

حرارت و گرما و قوانین ترمودینامیک

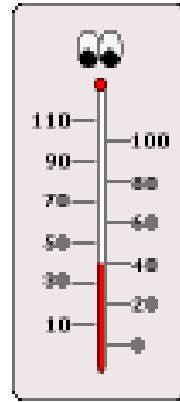


آموزش مجازی

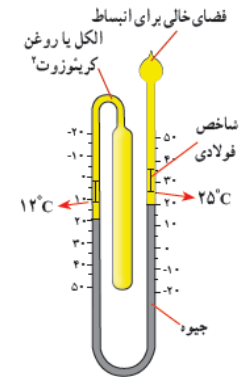
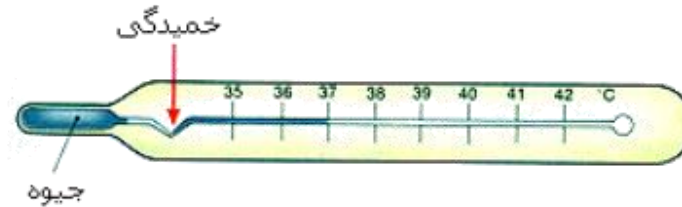
فیزیک عمومی رشته برق

نام استاد: رضا رضانی مژده‌ای

دانشکده فنی و مهندسی شهید چمران رشت



## موضوع: انواع دماسنج



برگشت

قبلی

بعدی

خروج

# دما چیست

کمّیتی است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می کند  
 ساده ترین و رایج ترین نوع دماسنج، دماسنج های جیوه ای و الکلی است



## کمّیت دماسنجی:

هر مشخصه قابل اندازه گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر می کند. کمّیت دماسنجی می گویند.

## چند مثال از کمّیت دماسنجی

ارتفاع مایع، فشار، حجم، رنگ، جریان الکتریکی و....





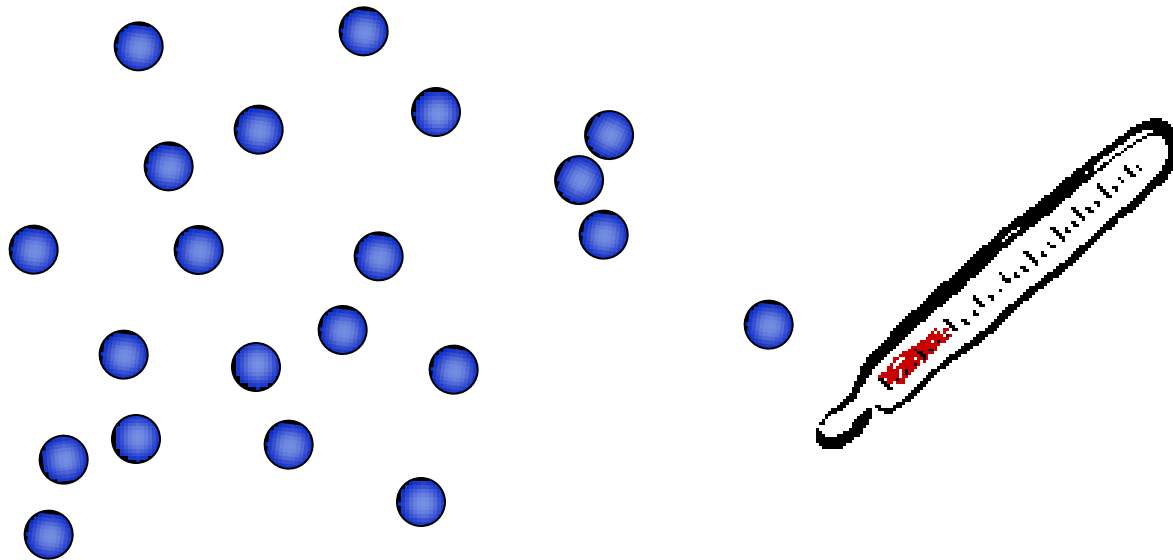
## تعبیر مولکولی دما و انرژی درونی

انرژی درونی:

به مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل مولکولی **تمام ذره‌های جسم**، انرژی درونی گفته می‌شود

دمای هر جسم:

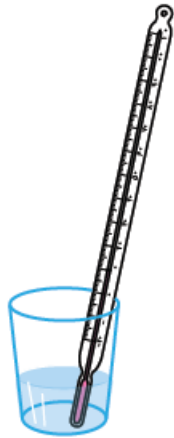
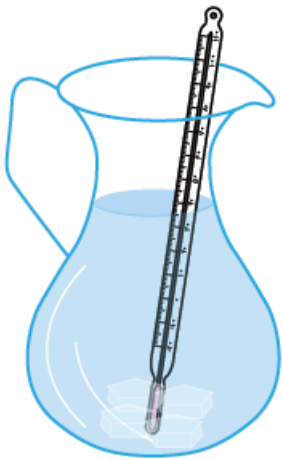
متناسب با **انرژی جنبشی متوسط** مولکول‌های سازنده ی آن است



## انرژی درونی به جرم و دمای جسم وابسته است.

وقتی دمای جسمی کاهش یا افزایش می‌یابد، انرژی درونی آن کاهش یا افزایش یافته است .

در تغییر حالت‌های جسم (ذوب، تبخیر) انرژی درونی جسم تغییر می‌کند، اما دمای جسم تغییر نمی‌کند.



پرسش:

دماسنج های معمولی بر چه اساسی کار می کند؟

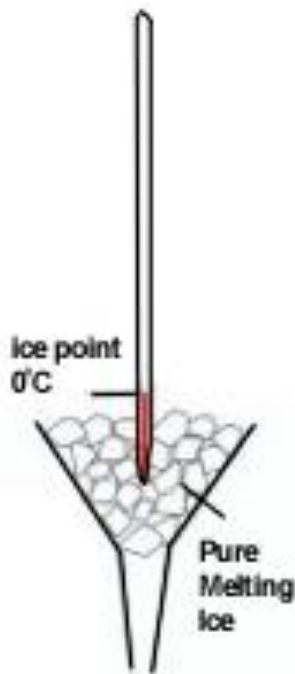
پاسخ:

بر اساس انبساط و انقباض مایع درون دماسنج (جیوه و الکل) است.



## نقاط ثابت دماسنجی درمقیاس سلسیوس:

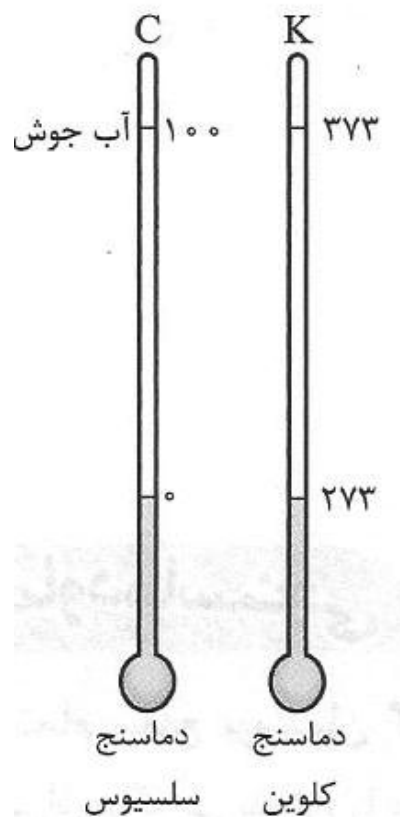
دمای یخ خالص در حال ذوب و دمای جوش آب خالص، هر دو در فشار یک اتمسفر به عنوان نقاط ثابت دماسنجی درمقیاس سلسیوس انتخاب شده اند و به آنها به ترتیب دمای صفر و صد نسبت داده شده است. درجه‌ی سلسیوس را با نماد « $^{\circ}\text{C}$ » نشان می‌دهیم.



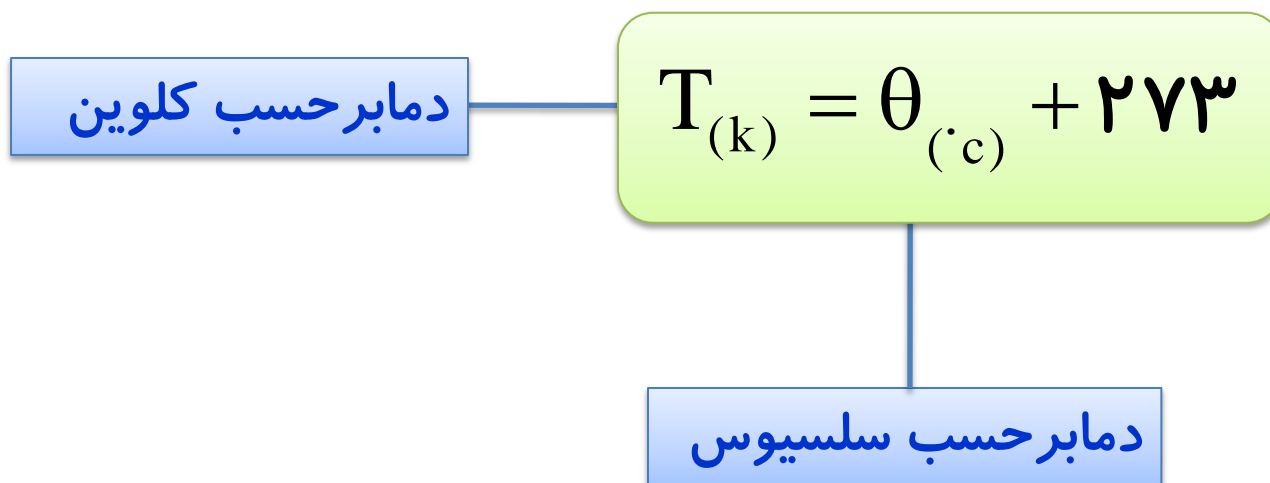
نکته:

در SI یکای دما برحسب **کلوین** است که با نماد **K** نمایش داده می شود

دما برحسب کلوین را با نماد «T» و برحسب درجه سلسیوس را با نماد « $\theta$ » (تتا) نشان می دهیم.



# رابطه‌ی بین دما در مقیاس های سلسیوس و کلوین



پرسش:

# صفر کلوین معادل چند درجهی سلسیوس است؟

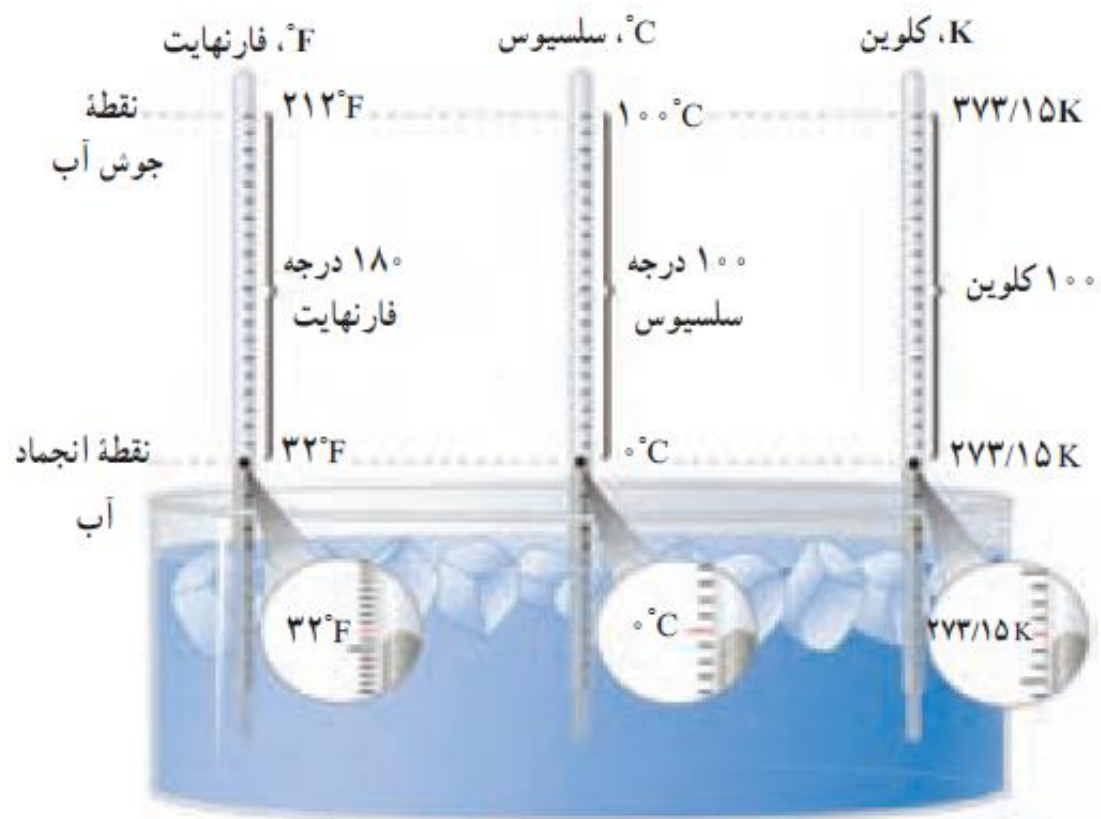
پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \cdot K \\ \theta = ? \end{array} \right.$$

$$T_K = \theta_{\cdot C} + 273 \Rightarrow \cdot = \theta + 273 \Rightarrow \theta = -273^{\circ}C$$

## صفر مطلق

پایین ترین دمای ممکن که برابر  $273^{\circ}\text{C}$  - است را **صفر مطلق** گویند .  
مقایسه سه یکای دماسنجی: سلسیوس، فارنهایت و کلوین



شکل ۴-۴ مقایسه یکاهای فارنهایت، سلسیوس و کلوین



# رابطه‌ی بین یکای سلسیوس و یکای فارنهایت

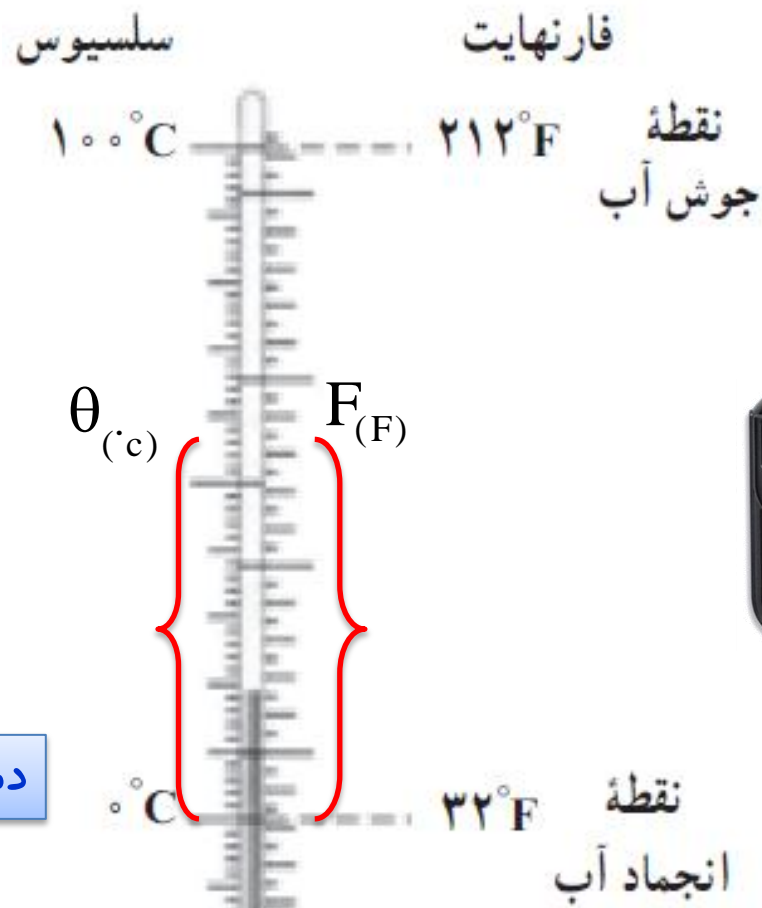
$$\frac{F_{(F)} - 32}{212 - 32} = \frac{\theta_{(C)} - 0}{100 - 0}$$

$$F_{(F)} - 32 = \frac{180 \cdot \theta_{(C)}}{100}$$

$$F_{(F)} = 1.8 \theta_{(C)} + 32$$

دما بر حسب سلسیوس

دما بر حسب فارنهایت



پرسش:

$27^{\circ}\text{C}$  چند کلوین و چند درجهی فارنهایت است؟

پاسخ:

$$\theta = 27^{\circ}\text{C}$$

$$T = ?$$

$$T_{(k)} = \theta_{(^{\circ}\text{C})} + 273 \Rightarrow T = 27 + 273 \Rightarrow T = 300 \text{ k}$$

$$F = ?$$

$$F_{(F)} = 1/8 \theta_{(^{\circ}\text{C})} + 32 \Rightarrow F = 1/8 \times 27 + 32 \Rightarrow F = 80/6^{\circ}\text{F}$$

پرسش:

$20^{\circ}\text{C}$  چند درجهی فارنهایت و چند کلوین است؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 20^{\circ}\text{C} \\ F = ? \\ T = ? \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} F_{(F)} = 1/1.8\theta_{(^{\circ}\text{C})} + 32 \Rightarrow F = 1/1.8 \times 20 + 32 \Rightarrow F = 68^{\circ}\text{F} \\ T_{(k)} = \theta_{(^{\circ}\text{C})} + 273 \Rightarrow T = 20 + 273 \Rightarrow T = 293\text{k} \end{array}$$

نشان دهید که تغییر دما در مقیاسهای سلسیوس و کلون با هم برابر است.

پاسخ:

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = \theta_1 + 273 \\ T_2 = \theta_2 + 273 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta T = T_2 - T_1 \\ \Delta T = \theta_2 + 273 - (\theta_1 + 273) \end{array}$$

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

نکته:

یک درجه سلسیوس و کلون بایکدیگر برابر ولی یک درجه فارنهایت کوچکتر از یک درجه سلسیوس و یک کلون است.

پرسش:

ویژگی های مقیاس کلوین چیست؟

پاسخ:

۱- صفر کلوین کمترین دمای ممکن است یعنی در مقیاس کلوین دمای منفی ندارد.

۲- تغییر دما در مقیاس سلسیوس با تغییر دما در مقیاس کلوین برابر است:

$$\Delta T_K = \Delta \theta_C$$

به طور مثال اگر دمای اتاقی بر حسب درجه ی سلسیوس  $5^\circ C$  افزایش یابد بر حسب مقیاس کلوین نیز  $5 K$  افزایش یافته است.

۳- در دمای صفر کلوین انرژی جنبشی و انرژی درونی ذرات به کمترین مقدار خود می رسد. اما برابر صفر نیست

تمرین:

چه رابطه ای بین تغییرات مقیاسهای سلسیوس و فارنهایت است

پاسخ:

$$\Delta F = 1/8 \Delta \theta$$

$$F_1 = 1/8 \theta_1 + 32$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 \Rightarrow \Delta F = 1/8 \theta_2 + \cancel{32} - (1/8 \theta_1 + \cancel{32}) = 1/8 \Delta \theta$$

$$F_2 = 1/8 \theta_2 + 32$$

نکته:

اگر دمای یک درجه سلسیوس تغییر کند در درجه بندی فارنهایت  $1/8$  °F تغییر خواهد کرد

الف) دمای بدن یک انسان سالم تقریباً  $37^{\circ}\text{C}$  است. این دما را بر حسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

پاسخ:

الف)

$$\theta = 37^{\circ}\text{C} \left\{ \begin{array}{l} T_{(k)} = \theta_{(c)} + 273 \Rightarrow T = 37 + 273 \Rightarrow T = 310 \cdot k \\ F_{(f)} = 1/8\theta_{(c)} + 32 \Rightarrow F = 1/8 \times 37 + 32 \Rightarrow F = 98/6^{\circ}\text{F} \end{array} \right.$$

ب) گرمترین نقطه روی زمین، ناحیه ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود  $70^{\circ}\text{C}$  و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا  $-89^{\circ}\text{C}$  گزارش شده است. این دماها را بر حسب کلوین و فارنهایت به دست آورید.

پاسخ:

(ب)

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{(k)} = \theta_{(^{\circ}\text{C})} + 273 \\ F_{(f)} = 1/1.8 \theta_{(^{\circ}\text{C})} + 32 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \theta_1 = 70^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_1 = 70 + 273 \Rightarrow T_1 = 343\text{k} \\ \theta_p = -89^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_p = -89 + 273 \Rightarrow T_p = 184\text{k} \\ \theta_1 = 70^{\circ}\text{C} \Rightarrow F_1 = 1/1.8 \times (70) + 32 \Rightarrow F_1 = 158^{\circ}\text{F} \\ \theta_p = -89^{\circ}\text{C} \Rightarrow F_p = 1/1.8 \times (-89) + 32 \Rightarrow F_p = -128/2^{\circ}\text{F} \end{array} \right.$$



فعالیت ۴-۱:

تحقیق کنید برای نگهداری یاخته های بنیادی بندناف خون، به چه دمایی نیازمندیم. این دما چگونه ایجاد و حفظ می شود؟

پاسخ:

دمای نگهداری سلول های بندناف در حدود  $196^{\circ}\text{C}$  - است این نمونه به همراه نیتروژن مایع در ظرف های مخصوص (تانک های مخصوص که بین جداره داخلی و بیرونی خلاء وجود دارد) نگهداری می شود

پرسش:

# $86^{\circ}\text{F}$ چند درجهی سلسیوس است؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = 86^{\circ}\text{F} \\ \theta = 27^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$$

$$F_{(F)} = 1/8\theta_{(^{\circ}\text{C})} + 32 \Rightarrow 86 = 1/8\theta + 32$$

$$86 - 32 = 1/8\theta \Rightarrow \theta = \frac{54}{1/8} \Rightarrow \theta = 30^{\circ}\text{C}$$

پرسش:

درچه دمایی عددی که دماسنج سلسیوس نشان می دهد، با عددی که دماسنج با درجه بندی فارنهایت نشان می دهد، یکی است؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = ? \\ F = \theta \end{array} \right.$$

$$F_{(f)} = 1/8\theta_{(^{\circ}C)} + 32$$

$$\theta = 1/8\theta + 32$$

$$\theta - 1/8\theta = 32$$

$$-./8\theta = 32$$

$$\theta = \frac{32}{-./8} \rightarrow \theta = -4^{\circ} C$$

پرسش:

دمای مقداری آب برابر با  $17^{\circ}\text{C}$  است. اگر دمای آب را  $90^{\circ}\text{F}$  افزایش دهیم، دمای آن به چند کلوین می رسد؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1 = 17^{\circ}\text{C} \\ \Delta F = 90^{\circ}\text{F} \\ T_2 = ? \end{array} \right. \quad \Delta F = 1/8 \Delta \theta \Rightarrow 90 = 1/8 \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_2 - \theta_1 = 50 \Rightarrow \theta_2 = 67^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + 67 = 340\text{K}$$

پرسش :

دمای جسمی بر حسب کلوین ۴ برابر دمای آن بر حسب سلسیوس است. دمای این جسم بر حسب سلسیوس و کلوین به دست آورید.

پاسخ:

$$\theta = 91^{\circ} C$$

$$T = 364k$$

پرسش:

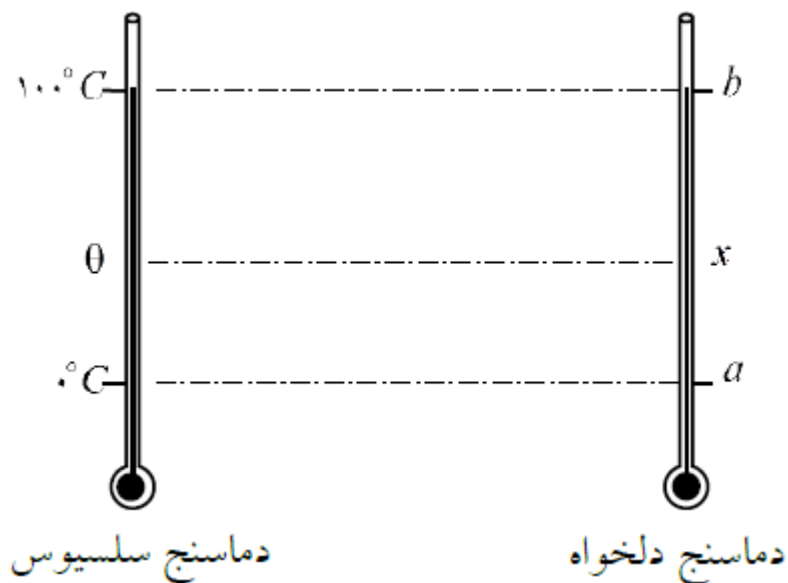
درجه دمایی عدد یکای فارنهایت نصف عدد دمای سلسیوس است؟

پاسخ:

$$F \approx -12/3^{\circ}F$$

## مدرج ساختن دماسنج با یک مقیاس دلخواه:

اگر دماسنجی وجود داشته باشد که نقطه ذوب یخ را با  $a$  و نقطه جوش آب را با  $b$  نشان دهد. برای مدرج کردن آن بایستی فاصله بین این دو مقدار را به  $b-a$  قسمت مساوی تقسیم کنیم. حال می خواهیم بدانیم این دماسنج دمایی را که دماسنج سلسیوس برابر  $\theta$  نشان می دهد، چقدر (X) نشان خواهد داد؟



$$\frac{x - a}{b - a} = \frac{\theta_{(^\circ C)}}{100 - 0}$$

تمرین:

دماسنجی که دمای نقطه‌ی ذوب یخ را  $-20$  و دمای نقطه‌ی جوش آب را  $105$  درجه نشان می‌دهد، دمای یک محیط را  $5$  درجه نشان می‌دهد. دماسنجی که بر حسب درجه‌ی سلسیوس درجه بندی شده است دمای این محیط را چند درجه نشان می‌دهد؟

پاسخ:

دماسنج نامعلوم را با  $X$  و دماسنج سلسیوس را با  $\theta$  نشان می‌دهیم

$$\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} \Rightarrow \frac{5 + 20}{105 + 20} = \frac{\theta - 0}{100 - 0} \Rightarrow \frac{25}{125} = \frac{\theta}{100}$$

$$\theta = 20^\circ \text{C}$$



تمرین:

یکی از مقیاس‌های دما که در ایالات آمریکا رایج است، مقیاس رانکین ( $^{\circ}R$ ) است که فاصله‌ی هر یک درجه‌ی آن با یک درجه‌ی فارنهایت برابر است و در آن، دمای ذوب یخ معادل  $492^{\circ}R$  و دمای نقطه‌ی جوش آب برابر  $672^{\circ}R$  است. (الف) رابطه‌ی این درجه‌بندی با درجه‌بندی سلسیوس را بیابید. (ب) دمای بدن انسان ( $37^{\circ}C$ ) در این درجه‌بندی چقدر است؟

پاسخ:

$$\frac{R - 492}{672 - 492} = \frac{\theta - 0}{180 - 0} \Rightarrow \frac{R - 492}{180} = \frac{\theta}{100} \Rightarrow R = 1/8\theta + 492$$

(الف)

$$\left. \begin{array}{l} R = 1/8\theta + 492 \\ \theta = 37^{\circ}C \end{array} \right\} R = 1/8 \times 37 + 492 \Rightarrow R = 558/6^{\circ}R$$

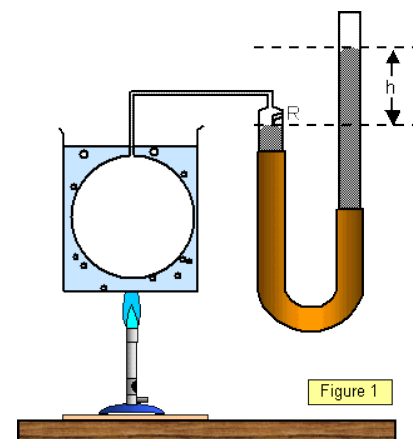
(ب)

## دماسنج های معیار

- ۱- دماسنج گازی: اساس کار این دماسنج ها **بر مبنای قانون گازهای کامل** است.
- ۲- دماسنج مقاومت پلاتینی: اساس کار این دماسنج ها **بر مبنای تغییر مقاومت با دما** است.
- ۳- تف سنج (پیرومتر): اساس کار این دماسنج ها **بر مبنای تابش گرمایی** است.



© EffectiveGauges.com



پرسش:

چرا به این سه دماسنج (گازی-مقاومت پلاتینی-تف سنج) دماسنج های معیار گویند؟

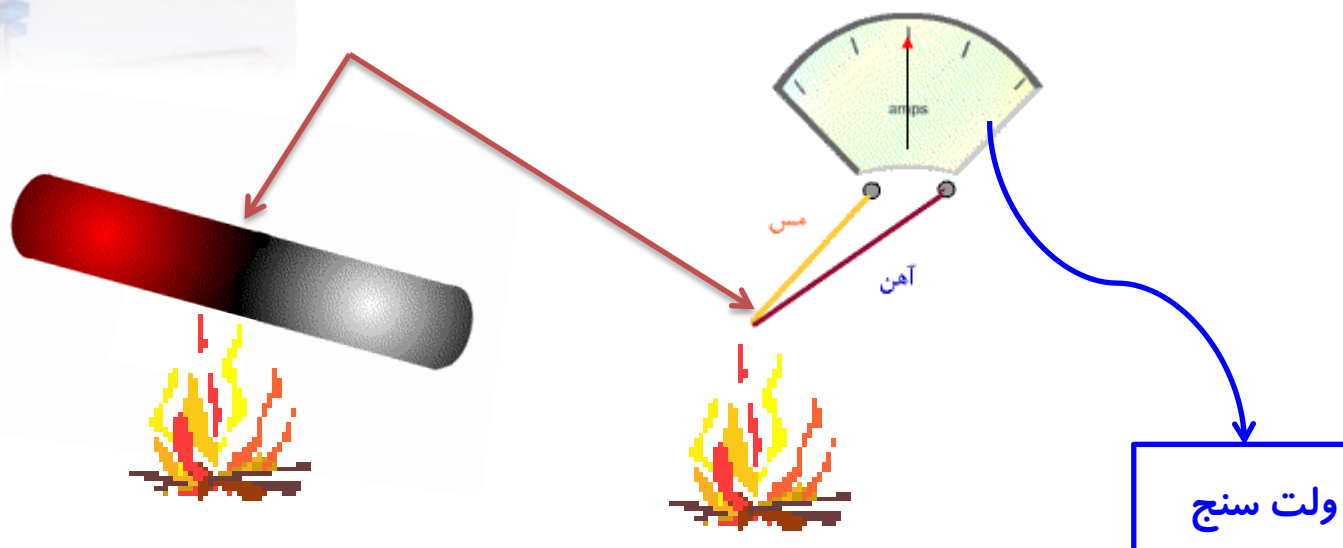
پاسخ:

۱- کاربرد این دماسنجها در صنعت و آزمایشگاه زیاد است.

۲- دقت اندازه گیری این دماسنج ها زیاد بوده یعنی در محدوده ی یک هزارم درجه و کمتر از آن دما را می توانند اندازه بگیرند

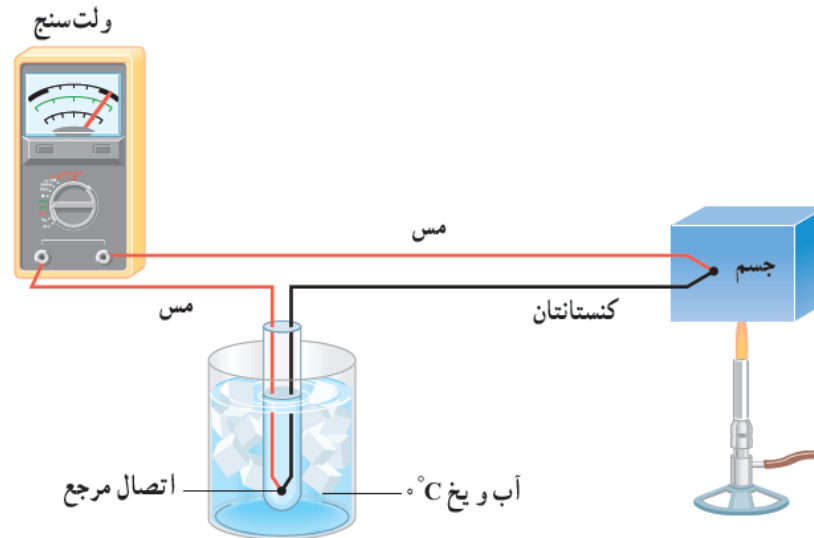
## ترموکوپل:

وسیله‌ای برای اندازه‌گیری دماست که براساس تغییرولتاژ ناشی از اختلاف دمای دو سر مدار تشکیل‌دهنده‌ی آن کار می‌کند



## ساختمان ترموکوپل

دوسیم فلزی غیرهمجنس ماندمس وکنستانتان ازیک سو درطرف مخلوط آب ویخ بادمای ثابت صفردرجه نگه داشته شده اندو ازطرف دیگربه جسمی با دمای مجهول متصل اند. وبه وسیلهٔ دوسیم مسی به ولت سنج بسته می شوند. با افزایش دمای مجهول ولتاژ دوسر سیم های غیرهم جنس افزایش می یابد. با اندازه گیری ولتاژ مربوط به هر دما می توان دمای مجهول را مشخص کرد.



## برتریهای دماسنج ترموکوپل نسبت به دماسنجهای دیگر چیست؟

۱- دقت اندازه گیری آن زیاد است (امادقت آن کمتر از دماسنجهای معیار است)

۲- تغییرات ناگهانی دما را خیلی سریع و پیوسته نشان می دهد.

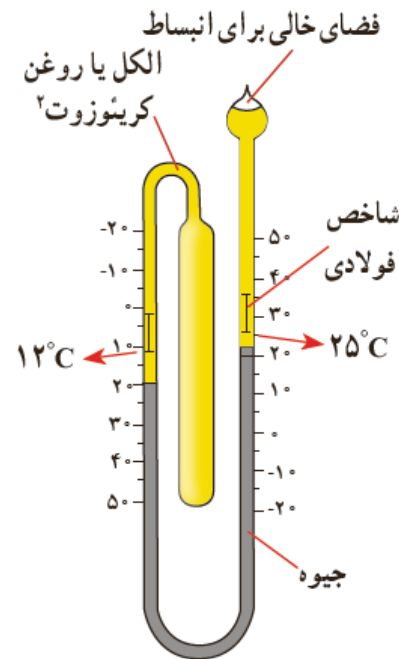
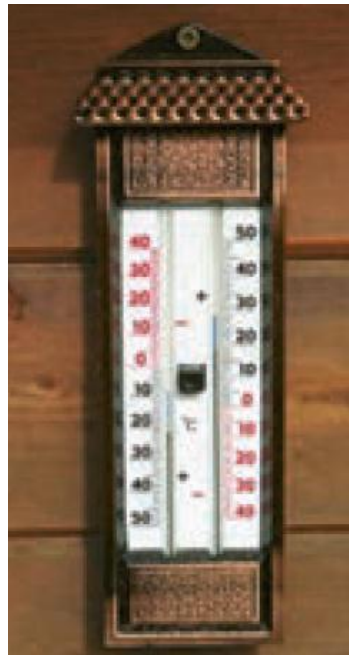
۳- گستره ی دماسنج ترموکوپل به جنس سیمها بستگی دارد مثلاً برای جنس سیم از آلیاژ خاص گستره دماسنجی  $270^{\circ}\text{C}$  - تا  $1372^{\circ}\text{C}$  است.

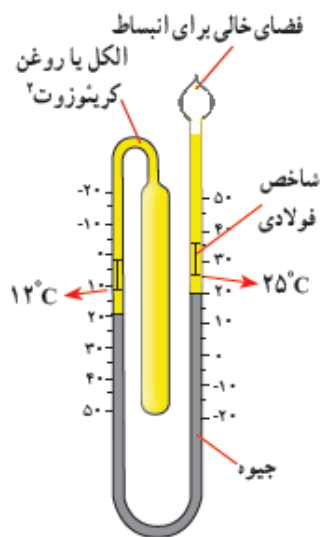
۴- در بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی یافت می شود.



نوع ویژه ای از دماسنج‌های مایعی که پیشینه و کمینه دما را در یک مدت زمان معین نشان می‌دهد، دماسنج پیشینه کمینه نام دارد. از این دماسنج‌ها معمولاً در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می‌شود. در مورد چگونگی کار این دماسنج‌ها تحقیق کنید.

پاسخ:





هنگامی که دما بالا رود، به دلیل انبساط الکل یا روغن موجود در مخزن وسطی و لوله سمت چپ دماسنج، جیوه در لوله سمت راست به بالا رانده می شود و شاخص فولادی لوله سمت راست را با خود بالا می برد. اگر سطح جیوه در لوله سمت راست پایین بیاید، شاخص فولادی که به آن فنرهای ریزی متصل است، همراه آن حرکت نمی کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای بیشینه می ایستد.

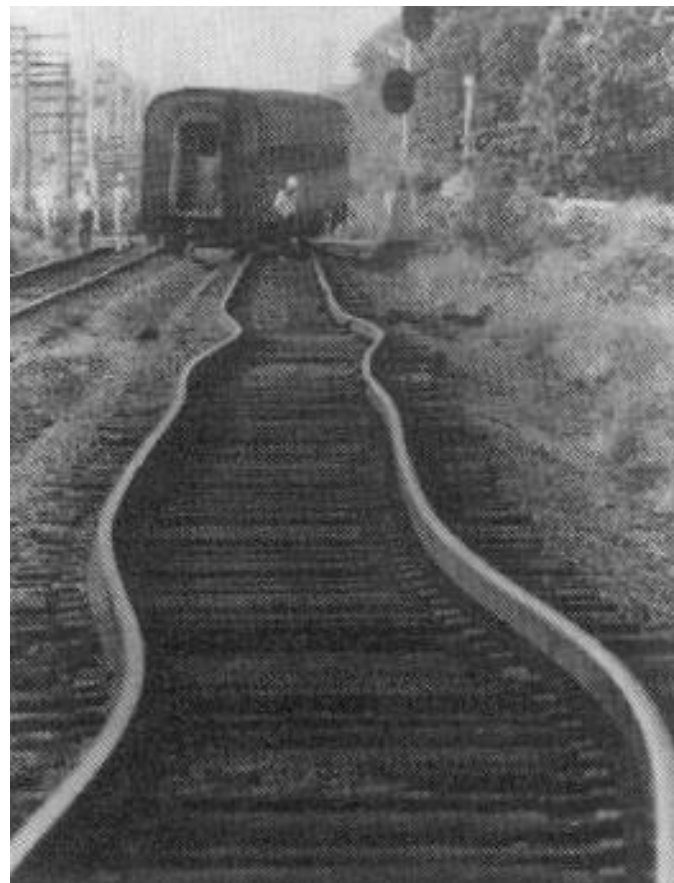
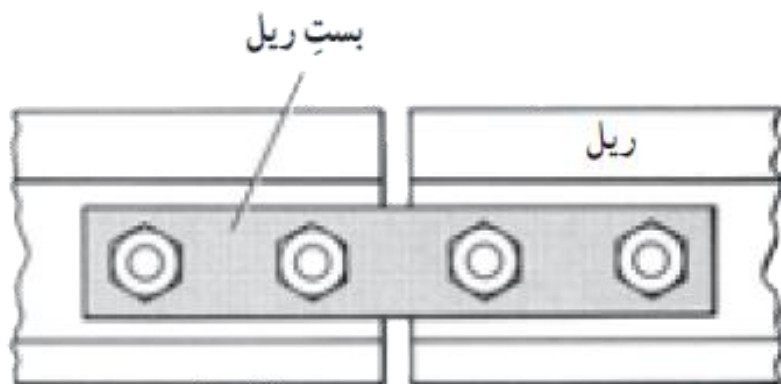
وقتی الکل به علت کاهش دما منقبض می شود، جیوه از طرف چپ لوله لاشکل بالا می رود و شاخص فولادی دیگر را در این طرف لوله بالا می راند. اگر سطح جیوه در لوله سمت چپ پایین بیاید شاخص فولادی سمت چپ که به آن نیز فنرهای ریزی متصل است همراه با آن حرکت نمی کند و در همان محل قبلی خود در مقابل دمای کمینه می ایستد. با استفاده از آهنربا، این دو شاخص در پایان مدت زمان مورد نظر به سطح جیوه برگردانده می شود.



## موضوع: انبساط طولی، سطحی

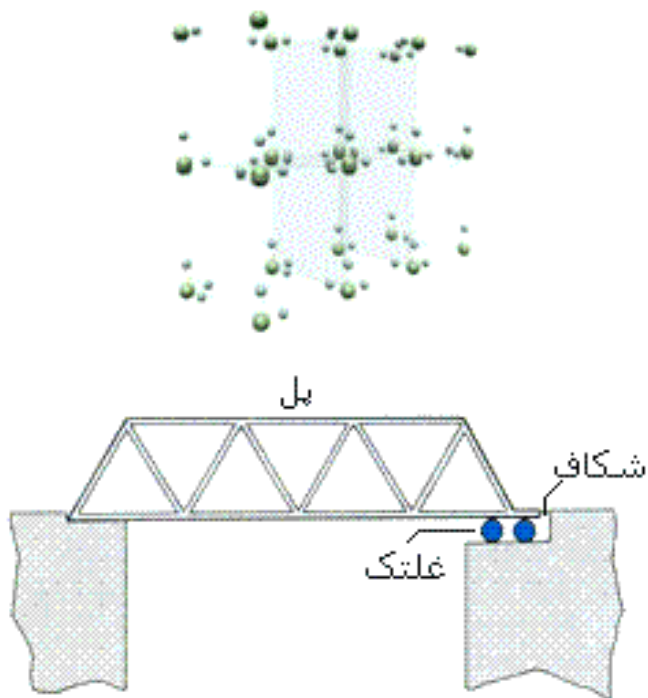


# اگر ریل های راه آهن یکپارچه باشد چه اتفاقی می افتد؟



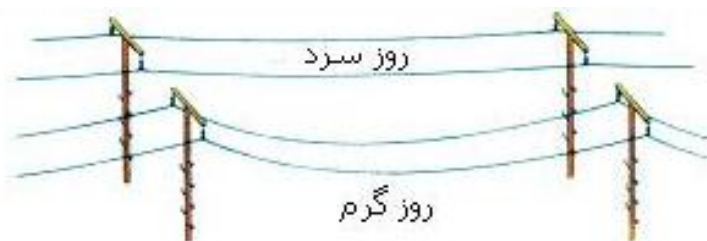
## انبساط جامدها:

با افزایش دما، دامنهٔ نوسان مولکول‌ها و اتم‌های ماده در نتیجه فاصلهٔ متوسط آنها از یکدیگر افزایش یافته و جسم جامد منبسط می‌شود.



# انواع انبساط ها

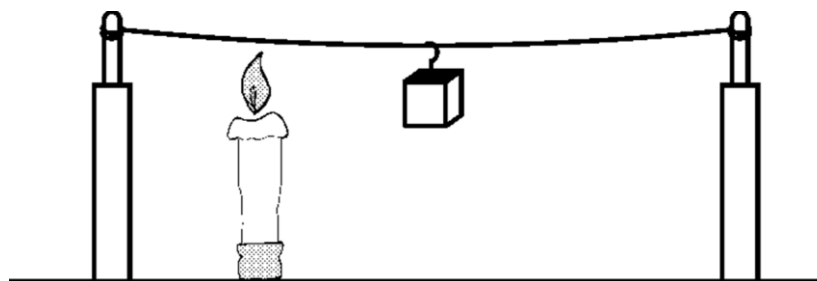
اکثر اجسام در اثر افزایش دما، منبسط می شوند. این انبساط به صورتهای زیر است:



- الف) طولی
- ب) سطحی
- ج) حجمی
- ۱- انبساط جامدها:
- ۲- انبساط مایعها
- ۳- انبساط گازها (قانون گازها)

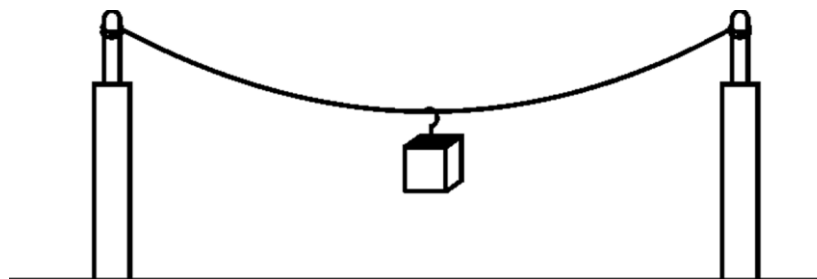
## آزمایش

سیم را بر روی دو پایه چوبی محکم کرده و به وسط آن وزنه ای آویزان می کنیم حال اگر با شمع یا چراغ الکلی سیم را گرم کنیم، می بینیم که سیم شل و خمیده می شود، چرا؟



پاسخ:

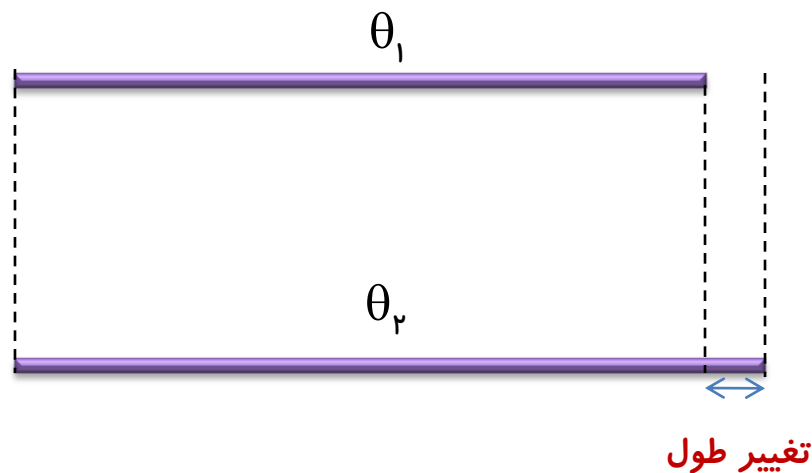
در اثر گرم شدن ، سیم منبسط شده و طول آن افزایش یافته و وزنه پایین تر می آید .



