mL_f \Rightarrow 500 = m \times 2.5 \times 10^5 \Rightarrow m = 2 \text{ kg}$  چوبه درانه

چوبی که به صورت جامد باقی مانده  $m = 6 - 2 = 4$

300 گرم یخ  $-60^\circ\text{C}$  را با 50 گرم آب  $20^\circ\text{C}$  مخلوط می کنیم دمای تعادل را بدست آوریم؟  
( $c_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$  و  $L_f = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$  و  $c_{\text{یخ}} = \frac{1}{2} \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ )

ابتدا گرمای سرد نیاز برای تبدیل یخ  $-60^\circ\text{C}$  به  $0^\circ\text{C}$  را بدست می آوریم:

$Q_1 = m_1 c \Delta\theta = 300 \times \frac{1}{2} \times 60 = 9000 \text{ cal}$

گرمایی که یخ  $0^\circ\text{C}$  نیاز دارد تا به آب  $0^\circ\text{C}$  برسد

$Q_2 = m_1 L_f = 300 \times 80 = 24000 \text{ cal}$

گرمایی که آب  $20^\circ\text{C}$  می تواند از دست بدهد و تا آب  $0^\circ\text{C}$  برسد:

$Q_3 = m_2 c \Delta\theta = 50 \times 1 \times 20 = 1000 \text{ cal}$

گرمایی که آب  $0^\circ\text{C}$  می تواند بدهد و تا یخ  $0^\circ\text{C}$  تبدیل گردد:

$Q_4 = m_2 L_f = 50 \times 80 = 4000 \text{ cal}$

حالا مجموع  $Q_3$  و  $Q_4$  را با  $Q_1$  مقایسه می کنیم که ببینیم می تواند یخ را آب کند یا نه.

(28)

$$Q_3 + Q_4 = 5000 \text{ cal} < 9000 \text{ cal}$$

این برین معنی است که تمام آب یخ می زند و همچنین برای یخ به صفر نمی رسد. باید ببینیم که 5000 کالری چند را برای یخ را افزایش می دهد.

$$5000 = m_1 c \Delta \theta$$

$$5000 = 300 \times \frac{1}{2} \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = 33^\circ \text{C}$$

بنابراین برای یخ به اندازه ی  $33^\circ \text{C}$  بالا می رود. برای ناصله تمام آب یخ می زند. حال 300 گرم یخ  $-27^\circ \text{C}$  50 گرم یخ صفر درجه سلسیوس داریم که با هم به سبب این گرمای یخ می بازند:

$$m_1 c_1 \Delta \theta_1 + m_2 c_2 \Delta \theta_2 = 0$$

$$300 \times \frac{1}{2} (\theta - (-27)) + 50 \times \frac{1}{2} (\theta - 0) = 0 \Rightarrow \theta = -\frac{8100}{350} = -23.14^\circ \text{C}$$

(12)

موضوع هم یک گرمی آهن به شعاع 60 cm با از یک سوراخ واقع در صفحه ی برنزی بلندتریم. شعاع

سوراخ به اندازه ی 1 mm کمتر از شعاع قطره است. حداقل دونه های مستطی که این عمل انجام می شود؟

( $\alpha_{\text{آهن}} = 1.2 \times 10^{-5} / ^\circ \text{C}$  و  $\alpha_{\text{برنج}} = 1.9 \times 10^{-5} / ^\circ \text{C}$  در دمای اولیه ی درجه  $30^\circ \text{C}$  است)

قطر نهایی سوراخ و قطره باید برابر شود:

$$L = L' \Rightarrow L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) = L_2 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$6 (1 + 1.2 \times 10^{-5} \Delta \theta) = 5.9 (1 + 1.9 \times 10^{-5} \Delta \theta)$$

$$0.1 = \Delta \theta \times 10^{-5} (5.9 \times 1.9 - 6 \times 1.2)$$

$$\Delta \theta = \frac{10^{-1}}{10^{-5} \times 4.01} \approx 2494^\circ \text{C} \Rightarrow 2494 = \theta - 30 \Rightarrow \theta = 2524^\circ \text{C}$$

13) سلهای به طول اولیه  $l_0 = 4000 \text{ cm}$  بین نوایی ثابت قرار دارد. در وسط سله شکافی وجود دارد.

