

به نام خدا

ترمودینامیک مهندسی شیمی

جلسه هشتم

یگانه داودبیگی



مثال: گاز ایده آل گازی است که مقدار PV/RT در آن مستقل از تغییرات انجام شده، ثابت باشد. چنین گازی در $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ و 1 bar حجمی برابر $0.0271\text{ m}^3/\text{mol}$ دارد.

در این مساله میتوان هوا را گازی ایده آل با ظرفیت های گرمایی ثابت زیر در نظر گرفت:

$$C_v=20.785\text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$C_p=29.099\text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

شرایط اولیه هوا 1 bar و $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ است. هوا با دو فرایند برگشت پذیر مکانیکی مختلف تا 5 bar و $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ متراکم می شود. برای هر مسیر تغییرات انرژی درونی و تغییرات آنتالپی را بدست آورید.

| | 0 | 1 | 2 |
|------------------------------|---------|-------|-------|
| T ($^{\circ}\text{C}$) | 0 | 25 | 25 |
| P(bar) | 1 | 1 | 5 |
| V(m^3/mol) | 0.02271 | V_1 | V_2 |

الف) سرد کردن در فشار ثابت و سپس گرم کردن در حجم ثابت.

ب) گرم کردن در حجم ثابت و سپس سرد کردن در فشار ثابت.

مبنا: یک مول هوا

$$\frac{PV}{T} = cte \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_0}{T_0} \rightarrow V_1 = V_0 \left(\frac{T_1}{T_0} \right) = 0.02271 \times \left(\frac{298.15}{273.15} \right) = 0.02479\text{ m}^3 \\ P_2V_2 = P_1V_1 \rightarrow V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = 0.02479 \times \left(\frac{1}{5} \right) = 0.004958\text{ m}^3 \end{array} \right.$$

دمای میانی :

$$T' = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 298.15 \left(\frac{0.004958}{0.02479} \right) = 59.63 \text{ K}$$

| | 1 | حالت میانی | 2 |
|------------------------|---------|------------|----------|
| T (°C) | 25 | T' | 25 |
| P(bar) | 1 | 1 | 5 |
| V(m ³ /mol) | 0.02479 | 0.004958 | 0.004958 |

برای مرحله فشار ثابت : $Q = \Delta H = C_p \Delta T = (29.10)(59.63 - 298.15) = -6941 \text{ J}$

$$\Delta U = \Delta H - \Delta(PV) = \Delta H - P \Delta V = -6941 - (1 \times 10^5)(0.004958 - 0.02479) = -4958 \text{ J}$$

مرحله دوم یعنی گرم شدن در حجم ثابت :

$$\Delta U = Q = C_v \Delta T = (20.78)(298.15 - 59.63) = 4958 \text{ J}$$

در کل فرایند :

$$Q = -6941 + 4958 = -1983 \text{ J}$$

$$\Delta U = -4958 + 4958 = 0$$

$$\Delta U = Q + W$$

$$0 = -1983 + W$$

$$W = 1983 \text{ J}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV)$$

$$T_1 = T_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Delta(PV) = 0$$

$$\Delta H = \Delta U = 0$$

(ب)

دمای میانی : $T' = T_1 \frac{P_2}{P_1} = 298.15 \left(\frac{5}{1} \right) = 1490.75 \text{ K}$

| | 1 | حالت میانی | 2 |
|------------------------|---------|------------|----------|
| T (°C) | 25 | T' | 25 |
| P(bar) | 1 | 5 | 5 |
| V(m ³ /mol) | 0.02479 | 0.02479 | 0.004958 |

در مرحله حجم ثابت : $Q = \Delta U = C_V \Delta T = (20.78)(1490.75 - 298.15) = 24\,788 \text{ J}$

در مرحله فشار ثابت : $Q = \Delta H = C_P \Delta T = (29.10)(298.15 - 1490.75) = -34\,703 \text{ J}$
 $\Delta U = \Delta H - \Delta(PV) = \Delta H - P \Delta V$
 $\Delta U = -34\,703 - (5 \times 10^5)(0.004\,958 - 0.024\,79) = -24\,788 \text{ J}$

در کل فرایند :

$$Q = 24\,788 - 34\,703 = -9915 \text{ J}$$

$$\Delta U = 24\,788 - 24\,788 = 0$$

$$W = \Delta U - Q = 0 - (-9915) = 9915 \text{ J}$$

$$\Delta H = \Delta U = 0$$