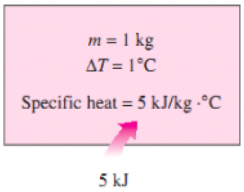
Meeting_013

Monday, May 03, 2021 8:32 AM

گرماهای ویژه

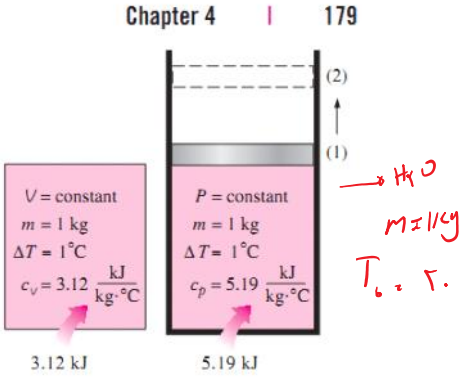
4–3 ▪ SPECIFIC HEATS

مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از ماده داده می‌شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش داده شود



C_p گرمای ویژه در فشار ثابت

C_v در حجم ثابت



H_2O

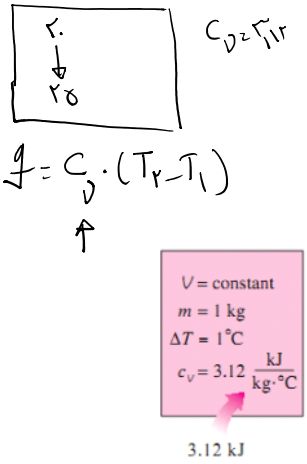
$m = 1\,kg$

$T_1 = 20$

$C_p > C_v \longrightarrow$ چرا؟

در فرایند فشار ثابت بخشی از گرما صرف کار مرزی می‌شود لذا انرژی گرمایی زیادی لازم است تا دمای آن یک درجه افزایش داشته باشد.

ارتباط گرماهای ویژه با یکدیگر خواص ترمودینامیکی



$C_v = 3.12$

$q = C_v \cdot (T_2 - T_1)$

$\Delta PE = 0$

$\Delta KE = 0$

$W_{\text{مرزی}} = 0$

سیستم بسته

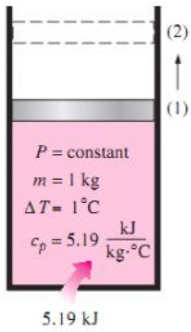
$\Longrightarrow q - w = u_2 - u_1$

$q - 0 = u_2 - u_1$

$q = C_v \cdot dT$

$C_v \cdot dT = u_2 - u_1$

$$\boxed{c_v\,dT = du} \quad *$$



سیستم بسته

$w_{\text{مرزی}} \neq 0$

$\Delta pe = 0$

$\Delta ke = 0$

$$\longrightarrow q - \cancel{w} = dh$$

$$c_p\,dT = dh$$

$$\boxed{c_p\,dT = dh} \quad ***$$

c_p و c_v هم جزء خواص ترمودینامیکی هستند

$$du = c_v\,dT \longrightarrow \int_0^{u} du = \int_1^2 c_v\,dT \longrightarrow u_2 - u_1 = \int_1^2 c_v\,dT$$

$$dh = c_p\,dT \longrightarrow h_2 - h_1 = \int_1^2 c_p\,dT$$

1 kg H_2O
$T_0 = 20\,°C$
↓
$T = 21$

1 kg H_2O
$T_0 = 100\,°C$
↓
101

$$c_v = f(T)$$

$$c_p = f(T)$$

$T = 21$ $\qquad$ $C_p = 2\ kJ/kg\cdot^\circ C$

$V.1$ $\qquad$ $C_p = 3.9\ kJ/kg\cdot K$

TABLE A–2

Ideal-gas specific heats of various common gases (*Concluded*)

(*c*) As a function of temperature

$$\bar{c}_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

(T in K, c_p in kJ/kmol·K)

Substance	Formula	a	b	c	d	Temperature range, K	% error Max.	% error Avg.
Nitrogen	N_2	28.90	-0.1571×10^{-2}	0.8081×10^{-5}	-2.873×10^{-9}	273–1800	0.59	0.34
Oxygen	O_2	25.48	1.520×10^{-2}	-0.7155×10^{-5}	1.312×10^{-9}	273–1800	1.19	0.28
Air	—	28.11	0.1967×10^{-2}	0.4802×10^{-5}	-1.966×10^{-9}	273–1800	0.72	0.33
Hydrogen	H_2	29.11	-0.1916×10^{-2}	0.4003×10^{-5}	-0.8704×10^{-9}	273–1800	1.01	0.26
Carbon monoxide	CO	28.16	0.1675×10^{-2}	0.5372×10^{-5}	-2.222×10^{-9}	273–1800	0.89	0.37
Carbon								

$$C_{v,ave} = \frac{C_{v_1} + C_{v_2}}{2}$$

می‌توان از C_v متوسط استفاده کرد.