# ۱ - انبساط جامدها

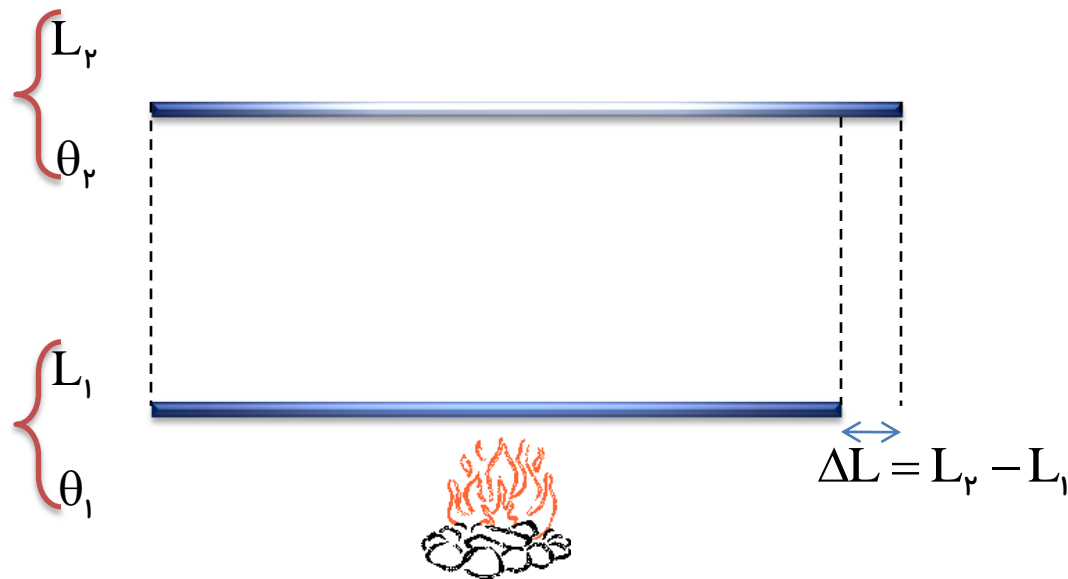
## الف) انبساط طولی جامدها:

افزایش دما باعث افزایش طول جامدهای می شود. انبساط طولی اجسام مختلف به دلیل تفاوت جنسشان با یکدیگر متفاوت است



# تغییر طول یک میله‌ی جامد، به چه عواملی بستگی دارد؟ $\Delta L$

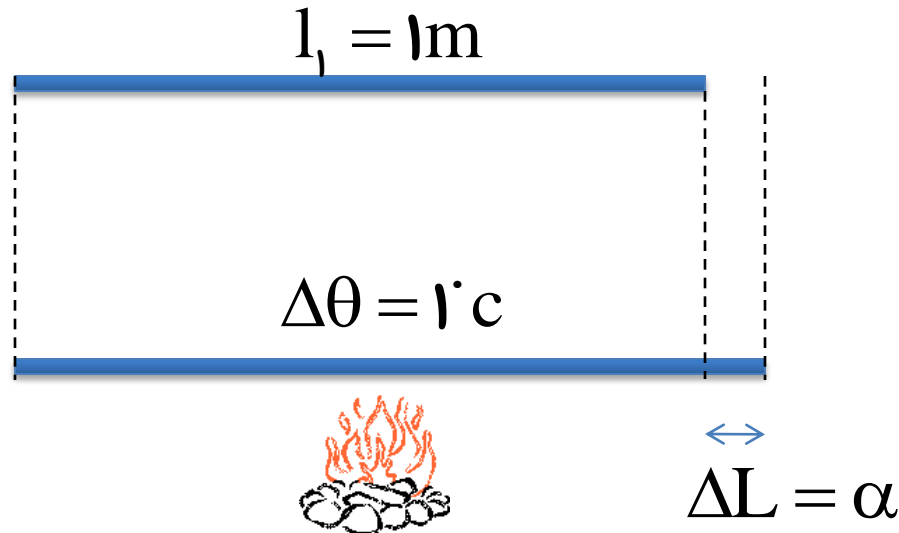
- |                                       |                                  |   |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|
|                                       | $\Delta L \propto L_1$           | ۱- به طول اولیه‌ی $L_1$                 |
| $\Delta L = \alpha L_1 \Delta \theta$ | $\Delta L \propto \Delta \theta$ | ۲- تغییرات دما $\Delta \theta$          |
|                                       | $\Delta L \propto \alpha$        | ۳- جنس میله (ضریب انبساط طولی) $\alpha$ |



ضریب انبساط طولی (آلفا  $\alpha$ )

افزایش طول واحد طول (۱ m) یک جسم جامد وقتی که دمای آن یک کلوین (یا سانتی گراد) بالا رود.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta \theta} \rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{1\text{m} \times 1^\circ\text{C}} \rightarrow \alpha = \frac{\text{افزایش طول}}{\text{یک درجه سانتی گراد} \times \text{واحد طول}}$$





## فرمول انبساط طولی

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta \theta \rightarrow L_2 - L_1 = \alpha L_1 \Delta \theta \rightarrow L_2 = L_1 + \alpha L_1 \Delta \theta$$

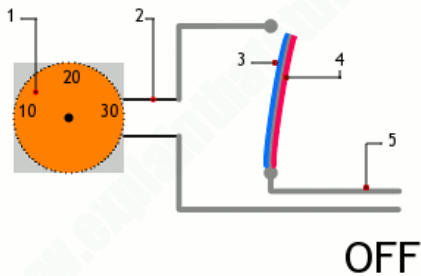
$$\rightarrow L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

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

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

## جنبه های مختلف انبساط گرمایی در زندگی

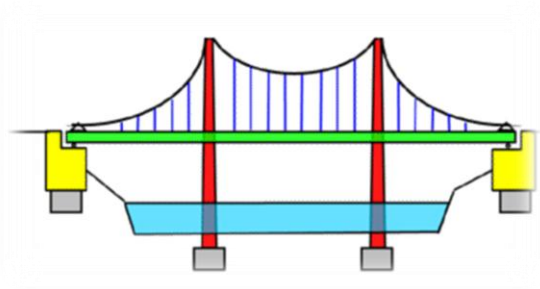
جنبه های مفید: اساس کار دماسنج ها و ترموستات ها، انبساط گرمایی است



www.explainthatstuff.com

جنبه های دردسرساز انبساط طولی:

انبساط طولی در ساختن پل ها، ساختمان ها، خط راه آهن، خطوط نیرو و سوخت مشکل ایجاد می کند.



تمرین:

ارتفاع برج ایفل در یک روز از سال  $301\text{ m}$  است اگر اختلاف دما در آن روز  $22^\circ\text{C}$  باشد. افزایش طول این برج چقدر است؟

$$\alpha_{\text{فصل}} = 10/5 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$



پاسخ:

$$\Delta L \approx 0.7\text{ m} = 7\text{ cm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L_1 = 301\text{ m} \\ \Delta\theta = 22^\circ\text{C} \\ \alpha = 10/5 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} \\ \Delta L = ? \end{array} \right.$$

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

$$\Delta L = 10/5 \times 10^{-6} \times 301 \times 22$$

$$\Delta L \approx 0.7\text{ m} = 7\text{ cm}$$

تمرین:

اگر دمای میله‌ای فلزی به طول ۱ m را  $۴۰۰\text{ }^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم، طول میله چند سانتی‌متری شود (ضریب انبساط طولی میله  $\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$   $۱۲ \times ۱۰^{-۶}$  است)

پاسخ:

$$L_{\gamma} = ۱۰۰ / ۴۸ \text{ cm}$$

$$L_1 = 1 \text{ m}$$

$$L_{\gamma} = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$\Delta \theta = ۴۰۰\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$L_{\gamma} = 1 \times (1 + ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۰۰)$$

$$L_{\gamma} = ?$$

$$L_{\gamma} = (1 + ۰.۰۰۴۸)$$

$$\alpha = ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

$$L_{\gamma} = 1 / ۰.۰۰۴۸ \text{ m}$$

$$L_{\gamma} = 1 / ۰.۰۰۴۸ \times ۱۰۰ = ۱۰۰ / ۴۸ \text{ cm}$$

تمرین:

انبساط تیر آهنی با طول اولیه ۲۵ متر، در اثر افزایش دمای از  $10^{\circ}\text{C}$  - تا  $30^{\circ}\text{C}$  را حساب کنید.

$$\alpha_{\text{آهن}} = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

پاسخ:

$$\Delta L = 1/1 \text{ cm}$$

$$L_1 = 25 \text{ m}$$

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

$$\theta_1 = -10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L = 11 \times 10^{-6} \times 25 \times (30 - (-10))$$

$$\theta_2 = 30^{\circ}\text{C}$$

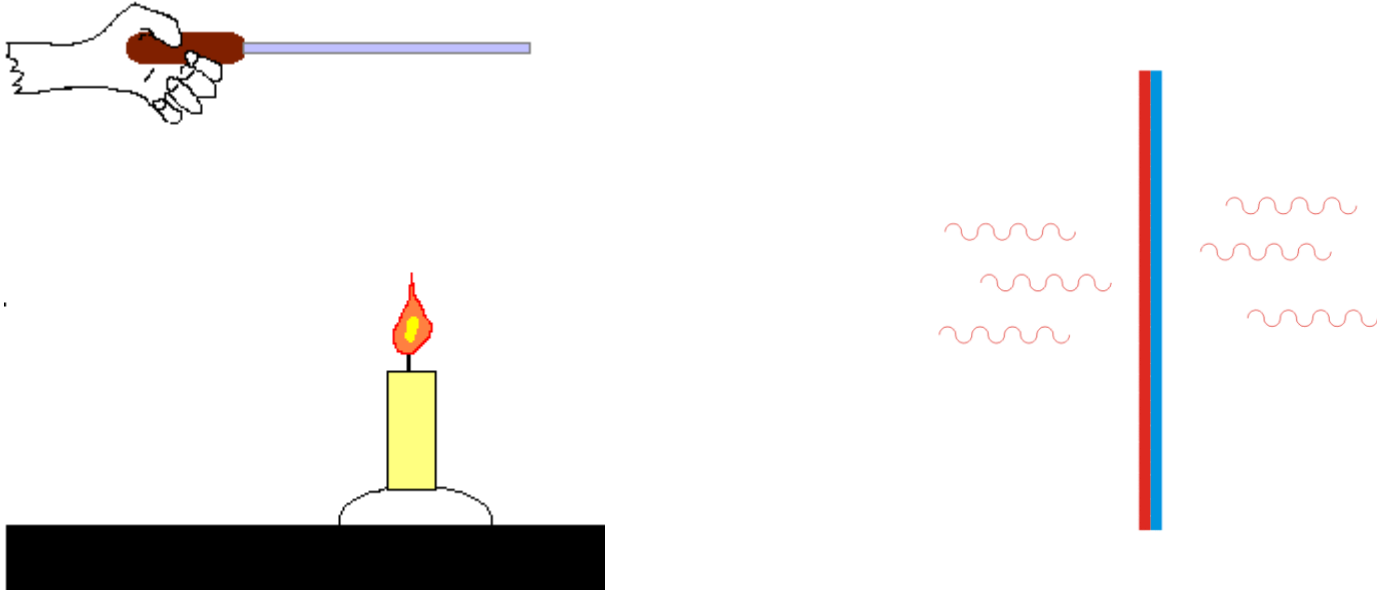
$$\alpha = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

$$\Delta L = 1/1 \times 10^{-2} \text{ m} = 1/1 \text{ cm}$$

$$\Delta L = ?$$

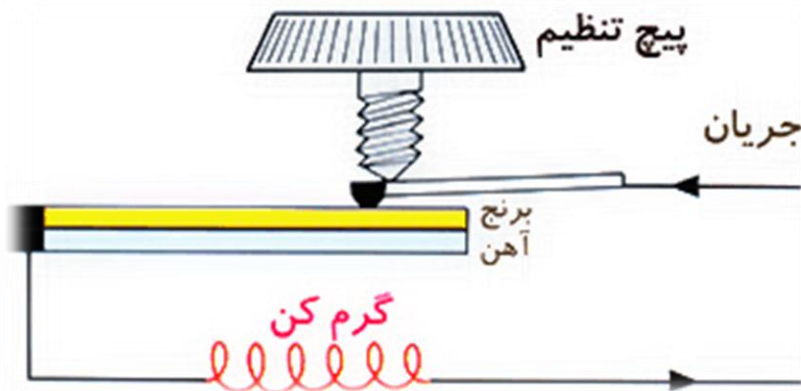
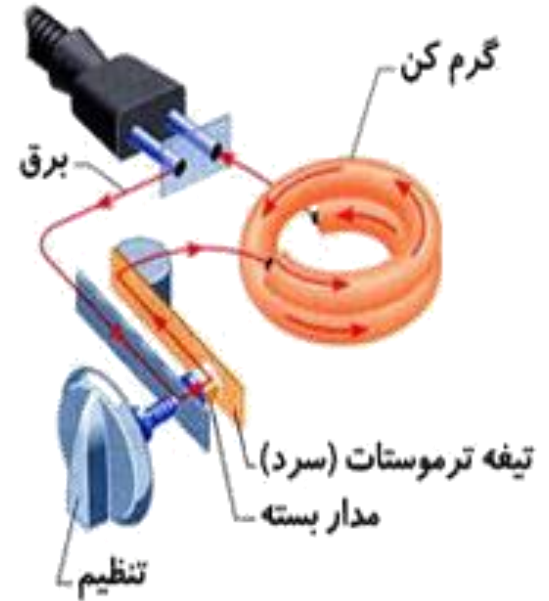
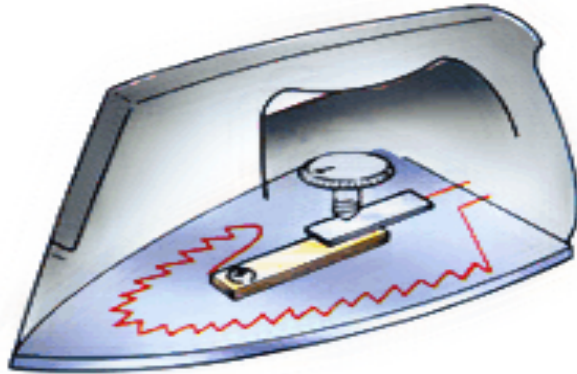
## دماپا (ترموستات) :

وسیله ای برای تنظیم دماست که از دو فلز غیر هم جنس با میزان انبساط متفاوت که به یک دیگر پرچ یا لحیم شده اند، ساخته شده است .



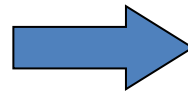
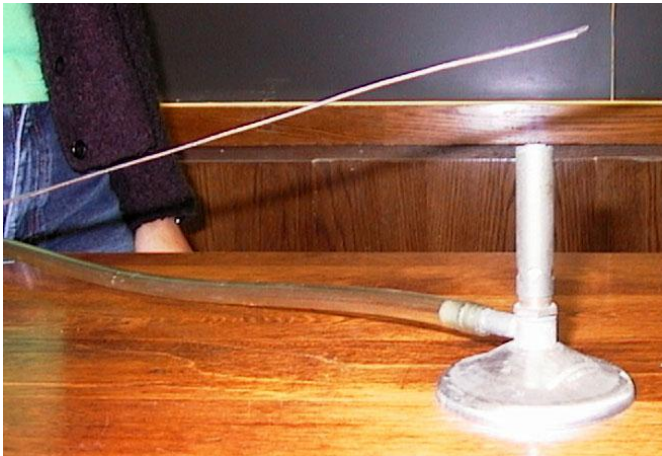
# در اتوی برقی

**آموزش مجازی**  
فیزیک عمومی رشته برق  
نام استاد: رضا رضایی مژدهی  
دانشگاه فنی و مهندسی شهید چمران رشت



نکته:

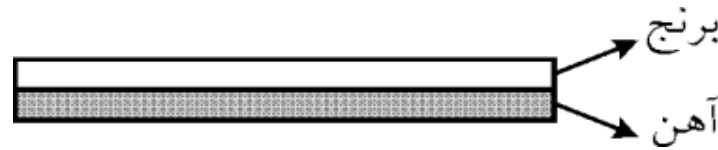
اگر دما پیا (نوار دو فلز) در یک مدار الکتریکی قرار دهیم با برقراری جریان نوار دو فلز گرم می شود و نوار خم شده و اتصال قطع می شود و اگر دما پیا سرد شود دوباره طول دو فلز یک اندازه می شود و نقاط اتصال وصل می شوند و دستگاه روشن می شود.





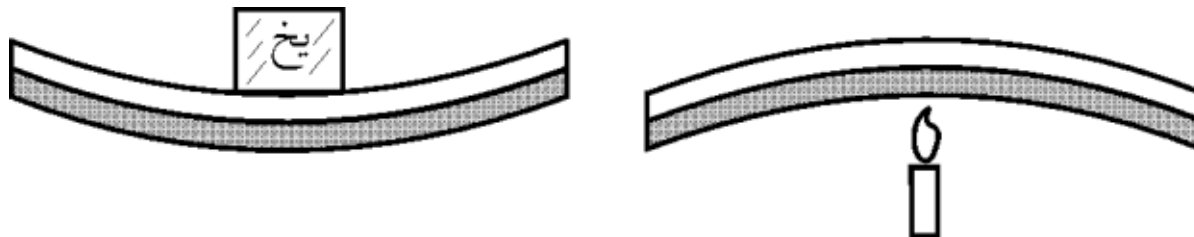
پرسش :

دو نوار فلزی متفاوت (آهن و برنج) را به هم می چسبانیم. اگر روی میله (دماپا) یک بار یخ قرار داده و بار دیگر زیر آن را شمع روشن کنیم به چه شکلی تبدیل می شود؟



پاسخ:

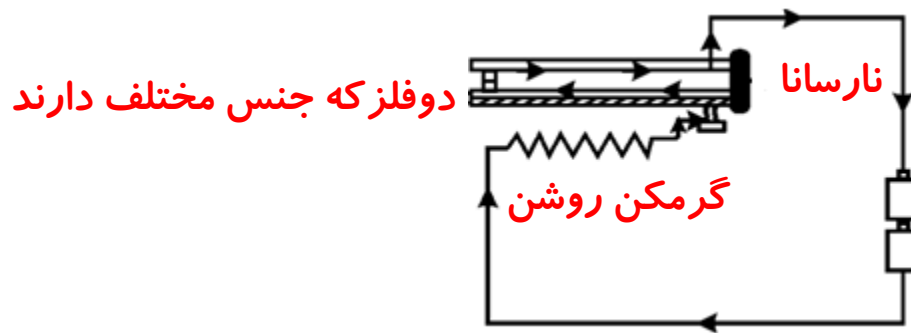
هرچه آلفا بزرگتر باشد افزایش طول میله به علت افزایش دما بیشتر است. هرچه آلفا بزرگتر باشد کاهش طول میله به علت کاهش دما بیشتر است. چون آلفای برنج بیشتر از آهن است پس بیشتر منبسط و بیشتر منقبض می شود.



پرسش :

در سماور برقی ، اتوی برقی ، پلوپز برقی و ... برای تنظیم دما از چه وسیله ای استفاده می شود؟

پاسخ:



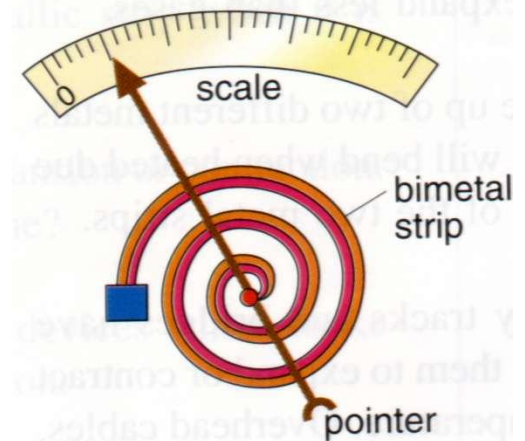
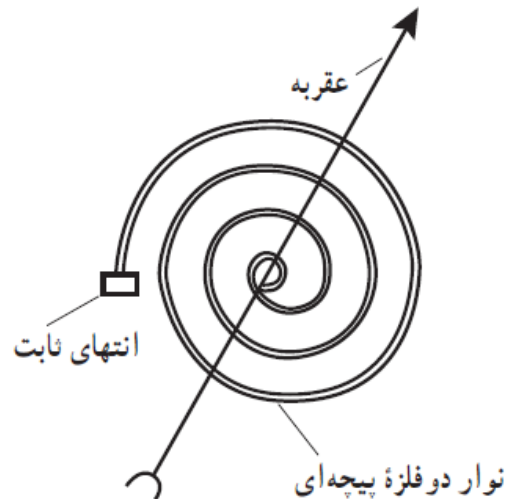
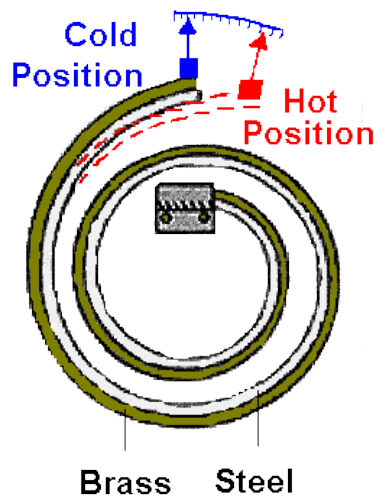
از ترموستات برقی



## دماسنج نواری دوفلزی (بی متال)

این نوع دماسنج مثل ترموستات ازدو تیغه ی فلزی با ضریب انبساط متفاوت که سرتاسر به هم جوش داده شده اند، می سازند.

در دماسنج بی متال تیغه های فلزی به شکل یک نوار حلزونی است. در این جا هم تیغه ی فلزی که ضریب انبساط بیشتری دارد کمان خارجی را تشکیل می دهد به همین دلیل با افزایش دما، نوار بی متال حلزونی، خمیده شده و عقربه به سمت راست می چرخد.



پرسش:

چرا باید ماده پرکننده دندان همان مشخصه های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد؟

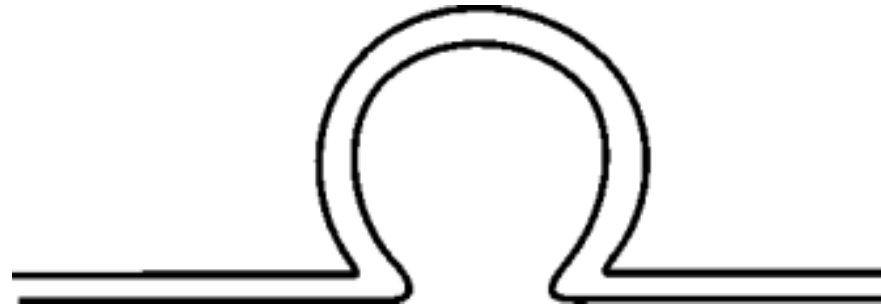


پاسخ:

انبساط گرمایی مواد مختلف باهم فرق دارد، برای همین باید جنس ماده پرکننده دندان با خود دندان یکی باشد، چرا که در غیر این صورت به احتمال زیاد دندان ها شکسته خواهند شد.

پرسش :

چرا در لوله کشی لوله های آب گرم شوفاژ یا نیروگاه ها در صورتی که طول لوله خیلی زیاد باشد، در بین مسیر خمیدگی هایی به شکل زیر قرار می دهند؟

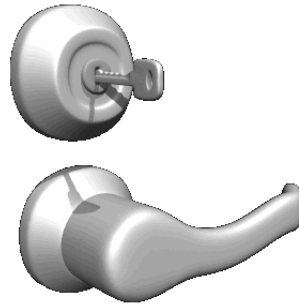


پاسخ:

لوله های آب گرم در اثر گرما منبسط می شوند و طول آن ها افزایش می یابد. قرار دادن خم هایی در مسیر لوله ها فاصله ی مناسبی را برای ازدیاد طول ایجاد می کند .

پرسش ۴-۱:

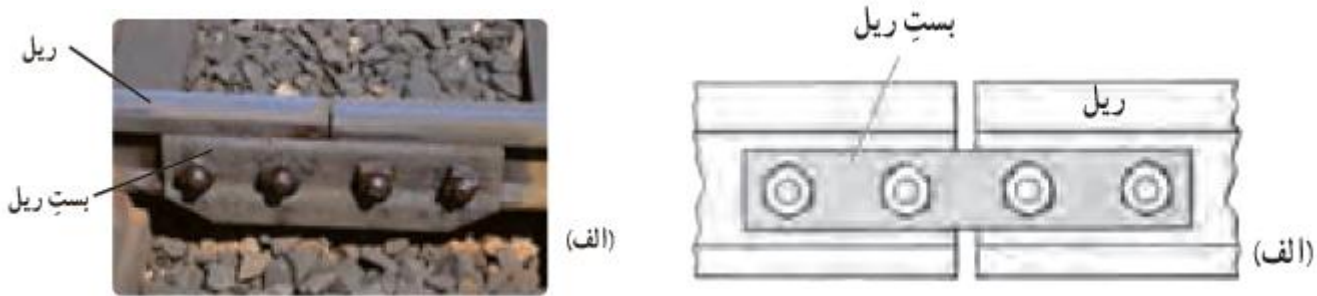
الف) چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم جنس باشند؟  
 ب) چرا در برخی از فصلهای سال، بعضی از درب ها در چارچوب خود گیر می کنند؟



پاسخ:

الف) زیرا در این صورت در اثر تغییر دما، ابعاد هر دو به یک میزان تغییر کرده و کلید در قفل گیر نمی کند. هر دو به یک میزان منبسط و منقبض می شوند.  
 ب) به دلیل انبساط های گرمایی متفاوت درب و چارچوب، تغییرات ابعاد آنها یکسان نخواهد بود.

۱- شکل (الف) تصویری واقعی ازدو قسمت متوالی خط آهن (ریل راه آهن) های قدیمی را در گذشته نشان می دهد. اگر فاصله خالی بین این دو قسمت به حد کافی زیاد نمی بود، چه مشکلی پیش می آمد؟



پاسخ:

۱) تغییر طول هر بخش از ریل ها در اثر انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما، موجب وارد شدن نیرو به بخش های دیگری شد و این نیرو باعث خمیده شدن ریل ها و یا جدا شدن اتصالات آن می شد.

۲- امروزه بین قسمت های متوالی خط آهن فاصل های در نظر گرفته نمی شود و این قسمت ها پشت سر هم جوشکاری می شوند (شکل ب) تحقیق کنید در این روش چگونه مشکل ناشی از انبساط در یک روز گرم تابستانی برطرف می شود؟



(ب)

پاسخ:

۲) امروزه برای اتصال ریل ها به پایه های زیرین خطوط از پیچ و مهره استفاده نمی شود بلکه ریل توسط بست های فلزی محکمی به پایه ها می چسبند در نتیجه امکان انبساط طولی به هر میزان از دو طرف آزاد ریل که معمولاً در محل تعویض خطوط در ایستگاه است وجود دارد.

(معمولاً ریل گذاری در زمانی از شبانه روز یا زمانی از سال انجام می شود که منطقه مورد نظر دمایی در حدود

دمای میانگین آن منطقه داشته باشد)



تمرین:

چه مقدار افزایش دما باعث می‌شود که طول یک خط‌کش ۵ / ۰ متری برنجی

$$\alpha_{\text{برنج}} = 19 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}} \quad \text{؟} \quad 1/1 \text{ میلی متر افزایش یابد؟}$$

پاسخ:

$$\Delta\theta \approx 116^{\circ}\text{C}$$

تمرین:

فاصله بین هر قطعه ریل آهنی به طول  $50\text{ m}$  که در زمستان و در دمای  $0^\circ\text{C}$  کار گذاشته اند  $3\text{ cm}$  است حداکثر دمای هوا در تابستان چه قدر باشد تا این فاصله

پوشانده شود.  $\alpha_{\text{آهن}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

پاسخ:

$$\theta_p = 50^\circ\text{C}$$

تمرین:

دمای یک میله فلزی را چند درجه‌ی سلسیوس بالا ببریم تا افزایش طول آن

$$\frac{1}{400} ، \text{ طول اولیه اش باشد؟ } \alpha_{\text{فلز}} = 2 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

پاسخ:

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

$$\Delta \theta = 125^\circ\text{C}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \theta = ? \\ \Delta L = \frac{1}{400} L_1 \\ \alpha = 2 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}} \end{array} \right.$$

$$\frac{1}{400} \cancel{L_1} = 2 \times 10^{-5} \cancel{L_1} \Delta \theta$$

$$\Delta \theta = \frac{\frac{1}{400}}{2 \times 10^{-5}} = \frac{10^+5}{800}$$

$$\Delta \theta = 125^\circ\text{C}$$

تمرین:

یک خط کش فولادی به طول ۵۰ cm در دمای ۲۰ °C برای اندازه گیری تنظیم شده است. بوسیله ی این خط کش طول یک میله در دمای ۲۰ °C دقیقاً ۲۸ cm بدست می آید. وقتی مجموعه را تا ۱۷۰ °C گرم می کنیم. طول میله با این خط کش ۲۸/۰۷ cm بدست می آید.

ضریب انبساط خطی میله را بیابید.  $\alpha_f = 1/1 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

پاسخ:

$$L_{1f} = 50 \text{ cm}$$

$$\theta_{1f} = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_{1m} = 20^\circ\text{C}$$

$$L_{1m} = 28 \text{ cm}$$

$$\theta_{2f} = \theta_{2m} = 170^\circ\text{C}$$

$$\Delta L_m - \Delta L_f = 28/07 - 28 = 0.7 \text{ cm}$$

$$\alpha_f = 1/1 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

$$\alpha_m = ?$$

$$\Delta L_m - \Delta L_f = 0.7 \text{ cm}$$

$$\alpha_m L_{1m} \Delta\theta - \alpha_f L_{1f} \Delta\theta = 0.7$$

$$28(\alpha_m - 1/1 \times 10^{-5}) \times 150 = 0.7 \times 10^{-2}$$

$$\alpha_m = 2/77 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

تمرین:

طول دو میله آهنی و آلومینیومی در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  یکسان و هریک برابر  $1\text{ m}$  است. درجه دمایی اختلاف طول آنها  $66\text{ mm}$  می شود؟

$$\alpha_{\text{fe}} = 1/2 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \quad \alpha_{\text{AL}} = 2/4 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

پاسخ:

$$\theta_{1\text{fe}} = \theta_{1\text{AL}} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$L_{1\text{fe}} = L_{1\text{AL}} = 1\text{ m}$$

$$\theta_2 = ?$$

$$\Delta L_{\text{AL}} - \Delta L_{\text{fe}} = 66\text{ mm}$$

$$\alpha_{\text{fe}} = 1/2 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

$$\alpha_{\text{AL}} = 2/4 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

$$\alpha_{\text{AL}} L_{1\text{AL}} \Delta\theta - \alpha_{\text{fe}} L_{1\text{fe}} \Delta\theta = 66 \times 10^{-3}$$

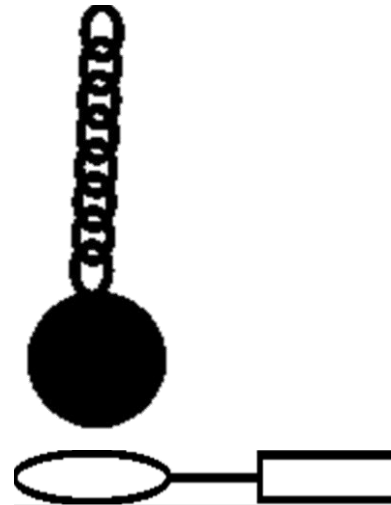
$$(\alpha_{\text{AL}} - \alpha_{\text{fe}}) \Delta\theta = 66 \times 10^{-3}$$

$$(2/4 - 1/2) \times 10^{-5} \Delta\theta = 66 \times 10^{-3}$$

$$\Delta\theta = 55^{\circ}\text{C} \Rightarrow \theta_2 - \theta_1 = 55 \Rightarrow \theta_2 = 55^{\circ}\text{C}$$

پرسش:

مطابق شکل، قطر گلوله (داغی) اندکی بزرگتر از قطر حلقه است برای اینکه گلوله به راحتی از حلقه عبور می کند باید کدام را گرم یا سرد کنیم .

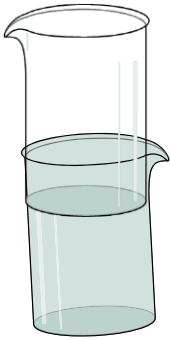


پاسخ:

گلوله را سرد یا حلقه را گرم کنیم

تست:

برای جدا کردن دو لیوان شیشه ای که درهم گیر کرده اند چه راهی مناسب است؟



- ۱) ریختن آب گرم روی لیوان خارجی
- ۲) قرار دادن لیوان خارجی در آب یخ
- ۳) ریختن آب گرم درون لیوان داخلی
- ۴) ریختن آب سرد درون لیوان داخلی

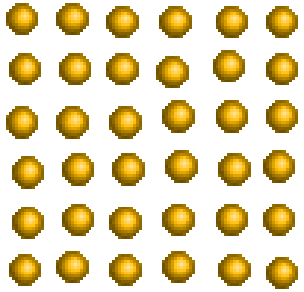
پاسخ:

گزینه ۴

وقتی روی لیوان خارجی آب گرم ریخته شود، دیواره ی آن منبسط شده و لیوان درونی از آن خارج می شود .

**(۲) انبساط سطحی:**

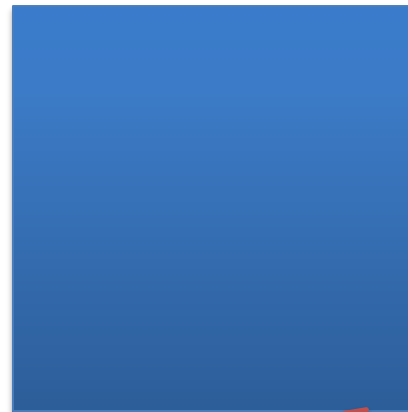
افزایش دما باعث افزایش سطح جامدها نیز می شود.



$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 \\ \theta_1 \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} A_2 \\ \theta_2 \end{array} \right.$$



$$\Delta A = A_2 - A_1$$



$\Delta A$  تغییر مساحت یک ورقه ی فلزی، به چه عواملی بستگی دارد؟

$$\Delta A \propto A_1$$

۱- به مساحت اولیه ی  $A_1$

$$\Delta A \propto \Delta \theta$$

۲- تغییرات دما  $\Delta \theta$

$$\Delta A \propto \gamma \alpha$$

۳- ضریب انبساط سطحی ورقه  $\gamma \alpha$

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

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

ورقه ای فلزی و مستطیلی شکل به اضلاع  $a_1$  و  $b_1$  را در نظر بگیرید. بر اثر افزایش دمای  $\Delta T$  طول اضلاع مستطیل به اندازه  $\Delta a$  و  $\Delta b$  افزایش می یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه  $\alpha$  باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطه  $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$  به دست می آید.

پاسخ:



$$a_2 = a_1(1 + \alpha\Delta T)$$

$$b_2 = b_1(1 + \alpha\Delta T)$$

$$A_1 = a_1 b_1$$

$$A_2 = a_2 b_2 = a_1(1 + \alpha\Delta T)b_1(1 + \alpha\Delta T)$$

$$A_2 = a_1 b_1 (1 + \alpha\Delta T)^2$$

$$A_2 = A_1 (1 + 2\alpha\Delta T + \cancel{\alpha^2 \Delta T^2})$$

باتوجه به کوچک بودن ضریب  $\alpha$  از عبارت  $A_1(\alpha\Delta T)^2$

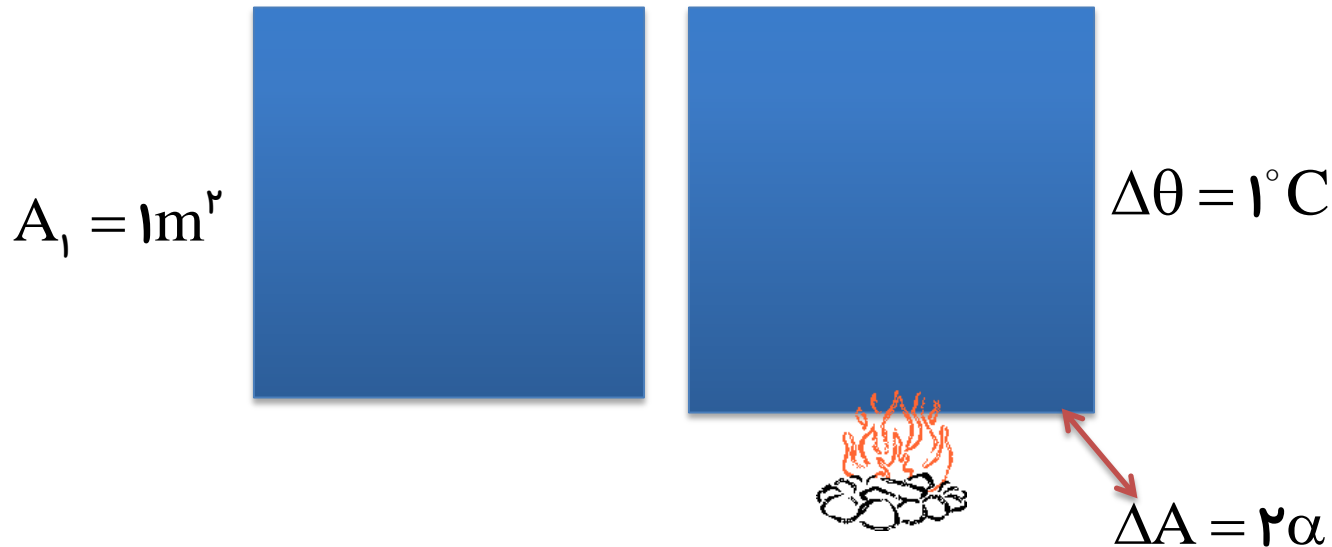
می توان صرف نظر کرد.

$$A_2 - A_1 = 2A_1\alpha\Delta T \Rightarrow \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$$

ضریب انبساط سطحی:  $(\alpha)$ 

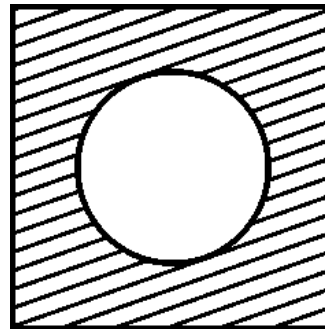
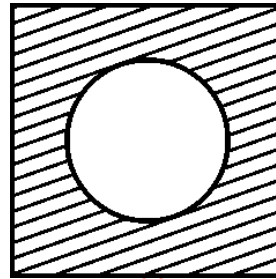
افزایش مساحت واحد سطح ( $1\text{m}^2$ ) یک جسم جامد وقتی که دمای آن یک کلوین (یا سانتی گراد) بالا رود

$$\alpha = \frac{\Delta A}{A_1 \Delta \theta} \rightarrow \alpha = \frac{\Delta A}{1\text{m}^2 \times 1^\circ\text{C}} \rightarrow \alpha = \frac{\text{افزایش مساحت}}{\text{یک درجه کلوین} \times \text{واحد سطح}}$$



پرسش :

در وسط یک صفحه مسی به شکل مربع، سوراخ دایره ای شکل ایجاد کرده ایم  
اگر صفحه را گرم کنیم مساحت سوراخ و مساحت صفحه چه تغییری می کند؟

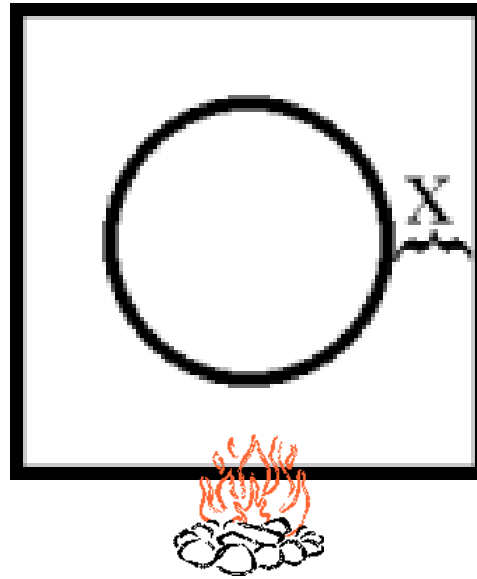


پاسخ:

مساحت هر دو افزایش می یابد .

پرسش:

شکل زیر یک صفحه فلزی را که در آن سوراخ دایره شکلی وجود دارد، نشان می دهد اگر آن را گرم کنیم، فاصله X مشخص شده روی شکل چه تغییری می یابد.

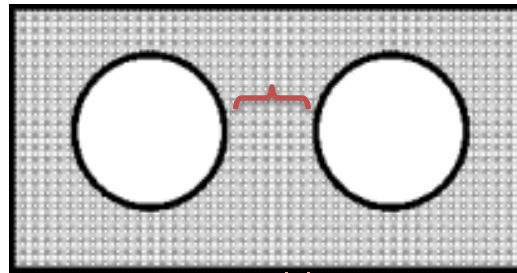


پاسخ:

افزایش می یابد .

تست:

روی یک صفحه مسی دو سوراخ دایره ای شکل وجود دارد اگر دمای صفحه را از  $10^{\circ}\text{C}$  به  $25^{\circ}\text{C}$  برسانیم فاصله بین دو سوراخ از هم چه تغییری می کند؟  
 (۱) کمتر می شود (۲) تغییر نمی کند (۳)  $2/5$  برابر می شود (۴) بیشتر می شود.



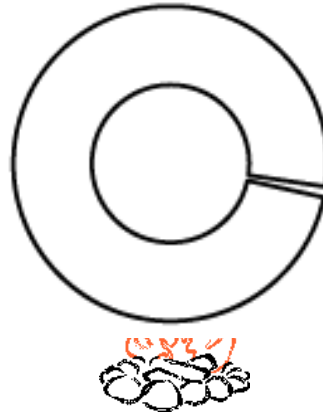
پاسخ:

گزینه ی ۴)

از آن جا که وقتی جسمی انبساط می یابد، فاصله تمام ذره های آن از یک دیگر افزایش می یابد، فاصله ذره ها که بین دو سوراخ اند، افزایش یافته و **فاصله ی دو سوراخ** از هم ، بیش تر می شود. در ضمن **قطر سوراخ ها و مساحت کل صفحه نیز افزایش** می یابد .

پرسش:

مطابق شکل، شکاف کوچکی را در یک واشر فلزی بریده ایم. اگر واشر را گرم کنیم، شکاف پهن تر می شود یا باریک تر؟



پاسخ:

در اثر گرمای مساحت کل واشر چه قسمت فلزی و چه قسمت خالی افزایش می یابد و در نتیجه شکاف بین واشر هم افزایش می یابد .

تمرین:

دمای یک قرص فلزی  $400^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم به مساحت آن به اندازه  $0.08\%$  / مساحت اولیه افزوده می شود ضریب انبساط طولی این قرص چقدر است؟

پاسخ:

$$\alpha = 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\theta = 400^{\circ}\text{C} \\ \Delta A = +0.08A_1 \\ \alpha = ? \end{array} \right. \quad \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta\theta$$

$$0.08A_1 = 2\alpha A_1 \times 400$$

$$\alpha = \frac{0.08}{800}$$

$$\alpha = 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$



شکل های (الف) و (ب) نشان می دهند که وقتی روی یک ورقه فلزی حفره های دایره ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم، قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می شود. فرض کنید جنس ورقه، برنجی است و حفره ای به قطر یک اینچ ( $۲/۵۴\text{cm}$ ) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه،  $۲۰۰^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد، افزایش مساحت حفره چقدر خواهد شد؟  $\alpha_{\text{فلز}} = ۱۹ \times ۱۰^{-۶} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

پاسخ:

شعاع حفره

$$r = \frac{۲/۵۴}{۲} \text{cm} = ۱/۲۷ \text{cm} \Rightarrow A_1 = \pi r^2 \Rightarrow A_1 = ۳/۱۴ \times ۱/۲۷^2 \approx ۵ \text{cm}^2$$

$$\Delta\theta = ۲۰۰^{\circ}\text{C}$$

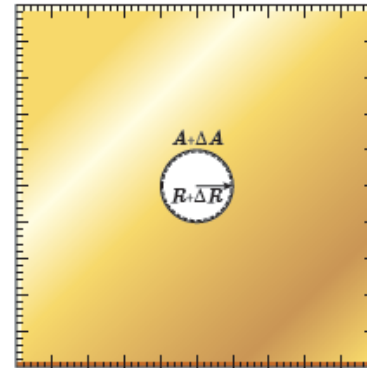
$$\Delta A = ۲\alpha A_1 \Delta T$$

$$\Delta A = ?$$

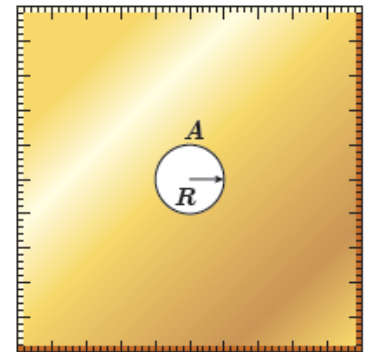
$$\Delta A = ۲ \times ۱۹ \times ۱۰^{-۶} \times ۵ \times ۲۰۰$$

$$\Delta A = ۳/۸ \times ۱۰^{-۲} \text{cm}^2$$

$$\alpha_{\text{فلز}} = ۱۹ \times ۱۰^{-۶} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$



(ب)



(الف)

تمرین:

دمای یک صفحه فلزی  $10^{\circ}\text{C}$  است. دمای آن را به چند درجه سلسیوس برسانیم

تا مساحتش به اندازه  $0.03$  /  $0.03$  سطح اولیه کاهش یابد؟  $\alpha_{\text{فلز}} = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

پاسخ:

$$\theta_1 = -10^{\circ}\text{C}$$

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

$$\theta_2 = -60^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_2 = ?$$

$$-0.03A_1 = 2 \times 3 \times 10^{-5} \times A_1 \times \Delta\theta$$

$$-3 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-5} \times \Delta\theta$$

$$\Delta A = -0.03A_1$$

$$\Delta\theta = \frac{-3 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-5}} = -50$$

$$\alpha_{\text{فلز}} = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

$$\theta_2 - \theta_1 = -50$$

$$\theta_2 + 10 = -50$$

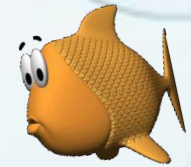
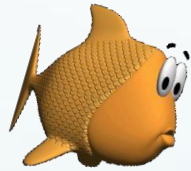
$$\theta_2 = -50 - 10 = -60^{\circ}\text{C}$$

تمرین:

ابعاد صفحه آهنی با ضریب انبساط طولی  $\frac{1}{C} \times 10^{-5}$  به صورت  $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  است اگر دمای صفحه  $50^\circ\text{C}$  افزایش یابد مساحت صفحه چقدر افزایش پیدا می کند.

پاسخ:

$$\Delta A = . / 24 \text{ cm}^2$$

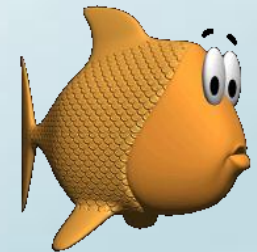


# موضوع: انبساط حجمی جامدات و مایعات



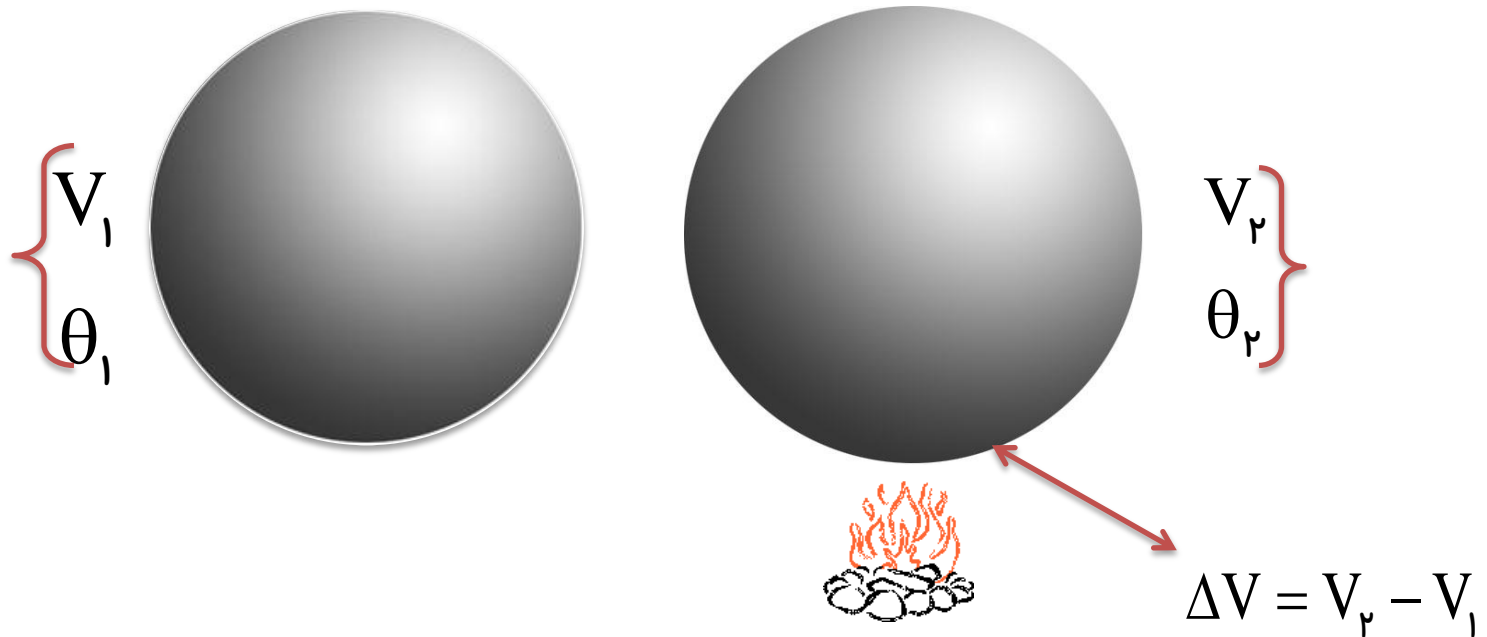
**آموزش مجازی**  
فیزیک عمومی رشته برق  
نام استاد: رضا رضائی مزدهی  
دانشکده فنی و مهندسی شهید چمران رشت

دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
دانشکده فنی و مهندسی



## ج) انبساط حجمی جامدها:

افزایش دما باعث افزایش حجم جامدها نیز می شود.