وقتی سله به اندازه  $60^\circ \text{ C}$  افزایشی می یابد وسط سله به اندازه  $\alpha$  بالایی رود. مقدار  $\alpha$  را بیابید. ( $\alpha = 25 \times 10^{-6} / \text{C}$ )



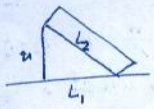
سله از وسط به دو قسمت مساوی تقسیم شده است که با ازین قسمت آن استفاده می کنند.

$$w^2 = L_2^2 - L_1^2$$

$$w^2 = L_1^2 (1 + \alpha \Delta \theta)^2 - L_1^2$$

$$w^2 = L_1^2 (1 + 2\alpha \Delta \theta + \alpha^2 \Delta \theta^2) - L_1^2$$

$$\Rightarrow w^2 = 2L_1^2 \alpha \Delta \theta = 2 \times 200^2 \times 25 \times 10^{-6} \times 60 = 120 \text{ cm}$$



14) دو رایج یکی به ضریب انبساط طولی  $1.2 \times 10^{-3} / \text{C}$  دیگری  $1.5 \times 10^{-3} / \text{C}$  را که جبران دهنده دمای

مسوس با هم بزرگند، با هم مخلوط کرده دمای مجموعی را به  $50^\circ \text{ C}$  می رسانند. مجموعاً  $2.7 \text{ cm}^3$  به حجم حاصل شده می شود. حجم هر رایج در دمای  $20^\circ \text{ C}$  چقدر است؟

پایه: افزایش حجم های برابر مجموع افزایش حجم دو رایج است.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 \Rightarrow 2.7 = V_1 \alpha_1 \Delta \theta + V_2 \alpha_2 \Delta \theta \quad , \quad V_1 = V_2$$

$$2.7 = V_1 (1.2 \times 10^{-3} \times 50 + 1.5 \times 10^{-3} \times 50) \Rightarrow V_1 = \frac{2.7}{135 \times 10^{-2}} = 20 \text{ cm}^3$$

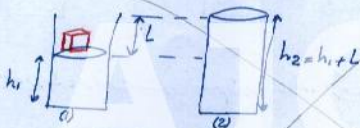
$$V_1' = V_1 (1 + \alpha_1 \Delta \theta) = 20 (1 + 1.2 \times 10^{-3} \times 20) = 20.48 \text{ cm}^3$$

$$V_2' = V_2 (1 + \alpha_2 \Delta \theta) = 20 (1 + 1.5 \times 10^{-3} \times 20) = 20.6 \text{ cm}^3$$

با داشتن حجم اولیه می توانیم حجم  $\Delta$  ثانویه آنها را بدست آوریم:

- 15) یک پیستون یک طرفه استوانه‌ای شکل وزنی 22.5 کیلوگرمی قرار دارد. حجم گاز درون استوانه (30) لیتر است. اگر در انتها گاز پیستون بر داریم به اندازه  $L$  سانتی متر بالای آن. سطح مقطع پیستون  $75 \text{ cm}^2$  و  $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$  است. اگر همان گاز درون استوانه ثابت مانده باشد،  $L$  چند سانتی متر است؟ (وزن پیستون ناچیز است)

پایه:



$$P_1 = P_0 + \frac{W}{A}, \quad P_2 = P_0$$

$$V_1 = 2 \text{ lit} = 2000 \text{ cm}^3, \quad V_2 = (2000 + 75L)$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\left(P_0 + \frac{W}{A}\right) V_1 = P_0 V_2 \Rightarrow \left(10^5 + \frac{225}{75 \times 10^{-4}}\right) 2 \times 10^3 = 10^5 (2 \times 10^3 + 75L)$$

$$\Rightarrow (1.3 \times 10^5) 2 \times 10^3 = 2 \times 10^8 + 75 \times 10^5 L$$

$$\Rightarrow 0.6 \times 10^6 = 75 \times 10^5 L \Rightarrow L = 80 \text{ cm}$$

- 16) یک سربله فلزی به طول 2 متر و سطح مقطع  $200 \text{ cm}^2$  را در آب در حال جوش قرار داده و سربله آن را در نقطه خ  $0^\circ \text{C}$  قرار می‌دهیم، پس از 5 دقیقه چنانکه از بخار خوب می‌شود:  $(k_F = 3.4 \times 10^8 \frac{\text{J}}{\text{s.m.K}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{s.m.K}})$

$$L = 2 \text{ m}, \quad A = 200 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2, \quad \theta_1 = 100, \theta_2 = 0^\circ \quad t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

ابتدا گرمای منتقل شده از یک سربله به سرد دیگر آن را حساب می‌کنیم:

$$Q = k \frac{A \Delta \theta}{L} = \frac{400 \times 20 \times 10^{-4} \times 300 \times (100 - 0)}{2} = 12 \times 10^3 \text{ J}$$

حال این گرمای خوب نمودن بخ می‌شود:

$$Q = m L_f \Rightarrow 12 \times 10^3 = m \times 3.4 \times 10^5 \Rightarrow m = 3.5 \times 10^{-2} \text{ kg} = 35 \text{ g}$$

(\*) توان گرمایی: انرژی گرمایی مصرف شده در واحد زمان را گویند:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt \Rightarrow mc\Delta\theta = Pt$$

(\*) گذار فاز: گذار از یک حالت به حالت دیگر را گذار فاز گویند. معمولاً با گرفتن و یا از دست دادن گرما همراه است و سبب تغییر چگالی می‌شوند.