(2) $T_2 \longrightarrow C_v$

(1) $T_1 \longrightarrow C_v = ?$

(2) T_2

(1) T_1

$$T_{ave} = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$T_{ave} \xrightarrow{\text{از جدول}} C_{v,ave} = ?$

مثال: هوا درون یک رادیاتور حجم ثابت از دمای $200\ K$ به $400\ K$ می‌رسد. دمای متوسط را $C_{v,ave}$ محاسبه کنید.

$$T_{ave} = \frac{200 + 400}{2} = 300\ K \longrightarrow C_{v,ave} = 0.718\ kJ/kg\cdot K$$

$$u_2 - u_1 = \int_1^2 c_v \, dT = c_{v,ave} \int_1^2 dT = c_{v,ave}(T_2 - T_1)$$

$$\boxed{u_2 - u_1 = c_{v,ave}(T_2 - T_1)}$$

$$\boxed{h_2 - h_1 = c_{p,ave}(T_2 - T_1)}$$

روابط حاکم بر گازهای ایده‌آل

4-4 ▪ INTERNAL ENERGY, ENTHALPY, AND SPECIFIC HEATS OF IDEAL GASES

در گازهای ایده‌آل مقدار آنتالپی ارتباط مستقیم با دما دارد.

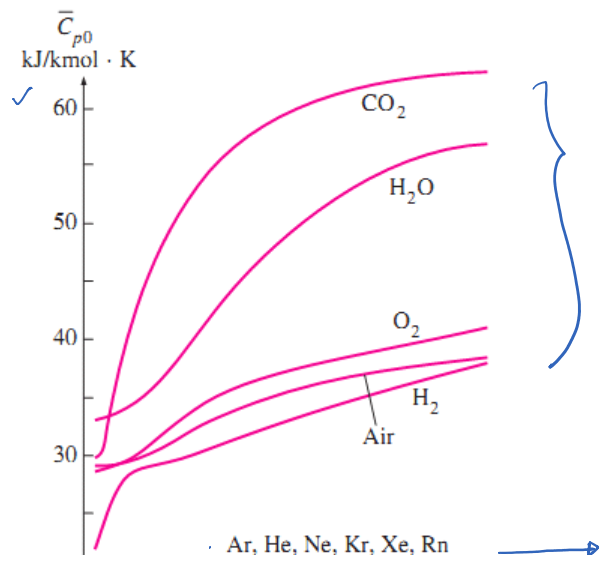
$$\begin{cases} pv = RT \\ h = u + pv \longrightarrow h = \overset{\uparrow T}{u} + \overset{\uparrow T}{RT} \longrightarrow h = f(T) \\ \underbrace{u = f(T)}_{\text{آزمایش}} \end{cases}$$

$h \longrightarrow T$

$u \longrightarrow T$

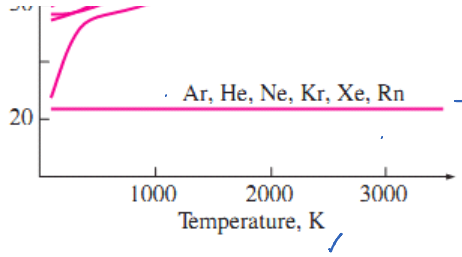
$c_p = f(T)$

$c_v = f(T)$



گازهای چنداتمی مقدار c_p کاملاً وابسته به دما است.

برای گازهای تک اتمی مقدار c_p ثابت است و با دما تغییر



برای گازهای تک اتمی مقدار c_p ثابت است و با دما تغییر نمی‌کند

FIGURE 4–24

Ideal-gas constant-pressure specific heats for some gases (see Table A–2*c* for c_p equations).

$$T_{avg} = \frac{T_2 + T_1}{2} \longrightarrow c_{v,avg}$$

روابط c_v و c_p با یک خواص ترمودینامیکی در گاز کامل

$$u_2 - u_1 = c_{v,avg}(T_2 - T_1) \qquad \text{(kJ/kg)}$$

$$h_2 - h_1 = c_{p,avg}(T_2 - T_1) \qquad \text{(kJ/kg)}$$

Specific Heat Relations of Ideal Gases

روابط بین c_v و c_p در گازهای کامل

$$\begin{cases} pv = RT \\ du = u_2 - u_1 = c_{v,avg}\, dT \\ dh = h_2 - h_1 = c_{p,avg}\, dT \end{cases}$$

$$\begin{cases} dh = du + d(\overset{RT}{pv}) \\ c_{p,avg}\, \cancel{dT} = c_{v,avg}\, \cancel{dT} + R\, \cancel{dT} \end{cases}$$

$$c_{p,avg} = c_{v,avg} + R \longrightarrow \boxed{c_p = c_v + R} \quad ***$$

$$n = k = \frac{c_p}{c_v}$$

نسبت بین گرماهای ویژه

مثال:

EXAMPLE 4–7 **Evaluation of the Δu of an Ideal Gas**

Air at 300 K and 200 kPa is heated at constant pressure to 600 K. Determine the change in internal energy of air per unit mass, using (*a*) data from the air table (Table A–17), (*b*) the functional form of the specific heat (Table A–2*c*),

مثال:

EXAMPLE 4–7 Evaluation of the Δu of an Ideal Gas

Air at 300 K and 200 kPa is heated at constant pressure to 600 K. Determine the change in internal energy of air per unit mass, using (*a*) data from the air table (Table A–17), (*b*) the functional form of the specific heat (Table A–2*c*), and (*c*) the average specific heat value (Table A–2*b*).

$T_1 = 300\ K$

$P_1 = 200\ kPa$

فرایند فشار ثابت

$P_2 = P_1 = 200\ kPa$

$T_2 = 600\ K$

$\rightarrow du = ?$

روش اول

$du = C_{v,avg}\, dT \longrightarrow u_2 - u_1 = C_{v,avg}(T_2 - T_1) = 0.733(600 - 300)$

$= 219.9\ kJ$

$T_{avg} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300 + 600}{2} = 450 \longrightarrow C_{v,avg} = 0.733$

روش دوم استفاده از جدول

$u \rightleftarrows T \qquad h \rightleftarrows T$

$T_1 = 300\ K \longrightarrow u_1 = 214.07\ kJ/kg$

$T_2 = 600\ K \longrightarrow u_2 = 434.78$

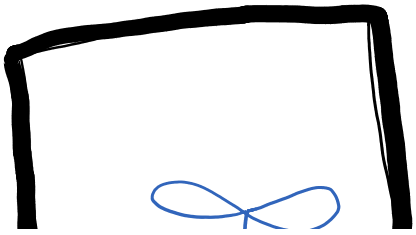
$du = u_2 - u_1$

$= 434.78 - 214.07 = 220.71$

EXAMPLE 4–8 Heating of a Gas in a Tank by Stirring

An insulated rigid tank initially contains 1.5 lbm of helium at 80°F and 50 psia. A paddle wheel with a power rating of 0.02 hp is operated within the tank for 30 min. Determine (*a*) the final temperature and (*b*) the final pressure of the helium gas.

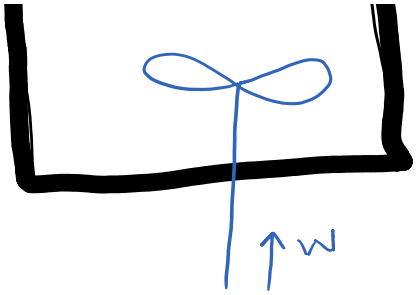
در یک تانک آدیاباتیک 10 kg هوا در دمای 400 K و فشار 300 kPa موجود است. اگر کار مکانیکی توسط یک همزن با توان 20 وات به مدت 30 دقیقه وارد تانک شده است. دما نهایی و فشار نهایی را محاسبه کنید.



$m = 10\ kg$

$T_1 = 400\ K$

$P_1 = 300\ kPa$



$P_1 = 200\ kPa$

$\dot{W} = 250\ W$

$\Delta t = 20\ min = 20 \times 60 = 1800\ s$

$\dot{W} = \frac{W}{\Delta t}$

$$W = \dot{W}\Delta t = \frac{250 \times 1800}{1000} = 450\ kJ$$

$$w = \frac{450}{m} = \frac{450}{10} = 45\ kJ/kg$$

سیستم بسته

$\Delta pe = 0$

$\Delta ke = 0$

$W_{\text{مرزی}} = 0$

$$q - w = u_2 - u_1$$

$$0 - (-45) = u_2 - 248.14 \longrightarrow u_2 = 350\ kJ/kg$$

$T_1 = 400\ K \longrightarrow u_1 = 286.16$

$u_1 \rightleftarrows T_1$

$u_2 = 350\ kJ/kg \longrightarrow T_2 = 489\ K$

$P_1 v_1 = RT_1 \longrightarrow P_1 \forall_1 = mRT_1$

$P_2 \forall_2 = mRT_2$

$$\longrightarrow \frac{P_1 \cancel{\forall_1}}{P_2 \cancel{\forall_2}} = \frac{\cancel{mR} T_1}{\cancel{mR} T_2}$$

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

$\forall_1 = \forall_2$

$m_1 = m_2$

$$\frac{200}{P_2} = \frac{400}{489} \longrightarrow P_2 = ?$$