# تغییر حجم یک جسم، به چه عواملی بستگی دارد؟ $\Delta V$

$$\Delta V \propto V_1$$

۱- به حجم اولیه  $V_1$

$$\Delta V \propto \Delta\theta$$

۲- تغییرات دما  $\Delta\theta$

$$\Delta V \propto \beta$$

۳- ضریب انبساط حجمی جسم  $\beta$

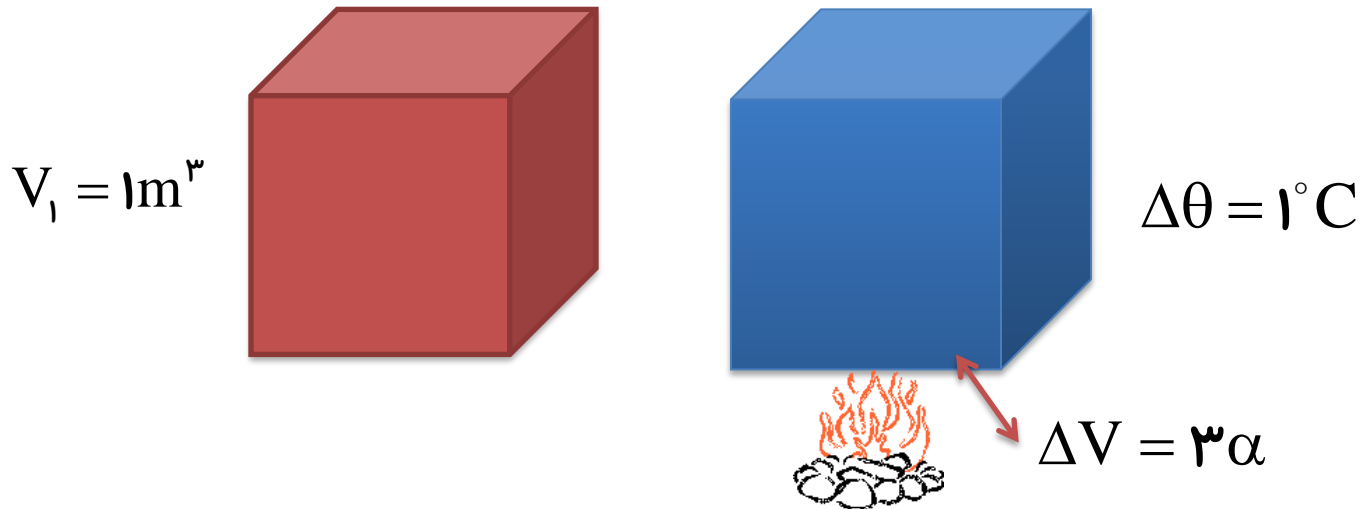
$$\Delta V = \beta V_1 \Delta\theta$$

$$V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta\theta)$$

ضریب انبساط حجمی:  $(\alpha_v)$ 

افزایش حجم واحد حجم  $(1 \text{ m}^3)$  یک ماده وقتی که دمای آن یک کلوین (یا سانتی گراد) بالا رود

$$\alpha_v = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta \theta} \rightarrow \alpha_v = \frac{\Delta V}{1 \text{ m}^3 \times 1^\circ \text{C}} \rightarrow \alpha_v = \frac{\text{افزایش حجم}}{\text{یک درجه کلوین} \times \text{واحد حجم}}$$



تمرین:

دمای مکعب مستطیلی فلزی به ابعاد  $10\text{ cm}$ ،  $6\text{ cm}$  و  $5\text{ cm}$  را به اندازه  $200^\circ\text{C}$

افزایش می دهیم، حجم جدید چقدر می شود؟  $\alpha_{\text{فلز}} = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

پاسخ:

$$V_2 = 305/4 \text{ cm}^3$$



$$a = 5 \text{ cm}$$

$$b = 6 \text{ cm}$$

$$c = 1.0 \text{ cm}$$

$$\Delta\theta = 20.0^\circ \text{C}$$

$$V_2 = ?$$

$$\alpha_{\text{فزل}} = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

$$V_1 = abc \rightarrow V_1 = 5 \times 6 \times 1.0 = 30.0 \text{ cm}^3$$

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

$$V_2 = 30.0 \cdot (1 + 3 \times 3 \times 10^{-5} \times 20.0)$$

$$V_2 = 30.0 \cdot (1 + 0.018)$$

$$V_2 = 30.54 \text{ cm}^3$$

تمرین:

در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ ، حجم یک ظرف مسی برابر یک لیتر است. حجم این

ظرف در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  چقدر است؟  $\alpha_{\text{مس}} = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

پاسخ:

$$V_2 = 1/0.41\text{L}$$

تمرین:

اگر حجم یک گلوله سربی در دمای  $30^{\circ}\text{C}$  برابر  $50\text{ cm}^3$  باشد، حجم آن در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  چه مقدار خواهد بود؟ (  $\alpha_{\text{سرب}} = 29 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$  )

پاسخ:

$$V_2 = 50.13\text{ cm}^3$$

## محاسبه ی درصد تغییرات طول، سطح و حجم

درصد تغییر هر کمیت از رابطه ی  $\frac{\Delta \text{کمیت}}{\text{کمیت اولیه}} \times 100\%$  به دست می آید.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta L = \alpha L_1 \Delta \theta \Rightarrow \text{درصد تغییرات طول} = \frac{\Delta L}{L_1} \times 100\% = (\alpha \times \Delta \theta) \times 100\% \\ \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta \theta \Rightarrow \text{درصد تغییرات سطح} = \frac{\Delta A}{A_1} \times 100\% = (2\alpha \times \Delta \theta) \times 100\% \\ \Delta V = 3\alpha V_1 \Delta \theta \Rightarrow \text{درصد تغییرات حجم} = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100\% = (3\alpha \times \Delta \theta) \times 100\% \end{array} \right.$$

درصد تغییرات سطح **دو برابر** درصد تغییرات طولش و درصد تغییرات **حجم سه برابر** درصد تغییرات طولش است.

تمرین :

دمای صفحه‌ای از آلومینیوم به اندازه‌ی  $200^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یابد، مساحت صفحه چند درصد کاهش می‌یابد؟ (  $\alpha_{\text{AL}} = 25 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$  )

پاسخ:

درصد مساحت کاهش یافته = 1%

$$\left. \begin{array}{l} \Delta\theta = -200^{\circ}\text{C} \\ \text{درصد تغییرات مساحت} = \frac{\Delta A}{A_1} \times 100\% \\ \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta\theta \end{array} \right\} = \frac{2\alpha A_1 \Delta\theta}{A_1} \times 100\%$$

درصد تغییرات مساحت = ?

$$\text{درصد تغییرات مساحت} = 2 \times 25 \times 10^{-6} \times (-200) \times 100\%$$

$$\alpha = 25 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \quad \text{درصد تغییرات مساحت} = -1\%$$

تمرین:

ضریب انبساط سطحی کره ای  $\frac{1}{C} \times 10^{-5} \times 2$  دمای این کره را  $200^{\circ}C$  بالا ببریم،  
حجم آن چند درصد افزایش می یابد؟

پاسخ:

$6\% =$  درصد حجم افزایش یافته

$$\text{درصد تغییرات حجم} = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100\% = (3\alpha \times \Delta\theta) \times 100\%$$

$$\text{درصد تغییرات حجم} = \left(\frac{3}{2} \times 2\alpha \times \Delta\theta\right) \times 100\%$$

$$\text{درصد تغییرات حجم} = \left(\frac{3}{2} \times 2 \times 10^{-5} \times 200\right) \times 100\%$$

$$\text{درصد تغییرات حجم} = 6\%$$

$$2\alpha = 2 \times 10^{-5} \frac{1}{C}$$

$$\Delta\theta = 200^{\circ}C$$

**درصد تغییرات حجم = ?**

تمرین:

دمای یک صفحه آهنی  $20^{\circ}\text{C}$  است. درجه دمایی مساحت این صفحه به اندازه‌ی

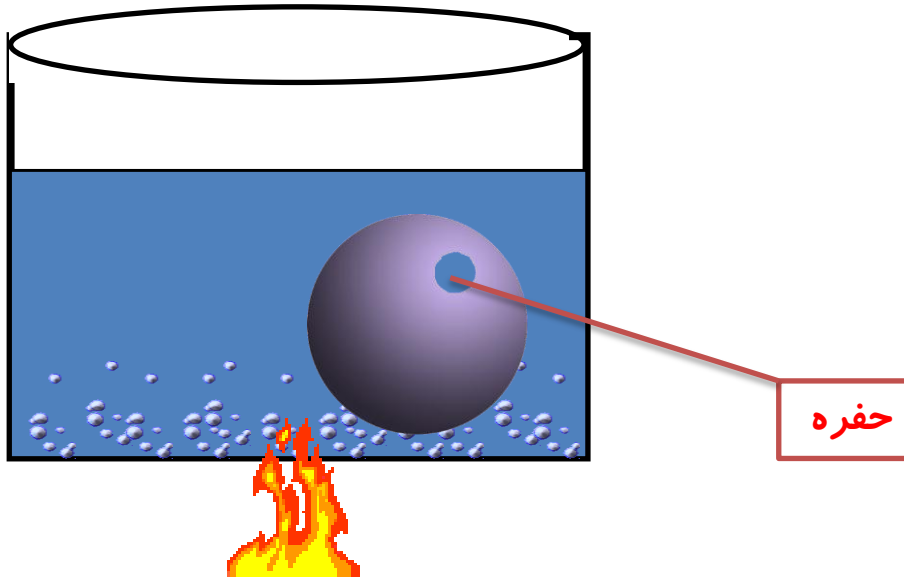
$0.01\%$  سطح اولیه افزایش می‌یابد؟  $\alpha_{\text{آهن}} = 10 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$

پاسخ:

$$\theta_p = 7^{\circ}\text{C}$$

پرسش:

داخل کره فلزی از جنس فولاد حفره ای وجود دارد. اگر این کره را داخل آب جوش بیندازیم حجم حفره چه تغییری می کند؟



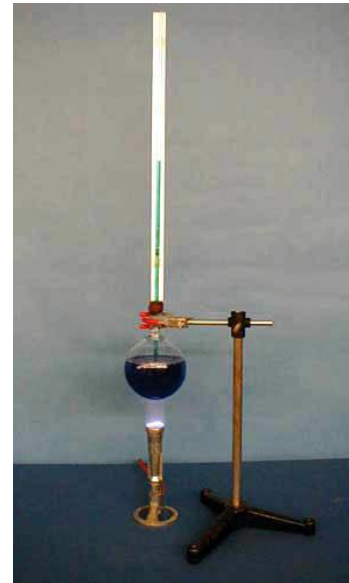
پاسخ:

با افزایش دما شعاع و حجم حفره و حجم کره هر دو افزایش می یابد زیرا فاصله تمام مولکول های روی سطح کره تو خالی بر اثر افزایش دما، منبسط و مساحت این کره افزایش می یابد.



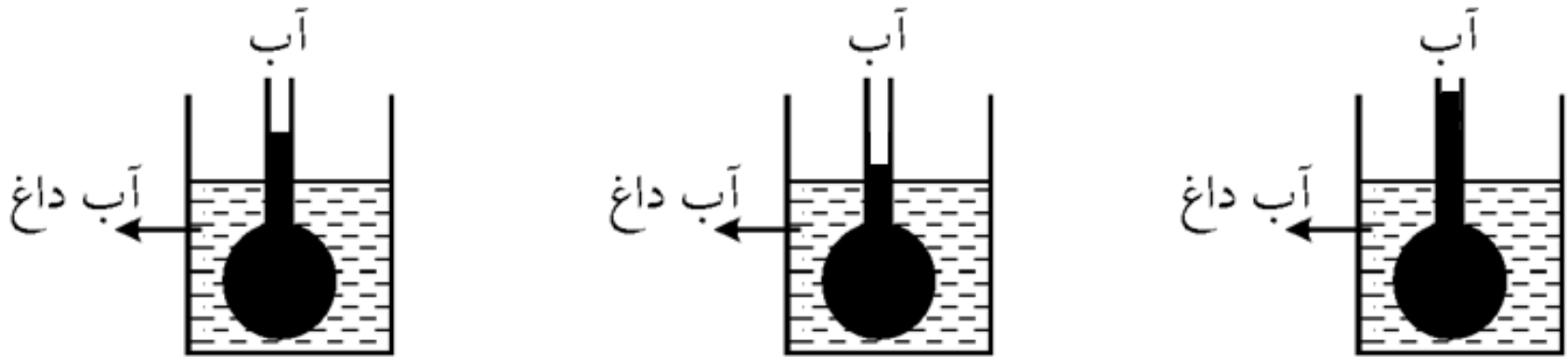
## انبساط حجمی مایعها:

با افزایش دمای مایع، حرکت کاتوره ای اتم ها و مولکولها افزایش می یابد. در نتیجه اتمها و مولکول ها از هم دور شده و حجم مایع بیشتر می شود. انبساط و انقباض مایعات تنها از نوع انبساط و انقباض **حجمی** است.



پرسش :

## انبساطی که از مایعات می بینیم انبساط واقعی است یا خیر؟



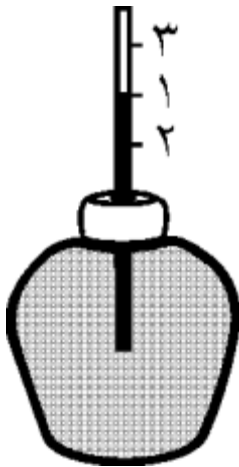
ابتدا مایع پایین می رود  
(ظرف شیشه ای  
رسانای ضعیف گرماست منبسط می شود)



سپس مایع (ضریب  
انبساطش بیشتر است)  
منبسط می شود

پرسش :

آب رنگی را درون ظرف شیشه ای که با یک درپوش پلاستیکی بسته شده است، می ریزیم و لوله شیشه ای را طوری در دهانه ی بالون قرار می دهیم که هیچ هوایی وارد بالون نشود. حال بالون را درون ظرف آبی قرار داده و ظرف را حرارت می دهیم. چه اتفاقی می افتد؟



پاسخ:

قبل از حرارت، مایع در نقطه ی ۱ قرار دارد و بعد از گرم کردن ابتدا تا نقطه ی ۲ پایین آمده سپس تا نقطه ی ۳ بالا می رود

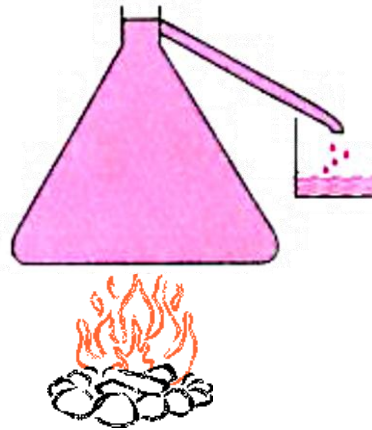
پرسش:

اگر دمای ظرف پراز مایع افزایش یابد چه اتفاقی می افتد؟

پاسخ:

مقداری از مایع از ظرف بیرون می ریزد، به حجم مایع بیرون ریخته شده «انبساط ظاهری مایع» می گویند می توان نوشت:

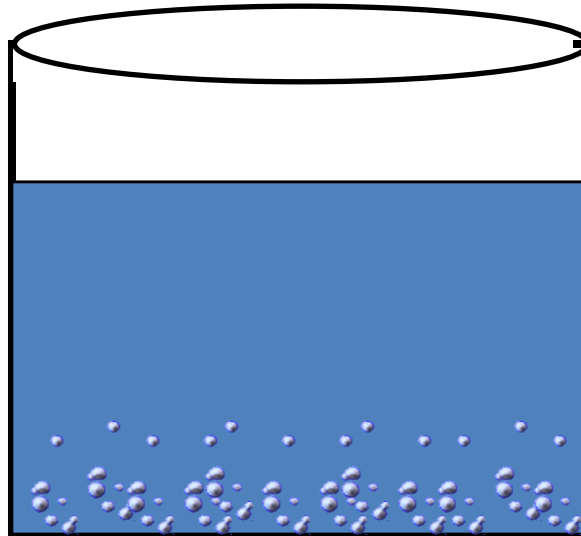
$$\text{انبساط ظرف} + \text{انبساط ظاهری مایع} = \text{انبساط واقعی مایع}$$



چند نکته :

همیشه انبساط واقعی مایع از انبساط ظاهری مایع بیشتر است.

ضریب انبساط حجمی مایعات بسیار بزرگتر از ضریب انبساط حجمی جامدات است بنابراین انبساط مایع بیشتر از انبساط ظرف است



## «انبساط واقعی مایع»

اگر حجم اولیه‌ی مایع را  $V_1$  بنامیم تغییر حجم واقعی مایع در اثر تغییر دمای  $\Delta\theta$  از رابطه‌ی  
رو به رو محاسبه می‌شود:

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

$$V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta\theta)$$

حجم نهایی مایع

حجم اولیه مایع

تغییرات دما

ضریب انبساط حجمی مایع

## «انبساط ظاهری مایع»

تفاضل انبساط واقعی مایع از انبساط ظرف «انبساط ظاهری مایع» بدست می آید.

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

$$\beta' = \beta - \gamma \alpha$$

ضریب انبساط ظاهری مایع

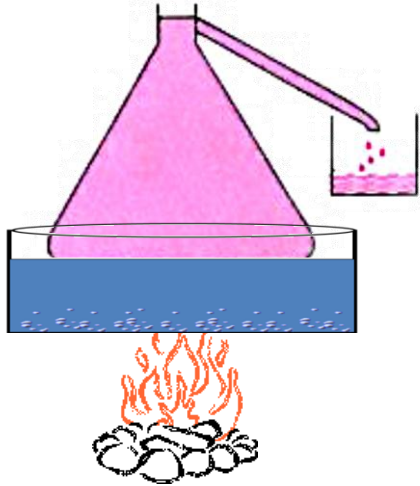
ضریب انبساط واقعی مایع

ضریب انبساط حجمی ظرف

فعالیت ۴-۵:

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که با آن بتوانید حجم گلیسیرین سرریز شده را اندازه بگیرید. سپس از روی آن، ضریب انبساط حجمی گلیسیرین را تعیین کنید.

پاسخ:



یک ارلن شیشه ای را پراز گلیسیرین می کنیم دمای اولیه گلیسیرین  $\theta_1$  و حجم اولیه آن  $V_1$  است که با حجم ارلن شیشه ای برابر است. مجموعه ی آن ها را درون یک ظرف محتوی آب داغ قرار می دهیم تا به صورت یکنواخت گرما به ارلن داده شود گلیسیرین و ظرف هر دو منبسط می شوند و مقداری از گلیسیرین سرریز می شود که با اندازه گیری حجم گلیسیرین سرریز شده و داشتن  $\alpha$  شیشه باقرار دادن در رابطه ی زیر  $\beta$  گلیسیرین را محاسبه می کنیم

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} = \Delta V_{\text{ظرف}} - (\beta_{\text{گلیسیرین}} - \alpha_{\text{ظرف}}) V_1 \Delta \theta$$



خروج



پرسش:

چرا کتری پر از آب در اثر گرم شدن سرریز می شود؟



پاسخ:

پیوندهای بین مولکولی مایع از پیوندهای مولکولی جامد ضعیف تر است. به همین علت مایع انبساط بیشتری دارد. در واقع ضریب انبساط حجمی مایع ( $\beta$ ) از ضریب انبساط حجمی جامد ( $3\alpha$ ) بیشتر است

تمرین:

ظرف آلومینومی به حجم یک لیتر به طور کامل از جیوه پر شده است اگر دمای آن را ۱۰۰°C افزایش دهیم. چه مقدار جیوه از ظرف سرریز می شود؟

(ضریب انبساط طولی ظرف  $\frac{1}{C} \times 10^{-6} \times 23$  و ضریب انبساط حجمی مایع  $\frac{1}{C} \times 10^{-4} \times 1/8$ )

پاسخ:

حجم جیوه سرریز شده =  $11/1 \text{ cm}^3$ 

$$V_1 = 1L = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\Delta\theta = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta V_{\text{جیوه}} = \beta V_1 \Delta\theta$$

$$\Delta V_{\text{جیوه}} = 1/8 \times 10^{-4} \times 1000 \times 100 = 18 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = 3\alpha V_1 \Delta\theta$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = 3 \times 23 \times 10^{-6} \times 1000 \times 100 = 6/9 \text{ cm}^3$$

$$\text{حجم جیوه سرریز شده} = \Delta V_{\text{جیوه}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = 18 - 6/9$$

$$\text{حجم جیوه سرریز شده} = 11/1 \text{ cm}^3$$

? = حجم جیوه سرریز شده

$$\alpha_{\text{فلز}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

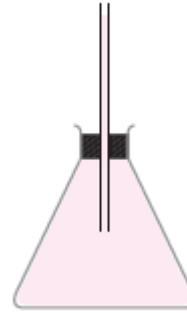
$$\beta_{\text{مایع}} = 1/8 \times 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

تمرین:

ظرفی به حجم  $500 \text{ cm}^3$  را آزمایشی پرمی کنیم و دمای آن را  $40.0^\circ\text{C}$  افزایش می دهیم. چند سانتی متر مکعب مایع از ظرف سرریز می شود؟  
 (ضریب انبساط طولی ظرف  $\frac{1}{C} \cdot 10^{-5}$  و ضریب انبساط حجمی مایع  $\frac{1}{C} \cdot 10^{-4} \times \frac{1}{8}$ )

پاسخ:

$$\Delta V' = 3 \cdot \text{cm}^3$$



تمرین:

دمای یک لیتر از مایعی را از  $50^{\circ}\text{C}$  به  $75^{\circ}\text{C}$  افزایش می دهیم. تغییر حجم مایع برابر  $6\text{cm}^3$  می شود. ضریب انبساط حجمی مایع را بدست آورید.

پاسخ:

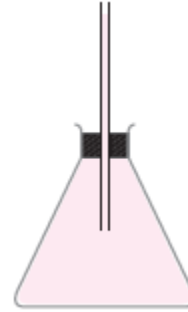
$$\beta = 2/4 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$$

تمرین:

ظرفی به حجم ۲ لیتر لبریز از گلیسیرین است. اگر دمای مجموعه  $50^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم چه حجمی از گلیسیرین از ظرف بیرون می ریزد؟ (ضریب انبساط طولی ظرف  $2 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$  و ضریب انبساط حجمی گلیسیرین  $15 \times 10^{-5} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$  است)

پاسخ:

$$\Delta V = 9 \times 10^{-3} \text{ L}$$



پرسش :

با افزایش دما ، چگالی یک جسم چه تغییری می کند؟

پاسخ:

با افزایش دما، جرم جسم ثابت و حجم آن افزایش می یابد. بنابراین طبق رابطه

$$\rho = \frac{m}{V}$$

چگالی جسم کاهش می یابد

$$\downarrow \rho = \frac{m}{V \uparrow}$$

افزایش دما که به طور معمول موجب افزایش حجم اجسام می شود، بر جرم آنها تأثیری ندارد. به همین دلیل انتظار داریم که چگالی اجسام با افزایش دما کاهش یابد. رابطه چگالی با تغییر دما به صورت  $\rho_2 = \rho_1 / (1 + \beta \Delta T)$  است که در آن  $\rho_1$  و  $\rho_2$  به ترتیب چگالی ماده در دماهای  $T_1$  و  $T_2$ ، ضریب انبساط حجمی و  $\Delta T = T_2 - T_1$  است. الف) رابطه چگالی با تغییر دما را به دست آورید.

ب) نشان دهید با تقریب مناسبی می توان چگالی جسم را از رابطه  $\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$  نیز به دست آورد.

پاسخ:

پاسخ:

(الف)

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{\text{جرم ثابت است}} \left. \begin{aligned} \frac{\rho_2}{\rho_1} &= \frac{V_1}{V_2} \\ V_2 &= V_1(1 + \beta\Delta\theta) \end{aligned} \right\} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\cancel{V_1}}{\cancel{V_1}(1 + \beta\Delta\theta)} \rightarrow \rho_2 = \frac{\rho_1}{(1 + \beta\Delta\theta)}$$

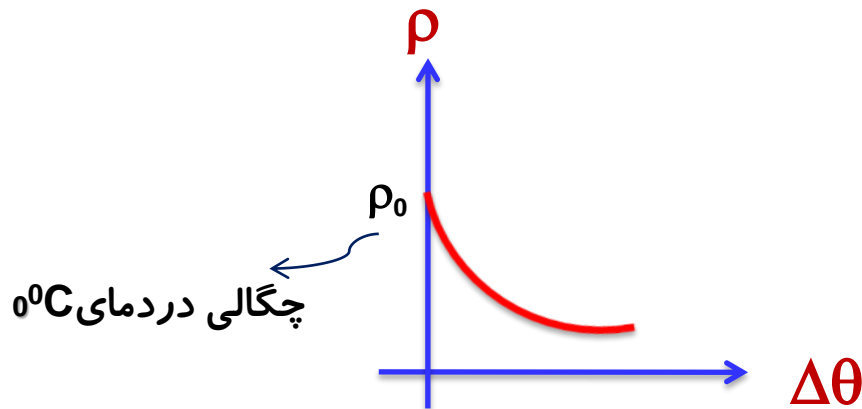
(ب)

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{(1 + \beta\Delta\theta)} \xrightarrow{\substack{\text{صورت و مخرج را در رابطه} \\ \text{زیر ضرب می کنیم}}} \rho_2 = \frac{\rho_1 \times (1 - \beta\Delta\theta)}{(1 + \beta\Delta\theta) \times (1 - \beta\Delta\theta)}$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 \times (1 - \beta\Delta\theta)}{1 - \cancel{\beta^2\Delta\theta^2}} \xrightarrow{\substack{\text{باتوجه به کوچک بودن} \\ \text{ضریب } \beta \text{ از عبارت } (\beta\Delta T)^2 \\ \text{می توان صرف نظر کرد.}}} \rho_2 = \rho_1(1 - \beta\Delta\theta)$$

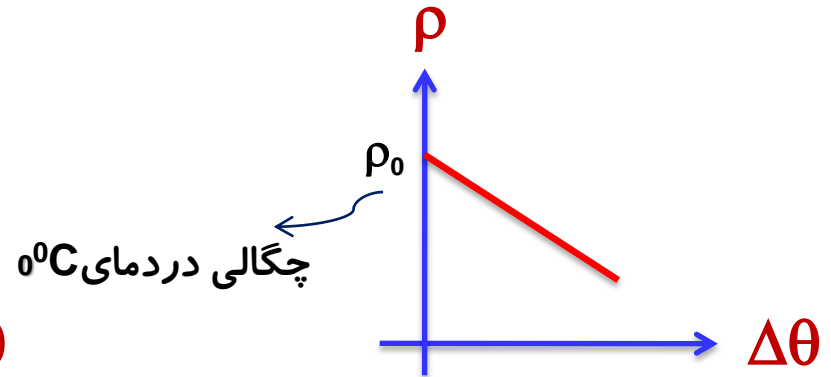


نمودار تغییرات چگالی بر حسب دما (برای بیشتر مواد غیر از آب) را رسم کنید.



$$\rho = \frac{\rho_0}{(1 + \beta \Delta\theta)}$$

به طور دقیق



$$\rho = \rho_0 (1 - \beta \Delta\theta)$$

به طور تقریبی  
(نسبت به رابطه اصلی)

تمرین:

اگر دمای الکل  $50^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم چگالی آن چقدر می شود؟

$$\left( \rho_{\text{الکل}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ و } \beta_{\text{الکل}} = 1/1 \times 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right)$$

پاسخ:

$$\rho_2 = 756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\theta = 50^{\circ}\text{C} \\ \rho_2 = ? \\ \rho_1 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \beta = 1/1 \times 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \end{array} \right.$$

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

$$\rho_2 = 800 \times (1 - 1/1 \times 10^{-3} \times 50) = 800 \times (1 - 0.55)$$

$$\rho_2 = 756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

تمرین:

دمای یک قطعه فولادی را چقدر افزایش دهیم تا چگالی آن ۱ درصد کاهش یابد؟

$$\left( \alpha_{\text{فولاد}} = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \right)$$

پاسخ:

$$\Delta T \approx 3.3 \text{K}$$

$$\Delta T = ?$$

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

$$\rho_2 = .99 \rho_1$$

$$.99 \rho_1 = \rho_1 (1 - 3 \times 11 \times 10^{-6} \Delta T)$$

$$.99 = 1 - 33 \times 10^{-6} \Delta T$$

$$33 \times 10^{-6} \Delta T = 1 - .99 = .01$$

$$\Delta T = \frac{.01}{33 \times 10^{-6}} \approx 3.3 \text{K}$$

$$\alpha_{\text{فولاد}} = 11 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

$$\beta = 3\alpha$$

تمرین:

اگر دمای مقداری بنزین از  $20^{\circ}\text{C}$  به  $30^{\circ}\text{C}$  برسد، چگالی آن چند درصد تغییر می کند؟ (  $\beta_{\text{بنزین}} = 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$  )

پاسخ:

$$\Delta T \approx 30 - 20 = 10 \text{ K}$$

$$\left. \begin{array}{l} \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \\ \theta_2 = 30^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \Delta\theta = 30 - 20 = 10^{\circ}\text{C}$$

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

$$\rho_2 - \rho_1 = -\rho_1 \beta \Delta T$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_1} = -\beta \Delta T$$

$$\beta_{\text{بنزین}} = 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_1} = ?$$

$$\text{درصد تغییرات چگالی} = \frac{\Delta\rho}{\rho_1} \times 100\% = -10^{-3} \times 10 \times 100\% = -1\%$$

تمرین:

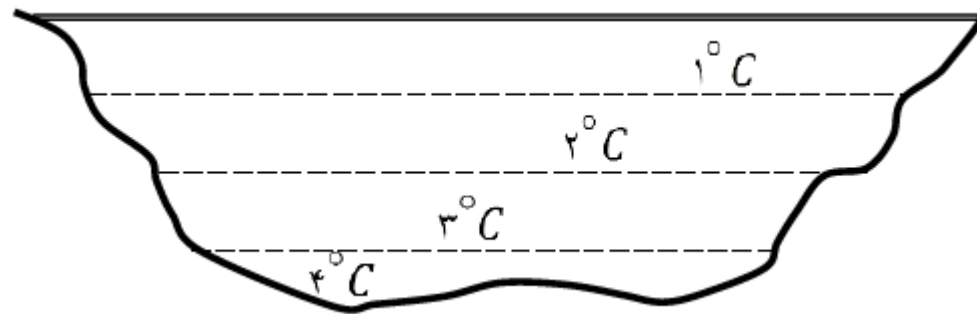
چگالی آهن در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  برابر  $7/8 \text{ g/cm}^3$  است. اگر دمای آن را  $100^{\circ}\text{C}$  افزایش دهیم چگالی آن چه مقدار تغییر می کند؟ (  $\alpha_{\text{آهن}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$  )

پاسخ:

$$\Delta\rho = -28/0.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## انبساط غیر عادی آب

حجم بیشتر مایعها با کاهش دما، کاهش می یابد ولی آب رفتاری متفاوت دارد. وقتی مقدار مشخصی از آب را سرد می کنیم تا دمای آن به  $4^{\circ}\text{C}$  برسد، حجم آن طبق روال عادی کاهش می یابد.



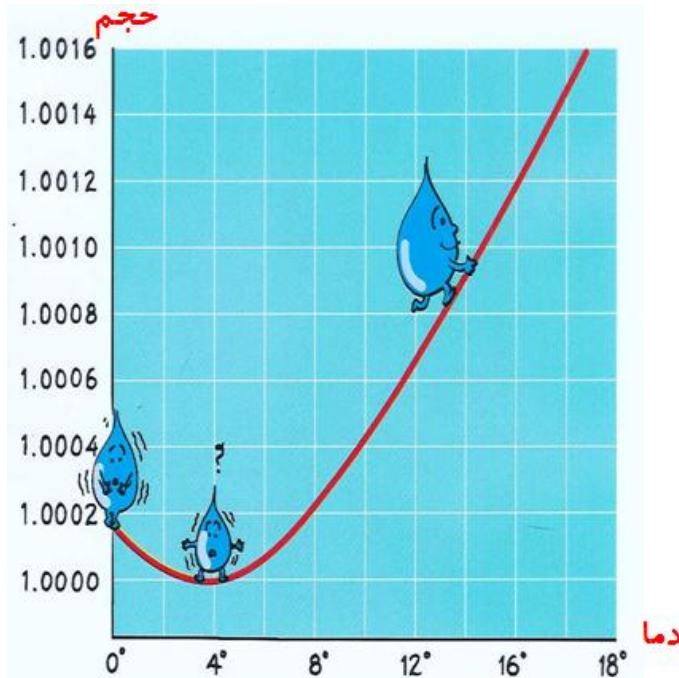
پرسش :



اگر آب  $4^{\circ}\text{C}$  را تا دمای  $0^{\circ}\text{C}$  سرد کنیم چه اتفاقی می افتد؟

پاسخ:

آب از دمای  $4^{\circ}\text{C}$  تا صفر درجه افزایش حجم پیدا می کند و در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  حجم آن کمترین مقدار را دارد.



## تغییرات چگالی با دما

با افزایش دما جرم جسم ثابت می ماند.

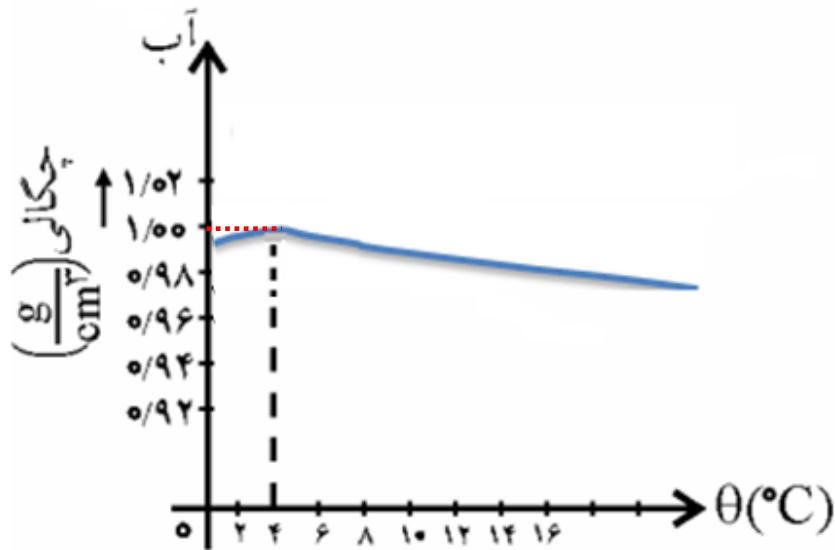
با توجه به اینکه افزایش دما، **حجم** جسم را **افزایش** می دهد می توان گفت افزایش دما **چگالی** را **کاهش** می دهد. زیرا چگالی با حجم رابطه وارون دارند.

$$\downarrow \rho = \frac{m}{v \uparrow}$$



## تغییرات چگالی آب با دما

حجم آب در  $4^{\circ}\text{C}$  کمترین مقدار خود را دارد در نتیجه چگالی آب در  $4^{\circ}\text{C}$  نیز به بیشترین مقدار خود می‌رسد.



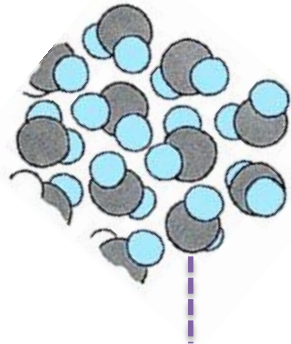
چگالی	حجم	دما	بازه دمایی
↑	↓	↑	$4^{\circ}\text{C}$ تا $0^{\circ}\text{C}$
↓	↑	↓	$0^{\circ}\text{C}$ تا $4^{\circ}\text{C}$

پرسش :

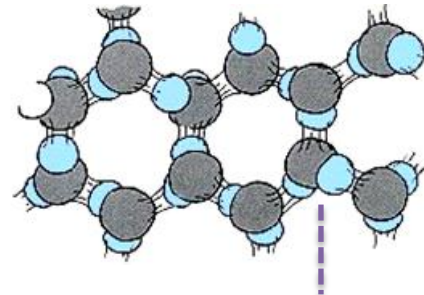
## دلیل رفتار غیر عادی آب در محدوده دمایی $0^{\circ}\text{C}$ تا $4^{\circ}\text{C}$ چیست؟

پاسخ:

آرایش مولکولی آب در بلور یخ به گونه ای است که در بعضی از نقاط، مولکول به هم نزدیک و در بعضی نقاط از هم دورند و بین آنها فضای خالی وجود دارد. در  $4^{\circ}\text{C}$  تقریباً تمام ساختار مولکولی بلور یخ از بین می رود و فضای خالی پُر و آرایش مولکولها یکنواخت می شود. که این رفتار منجر به کاهش حجم و افزایش چگالی می شود. در محدوده  $0^{\circ}\text{C}$  تا  $4^{\circ}\text{C}$  بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز وجود دارد و این باعث می شود آب، رفتاری غیرعادی داشته باشد.



مولکولهای آب به هم نزدیک اند



مولکولهای یخ از هم دورند

وقتی آب در یک ظرف روباز یخ می بندد معمولاً یک برآمدگی مرکزی ایجاد می شود. در این مورد تحقیق کنید.

پاسخ:

یخ زدن آب از دیواره های ظرف و سطح آب شروع می شود، همچنین با کاهش دمای آب از  $40^{\circ}\text{C}$  تا  $0^{\circ}\text{C}$  حجم آب افزایش می یابد. پس درحین یخ زدن آب از طرف دیواره ها حجم نیز افزایش می یابد. چون مایع ها تراکم ناپذیرند. این افزایش حجم به تدریج به نقطه میانی ظرف منتقل و باعث بالا آمدن سطح آب درحین انجماد می شود.

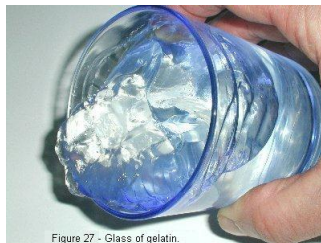
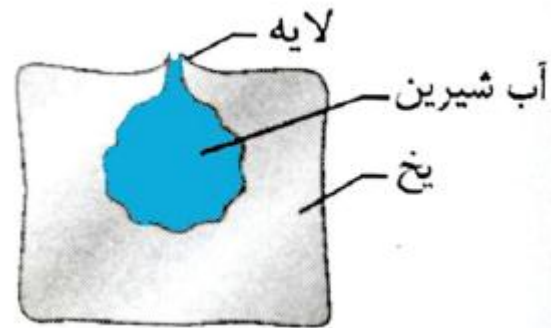


Figure 27 - Glass of gelatin.





## آموزش مجازی

فیزیک عمومی رشته برق

نام استاد: رضا رضائی مزدهی

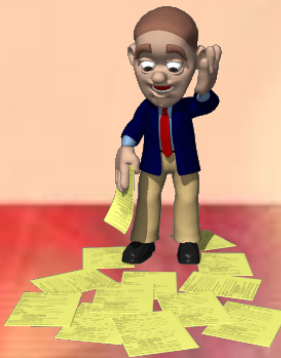
دانشکده فنی و مهندسی شهید چمران رشت



## موضوع: گرما و دمای تعادل



برگشت



قبلی



خروج

بعدی

# گرما Q

به انرژی خالص انتقال یافته بر اثر اختلاف دمای دو جسم، گرما گفته می شود.

نکته:

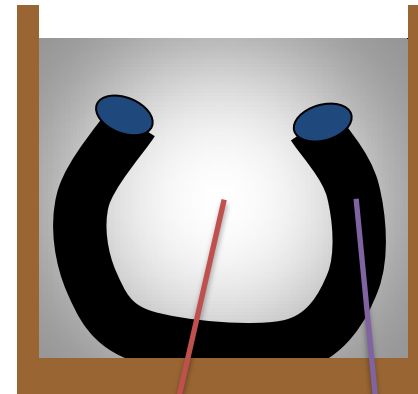
عبارت: گرمایی که جسم دارد، **نادرست** است. گرما مربوط به انرژی در حال گذار (انرژی انتقال یافته) است

$$\theta_2 > \theta_1$$



ضربات شخص همانند  
(ضربات مولکولهای آب  
داغ به مولکولهای آهن)

قطعه آهن سرد



آب داغ

قطعه آهن سرد

یکای گرما : گرما از جنس انرژی است. بنابراین یکای آن در SI ژول است.

$$1 \text{ Cal} \approx 4 / 2 \text{ J}$$

علت انتقال گرما : اختلاف دما است .

دمای جسم A از دمای جسم B بیشتر است.  $\longleftrightarrow$  گرمای خالص از A به B منتقل می شود

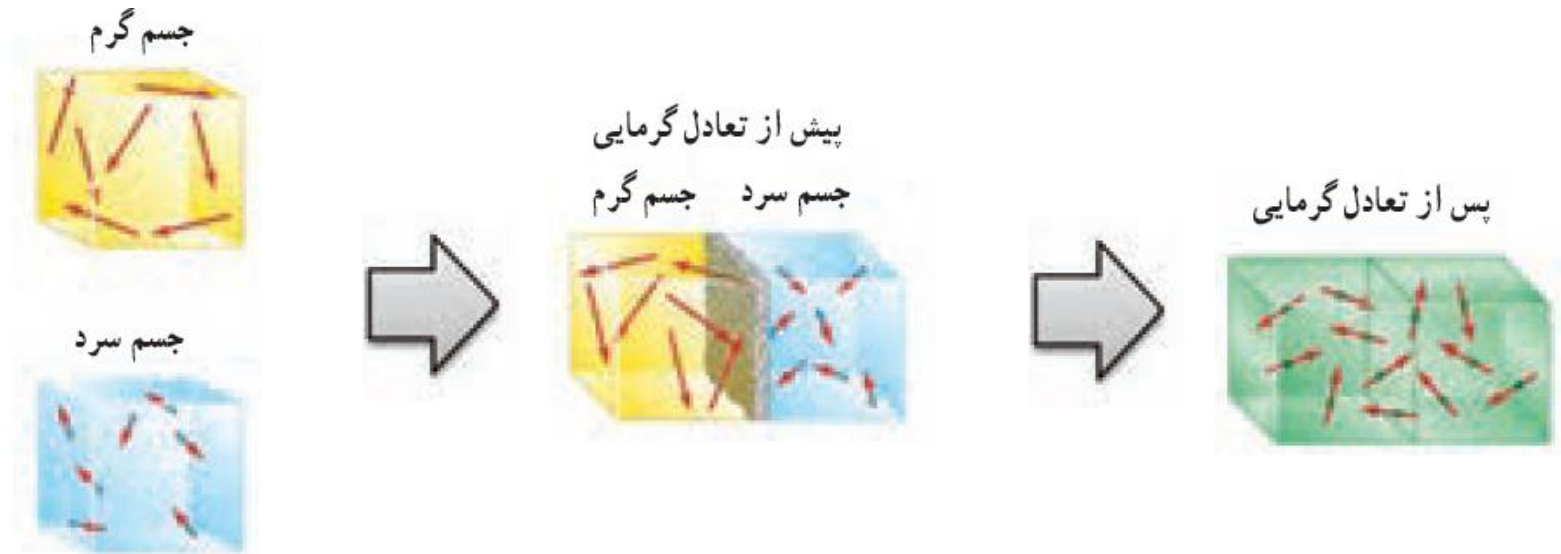
دمای دو جسم A و B یکسان است.  $\longleftrightarrow$  گرمای خالصی بین دو جسم مبادله نمی شود.

پرسش :

از دیدگاه میکروسکوپی برای دو جسم سرد و گرم که در تماس با یکدیگر قرار می گیرند، چه اتفاقی می افتد تا به تعادل گرمایی می رسند؟

پاسخ :

هنگام کاهش دمای جسم گرم، میانگین انرژی جنبشی و پتانسیل ذرات آن کاهش و باعث بالا بردن، میانگین انرژی جنبشی و پتانسیل ذرات جسم سرد و در نتیجه افزایش دمای آن می شود تا آنکه دو جسم به تعادل گرمایی برسند



الف) منظور از این جمله که «دماسنجها دمای خودشان را اندازه گیری می کنند» چیست؟  
 ب) در یک کلاس درس میز، صندلی، دانش آموز، تخته، شیشه پنجره و ... وجود دارد. در یک روز زمستانی، دمای کدام یک از آنها بیشتر از دمای هوای اتاق است؟ دمای کدام یک کمتر از دمای هوای اتاق است؟

پ) در شکل زیر میانگین انرژی جنبشی ذرات دو جسم چگونه تغییر کرده است؟

پاسخ:

الف) چون در اندازه گیری دما، دماسنج و محیط به تعادل گرمایی رسیده و هم دما می شوند، دماسنج ها با نشان دادن دمای خودشان، دمای محیط را نیز نشان می دهند.

ب) دمای بدن دانش آموز بیشتر از دمای بقیه اجسام است. دمای شیشه پنجره که در تماس با هوای سرد بیرون است از دمای بقیه اجسام کمتر است. سایر اجسام داخل کلاس نیز چون همگی با هوای کلاس در تعادل گرمایی هستند دمای ثابتی دارند.

پ) با رسیدن به تعادل گرمایی، میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم گرم کاهش و جسم سرد افزایش می یابد. (با هم دما شدن دو جسم، میانگین انرژی جنبشی ذرات آنها با هم مساوی است.)



ظرفیت گرمایی: با نماد  $C$  (بزرگ) نمایش داده می‌شود

مقدار گرمایی است که دمای جسم را  $1^{\circ}\text{C}$  یا  $1\text{K}$  افزایش می‌دهد.

یکای آن  $\frac{\text{J}}{\text{K}}$  است

پرسش:

ظرفیت گرمای یک جسم  $1000 \cdot \frac{\text{J}}{\text{K}}$  است یعنی چه؟

پاسخ:

اگر به جسم،  $1000\text{J}$  گرما دهیم، دمای آن  $1\text{K}$  افزایش می‌یابد.

نکته:

ظرفیت گرمایی اجسام به جنس جسم و جرم آن‌ها بستگی دارد.