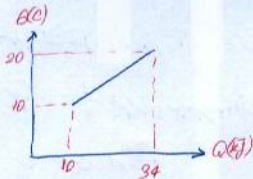
(\*) انقباض فشار و دما در اجسام، سبب بالارفتن نقطه ذوب آن‌ها می‌شود.

(\*) انقباض فشار و دما، سبب بالارفتن نقطه جوش مایع می‌شود.

(\*) عمل تبخیر گرماگیر است. تبخیر در حلاله آبی صورت می‌گیرد.

(17) نمودار تغییر دمای 10 kg از یک ماده بر حسب گرمایی داده شده مطابق شکل زیر می‌باشد.

ظرفیت گرمایی ویژه جسم مذکور  $\frac{24}{10^3 C}$  است؟



$$C = \frac{Q}{m \Delta\theta} = \frac{24}{10 \times 10} = 0.24$$

(18) قطرات آب باران از چه ارتفاعی بر حسب کیلومتر در شرایط معادله فوق‌العاده تا اکثر 70 درصد انرژی پتانسیل گرانشی آن تبدیل به گرما و گرمایی حلاله صرف بالارفتن دمای آن گردد، دمای هر قطره

1.5 درجه سانتیگراد بالارود؟ ( $C_p = 4200$ )

$$\frac{70}{100} mgh = mc\Delta\theta \Rightarrow h = \frac{4200 \times 1.5}{7} = 900 \text{ m} = 0.9 \text{ km}$$

19) یک قطعه غیضی در دو مایع با کثافت‌های مختلف تا به آب سفید درجه تبدیل شود. در این صورت  $\rho = 1 \left(\frac{g}{cm^3}\right)$  و  $\rho = 0.9 \left(\frac{g}{cm^3}\right)$  حجم آن کماحقا می‌باشد. جرم قطعه غیضی برابر با چند گرم بوده است؟

$\rho = 1 \left(\frac{g}{cm^3}\right)$   
 $\rho = 0.9 \left(\frac{g}{cm^3}\right)$

آب غیضی  
 $\Delta V = V_1 - V_2$

$$\Delta V = \frac{m}{\rho_1} - \frac{m}{\rho_2} \Rightarrow 3 = \frac{m}{0.9} - \frac{m}{1} \Rightarrow 3 = \frac{m - 0.9m}{0.9}$$

$$\Rightarrow m = 27 \text{ gr}$$

20) مخزن گازهای شامل 15 لیتر گاز اکسیژن با فشار 2 اتمسفر را به یک مخزن خالی از هوا به حجم 25 لیتر متصل می‌کنیم. در همان ثابت فشار، هر مخزن چند اتمسفر می‌شود؟

$$P V = P_1 V_1 + P_2 V_2 \Rightarrow P(15 + 25) = 2 \times 15 + 0 \times 25 \Rightarrow P = \frac{3}{4}$$

21) مقداری گاز کامل را که در دمای آن 27 درجه سانتی‌گراد و فشار آن 1 اتمسفر است آنقدر متراکم می‌کنیم تا حجم آن  $\frac{1}{6}$  حجم اولیه خود برسد. اگر در این حالت فشار گاز متراکم 6.5 اتمسفر باشد، دمای آن چند درجه سلسیوس است؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times V_1}{300} = \frac{6.5 \times \frac{1}{6} V_1}{273 + \theta_1}$$

$$325 = 273 + \theta_2 \Rightarrow \theta_2 = 52$$

22) بازدهی گرمایی یک ماشین گرمایی 0.2 است و در هر دقیقه 800 کالری گرما تلف می‌شود. این ماشین در هر دقیقه چند کالری گرما دریافت کرده است؟

$$\eta = 1 - \frac{Q_c}{Q_H} \Rightarrow 0.2 = 1 - \frac{800}{Q_H} \Rightarrow Q_H = 1000$$



23) اگر فشار گاز کاملی را 25٪ افزایش داده و همزمان دمای مطلق آن را 20٪ کاهش دهیم

حجم گاز چگونه تغییر می‌کند؟

$$\Delta P = 0.25 P_1 \Rightarrow P_2 = P_1 + 0.25 P_1 \Rightarrow P_2 = \frac{5}{4} P_1$$

$$\Delta T = -0.2 T_1 \Rightarrow T_2 - T_1 = -0.2 T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{4}{5} T_1$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{\frac{5}{4} P_1 \times V_2}{\frac{4}{5} T_1} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{16}{25} V_1 \Rightarrow V_2 = 0.64 V_1 \Rightarrow \Delta V = 0.36 V_1 = 36\% V_1$$