# محاسبه گرما با استفاده از ظرفیت گرمایی:

$$Q = C\Delta T$$

گرما

تغییر دما

بر حسب ژول

ظرفیت گرمای جسم

بر حسب کلوین

بر حسب ژول بر کلوین

پرسش:

این جمله که «ظرفیت گرمایی آب بالاست یعنی توانایی محدودی در مبادله گرما دارد» درست است. چرا؟



پاسخ:

خیر. زیرا اگر مقدار آب زیاد باشد (در مقایسه با مواد دیگر) می تواند گرمای زیادی از محیط بگیرد یا اینکه به محیط بدهد، بدون آنکه دمایش تغییر زیادی بکند.

**گرمای ویژه:** با نماد **c** (کوچک) نمایش داده می‌شود

ظرفیت گرمایی واحد جرم اجسام را گرمای ویژه آن جسم گویند.

$$c = \frac{C}{m}$$

ظرفیت گرمای  $C$  بر جرم  $m$  گرمای ویژه  $c$

یکای آن  $\frac{J}{kg \cdot K}$  است

گرمای ویژه یک جسم به جنس ماده تشکیل دهنده آن بستگی دارد.

## تعریف دیگر گرمای ویژه:

مقدار گرمایی است که، باید به یک کیلوگرم از هر جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد .

پرسش:

گرمای ویژه آب  $\frac{J}{kg \cdot k}$  ۴۲۰۰ است یعنی چه؟

پاسخ:

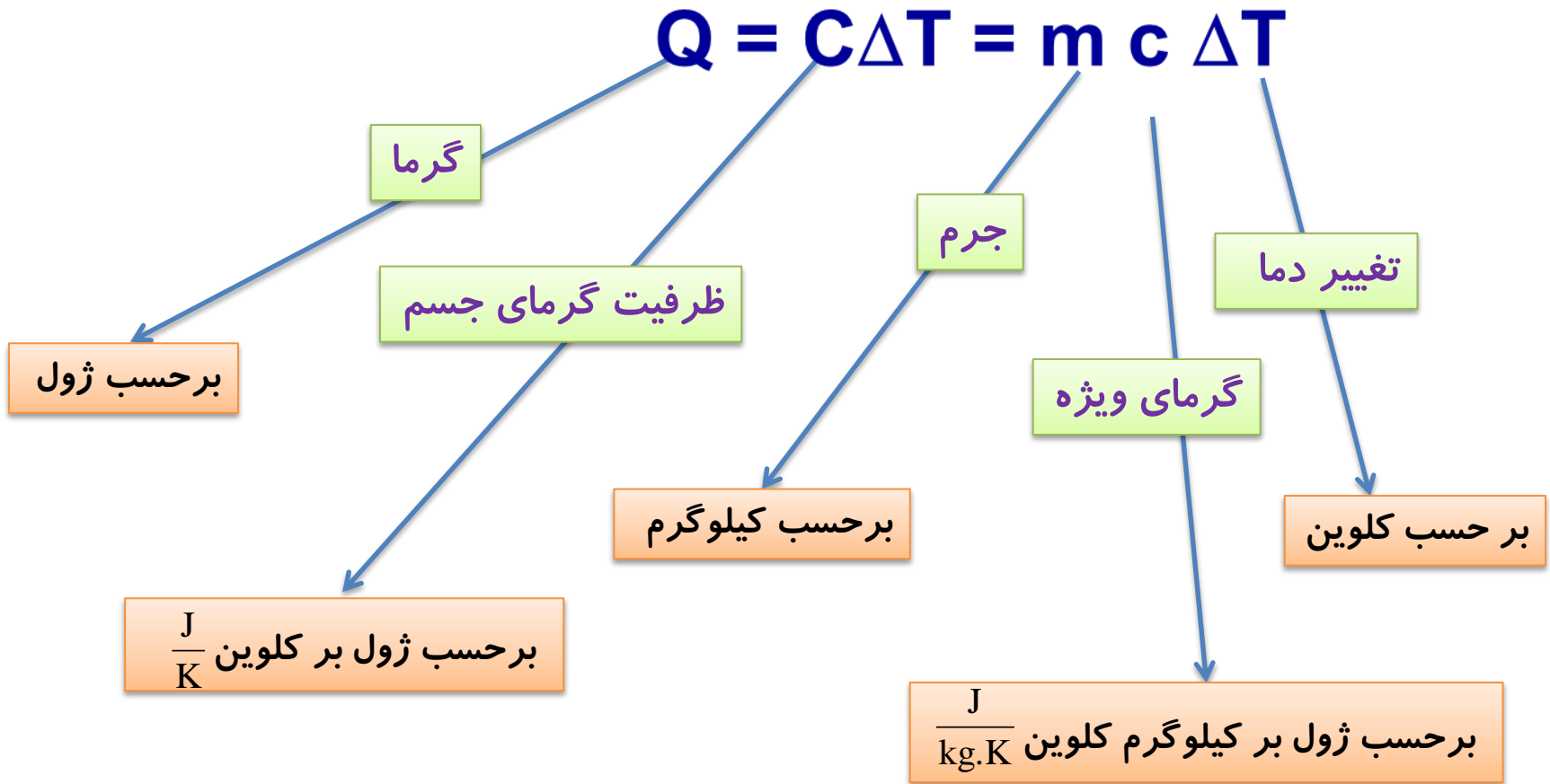
باید به ۱ kg آب، ۴۲۰۰ J انرژی گرمایی داده شود، تا دمای آن ۱ k افزایش یابد.

## مقایسه گرمای ویژه با ظرفیت گرمایی

ظرفیت گرمای یک جسم (C)	گرمای ویژه یک جسم (c)
مقدار گرمایی که یک جسم می گیرد تادمایش $1^{\circ}\text{C}$ بالا رود	مقدار گرمایی که $1\text{ kg}$ از یک جسم می گیرد تادمایش $1^{\circ}\text{C}$ بالا رود
به جرم و جنس ماده سازنده جسم بستگی دارد	فقط به جنس ماده سازنده جسم بستگی دارد
یکای آن $\text{J}/^{\circ}\text{C}$ است	یکای آن $\text{J}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$ است
بسته به جرم ماده تغییر می کند.	برای هر ماده عدد مشخصی است.

# فرمول مقدار گرمای لازم برای تغییر دما یک جسم:

$$Q = C \Delta T = m c \Delta T$$



نکته:

رابطه‌ی  $Q=mc\Delta\theta$  تا هنگامی برای یک جسم صادق است که ، **حالت جسم** در اثر مبادله گرما **تغییر نکند**، یعنی جامد تبدیل به مایع نشود، مایع تبدیل به گاز نشود و .....  
**گرما: کمیتی نرده‌ای است، اما برای آن علامت مثبت و منفی تعریف می‌شود.**



حالت تبخیر



حالت ذوب



## دمای جسم بعد از مبادله‌ی گرما:

اگر دما افزایش یابد:  $(\theta_2 > \theta_1)$ ؛

بنابراین  $\Delta\theta > 0$  و مقداری که برای  $Q$  به دست می‌آید، مثبت است و جسم گرما گرفته است.

اگر دما کاهش یابد:  $(\theta_2 < \theta_1)$ ؛

بنابراین  $\Delta\theta < 0$  و مقداری که برای  $Q$  به دست می‌آید، منفی است و جسم گرما از دست داده است.



پرسش:

## چرا در شופازها از آب استفاده می کنند؟

پاسخ:

زیرا گرمای ویژه آب زیاد است، یعنی آب داغ، گرمای زیادی از دست می دهد اما دمای آن فقط اندکی تغییر کرده، در نتیجه محیط را بیشتر گرم می کند.



پرسش:

# چرا شופاژها رایره پره و فلزی می سازند؟

پاسخ:

تامبادله گرما به روش همرفت بین محیط و شופاژ راحت تر صورت گیرد.

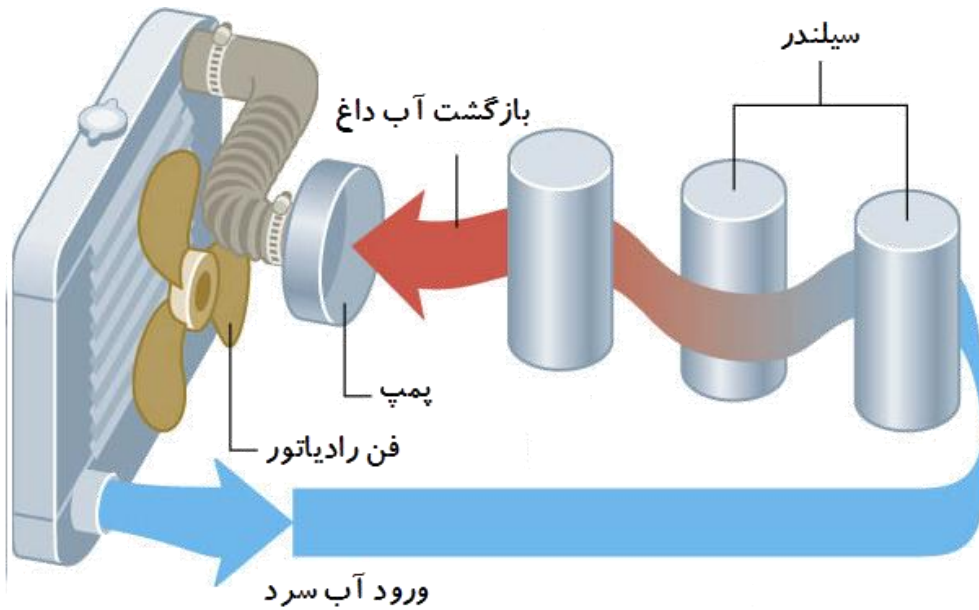


پرسش:

## چرا در رادیاتور ماشین از آب استفاده می کنند؟

پاسخ:

زیرا گرمای ویژه آب زیاد است یعنی آب می تواند گرمای زیادی بگیرد اما دمای آن فقط اندکی بالا رفته، در نتیجه محیط بیشتری را در اطراف خود (موتور ماشین) خنک کند.



## یک مول : n

شامل  $۰.۲ \times ۱۰^{۲۳}$  / ۶ از اجزای سازنده آن ماده (اتم یا مولکول) است.

$$\frac{\text{مول}}{n} = \frac{N_A = ۰.۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ ماده}}{N}$$



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

تعداد مولکول

تعداد مولهای یک جسم

عدد آووگادرو

جرم مولی:  $M$ 

جرم یک مول از هر ماده را جرم مولی می گویند.

تعداد مولها را نیز می توان از رابطه ی زیر به دست آورد:

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

Diagram illustrating the relationship between mass, molar mass, and the number of moles:

- The numerator  $m$  is associated with "جرم جسم" (mass of the substance) and the unit "kg".
- The denominator  $M$  is associated with "جرم مولکولی" (molar mass) and the unit "Kg/mol".
- The result  $n$  is associated with "تعداد مولهای جسم" (number of moles of the substance) and the unit "mol".

## گرمای ویژه مولی:

مقدار گرمایی است که دمای یک مول از ماده را  $1\text{ K}$  افزایش می دهد.

نکته:

گرمای ویژه بیشتر فلزات مساوی و تقریباً برابر  $25 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$  است.

## قاعده «دولن و پتی»

گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک مول از هر فلز برابر است و به جنس آنها بستگی ندارد.

مقدار ثابت

$$Q = nC_m \Delta\theta \Rightarrow Q \propto n$$

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:

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

$$m = 9 \text{ g}$$

$$N = ?$$

$$M = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$N_A = 6/02 \times 10^{23} \text{ اتم}$$

$$n = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad n = \frac{9}{12} = 0.75 \text{ mol}$$

$$n = \frac{N}{N_A} \quad \rightarrow \quad N = nN_A = 0.75 \times 6/02 \times 10^{23}$$

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



تمرین:

۳۶ گرم آب شامل چه تعداد مولکول است؟ ( $M_{\text{آب}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ )

پاسخ:

$$N = 12/0.4 \times 10^{23}$$

$$m = 36 \text{ g}$$

$$N = ?$$

$$M = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$N_A = 6/0.2 \times 10^{23} \text{ مولکول}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{36}{18} = 2 \text{ mol}$$

$$n = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = nN_A = 2 \times 6/0.2 \times 10^{23}$$

$$N = 12/0.4 \times 10^{23}$$

تمرین:

۵۰ گرم جیوه طی یک فرآیند، ۳۶۰ جرم از دست می‌دهد اگر دمای اولیه جیوه  $52^{\circ}\text{C}$  باشد، دمای پایانی آن چند درجه‌ی سلسیوس می‌شود؟ گرمای ویژه جیوه  $150 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$  است.

پاسخ:

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$-360 = 0.05 \times 150 \times (\theta_f - 52)$$

$$\theta_f = 4^{\circ}\text{C}$$

$$-360 = 7.5 \times (\theta_f - 52)$$

$$(\theta_f - 52) = \frac{-360}{7.5} = -48$$

$$\theta_f = +52 - 48$$

$$\theta_f = 4^{\circ}\text{C}$$

$$m = 0.05 \text{ kg}$$

$$Q = -360 \text{ J}$$

$$\theta_i = 52^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_f = ?$$

$$C = 150 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$$

تمرین :

دمای یک لیتر آب جوش  $100^{\circ}\text{C}$  بعد از مدتی سرد شدن به  $15^{\circ}\text{C}$  کاهش یافته است. اگر گرمای ویژه آب  $4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$  باشد، آب چند ژول گرما از دست داده است؟

پاسخ:

$$Q = -357000 \text{ J}$$

تمرین:

برای آن که دمای ۲ لیتر آب  $20^{\circ}\text{C}$  به دمای جوش برسد، چه مقدار انرژی گرمایی لازم دارد؟ (گرمای ویژه‌ی آب  $4200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$  است.)

پاسخ:

$$Q = 672000 \text{ J}$$

$$\left. \begin{array}{l} m = 2 \text{ kg} \\ \theta_1 = 20^{\circ}\text{C} \\ \theta_2 = 100^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 100 - 20 = 80^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

$$C = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$Q = 2 \times 4200 \times 80$$

$$Q = 672000 \text{ J}$$

تمرین:

می خواهیم دمای آب یک سماور را که  $5\text{kg}$  جرم دارد،  $70^\circ\text{C}$  افزایش دهیم. چه مقدار انرژی گرمایی باید به آب سماور داده شود؟ (گرمای ویژه آب  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$  است.)

پاسخ:

$$Q = 1,470,000 \text{ J}$$

$$m = 5\text{kg}$$

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 70^\circ\text{C}$$

$$Q = 5 \times 4200 \times 70$$

$$Q = ?$$

$$Q = 1,470,000 \text{ J}$$

$$C = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$$

## تمرین

دمای ۲۰۰ گرم آلومینیوم از  $35^{\circ}\text{C}$  به  $25^{\circ}\text{C}$  رسیده است. مقدار گرمایی را که در این فرآیند منتقل شده است چند کیلوژول است. (گرمای ویژه آلومینیوم  $C = 900 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ )

پاسخ:

$$Q = -1800 \text{ J}$$

$$m = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$$

$$\theta_1 = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_2 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 25 - 35 = -10^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

$$C = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$Q = 0.2 \times 900 \times (-10)$$

$$Q = -1800 \text{ J} = -1.8 \text{ kJ}$$

تمرین:

مقدار  $252000 \text{ J}$  انرژی گرمایی به چند کیلوگرم آب داده شود  
دمایش از  $5^\circ\text{C}$  به  $25^\circ\text{C}$  می رسد. (گرمای ویژه آب  $C = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ )

پاسخ:

$$m = 3 \text{ kg}$$

تمرین:

مقدار  $126000 \text{ J}$  انرژی گرمایی به  $3 \text{ kg}$  آب داده شود دمایش چند درجه سلسیوس تغییر می کند. (گرمای ویژه آب  $C = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ )

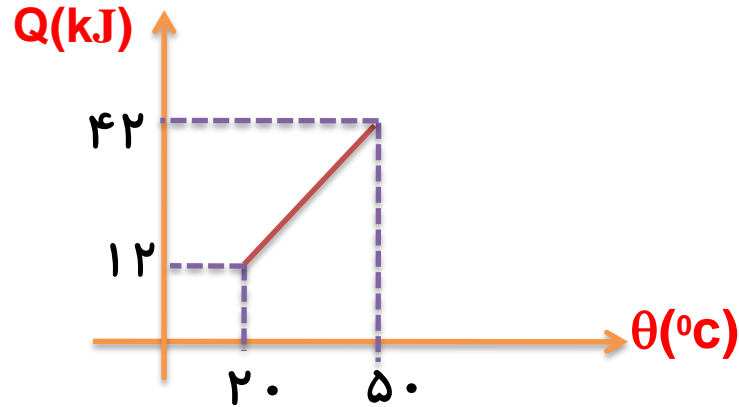
پاسخ:

$$\Delta\theta = 1.0^\circ\text{C}$$



تمرین:

نمودار گرمای داده شده به جسم بر حسب دما مطابق شکل زیر است اگر گرمای ویژه جسم  $400 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  باشد جرم جسم را محاسبه کنید.



پاسخ:

$$m = 2/5 \text{ kg}$$

$$C = 400 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 12 \text{ kJ}$$

$$\theta_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 42 \text{ kJ}$$

$$m = ?$$

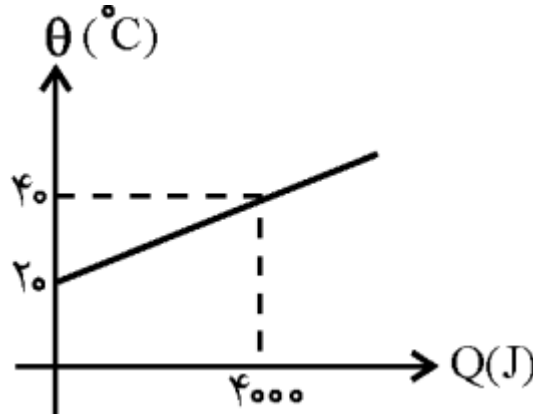
$$\Delta Q = mc\Delta\theta$$

$$m = \frac{\Delta Q}{c\Delta\theta} = \frac{(42000 - 12000)}{400 \times (50 - 20)} = \frac{3000}{1200}$$

$$m = 2/5 \text{ kg}$$

تمرین:

شکل زیر، تغییرات دمای جسمی به جرم  $5\text{kg}$  را بر حسب گرمای داده شده به آن نشان می‌دهد گرمای ویژهی جسم بر حسب  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$  را بدست آورید



پاسخ:

$$C = 400 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

تمرین:

مقدار  $J$  ۲۵۲۰۰۰ انرژی گرمایی به  $3\text{kg}$  آب داده شود دمایش از  $5^{\circ}\text{C}$  به چند درجه سلسیوس می رسد. (گرمای ویژه آب  $C = 4200\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ )

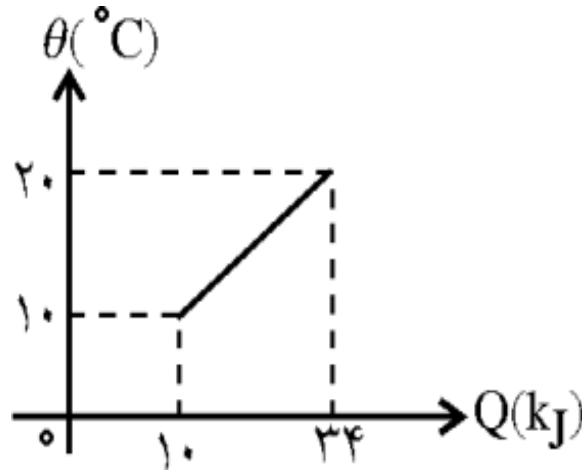
پاسخ:

$$\theta_2 = 35^{\circ}\text{C}$$

تمرین:

نمودار تغییرات دمای  $1.0 \text{ kg}$  از یک ماده بر حسب گرمای داده شده به آن، مطابق شکل است. گرمای ویژه ی جسم چند  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$  است؟

پاسخ:



$$C = 240 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

**دمای تعادل:  $\theta_e$** 

هر گاه دو یا چند جسم در تماس بایکدیگر قرار گیرند بعد از مبادله انرژی ، دمای تمام جسم ها یکسان می شود. به این دما «**دمای تعادل**» می گوئیم .

**قانون پایستگی انرژی در تعادل گرمایی :**

همان قدر که اجسام گرم انرژی از دست می دهند، اجسام سرد انرژی می گیرند. یعنی **جمع جبری این Q ها صفر است:**

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

$$m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta_e - \theta_3) + \dots = 0$$

دمای تعادل (نهایی)

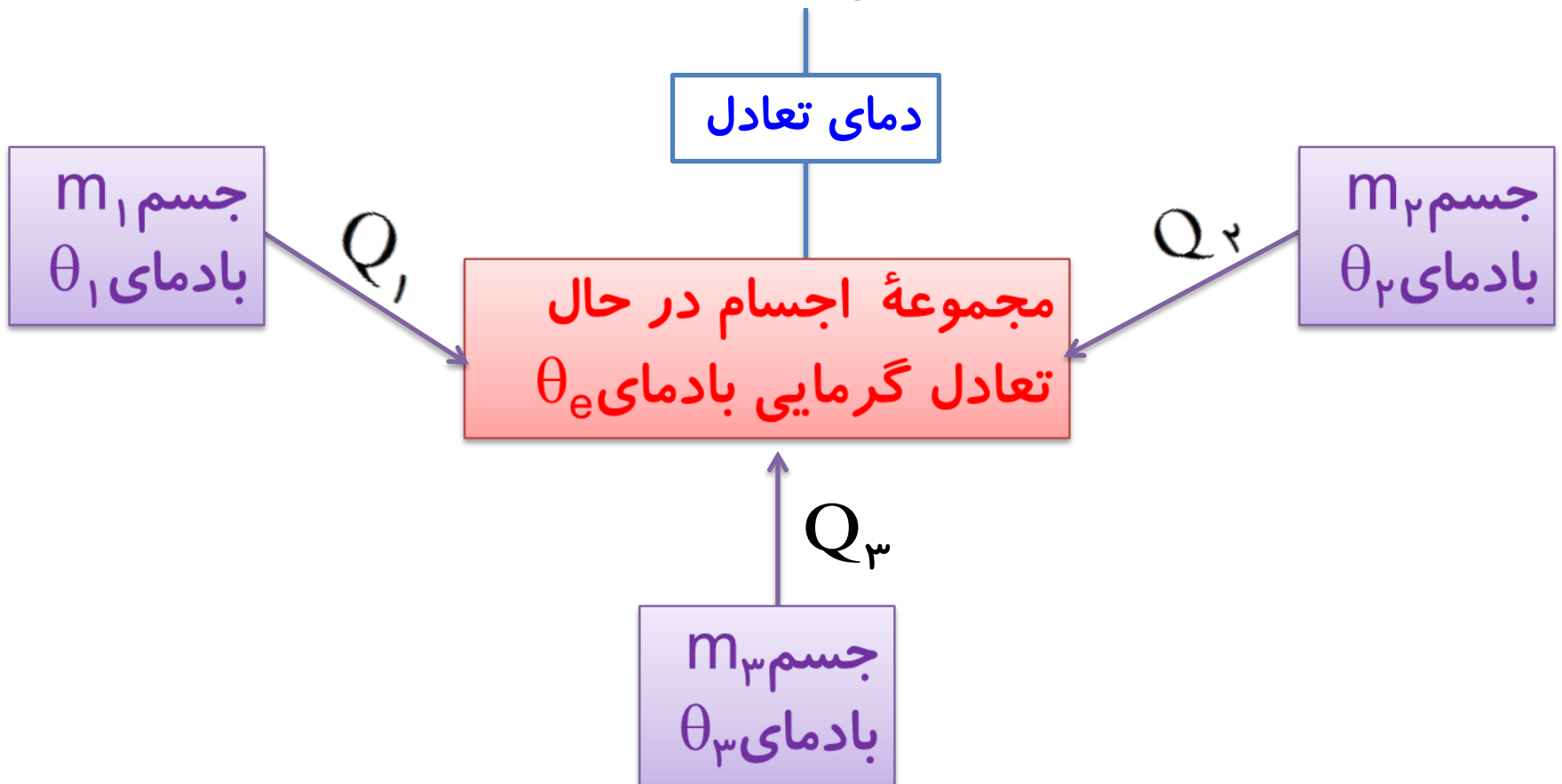
دمای اولیه جسم دوم

دمای اولیه جسم سوم

## شرط تعادل گرمایی :

دمای نهایی جسم‌های در تماس با هم برابر شوند.

دمای جسم گرم  $\langle \theta_e \rangle$  دمای جسم سرد

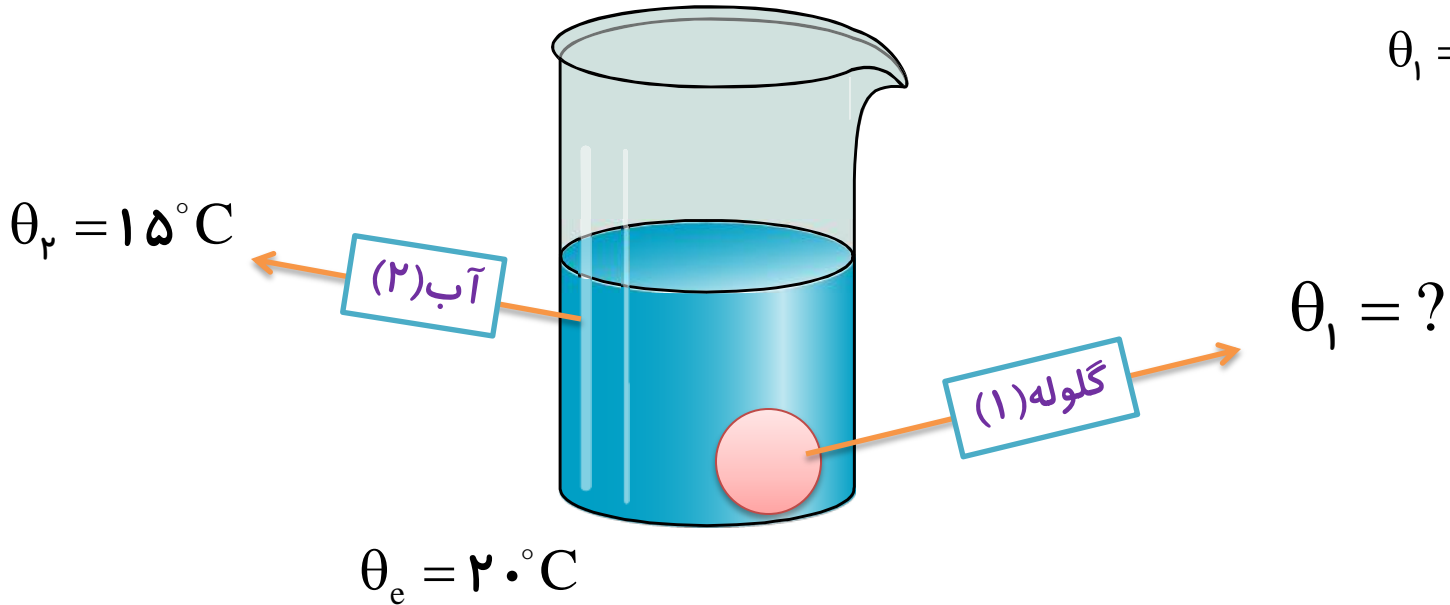


تمرین:

گلوله‌ای به جرم  $100\text{g}$  را داخل  $800\text{g}$  آب  $5^\circ\text{C}$  می‌اندازیم؛ دمای تعادل  $20^\circ\text{C}$  می‌شود. دمای اولیه‌ی گلوله چند درجه‌ی سلسیوس بوده است؟ گرمای ویژه‌ی گلوله  $840 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$  و گرمای ویژه‌ی آب  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$  است.

پاسخ:

$$\theta_1 = 22^\circ\text{C}$$



پاسخ:

گرمایی که آب می گیرد تابه + گرمایی که گلوله از دست می دهد  
 دمای تعادل برسد = 0

گلوله (۱)  $\left\{ \begin{array}{l} m_1 = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ Kg} \\ \theta_1 = ? \\ c_1 = 840 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \end{array} \right.$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

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

$$0.1 \times 840 \cdot (20 - \theta_1) + 0.1 \times 4200 \cdot (20 - 15) = 0$$

$$84(20 - \theta_1) + 16800 = 0$$

$$(20 - \theta_1) = \frac{-16800}{84} = -200$$

$$\theta_e = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_1 = 200 + 20 = 220^\circ\text{C}$$

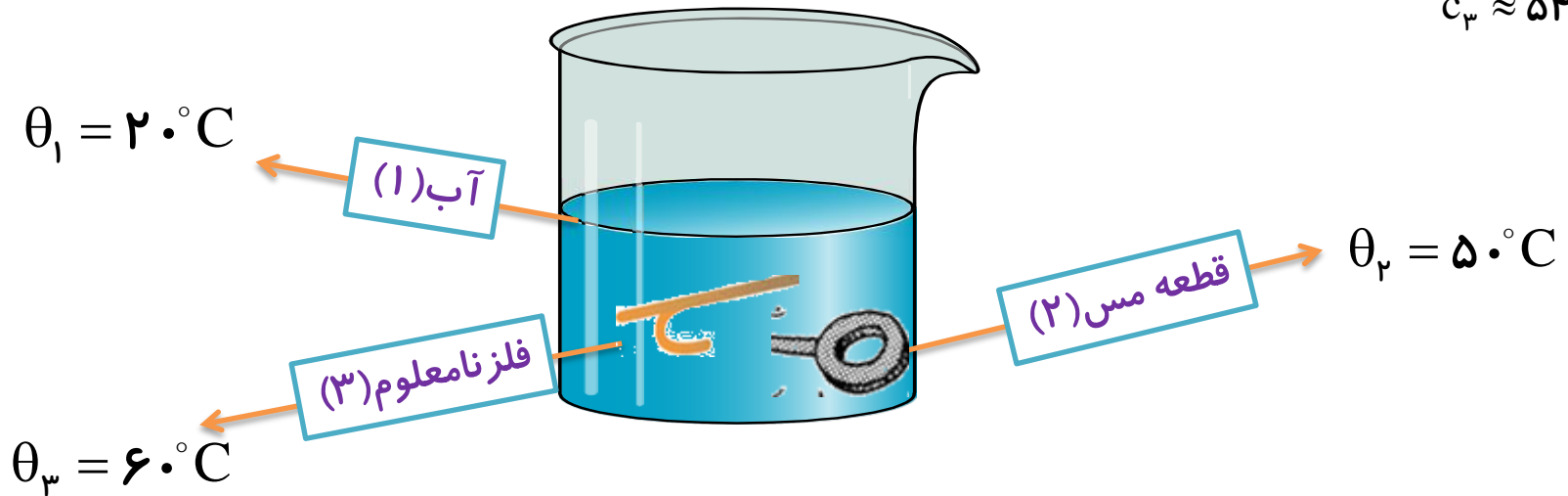


تمرین :

در ظرف عایقی حاوی ۵۰۰g آب  $20^{\circ}\text{C}$ ، یک قطعه مس ۱۰۰ گرمی به دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و یک قطعه فلز دیگری به جرم ۱۵۰g و به دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و گرمای ویژه نامعلوم می اندازیم و دمای تعادل را اندازه می گیریم. دمای تعادل  $22^{\circ}\text{C}$  شده است. با چشم پوشی از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام، گرمای ویژه فلز را محاسبه کنید. ( $c_{\text{مس}} = 390 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$  و  $c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$ )

پاسخ:

$$c_{\text{فلز}} \approx 545 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$$



پاسخ:

(۱) آب

$$m_1 = . / 5 \text{ Kg}$$

$$\theta_1 = 20^\circ \text{ C}$$

$$c_1 = 4200 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{ C}}$$

گرمایی که فلز از دست می دهد + گرمایی که مس از دست می گیرد + گرمایی که آب می گیرد = 0  
 دهد تا به دمای تعادل برسد + دهد تا به دمای تعادل برسد + تا به دمای تعادل برسد

(۲) مس

$$m_2 = . / 1 \text{ Kg}$$

$$\theta_2 = 50^\circ \text{ C}$$

$$c_2 = 390 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{ C}}$$

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

$$. / 5 \times 4200 \cdot (22 - 20) + . / 1 \times 390 \cdot (22 - 50) + . / 15 c_3 (22 - 60) = 0$$

$$4200 - 1092 + 5/7 c_3 = 0$$

$$5/7 c_3 = 3108$$

$$c_3 \approx 545 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ \text{ C}}$$

(۳) فلز

$$m_3 = . / 15 \text{ Kg}$$

$$\theta_3 = 60^\circ \text{ C}$$

$$c_3 = ?$$

$$\theta_e = 22^\circ \text{ C}$$

تمرین :

۴۰۰g آب  $10^{\circ}\text{C}$  را داخل ظرف آلومینیومی به جرم ۱۰۰g و دمای  $80^{\circ}\text{C}$  می ریزیم دمای تعادل چقدر می شود؟ (از تبادل گرما با محیط صرف نظر کنید.) گرمای ویژه ی آب  $4200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$  و گرمای ویژه ی آلومینیوم  $900 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$  می باشد

پاسخ:

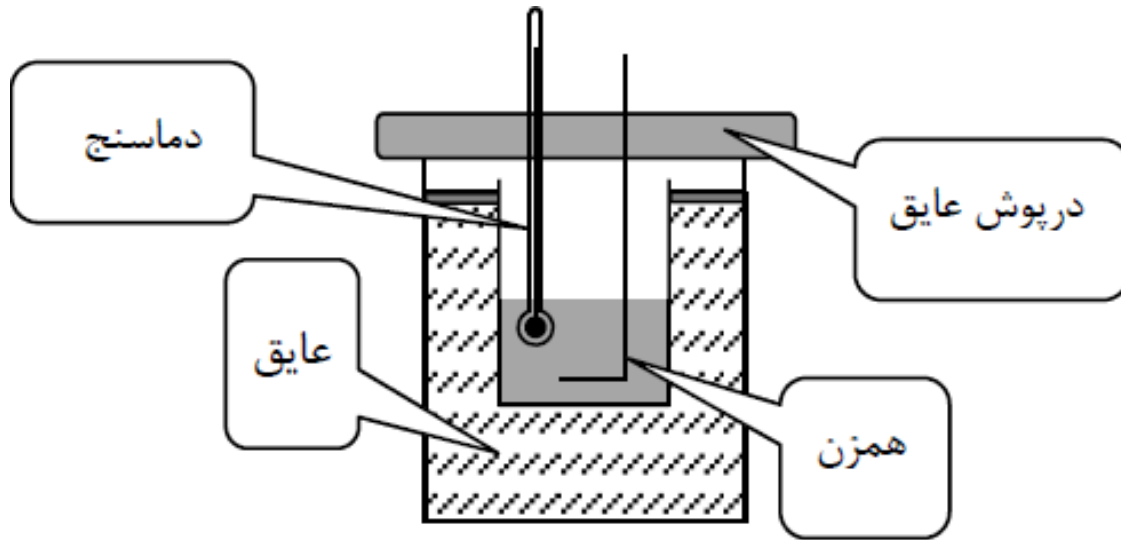
$$\theta_e \approx 13/5^{\circ}\text{C}$$

## گرماسنج (کالری متر):

ظرفی فلزی و درپوش دار است که به خوبی عایق بندی گرمایی شده است. مجموعه فلاسک و همزن و دماسنج درون آن را گرماسنج می نامند.

نکته :

این ظرف در آزمایشگاه برای تعیین گرمای ویژه اجسام به کار می رود.



# پیدا کردن ظرفیت گرمایی گرماسنج:

$$\text{ظرفیت گرمایی گرماسنج} = M c_f + M' c_h + M'' c_d = C_{\text{گرماسنج}}$$

جرم فلاسک

جرم همزن

جرم دماسنج

گرمای ویژه فلاسک

گرمای ویژه همزن

گرمای ویژه دماسنج

ادامه:

۱- مقداری آب درون گرماسنج بریزید و صبر کنید تا دمای گرماسنج و آب، یکسان شود. این دما را اندازه بگیرید

۲-جرم جسم فلزی را به کمک ترازو اندازه بگیرید

۳-جسم فلزی را درون بشر قرار دهید، مقداری آب روی آن بریزید و سپس مجموعه را روی چراغ گازی روشن بگذارید.

۴-صبر کنید تا آب چند دقیقه بجوشد. دمای آب را در این حالت اندازه بگیرید. این دما، همان دمای جسم فلزی نیز هست.

۵-جسم داغ شده را توسط انبر به سرعت درون گرماسنج بیندازید.

۶-آب درون گرماسنج را با همزن آن به هم بزنید و دمای تعادل را اندازه گرفته و یادداشت کنید.

۷-با استفاده از رابطه زیر ظرفیت گرمایی گرماسنج به دست می آید.

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta_e - \theta_{\text{آب}_1}) + m_{\text{جسم}} c_{\text{جسم}} (\theta_e - \theta_{\text{جسم}_1}) + C_{\text{گرماسنج}} (\theta_e - \theta_{\text{گرماسنج}_1}) = 0$$

تمرین :

۲/۵ kg آزمایعی به گرمای ویژه  $۴۰۰ \cdot \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$  درون گرماسنجی قرار دارد و دمای مجموعه آنها  $۴۰^\circ C$  است در چنین شرایطی  $۵kg$  / از فلزی به گرمای ویژه  $۱۰۰۰ \cdot \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$  و دمای  $۲۰۰^\circ C$  درون گرماسنج قرار می دهیم. اگر دمای تعادل  $۸۰^\circ C$  شود ظرفیت گرمایی گرماسنج چقدر است؟

پاسخ:

$$\text{مایع} \begin{cases} m_1 = ۲/۵ \text{ kg} \\ \theta_1 = ۴۰^\circ \text{ C} \\ c_1 = ۴۰۰ \text{ J/kg}^\circ \text{ C} \end{cases}$$

$$C_{\text{گرماسنج}} = ۵۰۰ \cdot \frac{J}{^\circ \text{ C}}$$

$$\text{گرماسنج} \begin{cases} m_2 = ? \\ \theta_2 = ۴۰^\circ \text{ C} \\ c_2 = ? \end{cases}$$

$$\text{فلز} \begin{cases} m_3 = ۰/۵ \text{ kg} \\ \theta_3 = ۲۰۰^\circ \text{ C} \\ c_3 = ۱۰۰۰ \text{ J/kg}^\circ \text{ C} \end{cases}$$

$$\theta_e = ۸۰^\circ \text{ C}$$

پاسخ:

مایع (۱)

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = 2 / 5 \text{ Kg} \\ \theta_1 = 40^\circ \text{ C} \\ c_1 = 4000 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{ C}} \end{array} \right.$$

گرمایی که فلز از دست می دهد + تابه دمای تعادل برسد + گرمایی که گرماسنج می گیرد + تابه دمای تعادل برسد + گرمایی که آب می گیرد = 0

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

گرماسنج (۲)

$$\left\{ \begin{array}{l} m_2 = ? \\ \theta_2 = 40^\circ \text{ C} \\ c_2 = ? \end{array} \right.$$

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

$$2 / 5 \times 4000 \cdot (80 - 40) + C_{\text{گرماسنج}} (80 - 40) + . / 5 \times 1000 \cdot (80 - 200) = 0$$

$$40000 + 40 C_{\text{گرماسنج}} - 60000 = 0$$

فلز (۳)

$$\left\{ \begin{array}{l} m_3 = . / 5 \text{ Kg} \\ \theta_3 = 200^\circ \text{ C} \\ c_3 = 1000 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{ C}} \end{array} \right.$$

$$40 C_{\text{گرماسنج}} = 20000$$

$$C_{\text{گرماسنج}} = 500 \cdot \frac{\text{J}}{^\circ \text{ C}}$$

$$\theta_e = 80^\circ \text{ C}$$



تمرین ۴-۵:

جسمی به جرم  $۰/۲۵\text{kg}$  و دمای  $۳^{\circ}\text{C}$  را درون ظرف عایقی حاوی  $۰/۵\text{kg}$  آب  $۲۵^{\circ}\text{C}$  می اندازیم پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می گیریم. دمای تعادل  $۲۱^{\circ}\text{C}$  می شود. گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام چشم پوشی کنید.

پاسخ:

$$c_1 \approx 1866 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

جسم (۱)  $\left\{ \begin{array}{l} m_1 = 0.25 \text{ Kg} \\ \theta_1 = 3^{\circ}\text{C} \\ c_1 = ? \end{array} \right.$

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

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

$$0.25 \times c_1 (21 - 3) + 0.5 \times 4200 (21 - 25) = 0$$

$$4/5 c_1 - 8400 = 0$$

$$c_1 = \frac{8400}{4/5} \approx 1866 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

آب (۲)  $\left\{ \begin{array}{l} m_2 = 0.5 \text{ Kg} \\ \theta_2 = 25^{\circ}\text{C} \\ c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \\ \theta_e = 21^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$



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.

تمرین :

یک ظرف عایق حاوی مقداری آب  $10^\circ\text{C}$  است. یک قطعه مس  $100$  گرمی در دمای  $40^\circ\text{C}$  را به درون ظرف می اندازیم، دمای تعادل  $20^\circ\text{C}$  می شود. چه مقدار آب درون ظرف بوده است؟ (از تبادل گرما بین آب و ظرف چشم پوشی کنید، گرمای ویژه ی آب  $4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  و گرمای ویژه ی مس  $380 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  می باشد.)

پاسخ:

$$m_1 \approx 18 \text{ g}$$

نکته:

از رابطه‌ی  $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$  می‌توان رابطه‌ی زیر را به دست آورد. در این رابطه،  $\theta_e$  دمای تعادل است.

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

تازمانی می‌توان از رابطه‌ی دمای تعادل استفاده کرد که در اثر مبادله‌ی گرما **حالت جسم تغییر نکند** (گرماسنج و ظرفیت گرمایی گرماسنج داخل مساله نباشد)

نکته:

اگر تبادل گرمایی بین دو یا چند جسم بادهای اولیه متفاوت ولی از یک جنس انجام شود، دمای تعادل از رابطه زیر بدست می آید

$$c_1 = c_2 = c_3 = \dots$$

$$\theta_e = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2 + m_3\theta_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

نکته:

اگر تبادل گرمایی بین دو یا چند جسم مشابه فقط دمای اولیه شان متفاوت است، انجام شود، دمای تعادل از رابطه زیر بدست می آید

$$c_1 = c_2 = c_3 = \dots$$

$$m_1 = m_2 = m_3 = \dots$$

$$\theta_e = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \dots}{1 + 1 + 1 + \dots} = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \dots}{n} \rightarrow \text{تعداد اجسام}$$

یعنی در واقع در این حالت یک عملیات میانگین گیری بین دماهای اولیه باید انجام داد.

تمرین :

قطعه ای فولاد به جرم  $4\text{kg}$  و دمای  $300^\circ\text{C}$  را درون  $2$  لیتر آب  $20^\circ\text{C}$  می اندازیم. دمای تعادل چقدر است؟  $(c_{\text{آب}} = 4200 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$  و  $c_{\text{فولاد}} = 450 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}})$

پاسخ:

$$\theta_e \approx 69/5^\circ\text{C}$$

تمرین :

مقدار  $m_1$  گرم آب  $28^\circ\text{C}$  را با مقدار  $m_2$  گرم آب  $49^\circ\text{C}$  مخلوط می کنیم تا ۲ لیتر آب  $40^\circ\text{C}$  به دست آید.  $m_1$  و  $m_2$  را پیدا کنید.

پاسخ:

$$m_2 = \frac{24}{21} \text{ kg}$$

$$m_1 = \frac{18}{21} \text{ kg}$$



تمرین :

در ظرفی ۴۰۰g آب  $۲۰^{\circ}\text{C}$  و ۳۷۵g مس بدمای  $۵۰^{\circ}\text{C}$  و ۲۰۰g فلزی بدمای  $۶۰^{\circ}\text{C}$  قرار دارد اگر دمای تعادل آنها  $۳۰^{\circ}\text{C}$  شود، گرمای ویژه فلز چقدر است؟ (از تبادل گرما با محیط صرف نظر کنید.) گرمای ویژه آب  $۴۲۰۰\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$  و گرمای ویژه مس  $۴۰۰\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$  می باشد

پاسخ:

$$c_3 \approx 2300 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

تمرین :

گرماسنجی حاوی ۴۰۰g آب ۴۰ °C است. اگر یک قطعه ۸۰۰g از فلزی با گرمای ویژه ۴۲۰ J /kg °C و دمای ۸۰ °C را داخل آب قرار دهیم دمای تعادل ۶۰ °C می شود.

ظرفیت گرمایی گرماسنج چقدر است؟ (  $c_{\text{آب}} = 4200 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$  ،  $c_{\text{فلز}} = 420 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$  )

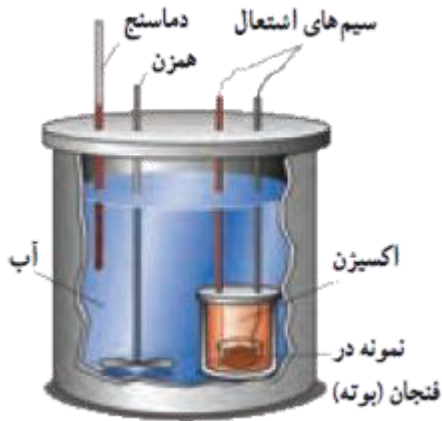
پاسخ:

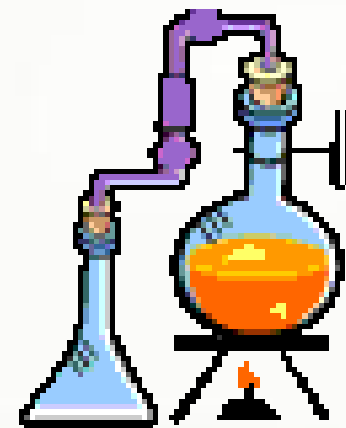
$$C_{\text{گرماسنج}} \approx 336 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}$$

## گرماسنج (بمبی):

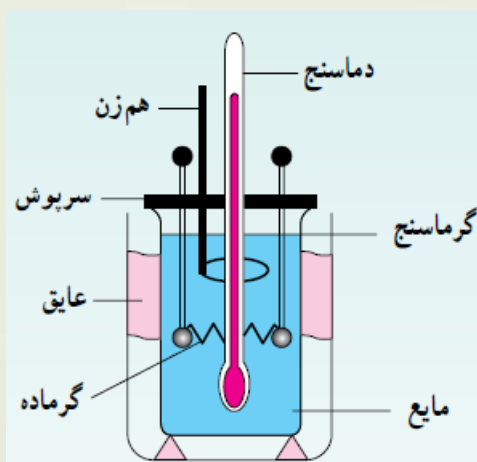
نوعی گرماسنج است که از آن برای تعیین ارزش غذایی مواد با اندازه گیری انرژی آزاد شده آنها در حین سوختن استفاده می شود.

نمونه ای که جرم آن به دقت اندازه گیری شده است در ظرف سربسته ای که محتوی اکسیژن است (که اصطلاحاً به آن بمب گفته می شود) سپس این محفظه در آب یک گرماسنج قرار داده می شود و توسط جریان الکتریکی عبوری از یک سیم نازک، نمونه داخل آن سوزانده می شود. با اندازه گیری تغییر دمای آب، انرژی حاصل از احتراق ماده مورد نظر را به دست می آورند که تقریباً معادل انرژی آزاد شده از آن ماده است.





## موضوع: حالات ماده و گرمای نهان ذوب

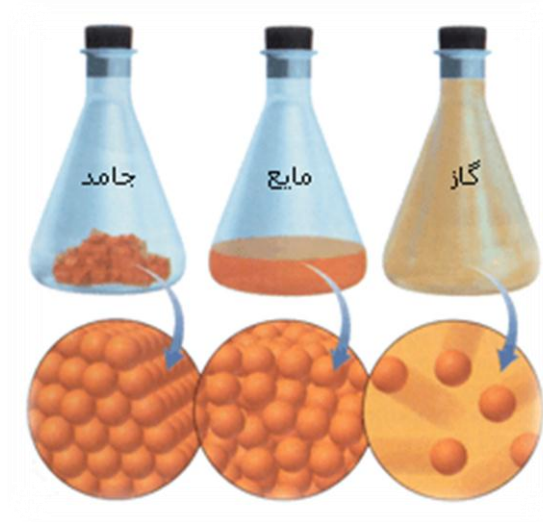


## حالت‌های ماده

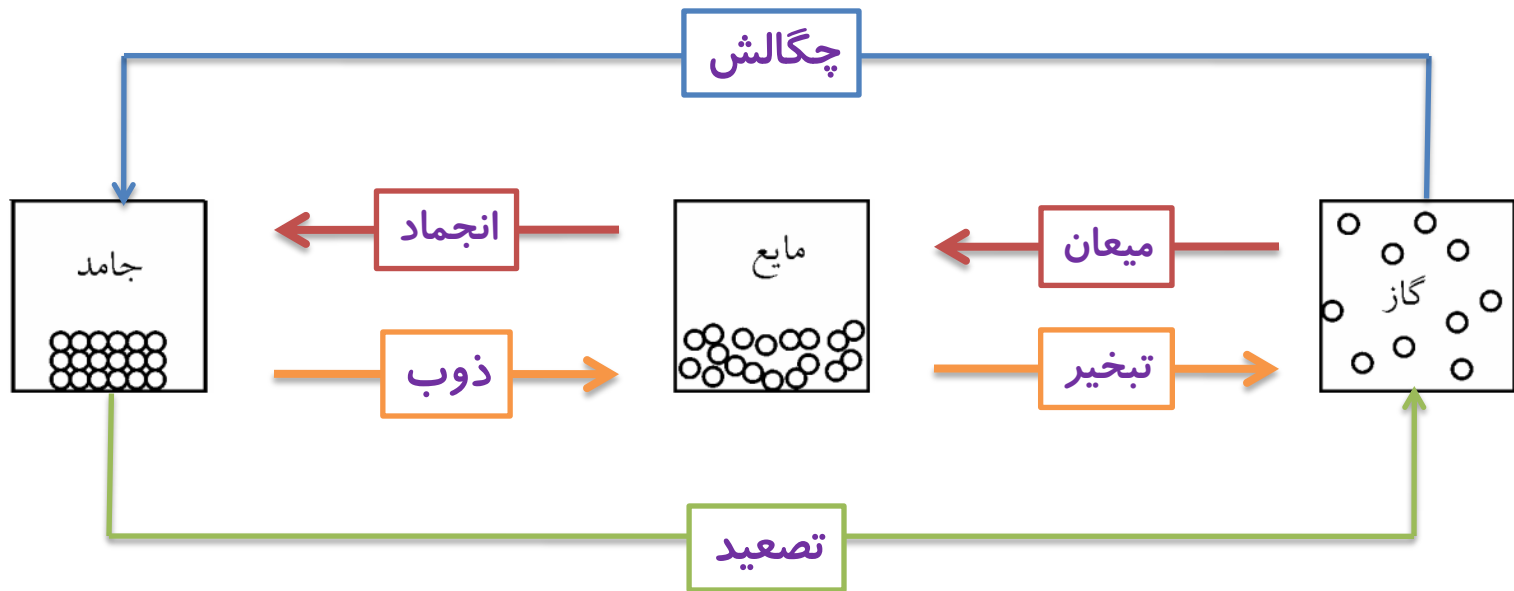
ماده به سه حالت جامد، مایع و گاز یافت می شود

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



به نمودار زیر توجه کنید، تغییر حالت‌های ماده در آن نشان داده شده است.



## 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 چمن‌ها و برفک درون یخچال، چگالش است.



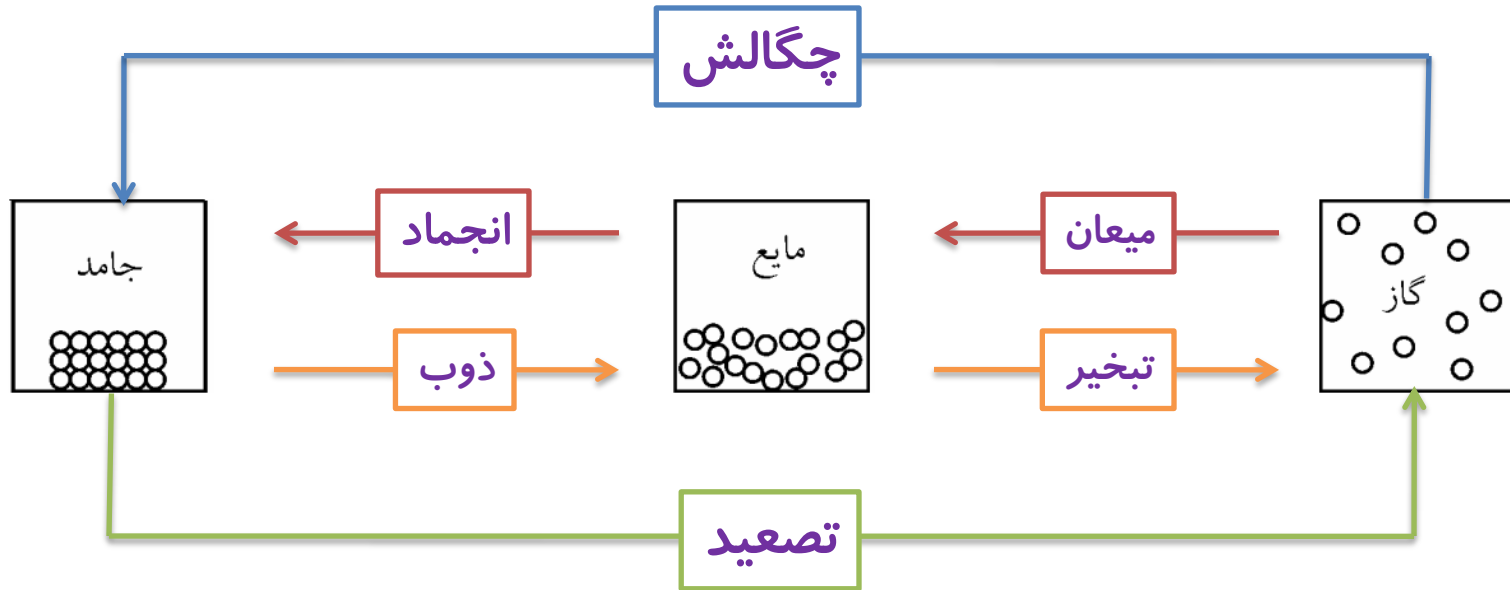


اگر آب جوش، به هوا دردمای  $40^{\circ}\text{C}$  - پاشیده شود، مستقیماً به یخ تبدیل می شود.



نکته:

ذوب و تبخیر و تصعید گرماگیر هستند.



انجماد و میعان و چگالش گرماده (گرمازا) هستند.

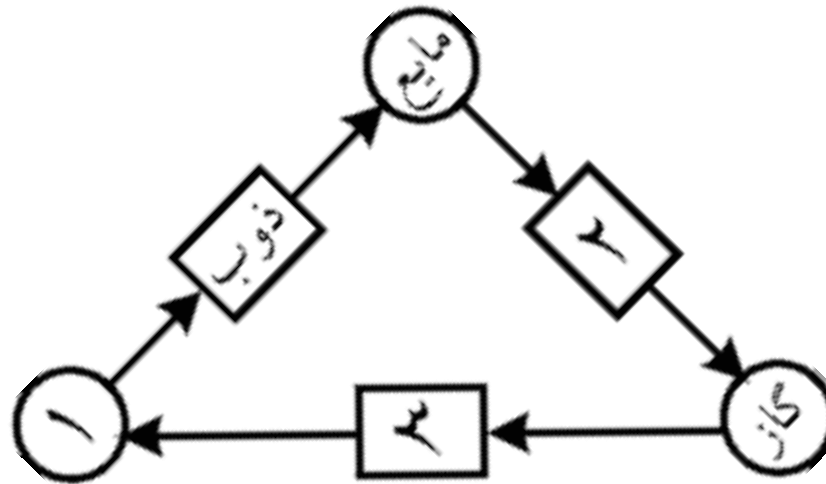
نکته:

هر گاه دمای هوا به زیر نقطه انجماد آب برسد، بخار آب موجود در هوا مستقیماً به ذره‌های جامد برف تبدیل می‌شوند. از آنجا که عمل **چگالش گرمازا** است، روز بارش برف، هوا **کمی گرم** می‌شود.

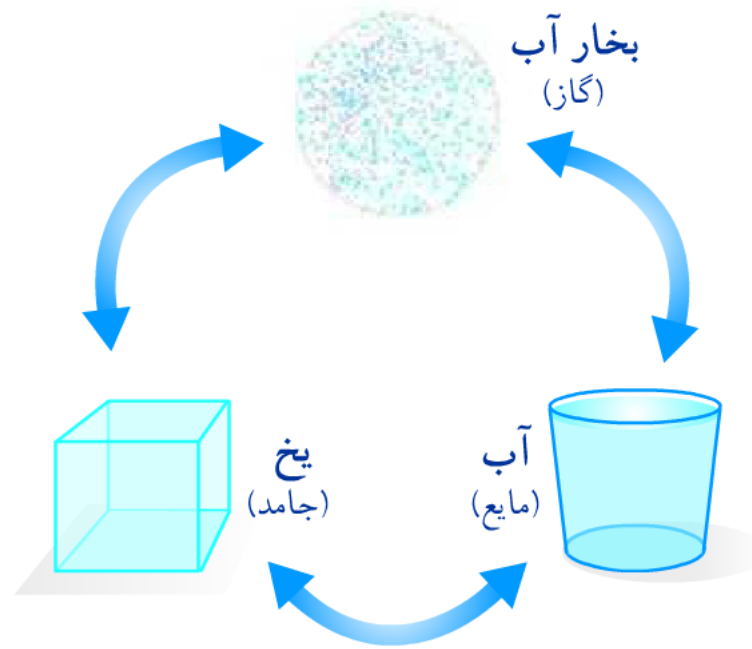


پرسش :

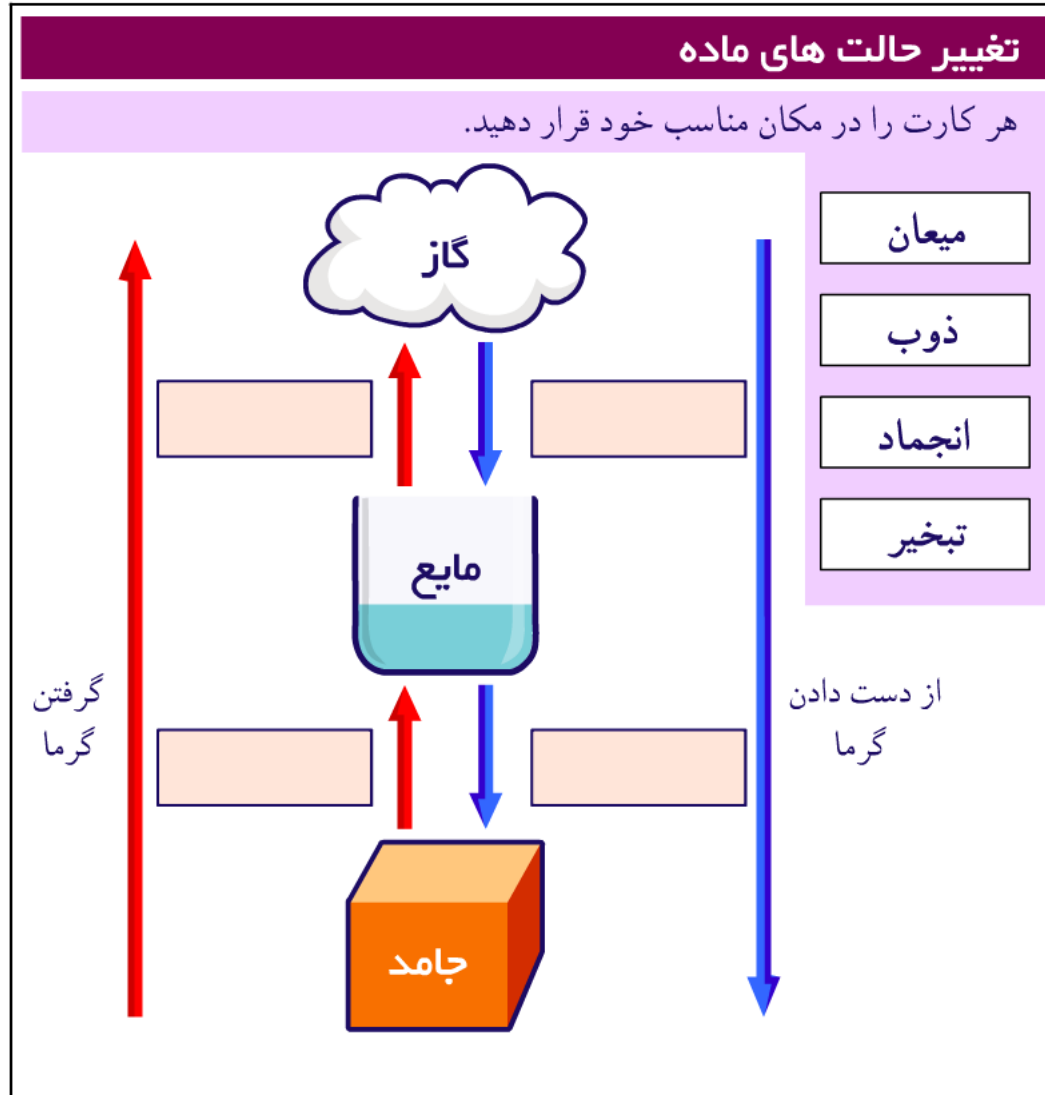
در شکل زیر به جای ۱، ۲ و ۳ کلمه‌ی مناسب بنویسید .



# انیمیشن تغییر حالت ماده



## انیمیشن تغییر حالت ماده



## 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.



**Fusion** →



افزایش فشار، سبب بالا رفتن دمای ذوب می شود؛ در بعضی از جسم ها مانند یخ با افزایش فشار ، نقطه ی ذوب، پایین می آید

کاهش فشار، سبب بالا رفتن دمای ذوب یخ می شود.

بیشتر مواد	{	↑ فشار	→	↑ نقطه ذوب
		↓ فشار	→	↓ نقطه ذوب
در آب (یخ)	{	↑ فشار	→	↓ نقطه ذوب
		↓ فشار	→	↑ نقطه ذوب





پرسش :

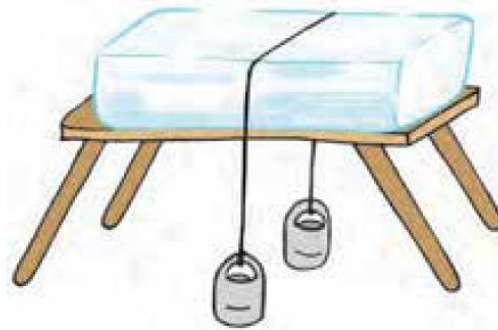
چرا جامدهای بی شکل مانند شیشه و قیر نقطه ذوب کاملاً مشخصی ندارند

پاسخ:

زیرا وقتی این مواد را گرم می کنیم، پیش از ذوب شدن **خمیری شکل** می شوند. در نتیجه این مواد در گستره ای از دماها به تدریج ذوب می شوند.

پرسش:

# چرا افزایش فشار بر روی یخ نقطه ذوب یخ را کاهش می دهد



پاسخ:

افزایش فشار باعث می شود که ساختار مولکولی بلور یخ تا حدی از بین برود یعنی فضای خالی پُر و آرایش مولکول ها یکنواخت و به هم نزدیکتر شده و به مولکول آب تبدیل شود

}	↑ فشار	→	↓ نقطه ذوب
	↓ فشار	→	↑ نقطه ذوب

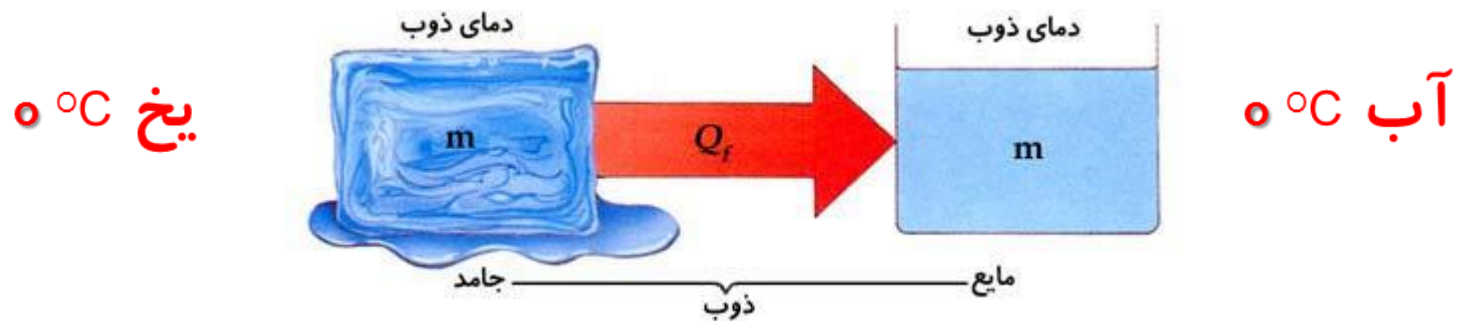
در آب (یخ)

# گرمای ذوب: $Q_F$

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

نکته:

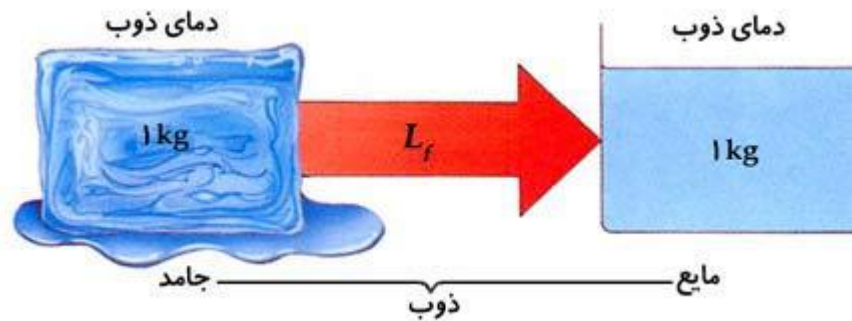
گرمای ذوب جسم به **جنس جسم** و **جرم** آن بستگی دارد.



## 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.

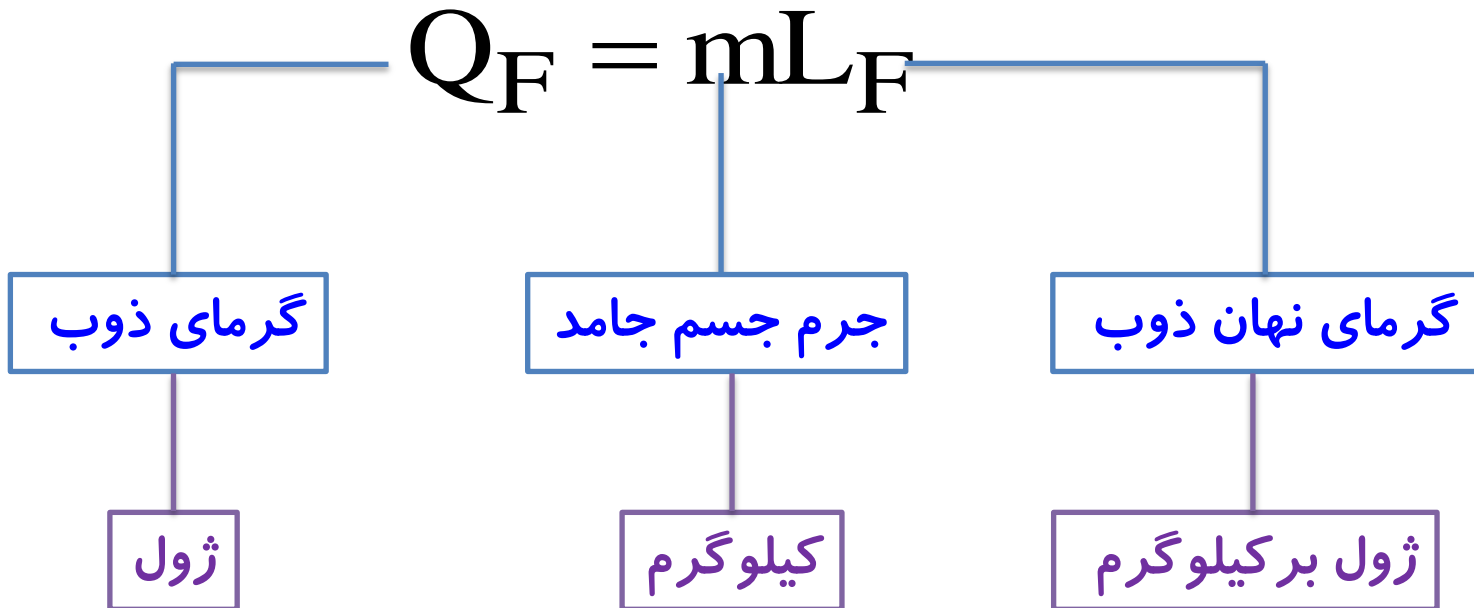
گرمای ذوب واحد جرم اجسام را **گرمای نهان ذوب** گویند.  $L_F = \frac{Q_F}{m}$ .  
اگر به یخ  $0^\circ\text{C}$  گرما دهیم دمای آن افزایش نمی یابد بلکه به آب  $0^\circ\text{C}$  تبدیل می شود.



نکته:

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

# فرمول گرمای ذوب:



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  $۰^\circ\text{C}$  است بنابراین هر گرمایی که بگیرد باعث ذوب آن می‌شود:

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

$$Q_F = mL_F$$

$$Q_F = ۳ \times ۳۳۴ \dots$$

$$Q_F = ۱۰۰۲۰۰ \text{J} = ۱۰۰۲ \text{KJ}$$

تمرین:

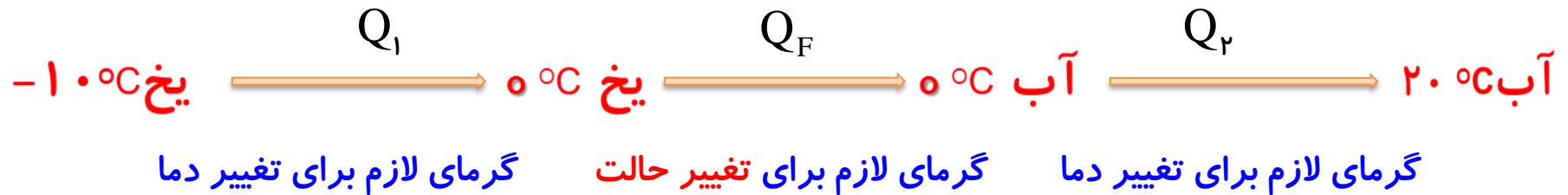
۲Kg یخ  $10^{\circ}\text{C}$  - مفروض است. گرمایی که یخ می گیرد تا تبدیل به آب  $20^{\circ}\text{C}$  شود، چند کیلو ژول است؟

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

پاسخ:

$$Q_{\text{کل}} = 878 \text{KJ}$$

این پرسش با مراحل زیر حل می شود:



پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta \rightarrow Q_1 = 2 \times 2100 \times (0 - (-10)) = 42000 \text{ J} \\ Q_F = mL_F \rightarrow Q_F = 2 \times 334000 = 668000 \text{ J} \\ Q_2 = mc_{\text{آب}} \Delta\theta' \rightarrow Q_2 = 2 \times 4200 \times (20 - 0) = 168000 \text{ J} \end{array} \right. \begin{array}{l} + \\ + \end{array}$$

---


$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_F + Q_2 \rightarrow$$

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



پرسش :

هرچه گرمای نهان ذوب جامدات بزرگ تر باشد، ذوب آنها چه ویژگی ای دارد؟

ماده	گرمای ذوب (kJ/kg)
هیدروژن	۵۸/۶
اکسیژن	۱۲/۸
ازت	۲۵/۵
جیوه	۱۱/۸
یخ	۳۳۳/۷
گوگرد	۳۸/۱
سرب	۲۴/۵
قلع	۱۶۵
نقره	۸۸/۳
طلا	۶۴/۵
مس	۱۳۴

پاسخ:

هرچه  $L_F$  بزرگ تر باشد، گرمای معین، جرم کمتری از جامد در نقطه‌ی ذوبش رابه مایع تبدیل می‌کند. به عبارت ساده‌تر هرچه  $L_F$  بزرگ تر باشد ذوب کردن نیاز به گرمای بیشتری دارد.

## انجماد:

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

دمای **نقطه‌ی ذوب** با دمای **نقطه‌ی انجماد** برابر است،

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



**نکته:**

هرگاه از مایعی در دمای انجمادش گرما بگیریم، کاهش دما رخ نداده و مایع تبدیل به جامد می شود.

مقدار گرمایی که جسم از دست می دهد تا انجماد یابد برابر مقدار گرمایی است که جسم می گیرد تا ذوب شود.



گرمای نهان انجماد :  $-L_F$

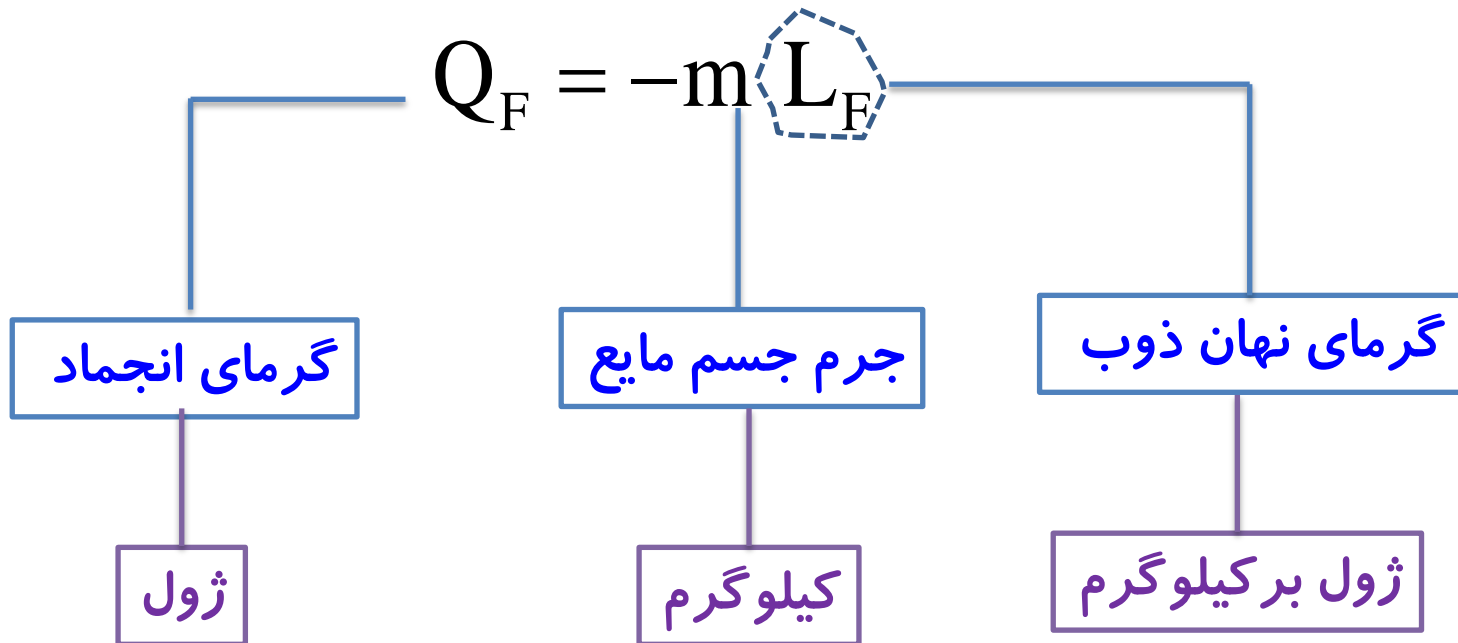
گرمای نهان انجماد، منفی گرمای نهان ذوب است.

به طور مثال گرمای نهان ذوب یخ برابر  $L_F = ۳۳۴ \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$  و گرمای نهان انجماد

آب برابر  $L_F = -۳۳۴ \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$  می باشد



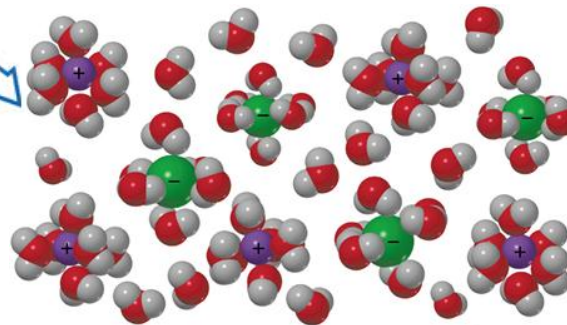
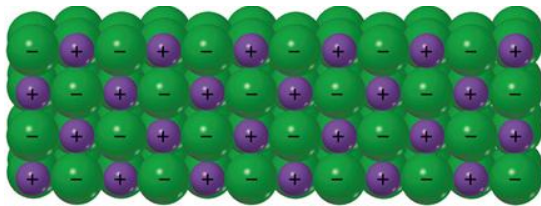
# فرمول گرمای انجماد : $Q_F$



پرسش :

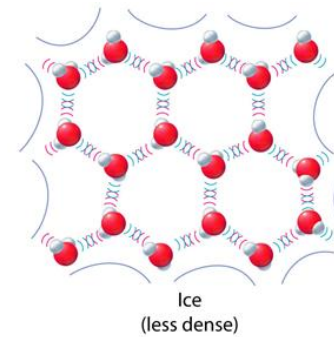
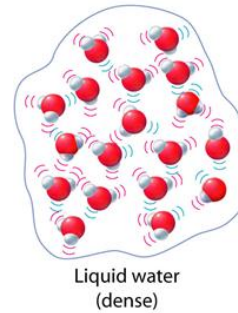
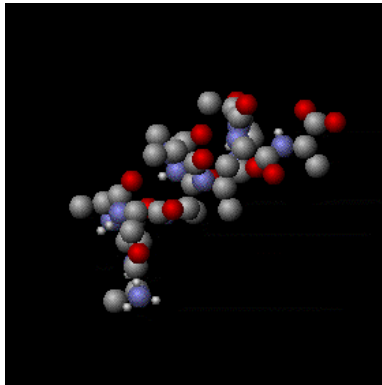
# چرا برای پاک کردن پیاده روها از برف (در زمستان)، روی برف نمک می پاشند؟

یونهای نمک طعام



پرسش :

# چرا برای پاک کردن پیاده روها از برف (در زمستان)، روی برف نمک می پاشند؟



پاسخ:

**یونهای نمک** به سرعت **جایگزین فضای خالی** در بلور یخ شده و پیوند مولکولی یخ را می شکنند **باشکسته شدن پیوند مولکولی، گرمایی** آزادمی شود که باعث ذوب شدن مولکولهای اطراف یخ می شود. در نتیجه وجود نمک نقطه ذوب یخ را (در هوای سرد) پایین می آورند.

پرسش :

# چرا برف بر روی قله کوه ها دیرتر آب می شود؟

پاسخ:

می دانیم هرچه از سطح دریا بالاتر می رویم، فشار هوا کمتر می شود. با کاهش فشار هوا نقطه ذوب یخ افزایش می یابد و از طرف دیگر دمای هوادر بالای کوه نیز کاهش می یابد. به همین دلیل برف دیرتر آب می شود.

↑ نقطه ذوب  $\xrightarrow{\text{در یخ}}$  ↓ فشار در بالای کوه



تمرین :

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

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

پاسخ:

$$Q_{\text{کل}} = -177/5 \text{KJ}$$

این پرسش با مراحل زیر حل می شود:



پاسخ:

$$Q_1 = mc_{\text{آب}} \Delta\theta \rightarrow Q_1 = . / 5 \times 4200 \times (0 - 4) = -84000 \text{ J}$$

+

$$Q_F = -mL_F \rightarrow Q_F = - . / 5 \times 334000 = -167000 \text{ J}$$

+

$$Q_r = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta' \rightarrow Q_r = . / 5 \times 2100 \times (-2 - 0) = -21000 \text{ J}$$

---


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

$$Q_{\text{کل}} = -84000 - 167000 - 21000 = -177500 \text{ J} = -177.5 \text{ kJ}$$

تمرین :

اگر از ۲۰۰g آب ۰°C به اندازه‌ی ۶۶۸۰J گرما بگیریم، جرم نهایی آب چند

$$L_F = ۳۳۴ \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ گرم است؟}$$

پاسخ:

$$m = ۱۸۰\text{g}$$

ابتدا باید دریافت که ۶۶۸۰J گرما چند گرم آب را منجمد می‌کند:

$$Q_F = -mL_F \longrightarrow -۶۶۸۰ = -m \times ۳۳۴ \dots \longrightarrow m = ۰.۰۲\text{kg} = ۲۰\text{g}$$

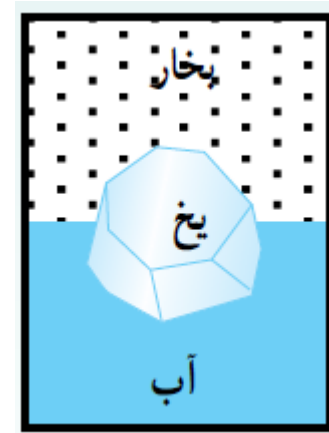
پس ۲۰g از آب یخ می‌زند در نتیجه ۱۸۰g از آب باقی می‌ماند.

فعالیت ۴-۷:

نقطه ذوب یخ در فشار ۱ atm برابر  $0^{\circ}\text{C}$  است. برای آب نقطه ای موسوم به نقطه سه گانه وجود دارد که در آن سه حالت یخ، آب و بخار در تعادل اند. دمای این نقطه  $0.01^{\circ}\text{C}$  است. تحقیق کنید برای رسیدن به این نقطه به چه فشاری نیاز است.



در نقطه سه گانه آب، سه فاز آب در تعادل اند.



پاسخ:

نقطه سه گانه آب، نقطه ثابتی است که در آن یخ، آب و بخار در تعادل قرار دارند. این حالت فقط در فشار معینی حاصل می شود. فشار بخار آب در نقطه سه گانه  $612$  یا  $4/58$  میلی متر جیوه یا  $612$  پاسکال است.

برف و یخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید.



پاسخ:

وقتی دمای محیط در ابتدا بالای نقطه انجماد آب باشد و هوا خنک شود. بخار به شکل باران تبدیل می شود. با سردتر شدن هوا، این آب به شکل تگرگ یخ می زند. اما اگر در **ابتدا دما زیر نقطه انجماد آب** باشد، بخار آب مستقیماً از **حالت گازی به حالت جامد** می رود. (چگالش) در این صورت بلورهای یخ معلق در هوا ضمن حفظ تقارن شش وجهی خود، به آرامی رشد می کند و تشکیل دانه های برف را می دهند.

تحقیق کنید وجود ناخالصی در مایع چه تأثیری بر نقطه انجماد آن دارد.

پاسخ:

در اغلب موارد افزودن ناخالصی باعث پایین آمدن نقطه انجماد جسم می شود و وجود ناخالصی موجب می شود که مایع نقطه انجماد مشخصی نداشته و انجماد در گستره ای از دماها رخ دهد. مثلاً در هنگام یخ زدن آب نمک طعام ( $\text{NaCl}$ ) اولین بلورها در دمای کمتر از  $0^{\circ}\text{C}$  تشکیل می شود و انجماد کامل در دماهای کمتر (تا  $-21^{\circ}\text{C}$ ) روی می دهد.

تمرین :

۶۰۰ گرم آب  $40^{\circ}\text{C}$ ، حداکثر چند گرم یخ صفر درجه را می‌تواند ذوب کند؟

$$\left( L_F = 334 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} , C = 420 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \text{ آب} \right)$$

پاسخ:

$$m_y = 30 \cdot \text{g}$$

پاسخ:

مقدار گرمایی که آب از دست می‌دهد با مقدار گرمایی که  $m_p$  کیلوگرم یخ می‌گیرد تا ذوب شود برابر است. بنابراین:

گرمایی که یخ می‌گیرد + گرمایی که آب از دست می‌دهد = ۰

تا ذوب شود

گرمایی که یخ می‌گیرد + گرمایی که آب از دست می‌دهد = ۰

$Q_1 + Q_F = 0$

آب (۱)  $m_1 = 60 \cdot g = 0.06 \text{ Kg}$

$\theta_1 = 40^\circ \text{C}$

$c_1 = 4200 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{C}}$

یخ (۲)  $m_p = ?$

$\theta_p = 0^\circ \text{C}$

$L_f = 336000 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$

$\theta_e = 0^\circ \text{C}$

$0.06 \times 4200 \times (0 - 40) + m_p \times 336000 = 0$

$-10080 = -m_p \times 336000$

$m_p = \frac{10080}{336000} = 0.03 \text{ kg} = 30 \cdot g$



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:

$$p = 500 \cdot w$$

یخ ۰°C → آب ۰°C

$$t = 1320 \cdot s$$

$$Q = pt$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$Q_F = mL_F$$

$$pt = mL_F \rightarrow$$

$$L_F = \frac{pt}{m} = \frac{500 \times 1320}{2}$$

$$L_F = 330,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$L_F = 330,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

تمرین:

یک گرمکن الکتریکی می‌تواند در مدت نیم دقیقه مقداری یخ را به نقطه ذوب برساند و دو دقیقه دیگر طول می‌کشد تا تمام آن را ذوب کند، دمای اولیه یخ چند درجه‌ی سلسیوس بوده است؟

$$\left( L_F = 336 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} , C = 210 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \text{ یخ} \right)$$

پاسخ:

$$\theta_1 = -4^\circ\text{C}$$



توان گرمکن ثابت و برابر  $\frac{Q}{\Delta t}$  است بنابراین در بازه‌های زمانی مختلف می‌توان نوشت:

$$\Delta t_1 = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

$$\theta_2 = 0^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_2 = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

$$\theta_1 = ?$$

$$c = 2100 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ \text{C}}$$

$$L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

$$P = \frac{Q_1}{\Delta t_1} = \frac{Q_2}{\Delta t_2}$$

$$\frac{mc\Delta\theta}{\Delta t_1} = \frac{mL_F}{\Delta t_2}$$

$$\frac{2100 \times (\theta_1 - 0)}{300} = \frac{336000}{120}$$

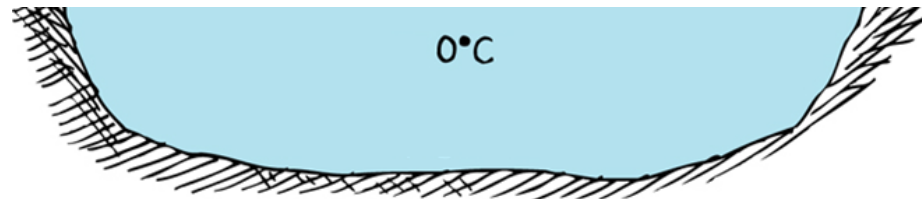
$$\frac{-2100 \times (\theta_1)}{1} = \frac{336000}{4}$$

$$\theta_1 = -\frac{336000}{4 \times 2100}$$

$$\theta_1 = -40^\circ \text{C}$$

نکته ۱:

اگر یکی از ماده‌های مبادله کننده‌ی گرما مقدار نامحدود و زیادی از آب  $0^{\circ}\text{C}$  بود مثل استخر پر از آب  $0^{\circ}\text{C}$  یا ظرف بزرگی حاوی آب  $0^{\circ}\text{C}$ ، آنگاه دمای تعادل هم  $0^{\circ}\text{C}$  است.



نکته ۲:

اگر یکی از ماده‌های مبادله کننده‌ی گرما مقدار نامحدود و زیادی یخ  $0^{\circ}\text{C}$  بود باز هم دمای تعادل در این وضعیت  $0^{\circ}\text{C}$  است.



# موضوع : جوش و میعان



برگشت

قبلی

بعدی

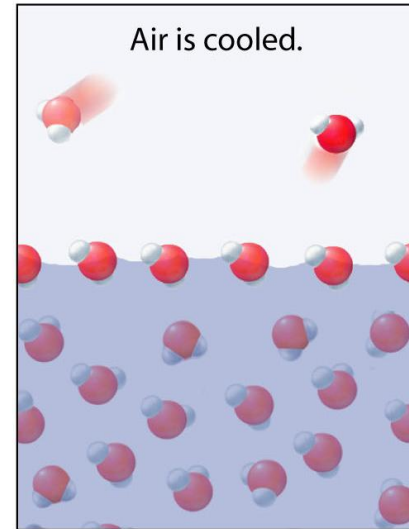
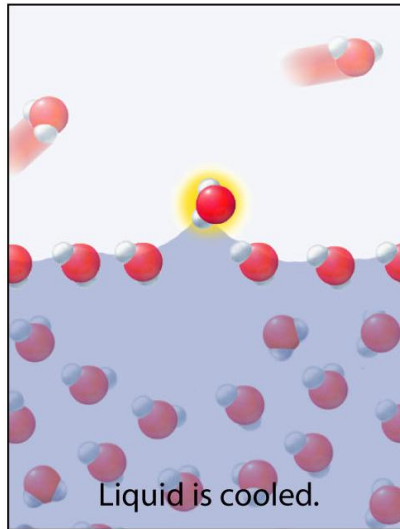
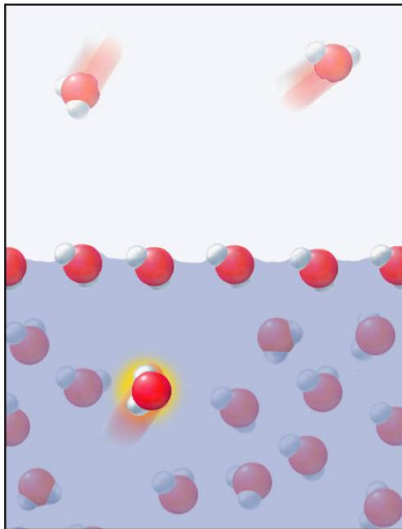
خروج

## تبخیر سطحی

بخار شدن مایع‌ها از سطح آزاد آنها در دمای محیط، را تبخیر سطحی می‌گوییم.

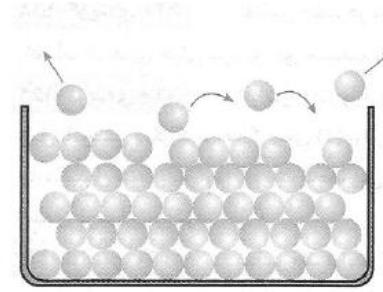
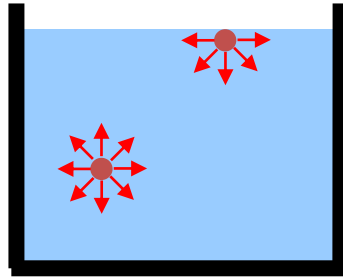
نکته:

تا پیش از رسیدن به نقطه جوش مایع، تبخیر به طور پیوسته‌ای از سطح مایع رخ می‌دهد.



پرسش:

در تبخیر سطحی گرمای لازم برای تبخیر از چه منبعی تامین می شود؟



پاسخ:

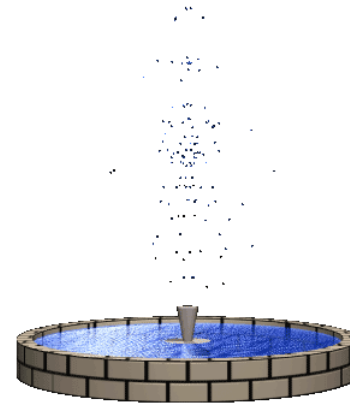
این گرما را مولکول های سطح از محیط پیرامون و در اغلب مواقع از مولکول های زیرین دریافت می کنند.

نکته:

تازمانی که دمای مایع به نقطه جوش نرسیده حبابی تشکیل نخواهد شد.

نکته:

عمل تبخیر گرماگیر است، مولکول‌های بخار شده، انرژی گرمایی لازم جهت تبخیر را از مولکول‌های باقی‌مانده می‌گیرند. در نتیجه، **انرژی درونی مایع باقی‌مانده کاهش یافته و دمای آن نیز کاهش می‌یابد.**

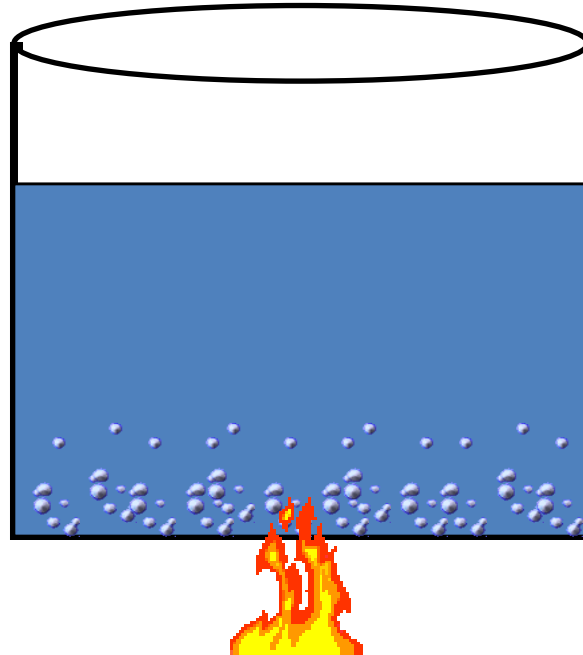




## شباهت تبخیر سطحی و جوش :

۱- در هر دو مایع به بخار تبدیل می شود.

۲- هر دو گرماگیرند.

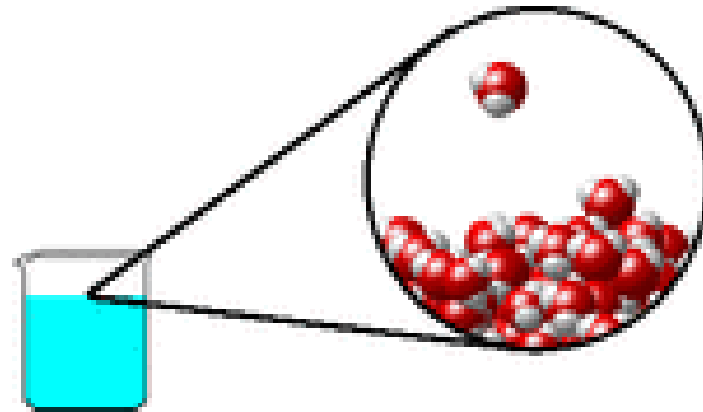


## تفاوت تبخیر سطحی و جوش :

۱- تبخیر سطحی در هر دمایی صورت می گیرد، ولی جوشیدن مایع در نقطه جوش صورت می گیرد

۲- در تبخیر سطحی فقط مولکول‌های سطح مایع به بخار تبدیل می شوند، ولی در جوش مولکول‌های زیرین مایع نیز بخار شده و از سطح مایع خارج می شوند.

۳- در تبخیر سطحی با حباب (قل زدن) همراه نیست، ولی در جوش با قل زدن (و صدای غلغل کردن) همراه است.



# آهنگ تبخیر سطحی چگونه افزایش می یابد؟

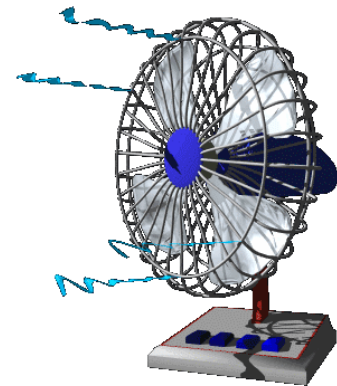
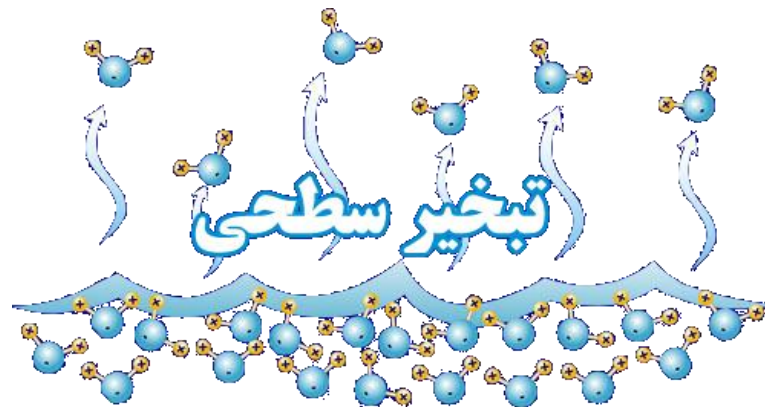
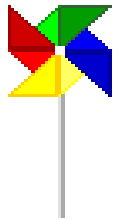
۱- «افزایش دمای محیط»

۲- «افزایش مساحت سطح آزاد مایع»

۳- «وزش باد»

۴- «کاهش رطوبت»

۵- «کاهش فشار هوا»



پرسش:

وقتی مقداری بنزین والکل روی دست شما می ریزد احساس  
خنکی می کنید، علت چیست؟

پاسخ:

بنزین والکل از پوست دست شما گرما می گیرند تا به بخار تبدیل شوند، بنابراین این دست شما به دلیل از دست دادن گرما احساس خنکی می کند.

پرسش:

چگونه عرق کردن به خنک نگه داشتن بدن کمک می کند؟



پاسخ:

وقتی بدن عرق می کند آبی روی سطح بدن ایجاد می شود، این آب برای بخار شدن از پوست گرما می گیرد که سبب احساس خنکی می شود (در واقع تبخیر عرق بدن، یکی از راه های کنترل دمای بدن است)

پرسش:

چرا قرار دادن دستمال خیس روی بدن شخص تب دار به پایین آوردن دمای بدن بیمار کمک می کند؟

پاسخ:

برای آن که آب درون دستمال تبخیر شود، نیاز به گرما دارد. این گرما از طریق بدن شخص بیمار تامین می شود و بدین ترتیب باعث پایین آمدن دمای بدن بیمار می شود

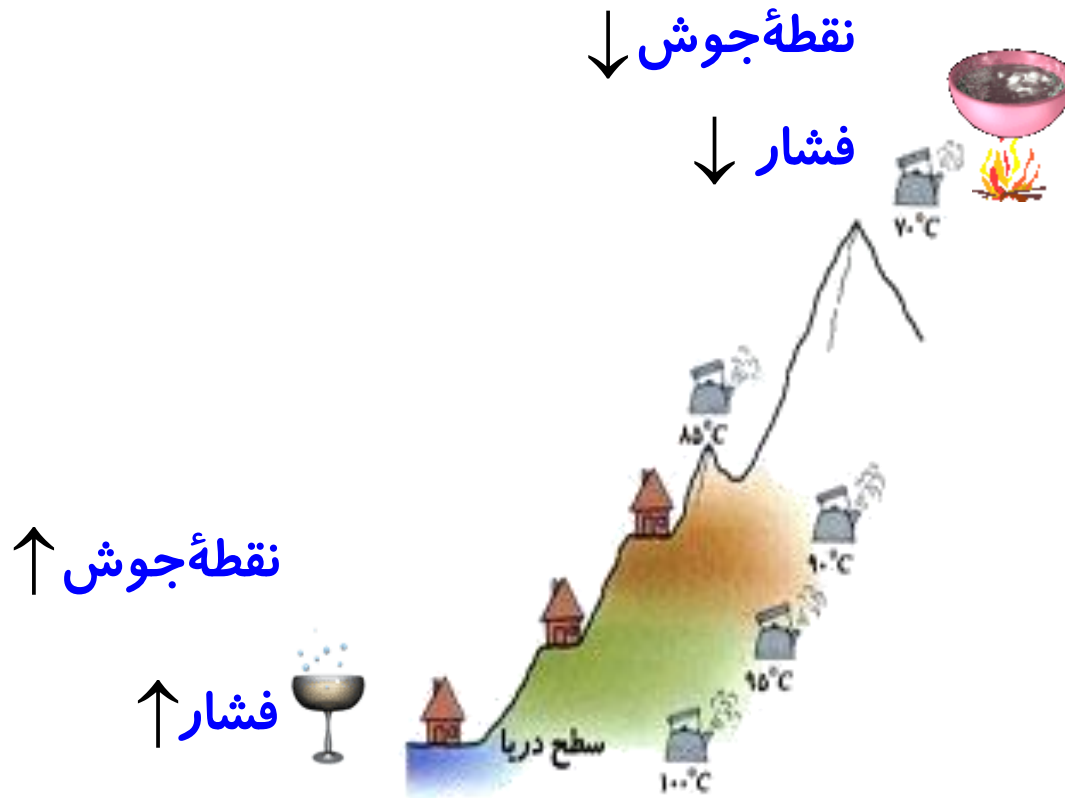
## ۳- نقطه ی جوش

هرمایعی دردمای 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



**افزایش فشار، سبب بالا رفتن دمای جوش آب می شود .**  
**کاهش فشار، سبب پایین آمدن نقطه ی جوش آب می شود .**



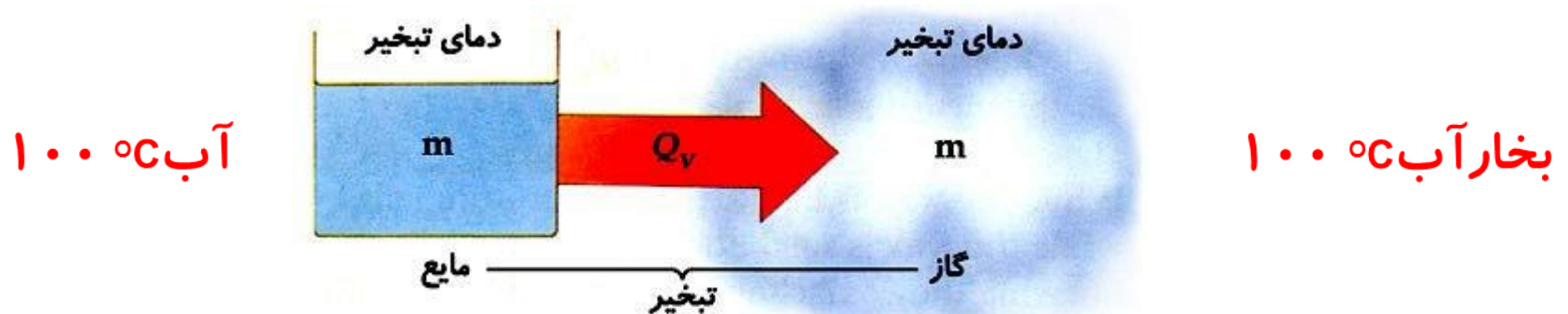


## گرمای تبخیر $Q_v$

مقدار گرمایی است که هر مایع در نقطه‌ی جوش خود می‌گیرد تا به بخار در همان دما تبدیل شود.

نکته:

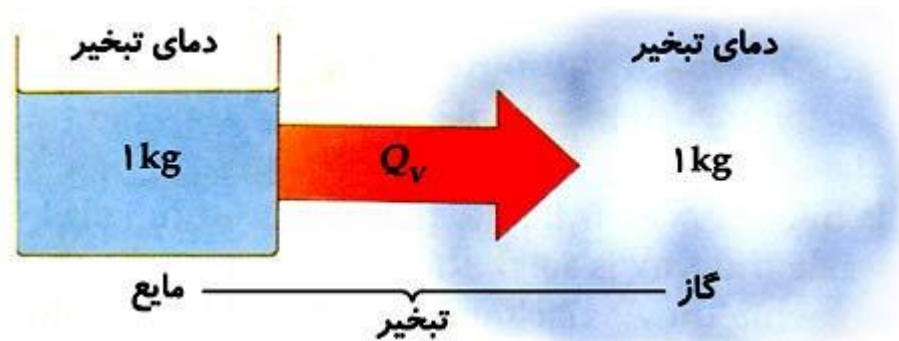
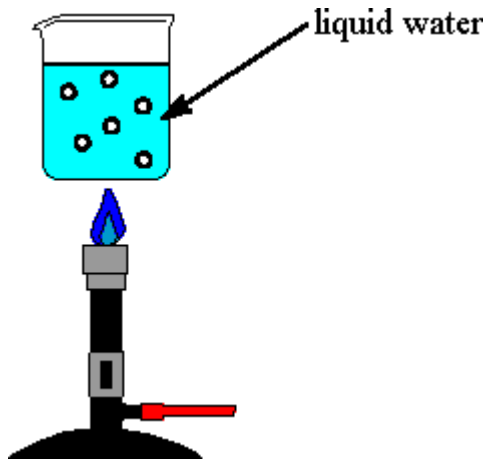
گرمای تبخیر جسم به جنس جسم و جرم آن بستگی دارد.



**گرمای نهان تبخیر:  $L_v$**

گرمایی است که به یک کیلوگرم از مایع در نقطه‌ی جوش می‌دهیم تا به بخار در همان دما تبدیل شود

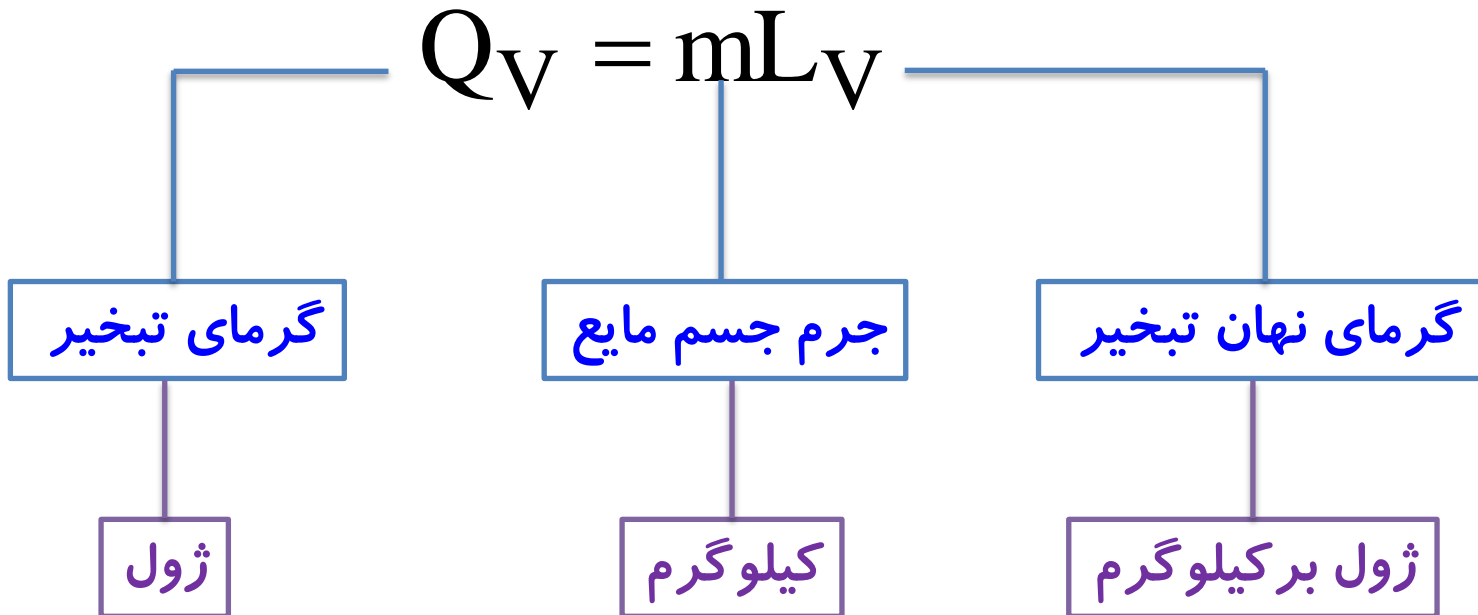
گرمای تبخیر واحد جرم اجسام را **گرمای نهان تبخیر** گویند.  $L_v = \frac{Q_v}{m}$



نکته:

گرمای نهان تبخیر اجسام فقط به **جنس** آنها بستگی دارد.

# فرمول گرمای تبخیر: $Q_v$



پرسش:

چرا افزایش فشار نقطه جوش همه مواد را بالا می برد؟



پاسخ:

زیرا وقتی فشار وارد بر سطح مایع زیاد می شود، مولکول ها **برای جدا شدن** از مایع و بخار شدن، **باید انرژی جنبشی بیشتری** داشته باشند. یعنی در دمای بالاتری قرار بگیرند.

## چرا در جدول زیر گرمای تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می یابد؟

پاسخ:

جدول ۴-۵ مقادیر  $L_V$  برای آب در دماهای مختلف \*

$L_V$ (kJ/kg)	دما ( $^{\circ}\text{C}$ )
۲۴۹۰	۰
۲۴۵۴	۱۵
۲۳۷۴	۵۰
۲۲۵۶	۱۰۰
۲۱۱۵	۱۵۰
۱۹۴۰	۲۰۰

با افزایش دما جنبش مولکولها افزایش یافته در نتیجه **پیوندین** آنها **سست تر** می شود و مولکولها برای جدا شدن از سطح به **انرژی کمتری** نیاز دارند؛ بنابراین با افزایش دمای آب گرمای کمتری برای تبخیر آن نیاز است.

\* مقادیر تا  $100^{\circ}\text{C}$  در فشار  $1\text{ atm}$  است.

تمرین:

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



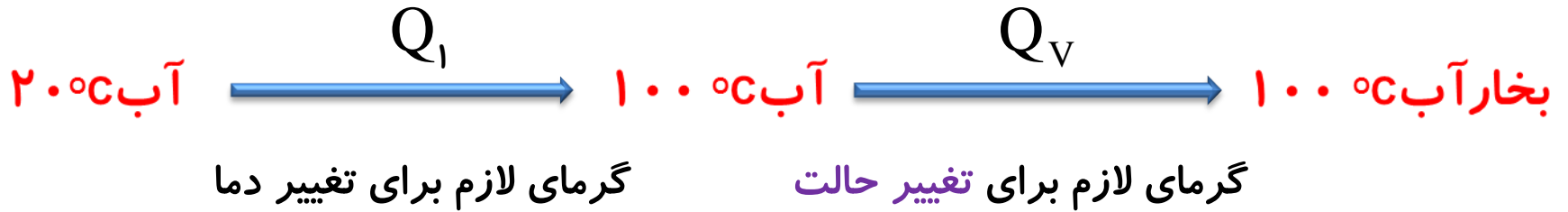
$$\left( L_v = 2256 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ بخار} , C = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \text{ آب} \right)$$

پاسخ:

$$Q_{\text{کل}} = 518/4 \text{ kJ}$$

پاسخ:

این پرسش با مراحل زیر حل می‌شود:



$$Q_1 = mc\Delta\theta \rightarrow Q_1 = . / 2 \times 4200 \times (100 - 20) = 67200 \text{ J}$$

$$Q_v = mL_v \rightarrow Q_v = . / 2 \times 2256000 = 451200 \text{ J}$$

+

---

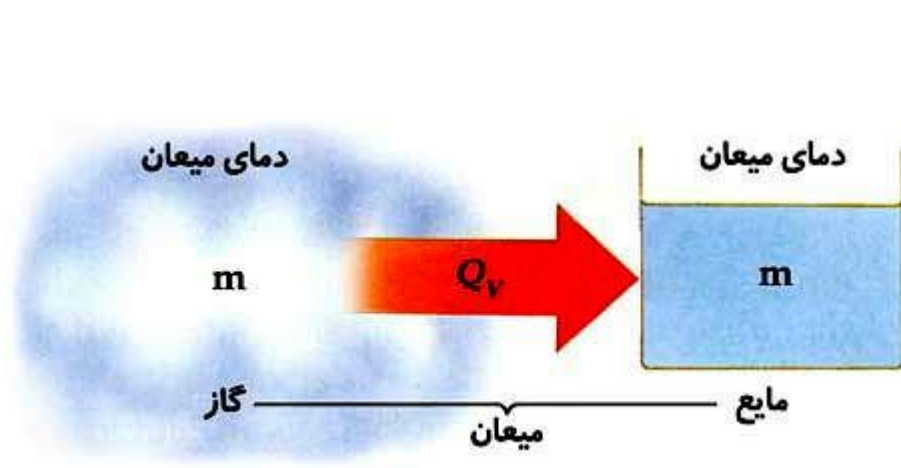

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_v \rightarrow Q_{\text{کل}} = 67200 + 451200 = 518400 \text{ J} = 518 / 4 \text{ kJ}$$

**(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  $100^{\circ}\text{C}$  است.

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

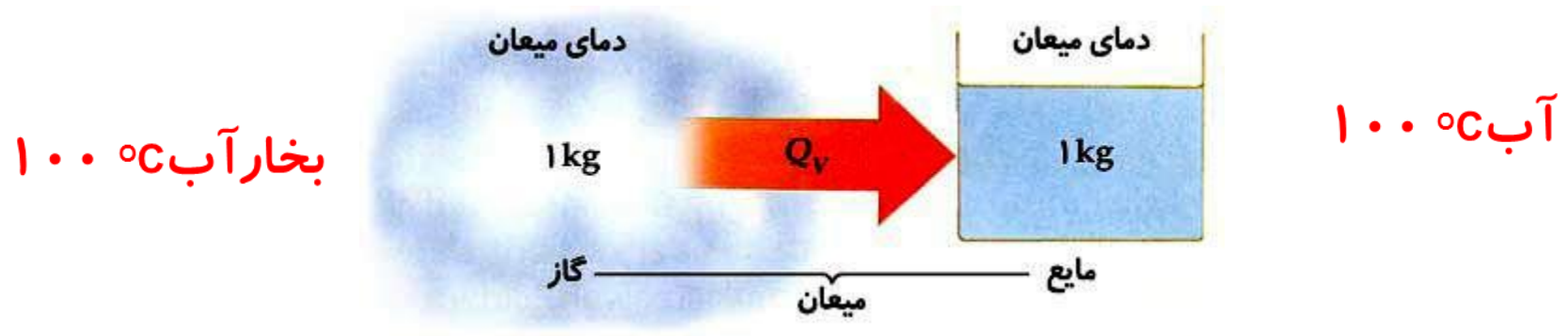


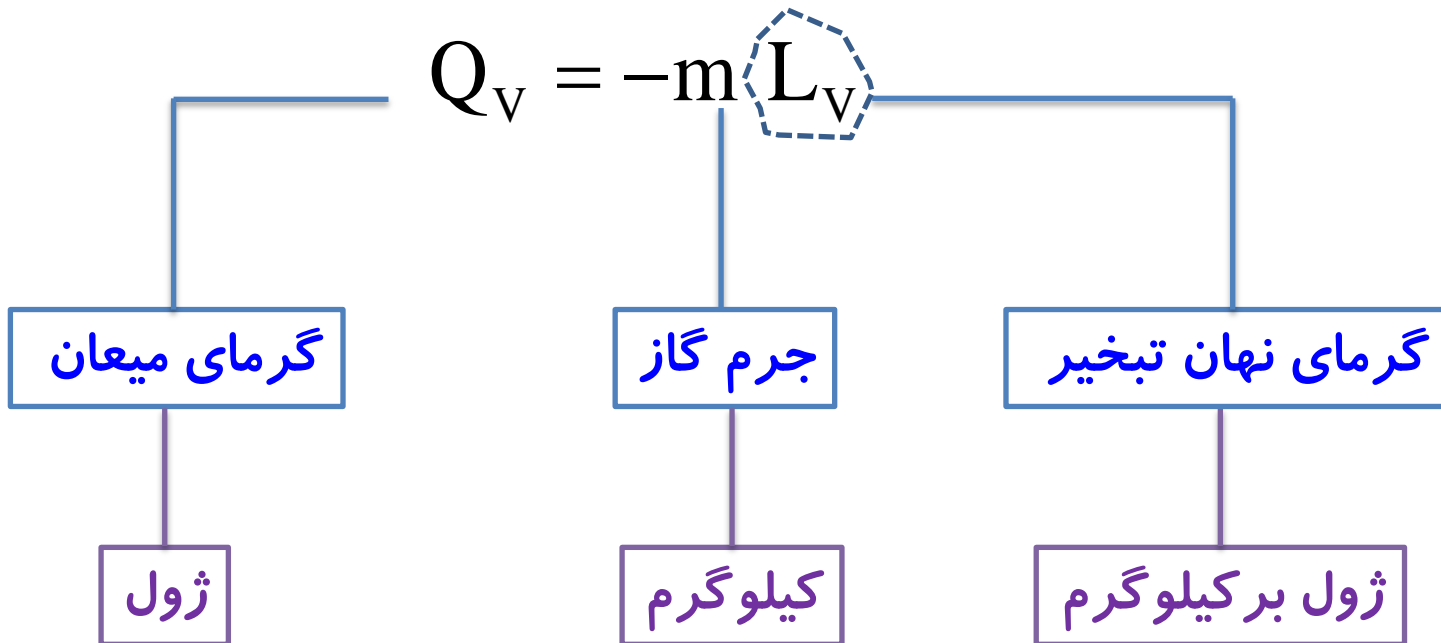


نکته:

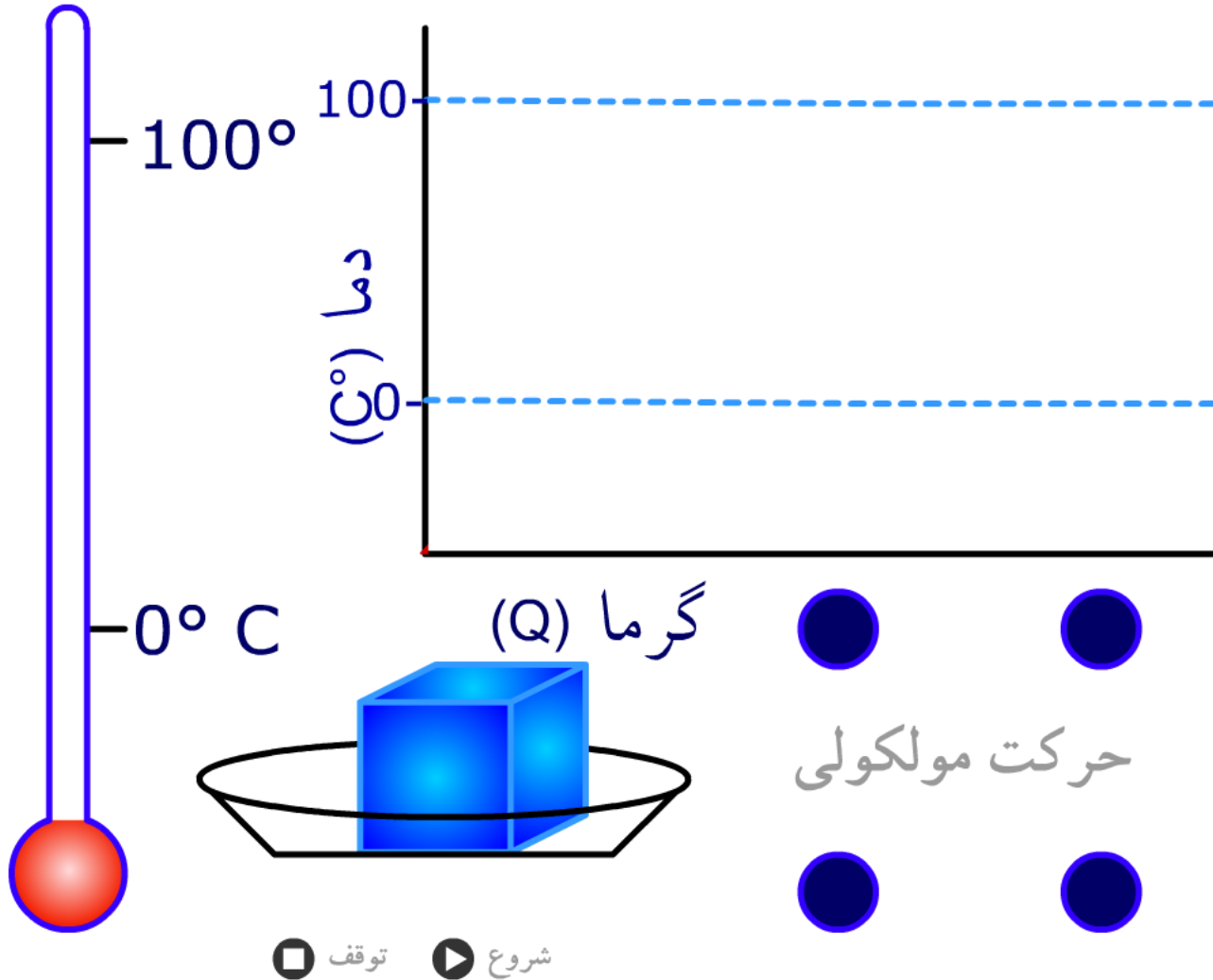
## گرمای نهان میعان منفی گرمای نهان تبخیر است

اگر از بخار آب  $100^{\circ}\text{C}$  گرم بگیریم، دمای آن کاهش نمی یابد بلکه تغییر حالت داده و به آب  $100^{\circ}\text{C}$  تبدیل می شود



فرمول گرمای میعان:  $Q_v$ 

# انیمیشن تحول یخ به بخار آب



تمرین:

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

پاسخ:

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

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

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

بخار آب  $100^\circ\text{C}$   $\rightarrow$  آب  $100^\circ\text{C}$

$$L_F = ?$$

تمرین:

بدن یک شخص با آب ترشده است چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم  $5.0 \text{ kg}$ ،  $1 \text{ C}^\circ$  سردتر کند؟

(گرمای ویژه آب  $C_{\text{شخص}} = 348 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$ ، گرمای تبخیر آب  $L_v = 2/42 \times 10^6 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$ ) پاسخ:

$$m_{\text{آب}} \approx 0.72 \text{ kg}$$

فرض می کنیم تمام انرژی لازم برای تبخیر آب، از بدن شخص گرفته شود

$$Q_{\text{آب}} = |Q_{\text{شخص}}|$$

$$m_{\text{آب}} L_F = m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} |\Delta\theta|$$

$$m_{\text{آب}} = \frac{m_{\text{شخص}} c_{\text{شخص}} \Delta\theta}{L_F}$$

$$m_{\text{آب}} = \frac{5.0 \times 348 \times 1}{2/42 \times 10^6} = 0.72 \text{ kg}$$

تمرین:

در چاله کوچکی ۱ kg آب ۰°C قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیه آن یخ ببندد، جرم آب یخ زده چقدر است؟

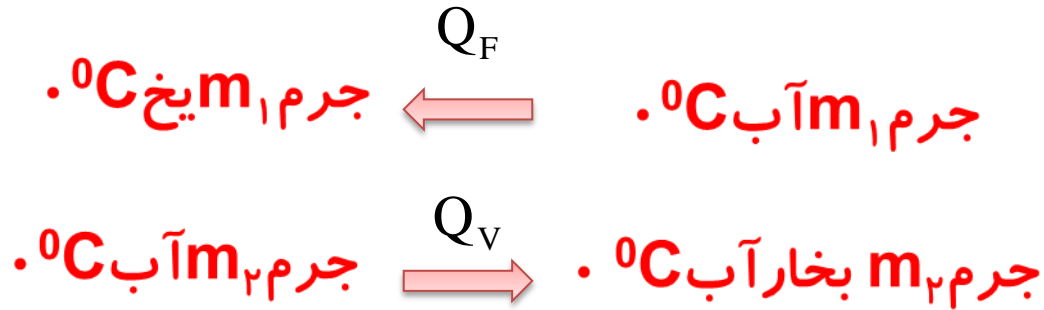
$$\left( L_v = 249 \cdot \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ بخار} , L_f = 334 \cdot \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ یخ} \right)$$

پاسخ:

$$m_1 \approx . / 88 \text{kg}$$

پاسخ:

در حین یخ زدن جرم  $m_1$  آب  $0^\circ\text{C}$  مقدار گرمایی برابر  $Q_F$  آزاد شده و باعث تبخیر  $m_2$  آب می شود.



$$\left. \begin{array}{l} |Q_F| = |Q_V| \Rightarrow m_1 L_F = m_2 L_V \\ m_1 + m_2 = 1 \text{ kg} \end{array} \right\} m_1 L_F = (1 - m_1) L_V \Rightarrow m_1 L_F = L_V - m_1 L_V$$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{L_V}{L_F + L_V} \Rightarrow m_1 = \frac{249.0}{249.0 + 2234} \approx . / 10 \text{ kg}$$

تمرین:

یک گرمکن الکتریکی می‌تواند در مدت ۱۰ دقیقه، ۱۰۰g یخ صفر درجه را به آب صفر درجه تبدیل کند. این گرمکن همین آب را تقریباً در مدت چند دقیقه به بخار آب ۱۰۰ درجه تبدیل می‌کند؟

$$\left( L_v = 2256 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} , L_F = 336 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} , C = 4/2 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \text{ آب} \right)$$

پاسخ:

$$t_p \approx 8 \cdot \text{min}$$



توان گرمکن ثابت و برابر  $\frac{Q}{\Delta t}$  است بنابراین در بازه‌های زمانی مختلف می‌توان نوشت:

$$\Delta t_1 = 600 \text{ s}$$

آب  $0^\circ\text{C} \rightarrow$  یخ  $0^\circ\text{C}$

$$\Delta t_2 = ? \text{ min}$$

بخار آب  $100^\circ\text{C} \rightarrow$  آب  $0^\circ\text{C}$

$$L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

$$c_p = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot^\circ\text{C}}$$

$$L_v = 2,256,000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

$$P = \frac{Q_F}{\Delta t_1} = \frac{Q_r + Q_v}{\Delta t_2}$$

$$\cancel{m}L_F = \frac{\cancel{m}c_p\Delta\theta + \cancel{m}L_v}{\Delta t_2}$$

$$\frac{336000}{600} = \frac{4200 \times 100 + 2,256,000}{\Delta t_2}$$

$$\frac{336000}{600} = \frac{2,676,000}{\Delta t_2}$$

$$\Delta t_2 = 2676000 / 5 \text{ s} = \frac{477800}{60} \approx 8 \cdot \text{min}$$

فعالیت ۴-۱۰:

الف) بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه بر آهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می گذارد؟

پاسخ:

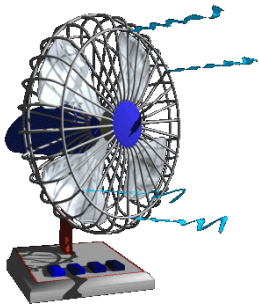
- ۱) با **افزایش دما** انرژی جنبشی مولکول ها افزایش یافته و مولکول های بیشتری تندی کافی را برای فرار از چنگ کشش سطحی مایع پیدا می کنند. بنابراین آهنگ تبخیر سطحی افزایش می یابد.
- ۲) با **افزایش مساحت مایع**، تعداد مولکول های جدا شده (فرار از سطح) نیز بیشتر می شود. در نتیجه آهنگ تبخیر سطحی افزایش می یابد.

ب) با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه، عامل یا عوامل های دیگری را پیدا کنید که بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشند.

پاسخ:

۱- جنس مایع: تبخیر سطحی در برخی مایع ها بیشتر از سایر مواد دیگر است. مثلاً تبخیر سطحی در الکل بسیار بیشتر از آب است.

۲- فشار سطح مایع: فشار سطح مایع و تبخیر سطحی نسبت عکس دارند یعنی اگر سطح آزاد مایع را در معرض نسیم (یا باد پنکه) قرار دهیم. طبق اصل برنولی جریان هوا بر روی سطح مایع باعث کاهش فشار در سطح مایع و در نتیجه افزایش آهنگ تبخیر سطحی می شود.



پ) تحقیق کنید کوزه های سفالی چگونه می توانند آب داخل خود را خنک کنند.

پاسخ:

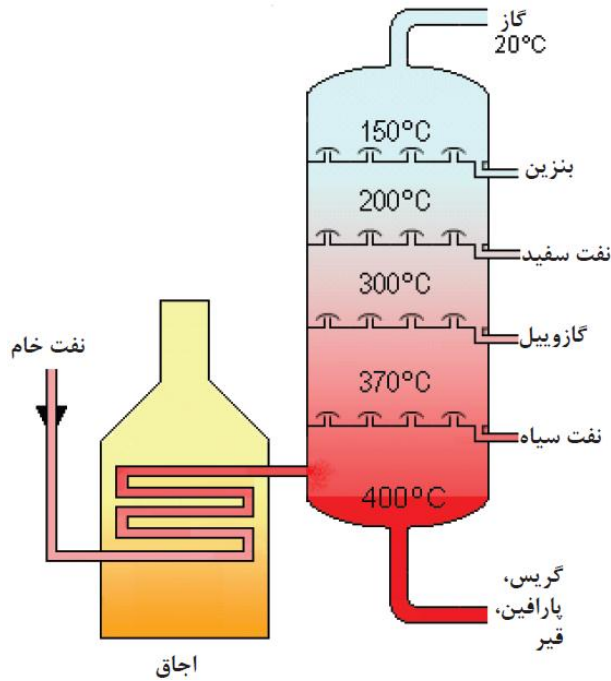


پ) کوزه سفالی به علت دیواره متخلخل و داشتن سطح تراوا آب را از داخل به بدنه خارجی خود منتقل می کنند و چون تبخیر فرآیندی گرماگیر است. این مولکول های آب برای تبخیر شدن، از بدنه کوزه گرما گرفته و آب درون کوزه خنک می شود. آب می تواند به درون بدنه کوزه نفوذ کند و مولکولهایی که جذب بدنه کوزه می شوند برای تبخیر از کوزه گرما می گیرند و آن را سرد می کنند

از تفاوت نقطه جوش اجسام مختلف در صنعت، استفاده زیادی می شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می شود؟

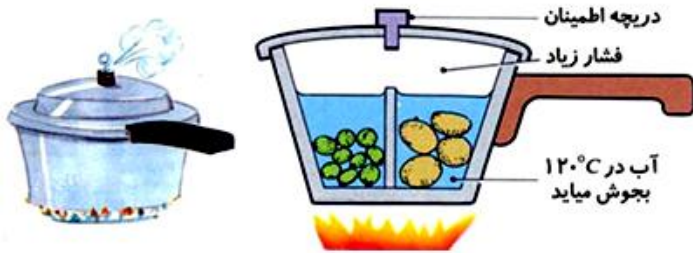
پاسخ:

اگر نفت خام را چنان حرارت دهیم که ناگهان همه اجزای آن تبدیل به بخار گردد و سپس آنها را سرد کنیم تا به مایع تبدیل شوند، اجزای مختلف نفت خام با نقاط جوش مختلف را می توان در یک ستون تقطیر از هم جدا کرد. سبک ترین محصولات با پایین ترین نقطه جوش از بالای ستون و سنگین ترین محصولات با بالاترین نقطه جوش از پایین ستون خارج می شود.



پرسش ۴-۵:

الف) چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می شود؟  
 ب) دلیل دیرتر پخته شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می دهند؟



پاسخ:

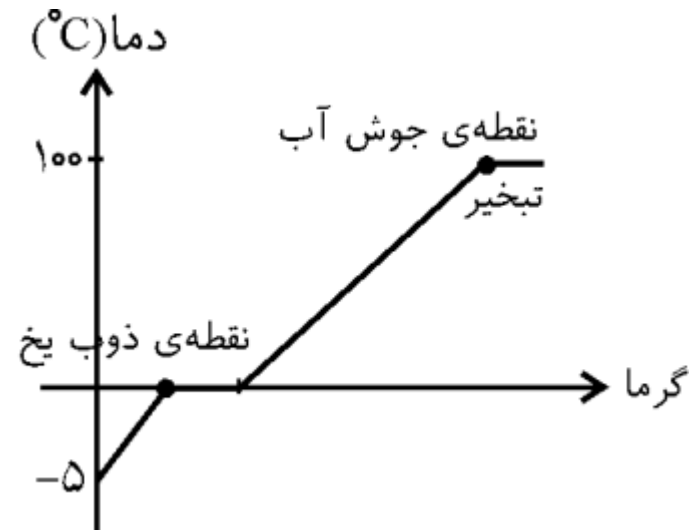
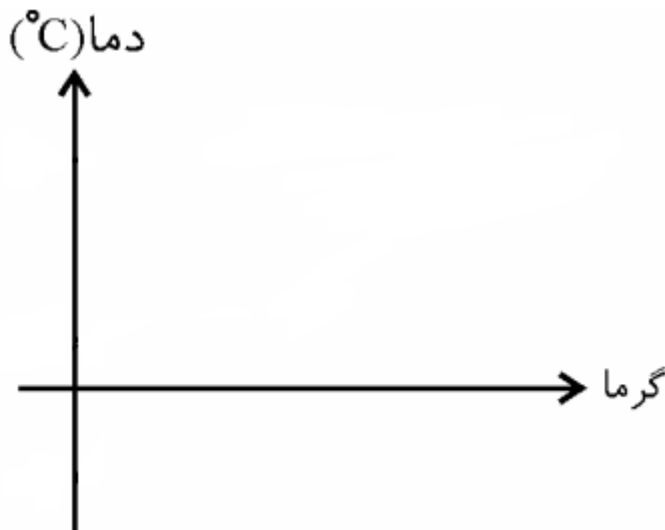
الف) در درون دیگ زودپز، با **افزایش فشار بخار آب** بر روی سطح مایع درون دیگ، **نقطه جوش افزایش** می یابد و در نتیجه مواد درون زودپز در دمای بالاتر و سریع تر پخته می شود.  
 ب) در ارتفاعات، به دلیل **کاهش فشار هوا** نقطه جوش آب پایین می آید. در نتیجه تخم مرغ در دمای کمتری قرار گرفته و زمان پختن را طولانی می کند.  
 معمولاً کوهنوردان مقداری **نمک** داخل آب می ریزند یا **ظروف دربسته** برای آب پز کردن تخم مرغ استفاده می کنند.

پرسش:

به مقداری یخ  $5^{\circ}\text{C}$  - 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 موارد با دادن گرما، دما افزایش می‌یابد.



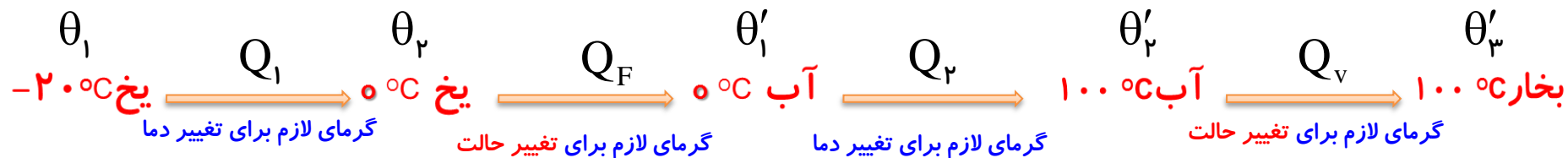
تمرین ۴-۶:

قطعه یخی به جرم  $1\text{ kg}$  و دمای اولیه  $20^\circ\text{C}$  را آن قدر گرم می کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار  $100^\circ\text{C}$  شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلو ژول است؟

پاسخ:



پاسخ: این پرسش با تحولات زیر حل می‌شود:

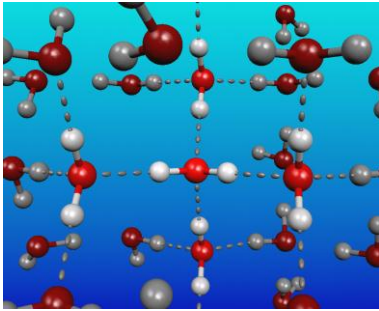


$$\left\{ \begin{array}{l}
 Q_1 = mc_{\text{یخ}} \Delta\theta \longrightarrow Q_1 = 1 \times 2200 \times (0 - (-20)) = 44000 \text{ J} \\
 Q_F = mL_F \longrightarrow Q_F = 1 \times 334000 = 334000 \text{ J} \\
 Q_r = mc_{\text{آب}} \Delta\theta' \longrightarrow Q_r = 1 \times 4200 \times (100 - 0) = 420000 \text{ J} \\
 Q_v = mL_v \longrightarrow Q_v = 1 \times 2256000 = 2256000 \text{ J}
 \end{array} \right.$$

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

$$Q_{\text{کل}} = 44000 + 334000 + 420000 + 2256000 = 3054000 \text{ J} = 3.054 \text{ KJ}$$

در فرایندهای تغییر حالت (تغییر فاز) دما تغییر نمی کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می کند. در این باره تحقیق کنید.



پاسخ:

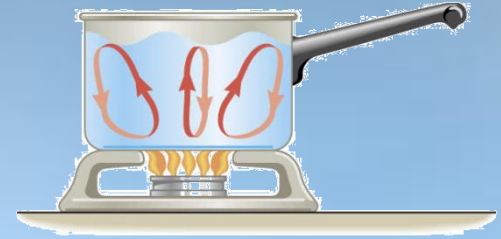
انرژی درونی مجموع انرژیهای جنبشی و انرژی پتانسیل آنها و مولکولهای تشکیل دهنده جسم است. وقتی جسم گرم می شود، چون انرژی جنبشی ذرات تشکیل دهنده آن افزایش می یابد، انرژی درونی آن بیشتر می شود. اما در زمان تغییر حالت ماده، چون **گرمای** داده شده **صرف غلبه بر نیروهای بین مولکولی** می شود انرژی جنبشی متوسط مولکولها تغییر نمی کند، بنابراین دما، ثابت می ماند ولی با از بین رفتن نیروهای بین مولکولی، **انرژی پتانسیل آنها افزایش می یابد** در نتیجه انرژی درونی ماده بیشتر می شود.

پرسش:

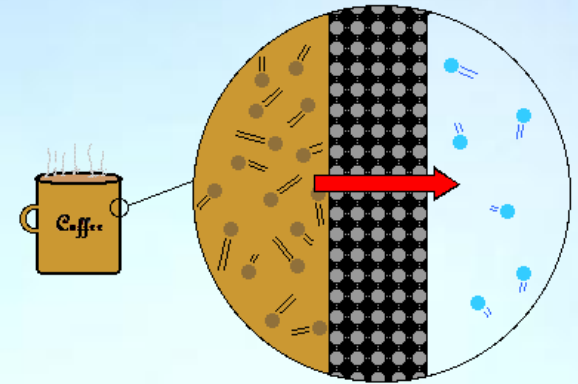
گرمای نهان ویژه تبخیر برای آب  $L_V = 2256 \text{ kJ/kg}$  و گرمای نهان ویژه ذوب برای آب  $L_F = 336 \text{ kJ/kg}$  است آیا می توانید علت بزرگ تر بودن  $L_V$  از  $L_F$  بیان کنید.

پاسخ:

هنگامی که جامد در نقطه ذوب گرمایی گیرد گرما صرف سست شدن پیوندهای جامد و تبدیل آن به مایع می شود اما در نقطه جوش پیوندها شکسته شده و مولکول ها از هم جدا شده و مایع به بخار تبدیل می شود که شکستن پیوندها به گرمای (انرژی) بیشتری نیاز دارد



# موضوع: روش های انتقال گرما



برگشت

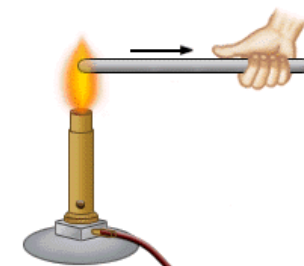
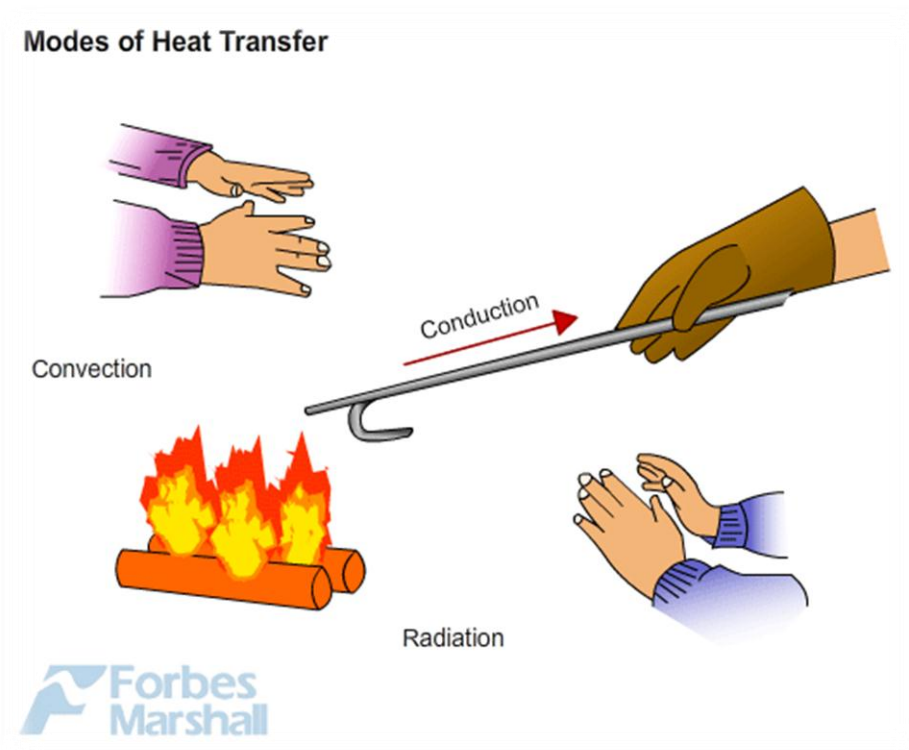
قبلی

بعدی

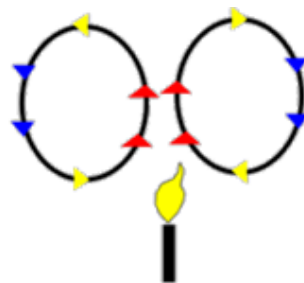
خروج

## انتقال گرما

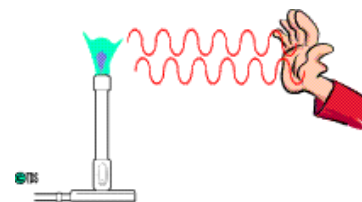
اختلاف دما باعث شارش گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین تر می شود. این شارش گرما به سه صورت انجام می شود:



۱- رسانش

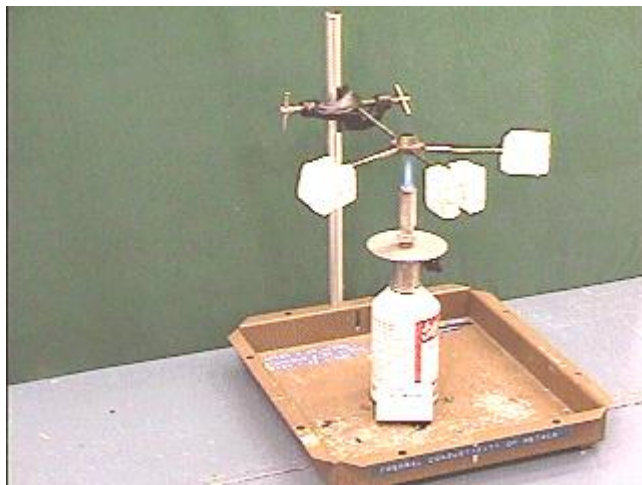


۲- همرفتی



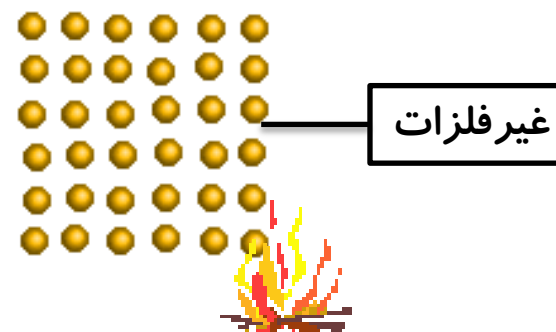
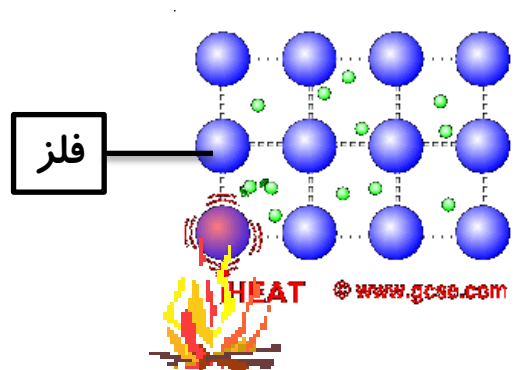
۳- تابش

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد آهنگ رسانش گرما در مواد مختلف، متفاوت است؟



پرسش:

## چرا رسانش گرمایی در فلزات بیشتر از غیر فلزات است؟



پاسخ:

در غیر فلزات گرما فقط از طریق ارتعاش اتم ها انتقال می یابد

اما در فلزات، افزون بر ارتعاش اتمها، الکترونهای آزاد (درون فلز) هم در انتقال گرما نقش دارند. در واقع این الکترونهای آزاد که نسبت به اتمها بسیار کوچک هستند، در اثر دریافت گرما، سرعت گرفته و به سایر الکترون ها و اتم ها برخورد می کنند و به این ترتیب رسانندگی گرمایی فلزات را افزایش می دهند.

# آهنگ رسانش گرمایی H

مقدار گرمای عبوری از جسم در هر ثانیه را آهنگ رسانش گرما گویند.

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

یکای آن J/S یا W است

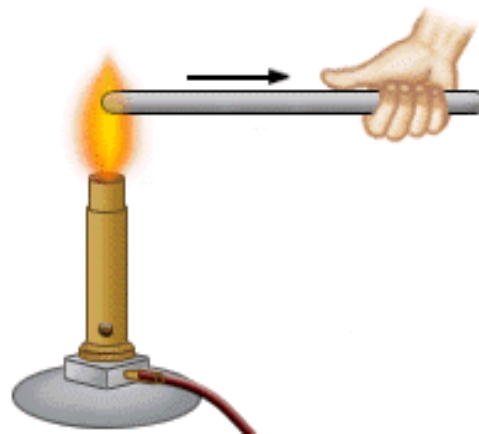
آهنگ رسانش گرمایی در رساناهای فلزی بیشتر از سایر مواد دیگر است.

جهت شارش یا انتقال گرما از مولکولهای گرم به طرف مولکولهای سرد است.

$$\Delta T = (T_H - T_L)$$



$T_L$



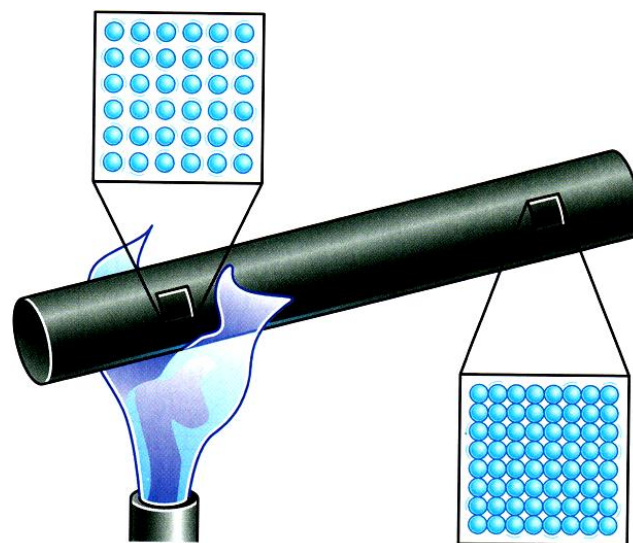
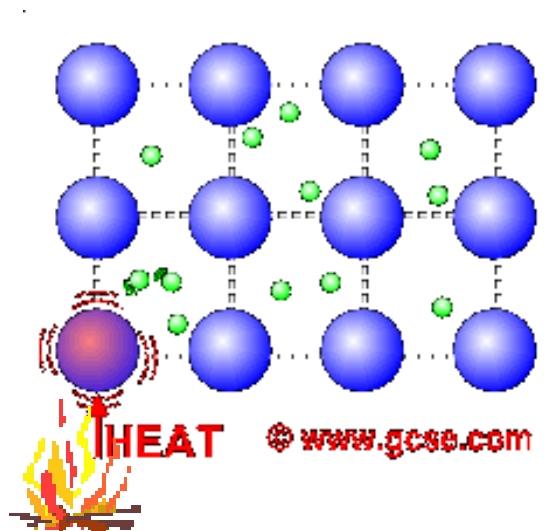
$T_H$



## روشهای انتقال گرما

### الف) رسانش گرمایی:

در این روش به دلیل ارتعاش اتم ها و حرکت الکترون های آزاد در قسمت های گرمتر و گسترش این حرکت و ارتعاشات به سراسر جسم، گرما منتقل می شود،  
مانند انتقال گرما در فلزات



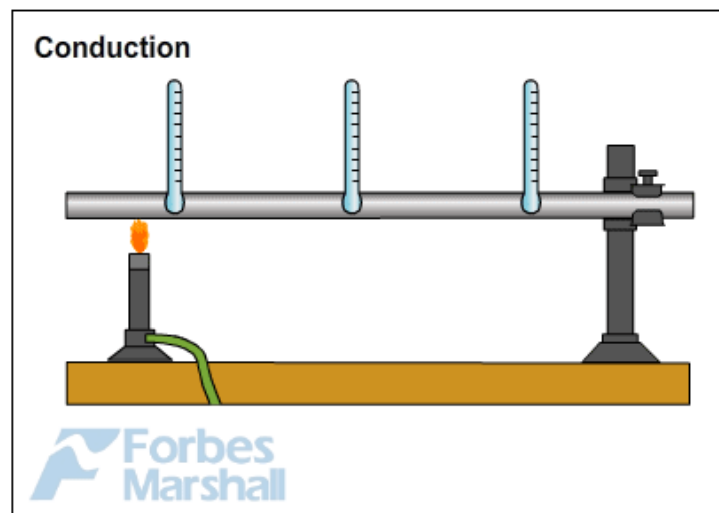
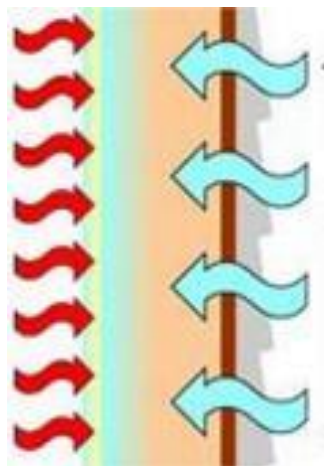
تست :

آهنگ رسانش گرما (در شرایط یکسان) در کدامیک با بقیه متفاوت است؟

(۱) پلاستیک      (۲) آب      (۳) مس      (۴) شیشه

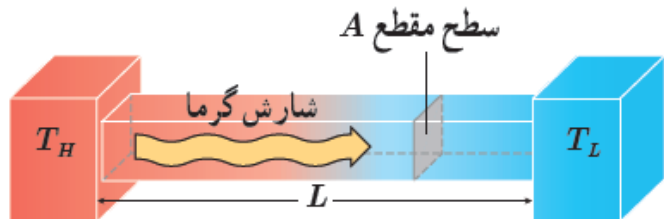
پاسخ : گزینه «۳» صحیح است .

پلاستیک، آب، شیشه، آهنگ رسانش گرمای کندی دارند در صورتی که مس رسانا می باشد. بنابراین در رساناهای فلزی سهم حرکت الکترونهاى آزاد در رسانش گرما بیشتر از سهم ارتعاش اتم هاست.

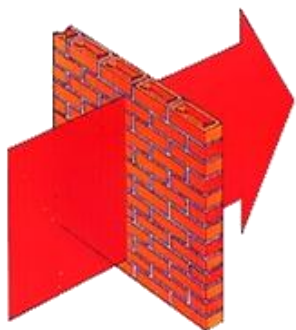


پرسش:

آهنگ شارش گرما (انتقال گرما به روش رسانش) از یک سرمیله (تیغه یا بُره ای) به سردیگر آن به چه عواملی بستگی دارد؟



پاسخ:



۱- با طول میله (ضخامت بُره) نسبت وارون دارد  $H \propto \frac{1}{L}$

۲- با مساحت مقطع میله نسبت مستقیم دارد.  $H \propto A$

۳- با اختلاف دما در دو انتهای میله نسبت مستقیم دارد.  $H \propto (T_H - T_L)$

۴- با جنس میله یا رسانندگی گرمایی میله نسبت مستقیم دارد.  $H \propto K$

$$H = K \frac{A(T_H - T_L)}{L} \Rightarrow Q = K \frac{At(T_H - T_L)}{L}$$

پرسش:

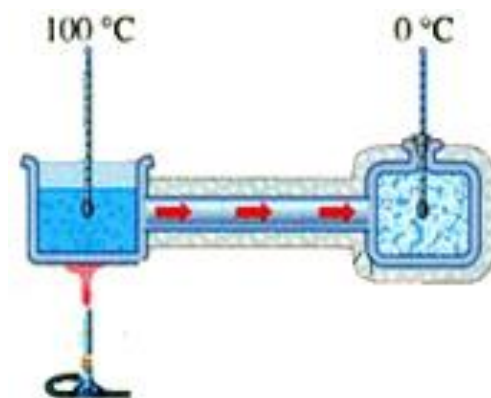
## یکای رسانندگی گرمایی در SI چیست؟

پاسخ:

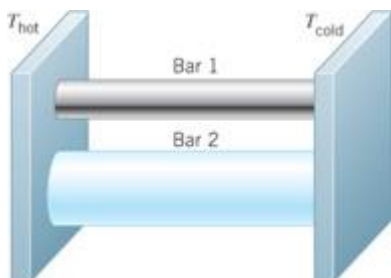
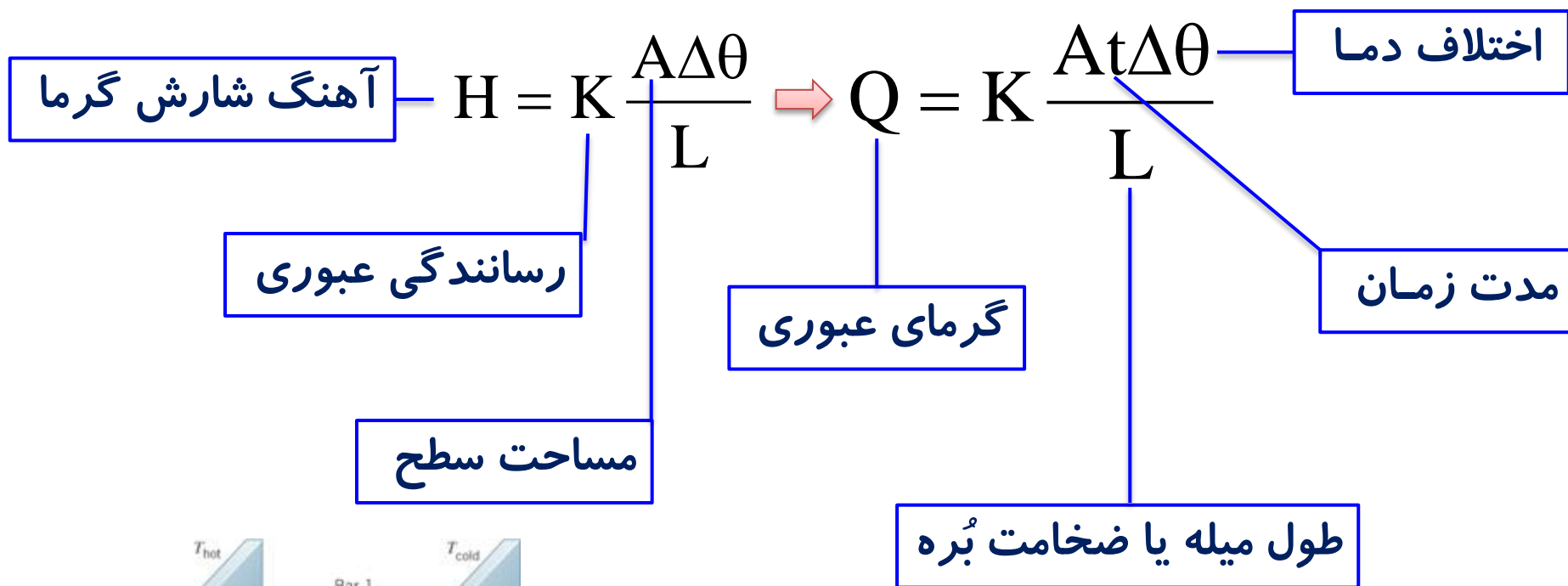
ابتدا  $k$  را بر حسب سایر کمیت های دیگر به دست می آوریم و سپس یکاهای این کمیت ها را در رابطه قرار می دهیم

$$Q = K \frac{At\Delta T}{L} \rightarrow K = \frac{QL}{At\Delta T}$$

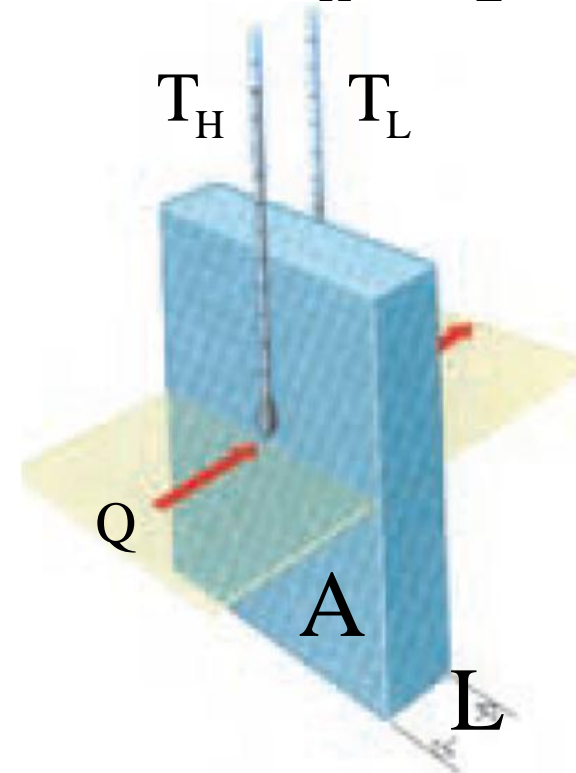
یکای رسانندگی گرمایی  $K = \frac{J.m}{m^2.s.K} = \frac{J}{m.s.K} = \frac{W}{m.K}$



# فرمول آهنگ شارش گرما و گرمای عبوری از یک سرمیله به سردیگر



$$\Delta T = (T_H - T_L)$$



جدول ۴-۷ رسانندگی گرمایی برخی از مواد

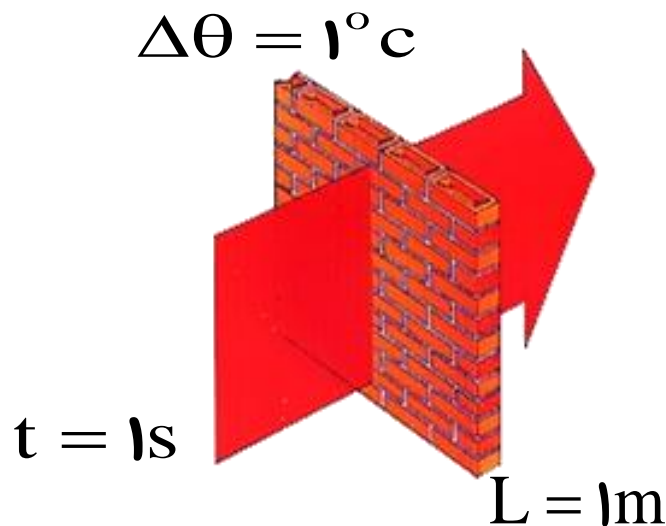
رسانندگی گرمایی (W/m.K)	ماده	رسانندگی گرمایی (W/m.K)	ماده
۲	یخ	۰/۰۵	پشم شیشه
۳۵	سرب	۰/۰۴	چوب پنبه
۸۰	آهن	۰/۰۲۴	هوای خشک
۲۳۵	آلومینیم	۰/۱ تا ۰/۲	انواع چوب
۴۲۰	نقره	۰/۶	آب
۴۰۰	مس	۰/۶ تا ۰/۸	آجر
		۰/۶ تا ۱	انواع شیشه

پرسش:

مفهوم رسانندگی گرمایی از دیوار  $K = \frac{J}{ms^{\circ}c}$  است چیست؟

پاسخ:

یعنی از هر متر مربع دیوار به ضخامت ۱ متر که اختلاف دمای دو طرف آن یک درجه سلیسوس باشد در مدت یک ثانیه، ۱ جول انرژی عبور می کند.



مساحت استخری با کف تخت، ۸۲۰ مترمربع و عمق آن ۲ متر است. در یک روز گرم دمای سطح آب ۲۵°C و دمای کف آب ۱۲°C است. آهنگ رسانش گرمایی از سطح استخر به کف آن چقدر است؟  $k = . / ۶ \frac{W}{mk}$

پاسخ:

$$H \approx ۳/۲ \times ۱۰^۳ \frac{J}{s}$$

$$A = ۸۲۰ \cdot m^2$$

$$L = ۲m$$

$$\theta_H = ۲۵^\circ C$$

$$\theta_L = ۱۲^\circ C$$

$$H = ?$$

$$K = . / ۶ \frac{W}{mk}$$

$$H = K \frac{A(T_H - T_L)}{L}$$

$$H = . / ۶ \times \frac{۸۲۰ \times (۲۵ - ۱۲)}{۲}$$

$$H \approx ۳/۲ \times ۱۰^۳ \frac{J}{s}$$



تمرین:

مکعب مستطیل فلزی به ابعاد  $3\text{cm}$ ،  $2\text{cm}$  و  $6\text{cm}$  در مجاورت منبع گرمایی قرار دارد، به طوری که شارش گرمادر آن بیشینه است. اگر اختلاف دمای دو وجه متقابل این قطعه فلز  $40^\circ\text{C}$  باشد، آهنگ رسانش گرمایی فلز چند ژول بر ثانیه است؟ (  $K_{\text{فلز}} = 200 \frac{\text{J}}{\text{s.m.k}}$  )

پاسخ:

$$H_{\text{max}} = 72 \cdot \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

وقتی یک کسر بیشینه‌ی مقدار خود را دارد که صورت آن بیشینه و مخرج آن کمینه باشد، یعنی باید  $A_{\text{max}}$  و  $L_{\text{min}}$  باشد.

$$H = K \frac{A \Delta \theta}{L} \Rightarrow H_{\text{max}} = 200 \cdot \frac{3 \times 6 \times 10^{-4} \times 40}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow H_{\text{max}} = 72 \cdot \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

تمرین:

ضخامت دیواری از بتون به ابعاد  $3m \times 5m$  برابر  $30\text{ cm}$  است در روزی که دمای سطح خارجی دیوار  $15^\circ\text{C}$  - و دمای سطح داخلی آن  $25^\circ\text{C}$  است آهنگ شارش گرما از دیوار برابر  $3400 \frac{\text{J}}{\text{s}}$  است پشم شیشه به ضخامت تقریبی چند میلی متر رامی توان به عنوان عایق معادل، جایگزین این دیوار کرد (  $K_{\text{پشم}} = 0.04 \frac{\text{W}}{\text{m.k}}$  )

پاسخ:

$$L_p \approx 7\text{mm}$$

$$H_{1\text{بتون}} = H_{2\text{پشم}}$$

$$H_1 = K_p \frac{A \Delta \theta}{L_p}$$

$$L_p = K_p \frac{A \Delta \theta}{H_1}$$

$$L_p = \frac{0.04 \times 15 \times 40}{3400} \approx 0.007\text{m} = 7\text{mm}$$

$$A = 3 \times 5 = 15\text{m}^2$$

$$L_1 = 0.03\text{m}$$

$$\Delta \theta = (25 + 15) = 40^\circ\text{C}$$

$$H_1 = 3400 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$L_p = ?$$

$$K_p = 0.04 \frac{\text{W}}{\text{m.k}}$$

تمرین:

یک خانه را از دیوارهای آجری به ضخامت  $30\text{ cm}$  ساخته اند و از داخل باروکش چوبی به ضخامت  $1\text{ cm}$  پوشانده شده است. دمای سطح داخل خانه  $20^\circ\text{C}$  و دمای سطح خارجی دیوار  $10^\circ\text{C}$  - است. دمای سطح مشترک چوب با آجر تقریباً چند درجه سلسیوس است؟

$$\left( K_{\text{چوب}} = 0.08 \frac{\text{W}}{\text{m.k}}, K_{\text{آجر}} = 0.6 \frac{\text{W}}{\text{m.k}} \right)$$

پاسخ:

$$\theta \approx 14^\circ\text{C}$$

$$A_1 = A_2$$

$$L_1 = 30\text{ cm}$$

$$L_2 = 1\text{ cm}$$

$$\Delta\theta_1 = (20 - \theta)$$

$$\Delta\theta_2 = (\theta + 10)$$

$$K_1 = 0.08 \frac{\text{W}}{\text{m.k}}$$

$$K_2 = 0.6 \frac{\text{W}}{\text{m.k}}$$

$$|H_{1\text{ آجر}}| = |H_{2\text{ چوب}}|$$

$$K_1 \frac{A\Delta\theta_1}{L_1} = K_2 \frac{A\Delta\theta_2}{L_2}$$

$$\frac{0.08(\theta + 10)}{30} = \frac{0.6(20 - \theta)}{1}$$

$$0.08(\theta + 10) = 12(20 - \theta)$$

$$\theta \approx 14^\circ\text{C}$$

تمرین :

ابعاد دیوار اتاقی  $3\text{m}$  و  $5\text{m}$  و ضخامت آن  $5\text{cm}$  است اگر این دیوار از آجر با رسانندگی گرمایی  $K = 0.8 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$  ساخته شده و دمای داخل اتاق  $25^\circ\text{C}$  و دمای بیرون  $5^\circ\text{C}$  - باشد. الف) آهنگ رسانش گرما از این دیوار چقدر است؟ ب) از این دیوار در مدت 5 دقیقه چند کیلوژول گرما عبور می کند؟

پاسخ:

$$H = 2400 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$Q = 720 \text{KJ}$$

تمرین:

یک سرمیله آهنی به طول ۲۰ cm را در آب جوش و سردیگر آن را در مخلوط آب و یخ قرار می دهیم. اگر شعاع میله ۲ cm باشد چند ژول گرما در مدت یک دقیقه از این میله شارش می کند؟ (  $\pi \approx ۳$  و  $K = ۸ \cdot \frac{W}{m.k}$  )

پاسخ:

$$Q = ۲۸۸۰۰ J$$

پرسش ۴-۶:

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



پاسخ:

چون فلزات رسانای گرمایی خوبی هستند، گرما از طریق این سیخ های فلزی به داخل سیب زمینی منتقل شده و سیب زمینی زودتر پخته می شود. (اگر سر آزاد سیخ سنگین و یا پهن باشد، پختن آن به مراتب سریع تر است.)

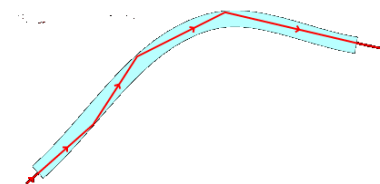
موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه داشتن بدن خرس در سرمای قطب دارد؟



پاسخ:

تصویری بسیار بزرگ شده از موی یک خرس قطبی

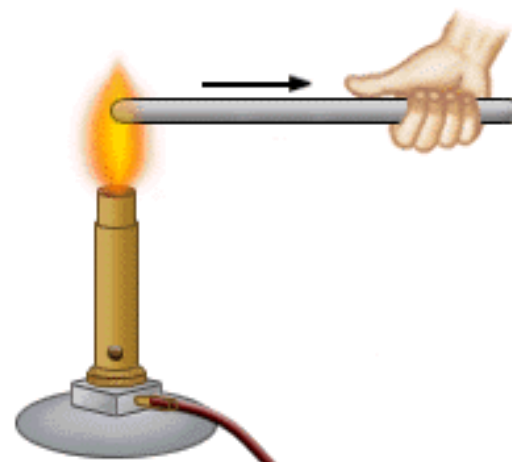
موهای سفید خرس توخالی هستند و مانند لوله های توخالی رسانای بسیار ضعیف گرما یا عایق هستند. (این موها مانند یک فیبر نوری، امواج فرو سرخ نور خورشید را پس از بازتاب های مکرر درون مو به پوست منتقل می کند. در آنجا نور جذب پوست می شود و بدین ترتیب دمای بدن خرس افزایش می یابد.)



## در پدیده‌ی رسانش:

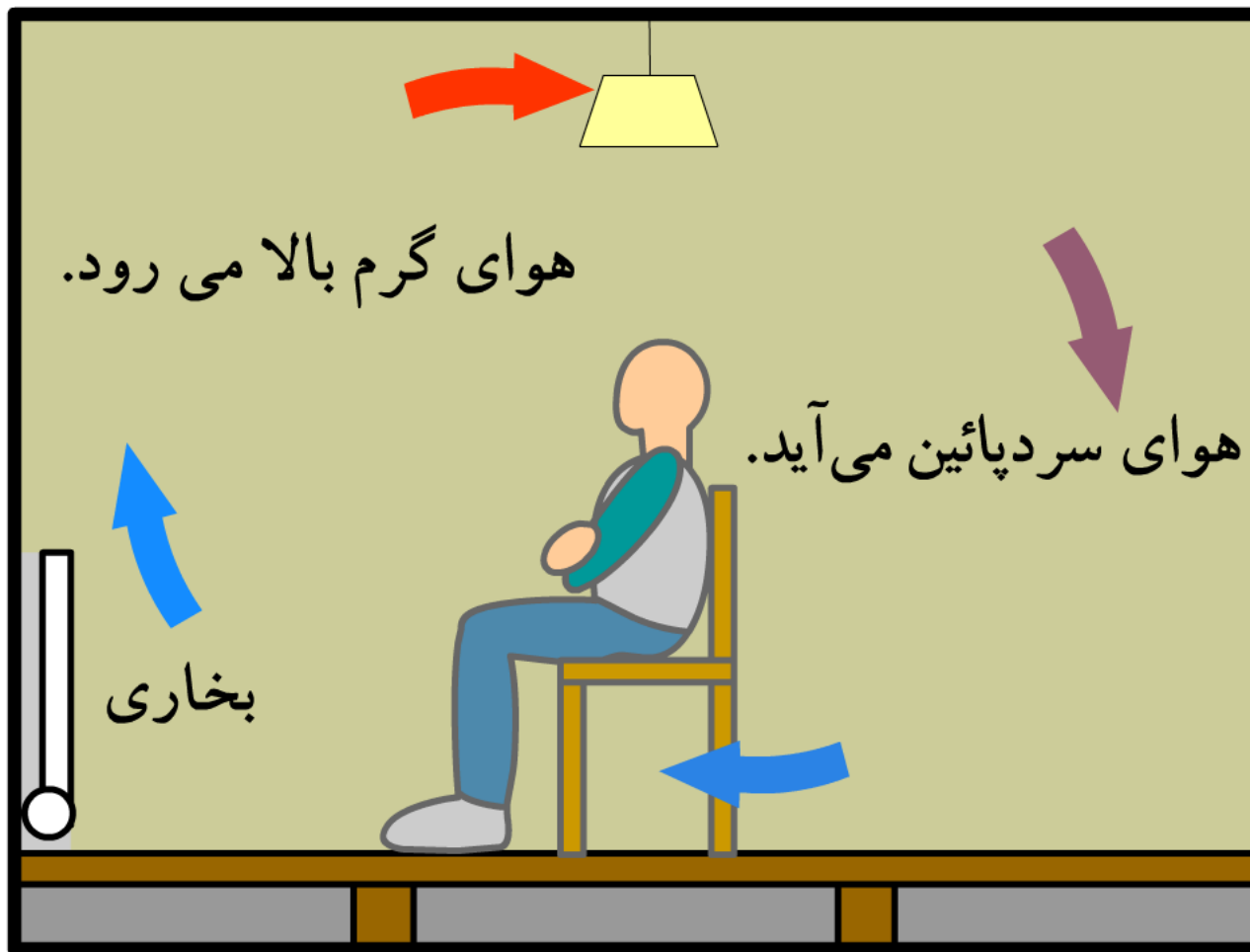
گرما از یک بخش جسم به بخش دیگر آن شارش می‌کند، بدون آن که مولکول های جسم جابه‌جا شوند

به جسم‌هایی که می‌توانند گرما را (در زمان کوتاهی) به این روش منتقل کنند، رسانای گرما گفته می‌شود.





## انیمیشن جریان همرفتی در اتاق



پرسش:

در یک روز خنک، اگر کف اتاق بخواهید، نسبت به زمانی که روی یک صندلی در همان اتاق نشسته اید احساس سرمای بیشتری می کنید. علت چیست؟

پاسخ:

هوای سرد دارای چگالی بیشتری است و در کف اتاق جمع می شود به همین علت دمای هوای کف اتاق از دمای هوای نقاط بالاتر کمتر بوده و احساس سرمای بیشتری می کنید.

## پدیده‌ی همرفت:

انتقال گرما همراه با انتقال ماده را همرفت می‌گویند. که مختص مایعات و گازها است.

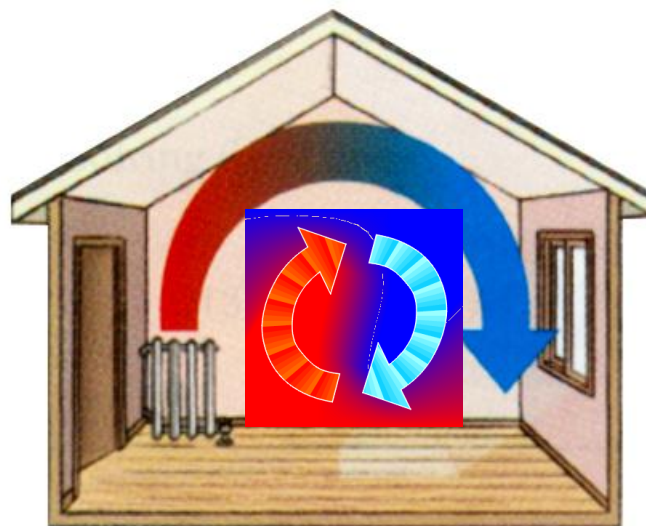


پرسش :

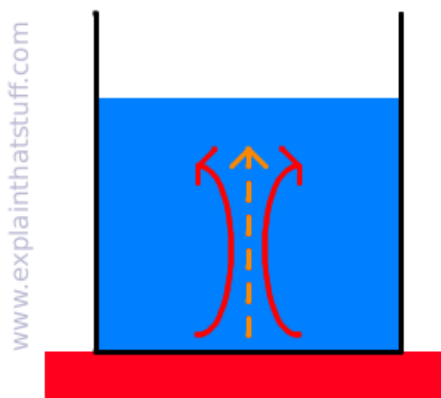
## علت انتقال گرما در جریان همرفتی چیست؟

پاسخ:

دراثر گرما فاصله متوسط مولکو لها دربخشی ازشاره که در تماس با جسم گرم است،افزایش یافته و حجم آن زیادمی شود،درنتیجه چگالی شاره کاهش یافته وبنابه اصل ارشمیدس،نیروی شناوری باعث بالا آمدن درمحیط می شود.آنگاه شاره سردتر اطراف آن،جایگزین شاره گرم تر شده و گرما منتقل می شود.



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



پاسخ:

پدیده همرفت به دلیل **اختلاف چگالی** بین شاره گرم و شاره سرد روی می دهد. این اختلاف چگالی در مایعات که ضریب انبساط حجمی بزرگتری ( $\beta$ ) دارند بیشتر است. در نتیجه انتقال گرما به روش همرفت در موادی که ( $\beta$ ) بیشتری دارد بهتر صورت می گیرد

## انواع جریان همرفتی

### همرفت طبیعی

در این روش، به دلیل اختلاف چگالی شاره گرم و سرد به صورت **خودبه خود** اتفاق می افتد. شاره با چگالی کمتر به طرف بالا حرکت می کند مانند: گرم شدن آب درون قابلمه و هوای داخل اتاق و جریان های باد ساحلی و...

### همرفت واداشته

شاره به کمک یک **تلمبه (مصنوعی)** به **حرکت واداشته** می شود تا با این حرکت انتقال گرما انجام شود.

سیستم گرم کننده ساختمان ها (شوفاژ)، سیستم خنک کننده موتور اتومبیل، دستگاه گردش خون در بدن جانوران خونگرم و ...

## همرفت طبیعی هوا

در شرایط عادی هوای اطراف سطح زمین گرم و هوای لایه های بالاتر سرد است. در این شرایط در اثر پدیده همرفت هوای گرم با چگالی کمتر به بالا رفته و هوای سردتر با چگالی بیشتر جای آن را می گیرد و بدین ترتیب چرخش هوا در سطح زمین ایجاد می شود.



## وارونگی هوا (وارونگی دما)

در روزهای سرد زمستانی هوای اطراف سطح زمین سرد و چگالی آن زیاد و هوای لایه های بالاتر، گرمتر و چگالی آنها کمتر است. تحت این شرایط همرفت طبیعی هوا متوقف می شود که به آن **وارونگی هوا** می گویند.



وارونگی هوا باعث انباشت آلاینده های موجود در لایه هوای سرد سطح زمین و در نتیجه آلودگی هوا در شهرهای صنعتی می شود.

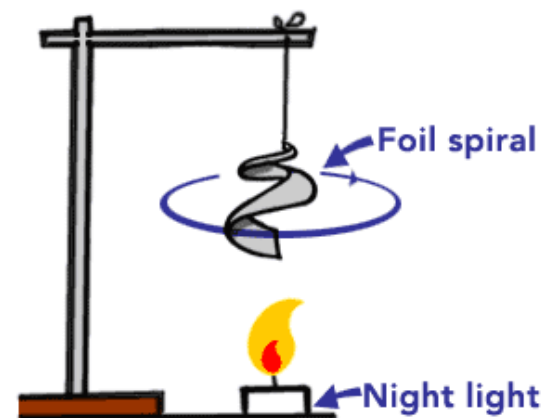
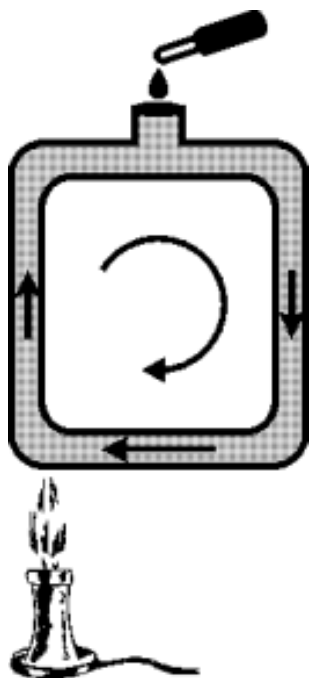


پرسش:

# آزمایش طراحی کنید که جریان همرفتی را نشان دهد؟

پاسخ:

درون ظرفی، مقداری آب سرد ریخته و طبق شکل، قطره چکانی پر از جوهر را در یک گوشه از ته ظرف قرار می دهیم طرف دیگر ظرف را روی شعله نگه می داریم و گرمای دهیم بعد از مدت کوتاهی مشاهده می کنیم که جوهر در کف ظرف حرکت کرده و به سمت قسمتی که گرما می دهیم، می آید و ضمن بالا رفتن دور می زند و این عمل تکرار می شود تا کل آب رنگی شود

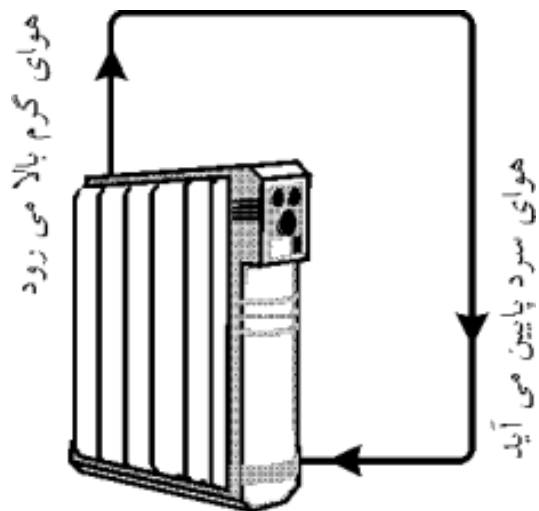


پرسش :

شופاژ چگونه خانه را گرم می کند؟

پاسخ:

شופاژ با جریان همرفتی خانه را گرم می کند.



نکته::

در صورتی که شופاژ در بالا و دریچه ی کولر در پایین قرار گیرد، جریان همرفتی انجام نمی شود و همه ی مکان موردنظر گرم یا سرد نمی شود .

فعالیت ۴-۱۵:

چهار بطری شیشه ای یکسان، دو رنگ جوهر زرد و آبی، دو کارت ویزیت مقوایی و آب بسیار سرد و بسیار گرم تهیه کنید. در دو تا از بطری ها جوهر آبی و در دو بطری دیگر جوهر زرد بریزید. سپس بطری های آبی را با آب خیلی سرد و بطری های زرد را با آب خیلی گرم پر کنید. اکنون در حالی که دهانه یک بطری زرد را با کارت ویزیت گرفته اید، دهانه آن را دقیقاً روی دهانه یک بطری آبی قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. همین آزمایش را به طور معکوس نیز انجام دهید؛ یعنی این بار، یک بطری آبی رنگ که دهانه آن با کارت پوشیده شده است را روی دهانه یک بطری زرد رنگ قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. مشاهدات خود را توضیح دهید. از این آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟

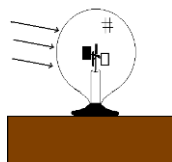
پاسخ:

وقتی بطری گرم را روی بطری سرد قرار می دهید. تنها در ناحیه تماس دو بطری تغییر رنگ ناچیزی مشاهده خواهیم کرد. ولی در موردی که بطری سرد را روی بطری گرم قرار می دهیم، آب های دو بطری در هم می آمیزد و پس از مدتی شاهد تغییر رنگ هر دو به رنگ سبز خواهیم بود.



از این آزمایش نتیجه می گیریم، اختلاف دما بین بخش های مختلف یک شاره، تنها زمانی که شاره سردتر بالاتراز شاره گرمتر باشد موجب به وجود آمدن جریان همرفتی می شود. وضعیت اول رامی توان مشابه حالت وارونگی هوا در نظر گرفت، در حالی که وضعیت دوم مثل وضعیت طبیعی هواست که در روزهای معمولی رخ می دهد.

رادیومتر وسیله ای است که از یک حباب شیشه ای تشکیل شده است که درون آن چهار پره فلزی قائم قرار دارد که می توانند حول یک محور (سوزن عمودی) بچرخند. دو وجه هر چهارپره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این وسیله کنار یک چشمه نور قرار گیرد، پره ها حول سوزن عمودی می چرخند و هرچه شدت نور بیشتر باشد، این چرخش سریع تر است. در مورد دلیل چرخش پره ها تحقیق کنید.



پاسخ:



تابش نورفروسرخ و نورمرئی در طرف سیاه پره بیشتر از طرف سفید آن جذب می شود و بدین ترتیب طرف سیاه قدری گرم تر از طرف سفید می گردد و مولکول های هوای اطراف خود را نیز بیشتر گرم می کند. به علت اختلاف دما، مولکول های هوا در طرف سیاه پره ها سریع تر از مولکول های هوا در طرف سفید آن حرکت می کنند و بنابراین نیروی وارد بر طرف سیاه بزرگ تر از نیروی وارد بر طرف سفید است و بنابراین پره ها در جهت نیروی وارد از طرف مولکول های هوا پره های سیاه می چرخند.

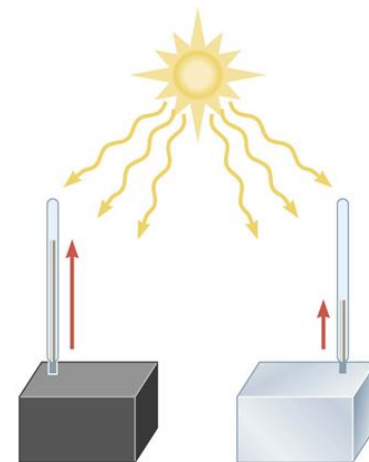
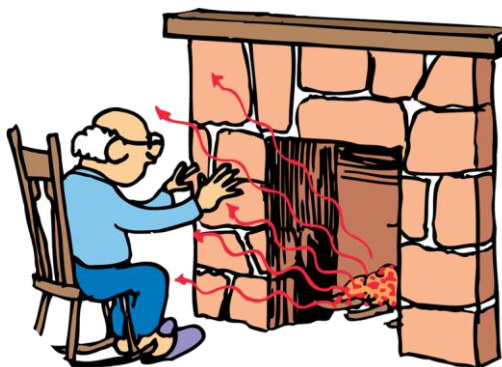
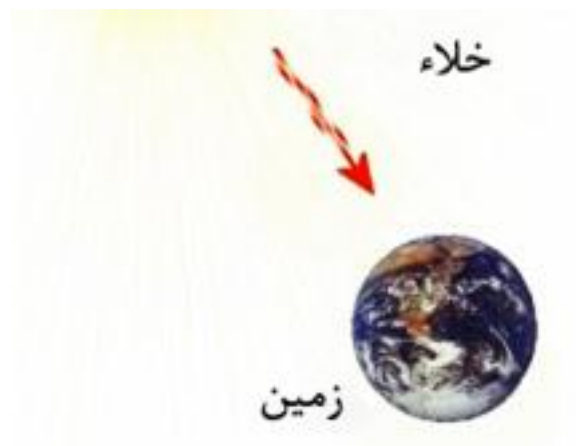
ولی اگر داخل حباب شیشه ای کاملاً تخلیه شده باشد، مولکول های هوایی وجود ندارد که باعث حرکت پره ها شود و برعکس اگر با هوای تحت فشار پر شده باشد انباشت مولکول ها مانع از انتقال انرژی جنبشی مولکول های هوا به سطح پره برای چرخش می شود.

خروج



## تابش گرمایی:

به انتقال گرما از طریق امواج الکترومغناطیسی که از اجسام منتشر می شود، تابش گرمایی می گویند.

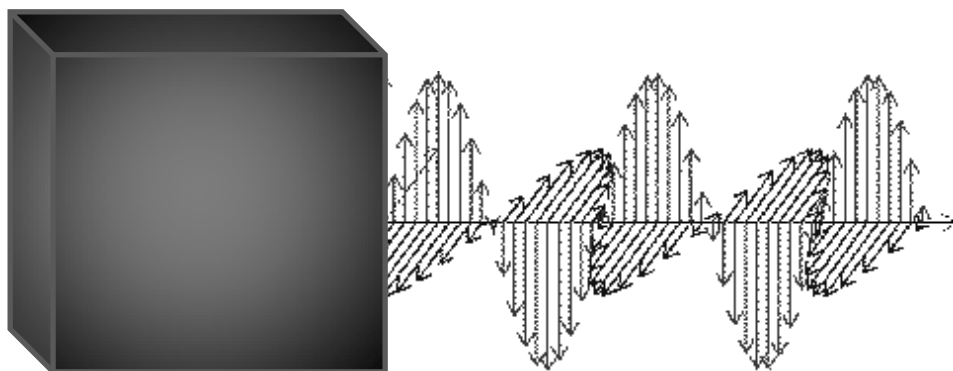


## چند نکته:

اجسام در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می کنند.

در تابش گرمایی ، انرژی برای انتقال نیازی به محیط مادی ندارد و گرمای تابش شده بسیار سریع (با سرعت نور) در خلا نیز منتشر می شود.

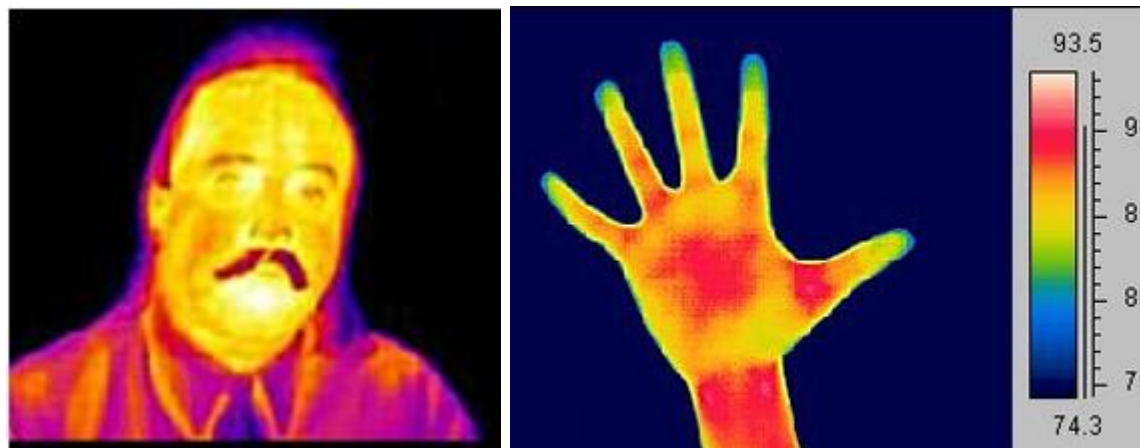
در دماهای زیر حدود  $500^{\circ}\text{C}$  عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است که نامرئی است.



## چند نکته:

بخشی از تابش گرمایی منتشر شده از اجسام، تابش نامرئی فروسرخ است که برای آشکارسازی آن از ابزاری به نام دمانگار استفاده می شود.

سطح بدن یک فرد معمولی در محیطی با دمای ۲۲ درجه سانتی گراد، تابش گرمایی با آهنگ حدود  $100 \text{ W}$  دارد



پرسش :

تابش گرمایی از سطح هر جسم به چه عواملی بستگی دارد؟

پاسخ:

۱- دما: هرچه دمای جسم بیشتر باشد، آهنگ تابش آن نیز بیشتر است.

۲- مساحت: هرچه مساحت جسم بیشتر باشد، میزان تابش آن نیز بیشتر است.

۳- رنگ: هر قدر رنگ جسم مات و تیره تر باشد، جذب و تابش بهتری دارد.

۴- میزان صیقلی بودن: جسم هایی که سطح صیقلی و درخشان تری دارند، تابش کمتری دارند و بخش کمتری از گرمای دریافتی را جذب می کنند.



پرسش :

# کاربردهای تابش گرمایی در پدیده های زیستی را شرح دهید

پاسخ:



**کلم اسکانک** برف اطراف خود را آب کرده است.



**مارزنگی** دارای اندام های حفره ای هستند که گرما را آشکار می کنند.

پرسش :

## کاربردهای تابش گرمایی در پدیده های زیستی را شرح دهید

پاسخ:

### الف- گیرنده فروسرخ در مارزنگی:

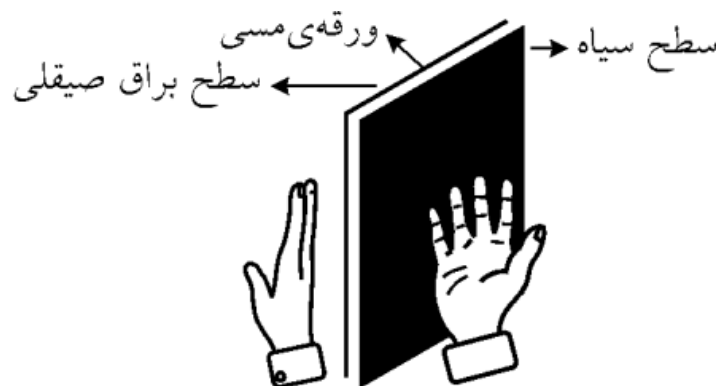
بر روی پوزه نوعی مار زنگی، اندام های حفره ای وجود دارد که نسبت به پرتوهای فروسرخ حساس اند. این مارها پرتوهای فروسرخ را که از سطح بدن جانوران خون گرم تابش می شود، دریافت می کند و برای همین می توانند در تاریکی شب شکار کنند.

### ب- کلم اسکانک

گیاهی است که می تواند دمایش را از دمای محیط اطراف بالاتر ببرد. و با این کار پرتوهای فروسرخ تابش می کند این گیاه با تابش فروسرخ برف های اطرافش را ذوب می کند.

پرسش :

ورقه ی ضخیمی از مس را که یک سطح آن به رنگ سیاه تیره و سطح دیگر آن بسیار صیقلی است ، حرارت می دهیم اگر پشت دستان خود را در دو طرف ورقه و نزدیک سطح آن قرار دهیم، دمای کدام نقطه بیشتر حس می شود؟



پاسخ:

سطح تیره با وجود هم دما بودن با سطح براق ، داغ تر حس می شود یعنی سطح سیاه تابش گرمایی بیش تری را گسیل می کند .

نکته:

همه ی جسم ها در هر دمایی، از خود تابش گرمایی گسیل می کنند ولی مقدار آن به دما و رنگ جسم بستگی دارد .

پرسش:

درون مکعبی فلزی که چهار دیواره ی آن به رنگ های سفید، نقره ای ، قرمز و سیاه است ، مقداری آب جوش ریخته و مخزن چهار دماسنج را نزدیک هر یک از این سطح ها قرار می دهیم ازاین آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟



پاسخ:

در مکعب (فلزی) لسلی، دمای همه سطوح به خاطر تعادل با آب درون مکعب یکسان است ، اما دمای دماسنج نزدیک به سطح سیاه بیشتر است، دمای دماسنج نزدیک به سطح قرمز کمتر از آن و دمای دماسنج های نزدیک به سطوح نقره ای و سفید کمتر از آنهاست.

پرسش :

انواع تف سنج و ویژگی های مهم تف سنج چیست؟

پاسخ:

تف سنج تابشی و تف سنج نوری

۱- بدون تماس با جسم دمای آن را اندازه می گیرد.

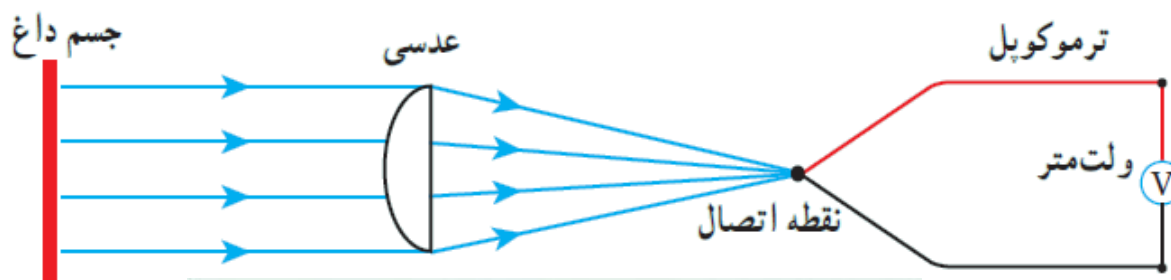
۲- برای اندازه گیری دماهای بالای  $1000^{\circ}\text{C}$  بسیار مناسب اند.



© EffectiveGadgets.com

پرسش:

تف سنج تابشی ابزار اندازه گیری چه کمیتی است و بر چه اساسی کار می کند؟



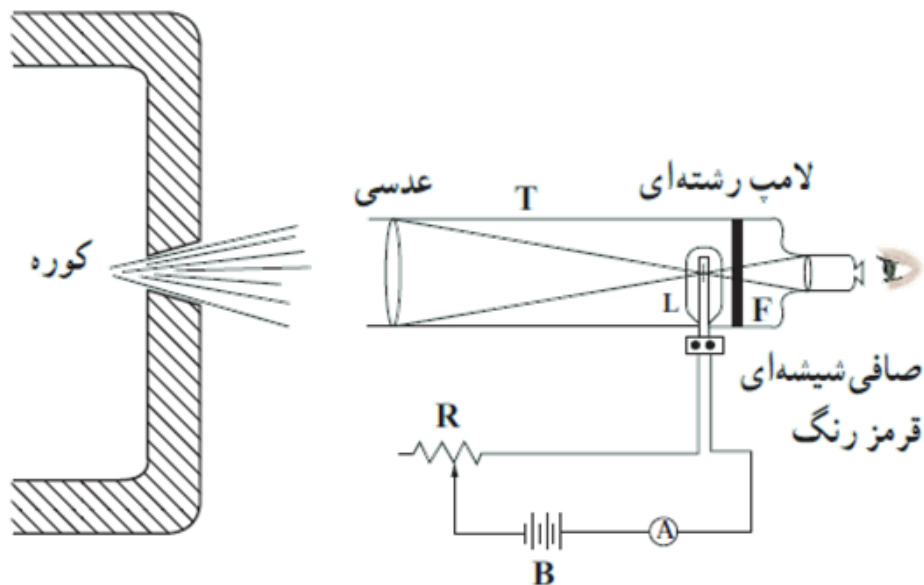
پاسخ:

وسیله ای برای اندازه گیری دما برای اجسام داغ است. اساس کار این وسیله، تابش گرمایی گسیل شده از سطح جسم است.

پرسش:

# اساس کار تف سنج نوری چیست؟

پاسخ:



مقایسه رنگ و شدت نور تابیده از کوره با رنگ و شدت نور یک لامپ رشته‌ای است. همچنین این دماسنج به عنوان دماسنج معیار برای اندازه‌گیری این دماها انتخاب شده است

پرسش :

## اثر گلخانه ای را تعریف کنید؟



پاسخ:

نور خورشید با عبور از جو به سطح زمین می رسد و بخشی از آن جذب زمین و بخش دیگر با انعکاس و تابش گرمایی گسیل می شود. وجود گازهایی مانند دی اکسید کربن در لایه پوش سپهر باعث بازتابش دوباره گرمای گسیل شده به سطح زمین می شود و دررفت و برگشت تابش گرمایی بین لایه و سطح زمین با ایجاد محیطی محصور مانع از خروج گرما از سطح زمین و در نتیجه افزایش دمای زمین می شود. به این پدیده یعنی به دام افتادن تابش گرمایی بین لایه پوش سپهر و سطح زمین اثر گلخانه ای می گویند.

به گازهای موجود در لایه پوش سپهر که باعث به وجود آمدن اثر گلخانه ای می شوند، گازهای گلخانه ای می گویند.



## چند نکته درباره ی رنگ و تابش :

۱- لباس های روشن در تابستان و لباس های تیره در زمستان مناسب ترند .

۲- دیواره ی مخزن ها و لوله های بخارآب را صیقلی و سفیدمی کنند تا گرمای کمتری از آن ها به بیرون منتقل شود .

۳- ظرف های آشپزخانه که روی اجاق قرار می گیرند، رنگ تیره دارند .

۴- در بخاری های برقی از فلزهای صیقلی برای بازتاب نور و گرما استفاده می شود .

۵- در پالایشگاه ها و چاه های نفت از لباس های براق استفاده می شود .



# آموزش مجازی

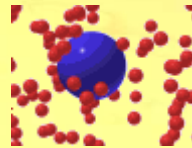
فیزیک عمومی رشته برق

نام استاد: رضا رضانی مزدهی

دانشکده فنی و مهندسی شهید چمران رشت

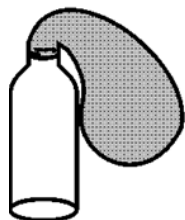


## موضوع: قانون گازها



## آزمایش

طبق شکل بادکنکی را سر بطری شیشه ای محکم می کنیم و آن را درون ظرف آب گرم قرار می دهیم بادکنک باد می کند؛ چرا؟

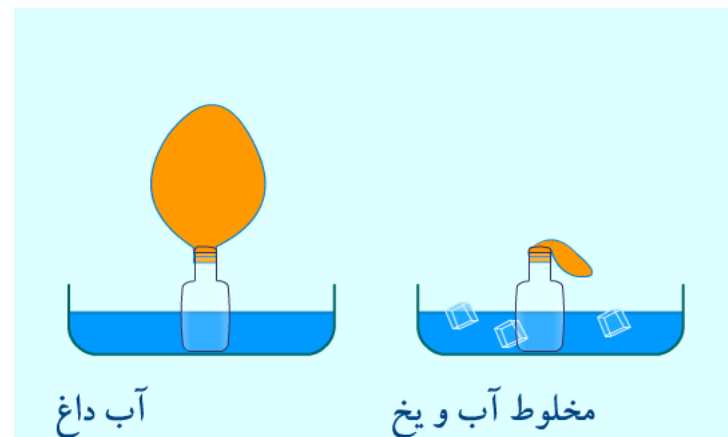
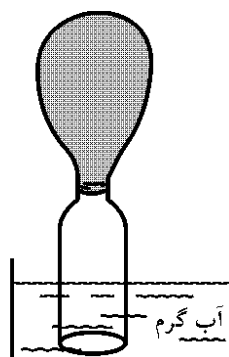


پاسخ:

جنبش ذرات هوای درون شیشه و بادکنک در اثر گرم شدن زیاد شده و هوا منبسط می شود و حجم آن افزایش یافته و این افزایش حجم موجب باد شدن بادکنک می شود.

$$V \propto T$$

$$P = \text{ثابت}$$



پرسش :

## چرا اسپری ها را نباید روی آتش قرار داد؟

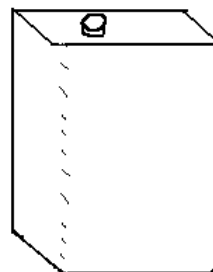


پاسخ:

باداغ کردن قوطی اسپری، جنبش مولکولی گاز درون آن زیاد می شود و فشار وارد از گاز به دیواره های آن افزایش می یابد و این می تواند حتی موجب ترکیدن قوطی شود

پرسش :

در یک بطری نوشابه پلاستیکی و توخالی، اندکی آب داغ بریزیم و سپس آب را در بطری چرخانده و دور بریزیم و آنگاه در بطری را محکم ببندیم، چرا بطری پس از مدتی مچاله می شود ؟



پاسخ:

باریختن آب داغ درون بطری، بخار آب جایگزین هوای درون بطری می شود، پس از بستن در بطری، سرد شدن بخار آب درون آن و تبدیل آن به مایع، باعث کاهش فشار درون بطری و در نتیجه مچاله شدن آن می شود .

## طرز کار حباب احساساتی (عشق سنج) چیست؟



پاسخ:

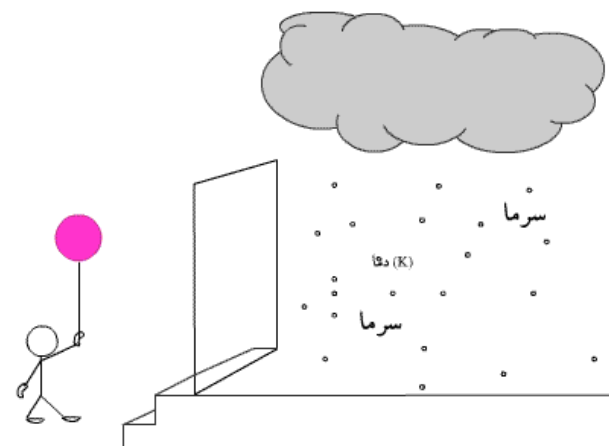
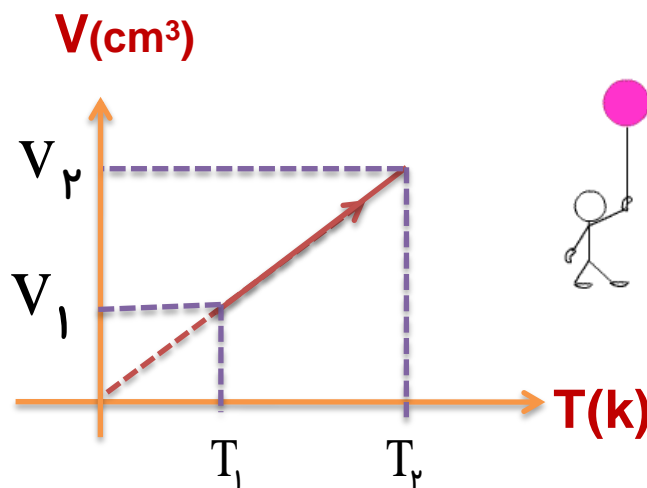
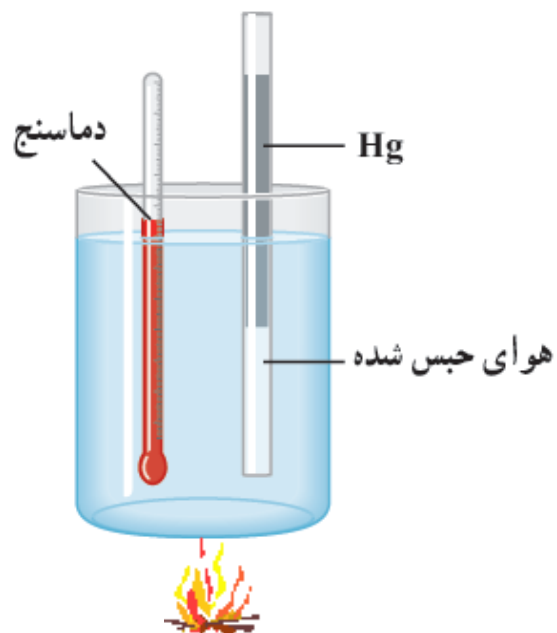
وقتی این مخزن را در دستتان می گیرید، فشار هوا و بخار مایع در نیمه خالی مخزن زیاد می شود و سطح مایع این مخزن را به طرف پایین می راند. این کار سبب می شود مایع رنگی مخزن پایینی از لوله باریکِ مارپیچ که انتهای پایینی آن درون این مخزن قرار دارد بالا رود. هرچه دستتان گرمتر باشد و بهتر مخزن شیشه ای را در بر گیرید، مایع در لوله بیشتر بالا می رود.

# 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.

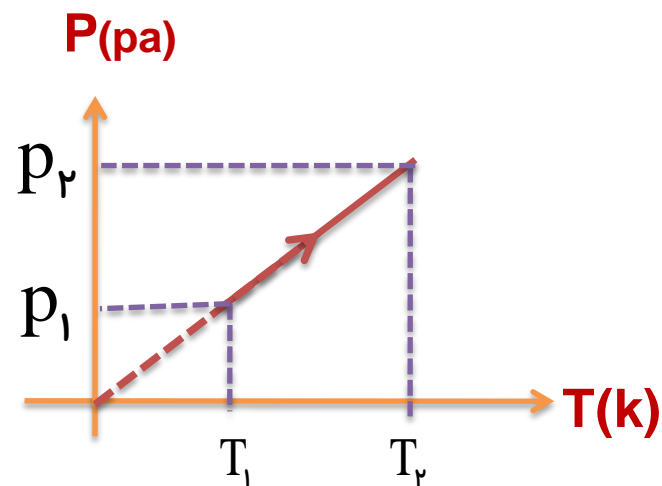
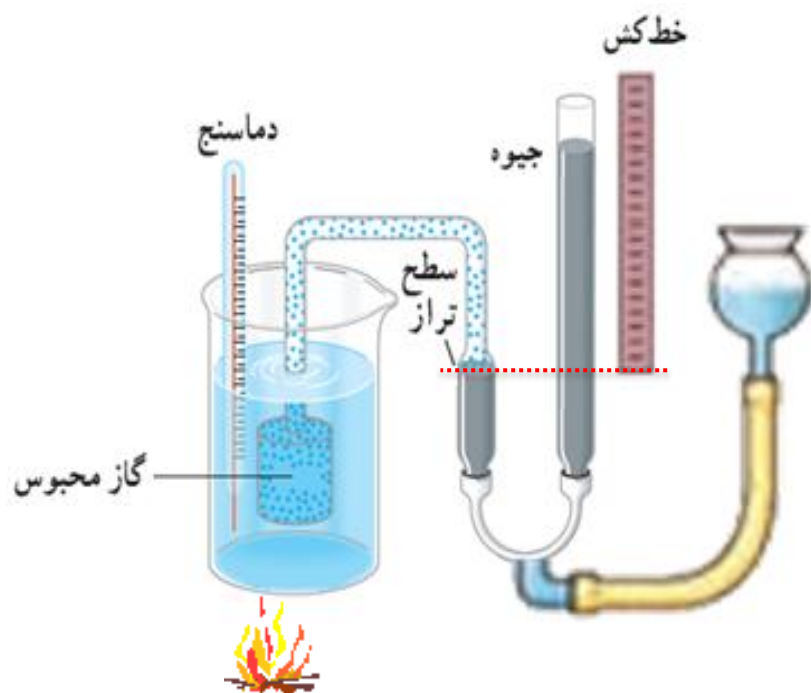
$$V \propto T \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{مقدار ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots \quad (\text{فشار و جرم ثابت})$$



## بررسی گاز در حجم ثابت: قانون گی لوساک

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

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

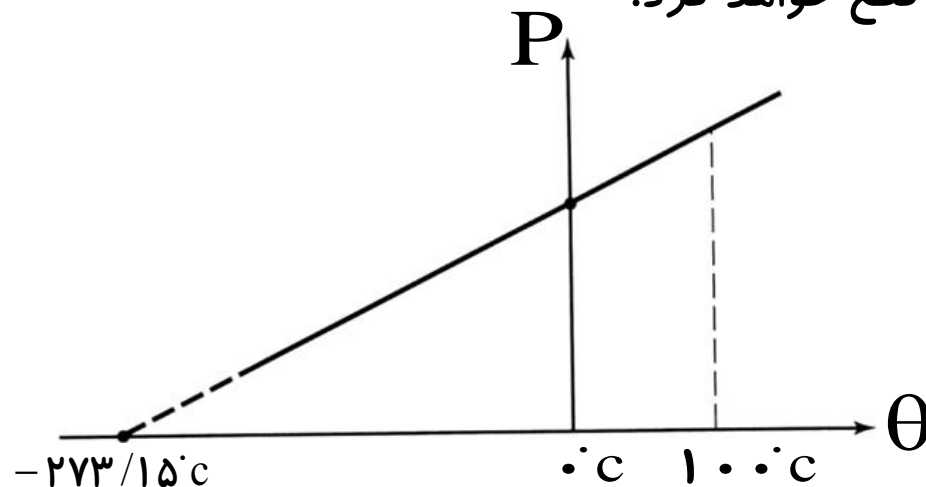
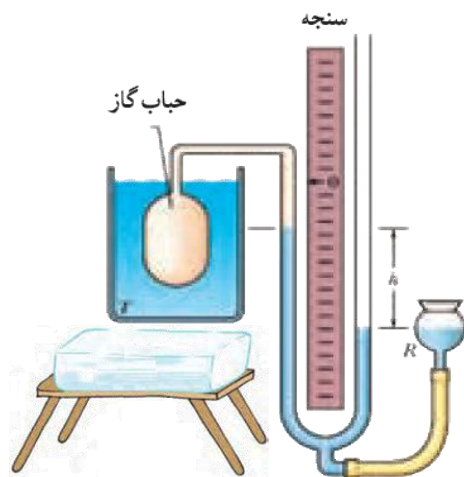




## دماسنج گازی حجم ثابت:

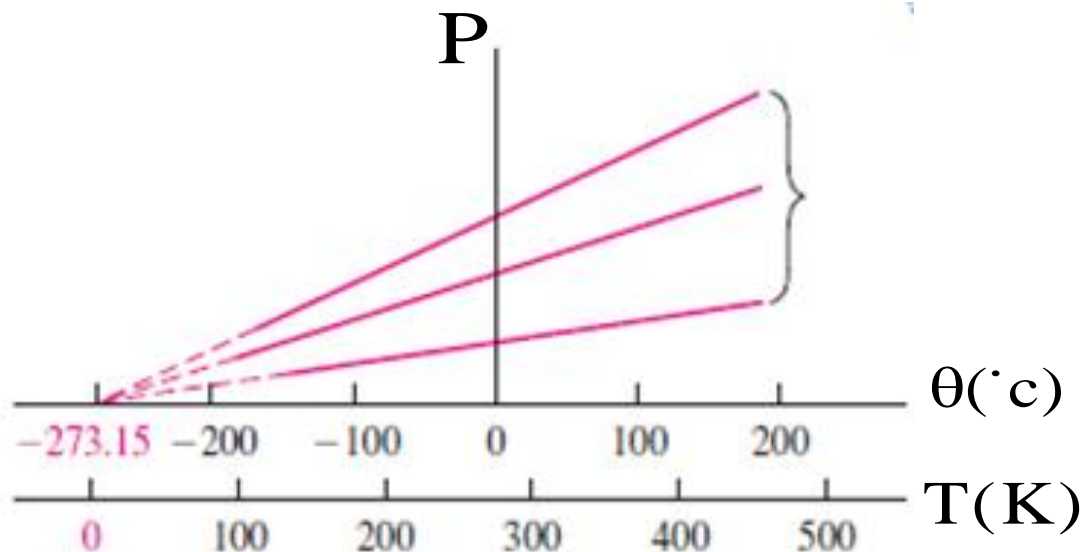
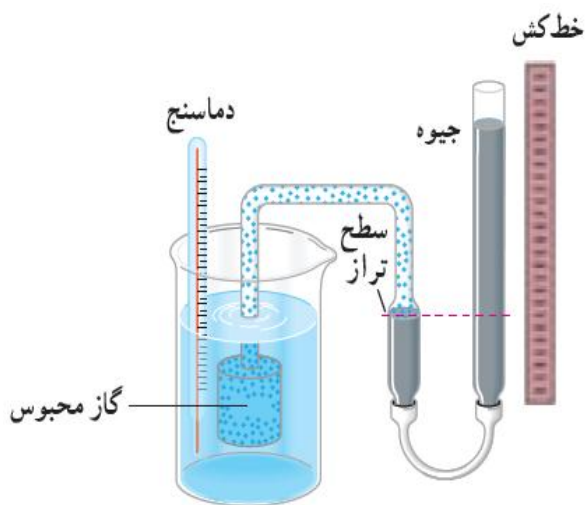
اساس کار یک دماسنج گازی، تغییرات فشار با دما، در حجم ثابت است. در این دماسنج مقداری گاز (که معمولاً هیدروژن یا هلیم است) درون یک مخزن با حجم معین قرار می‌گیرد که این مخزن به لوله‌ی ل شکل که حاوی جیوه متصل است. وقتی مطابق شکل مخزن محتوی گاز در محیط مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد، گاز درون آن منبسط یا منقبض می‌شود. حال با بالا یا پایین بردن بخش سمت راست لوله‌ی ل شکل، سطح جیوه را در سمت چپ در یک سطح مرجع معین ثابت نگه می‌داریم، تا حجم گاز ثابت بماند. اگر لوله‌ی سمت راست روی یک خط‌کش مدرج قرار داده شود، می‌توان با یادداشت کردن مقادیر فشار در دماهای مختلف، نمودار P-T آن را رسم کنیم.

اگر این خط راست را به کمک برون‌یابی در فشارهای پایین‌تر ادامه دهیم، در دمای  $0^{\circ}\text{C} / 273$  - محور دما را قطع خواهد کرد.



## نمودار فشار بر حسب دما در حجم ثابت

در واقع هیچ گازی (از هیدروژن و هلیم که در این دماسنج به کار می‌روند) تا این دما سرد نمی‌شود، زیرا قبل از رسیدن به این دما همه گازها مایع می‌شوند. برای انواع متفاوت گازها می‌توان این نمودار را به دست آورد، که در همه موارد، نقطه برخورد با محور دما همان  $273/15^{\circ}C$  خواهد بود که این همان صفر مطلق است. با یک تغییر مقیاس از درجه سلسیوس به کلون دماهای منفی نیز حذف خواهند شد و از رابطه  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$  نیز فشار منفی به دست نخواهد آمد.

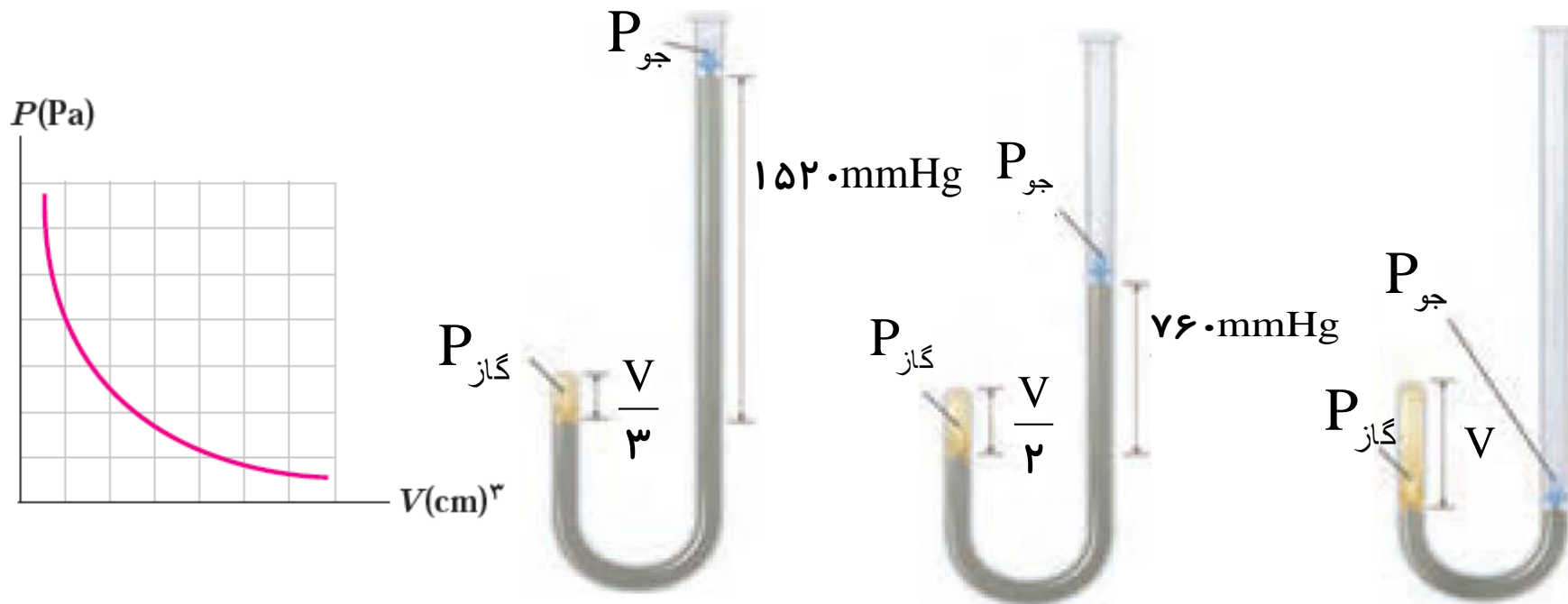


## بررسی گاز در دمای ثابت: قانون بویل و ماریوت

در دمای ثابت، حجم مقدار معینی از گاز با فشار آن نسبت وارون دارد.

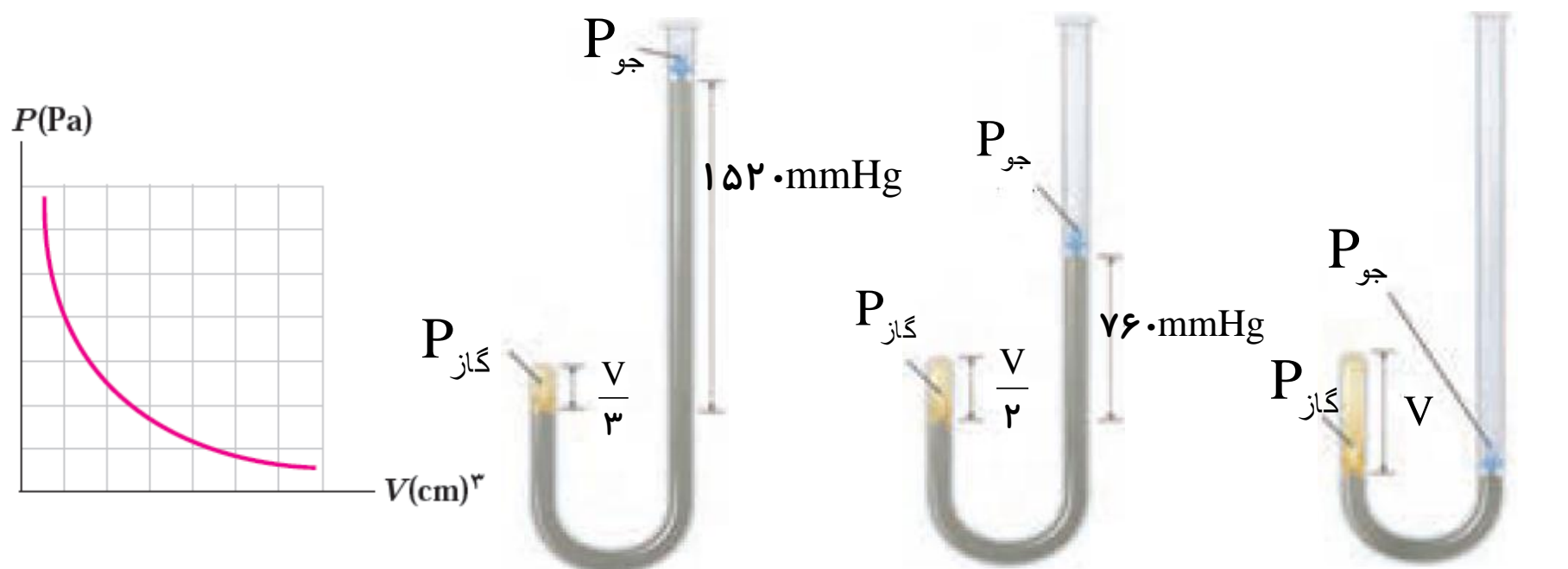
برای یک گاز کامل در دمای ثابت، حاصل ضرب حجم در فشار آن مقداری ثابت است.

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



## آزمایش بویل و ماریوت

در ابتدا گاز در فشار  $1\text{atm} = 760\text{mmHg}$  است توجه کنید که ارتفاع جیوه در هر دو شاخه یکسان است و دهانه شاخه سمت راست باز است. حجم گاز محبوس  $V$  است. ب) اگر جیوه به شاخه سمت راست افزوده شود به طوری که اختلاف ارتفاع دو سطح جیوه  $760\text{mmHg}$  گردد، فشار گاز برابر فشار جو  $760\text{mmHg}$  به علاوه  $760\text{mmHg}$ ، یعنی برابر  $1520\text{mmHg}$  و حجم گاز محبوس  $V/2$  می شود. پ) اگر باز هم به شاخه سمت راست جیوه افزوده شود به طوری که اختلاف ارتفاع دو سطح جیوه  $1520\text{mmHg}$  گردد فشار کل وارد به گاز به  $2280\text{mmHg}$  می رسد و حجم گاز محبوس  $V/3$  کاهش می یابد.



# قانون آووگادرو:

در دما و فشار یکسان، نسبت حجم گاز  $V$  به تعداد مولکول های آن  $N$  ثابت است

جرم گاز و یا به طور معادل  $n$  تعداد مول گاز است.

$$\frac{V}{N} = \text{مقدار ثابت}$$

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

$$\frac{V}{n} = \text{مقدار ثابت}$$

(دما و فشار یکسان)

## قانون گازهای آرمانی کامل:

۱- هنگامی که گازها بسیار رقیق یا چگالی آن به حد کافی کم باشد

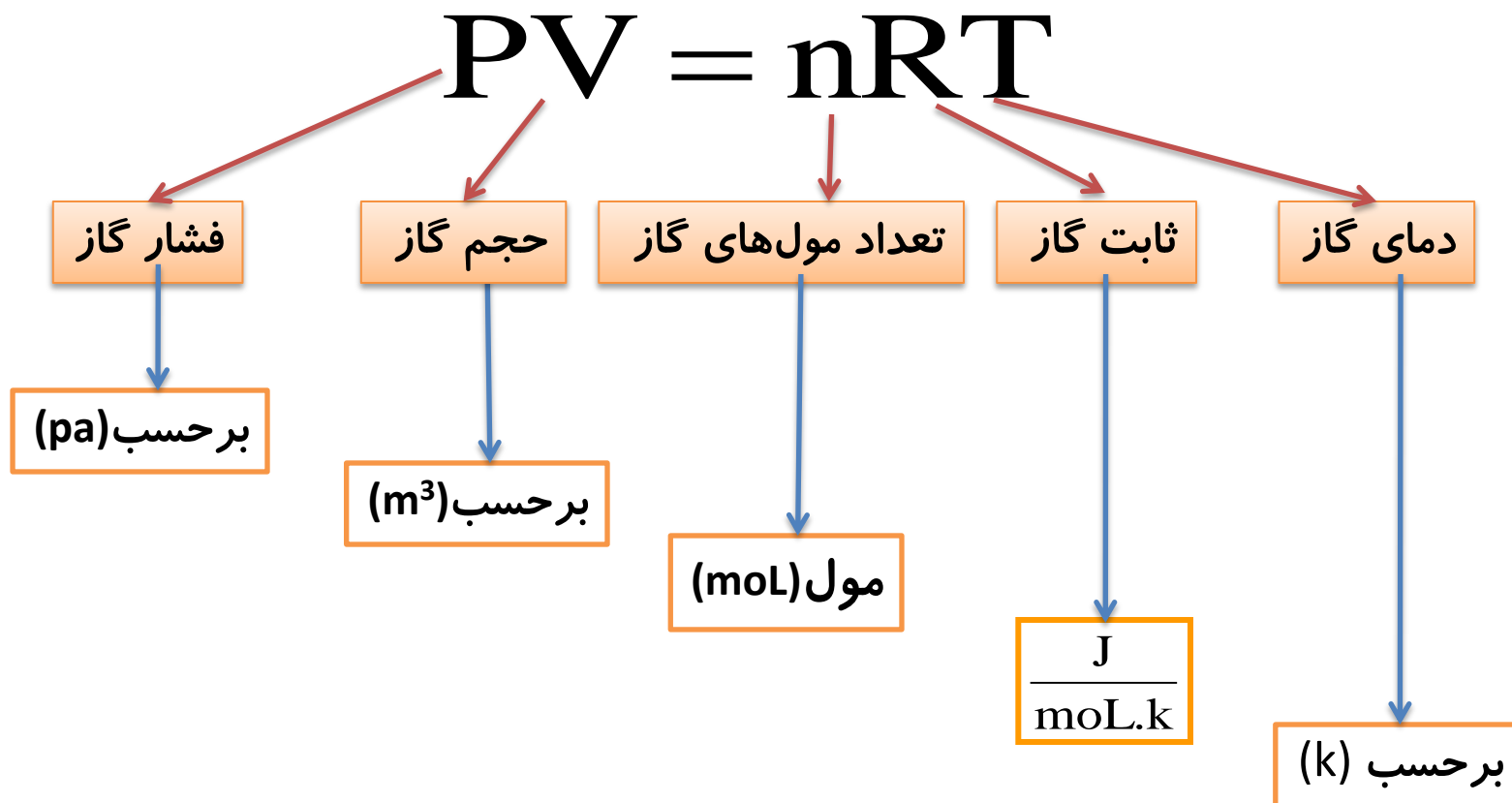
۲- گازی که مولکول‌های آنها به حدی از هم دورند که برهم تاثیر چندانی نمی گذارند.

در گازهای کامل، معادله‌ی حالت آن‌ها ساده و مستقل از نوع گاز است. در این حالت گاز کامل نامیده می شوند

با استفاده از قوانین بالا می توان نتیجه زیر را بدست آورد

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

# فرمول قانون گازهای کامل



نکته:

در صورتی که با تغییر شرایط **یک گاز**، مقدار آن تغییر نکند  $n_1 = n_2$

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow n_1 = n_2 \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{\cancel{T_1 R}} = \frac{P_2 V_2}{\cancel{T_2 R}}$$

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

نکته :

در استفاده از رابطه‌ی بالا **فشار و حجم** باید در دو طرف تساوی **هم واحد** باشند  
اما باید **دما** تنها **بر حسب کلوین** باشد.



نکته :

رابطهٔ گاز کامل، در فرم مقایسه ای آن (برای دو گاز مختلف) به شکل زیر نوشته می شود:

$$\text{برای همهٔ گازها} \quad \frac{PV}{nT} = R \quad \rightarrow \quad \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

نکته :

در نوشتن روابط نسبی فوق **فشار و حجم** هر واحدی می توانند باشند ولی برای نوشتن نسبت، **دما** باید بر حسب **کلوین** باشند.

## رابطه چگالی گازهای کامل

به طور کلی چگالی یک گاز کامل با فشار آن نسبت مستقیم و با دمای مطلق آن نسبت عکس دارد.

$$\rho = \frac{m}{v} \xrightarrow{\text{جرم ثابت است}} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{v_1}{v_2} \\ \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2} \end{array} \right\} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{T_1}{T_2}$$

تمرین:

حجم ۸ ل. / مول گاز کامل هنگامی که فشار آن ۴۰۰۰ Pa و دمای آن ۲۷ °C است، تعیین کنید (R =  $\frac{۲۵}{۳} \frac{J}{mol \cdot K}$ )

پاسخ:

$$V = ۰.۵ \text{ m}^3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n = ۸ \text{ mol} \\ P = ۴۰۰۰ \text{ pa} \\ \theta = ۲۷ \text{ c} \Rightarrow T = ۲۷۳ + ۲۷ = ۳۰۰ \text{ :K} \\ V = ? \\ R = \frac{۲۵}{۳} \frac{J}{mol \cdot k} \end{array} \right.$$

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

$$V = \frac{۸ \times \frac{۲۵}{۳} \times ۳۰۰}{۴۰۰۰}$$

$$V = ۰.۵ \text{ m}^3$$

تمرین:

دمای گازی  $27^{\circ}\text{C}$  است. اگر فشار گاز را نصف و حجم گاز را ۳ برابر کنیم، دمای گاز چند درجه‌ی سلسیوس می‌شود؟

$$\theta_1 = 27^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_1 = \theta_1 + 273 \quad \Rightarrow \quad T_1 = 273 + 27 = 300\text{K}$$

پاسخ:

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

$$P_2 = \frac{P_1}{2}$$

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

$$V_2 = 3V_1$$

$$\frac{\cancel{P_1} V_1}{300} = \frac{\cancel{P_1} 3\cancel{V_1}}{T_2}$$

$$T_2 = 450\text{K}$$

$$273 + \theta_2 = 450$$

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

تمرین:

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



پاسخ:

فشارسنج فشار پیمانه‌ای را نشان می دهد  $P_g = P - P_0$

$$P_{g1} = 1/5 \text{ atm} \Rightarrow P_1 = 1 + 1/5 = 2/5 \text{ atm}$$

$$P_{g2} = 2 \text{ atm} \Rightarrow P_2 = 1 + 2 = 3 \text{ atm}$$

$$\theta_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\theta_2 = ?$$

$$V_1 = V_2$$

$$P_0 = 1 \text{ atm}$$

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

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

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

تمرین:

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

پاسخ:

$$P = 1.0^5 \text{ pa}$$

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

$$V = 1 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N = ?$$

$$N_A = 6 \times 10^{23}$$

$$R \approx 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$PV = nRT$$

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

$$PV = \frac{N}{N_A} RT \Rightarrow N = \frac{N_A PV}{RT}$$

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

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

تمرین:

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

پاسخ:

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

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

$$n_1 = n_2$$

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

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

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

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

$$586 = 273 + \theta_2$$

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

تمرین:

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

پاسخ

$$m = 53 / 33 \text{ g}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 10 \text{ L} = 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 10^{-2} \text{ m}^3 \\ P = 4 \text{ atm} = 4 \times 10^5 \text{ pa} \\ \theta = 27^{\circ}\text{C} \rightarrow T = 273 + 27 = 300 \text{ K} \\ m = ? \\ R \approx 8 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} n = \frac{m}{M} \\ PV = nRT \end{array} \right. \rightarrow PV = \frac{m}{M} RT$$

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



تمرین:

اگر فشار گاز کاملی را ۲۵ درصد افزایش داده و هم زمان دمای مطلق آن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، حجم گاز چگونه تغییر می کند؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_2 = P_1 + .25P_1 = 1.25P_1 \\ T_2 = T_1 - .2T_1 = .8T_1 \\ \frac{\Delta V}{V_1} = ? \end{array} \right.$$

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

$$\frac{1.25P_1 V_2}{.8T_1} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{.8}{1.25} V_1 = .64V_1$$

$$\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{.64V_1 - V_1}{V_1} = \frac{-.36V_1}{V_1} = -.36$$

$$\frac{\Delta V}{V_1} \times 100\% = -36\%$$

تمرین:

فشار گازی ۱۴mmHg و دمای آن ۷ °C می باشد. اگر دمای گاز را به ۱۰۲ °C و فشار گاز را به ۷۵mmHg برسانیم، حجم گاز چند برابر می شود؟

$$P_1 = 14 \text{ mmHg}$$

$$\theta_1 = 7^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + 7 = 280 \text{ K}$$

$$\theta_2 = 102^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + 102 = 375 \text{ K}$$

$$P_2 = 75 \text{ mmHg}$$

$$V_2 = ? V_1$$

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

پاسخ:

$$V_2 = \frac{1}{4} V_1$$

$$\frac{14 V_1}{280} = \frac{75 V_2}{375}$$

$$\frac{1 V_1}{20} = \frac{1 V_2}{5}$$

$$V_2 = \frac{1}{4} V_1$$

تمرین:

دمای گاز را در حجم ثابت از  $20^{\circ}\text{C}$  به  $40^{\circ}\text{C}$  می‌رسانیم، فشار گاز چند برابر می‌شود؟

پاسخ:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{313}{293}$$

تمرین:

اگر فشار و دمای مطلق مقدار معینی گاز کامل نصف شود چگالی گاز چه تغییری می کند؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_2 = \frac{1}{2} P_1 \\ T_2 = \frac{1}{2} T_1 \\ \frac{\rho_2}{\rho_1} = ? \end{array} \right.$$

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

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\cancel{\frac{1}{2} P_1}}{\cancel{P_1}} \times \frac{\cancel{T_1}}{\cancel{\frac{1}{2} T_1}}$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = 1$$

تمرین:

مقداری گاز کامل در یک محفظه قرار دارد اگر حجم گاز را نصف و دمای مطلق آن را دو برابر کرده و مقدار گاز را از نظر جرمی به نصف کاهش دهیم، فشار چند برابر می شود؟

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_2 = \frac{1}{2} V_1 \\ T_2 = 2T_1 \\ n_2 = \frac{1}{2} n_1 \\ P_2 = ? P_1 \end{array} \right.$$

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

$$\frac{\cancel{P_1} V_1}{\cancel{n_1} T_1} = \frac{P_2 \frac{1}{2} \cancel{V_1}}{\frac{1}{2} \cancel{n_1} \cancel{2} T_1}$$

$$P_2 = 2P_1$$

تمرین:

دمای مقدار معینی گاز را در فشار ثابت  $30^{\circ}\text{C}$  افزایش می‌دهیم در نتیجه حجم گاز به اندازه  $1/0$  حجم اولیه آن افزایش پیدا می‌کند، دمای اولیه گاز چند درجه سلسیوس بوده است؟

پاسخ:

$$\theta_1 = 27^{\circ}\text{C}$$

## تمرین:

لاستیک یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هواست. هنگامی که دمای هوا  $17^{\circ}\text{C}$  است فشار اندازه گیری شده در لاستیک  $2\text{ atm}$  بیش از فشار جو است. پس از یک اتومبیل رانی بسیار سریع، فشار هوای لاستیک دوباره اندازه گیری می شود. مشاهده می شود که فشار  $2/3\text{ atm}$  بیش از فشار جو است. دمای هوای درون لاستیک در این وضعیت چقدر است (حجم لاستیک را ثابت بگیرید)

پاسخ:

$$\theta_1 = 46^{\circ}\text{C}$$

تمرین:

مقداری گاز در دمای  $300\text{K}$  زیر پیستونی قرار دارد اگر با جابه‌جایی پیستون، حجم گاز را دو برابر کرده و دمای گاز را نیز به  $400\text{K}$  برسانیم، فشار گاز چند برابر می‌شود؟

پاسخ:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2}{3}$$



تمرین:

یک حباب هوا از کف دریا به عمق  $h$  به سطح آب حرکت می کند. دما در عمق مذکور  $17^\circ\text{C}$  و در سطح آب  $37^\circ\text{C}$  است. اگر قطر حباب در سطح آب ۳ برابر شده باشد، عمق  $h$  تقریباً چند متر است؟ (فشار هوا را در سطح آب  $10^5 \text{ Pa}$  و چگالی آب  $1 \text{ g/cm}^3$  را فرض کنید)

پاسخ:

$$h = 242 / 5 \text{ m}$$

تست:

بادکنکی را باد کرده آن را از روی سطح آب تاکف استخر پائین می بریم. با فرض ثابت بودن دما، حجم بادکنک از بالا به پائین.....

۱) کم می شود.

۲) زیاد می شود.

۳) تغییر نمی کند

۴) معلومات مسئله برای پاسخ کافی نیست.

پاسخ:

گزینه ی ۱

تست:

در دمای ثابت، فشار گازی را چند برابر کنیم تا حجم آن به  $\frac{1}{4}$  حجم اولیه اش برسد؟

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

شناسنامه دما و گرما

یکای (SI)	علامت	نام کمیت
$^{\circ}\text{C}$ یا $\text{K}$	$\Delta T$ یا $\Delta \theta$	تغییرات دما
$1/^{\circ}\text{C}$	$\alpha$	ضریب انبساط طولی
$1/^{\circ}\text{C}$	$2\alpha$	ضریب انبساط سطحی
$1/^{\circ}\text{C}$	$3\alpha$	ضریب انبساط حجمی
$1/^{\circ}\text{C}$	$\beta$	ضریب انبساط مطلق مایع
J (ژول)	Q	گرما
$\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$	c	گرمای ویژه
J (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
$\text{m}^3$	v	حجم گاز

۱- رابطه بین یکای سلسیوس و کلونین

$$T = \theta + ۲۷۳$$

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

۲- رابطه بین یکای سلسیوس و فارنهایت:

$$F = 1/۸\theta + ۳۲$$

$$\Delta F = 1/۸\Delta\theta$$

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

۴- انبساط سطحی:  $\Delta A = ۲\alpha A_1 \Delta \theta$

۵- انبساط حجمی جامدات:  $\Delta V = ۳\alpha V_1 \Delta \theta$

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

۷- انبساط ظاهری مایعات:

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

$$\beta' = \beta - ۳\alpha$$

$$\Delta V_{ظرف} - \Delta V_{مایع} = \text{حجم مایع سرریز شده}$$

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:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

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

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)

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