

به نام خدا

ترمودینامیک مهندسی شیمی

جلسه چهاردهم

مثال: هوا در شرایط اولیه 1 bar و 25 °C با سه فرایند مختلف برگشت پذیر از نظر مکانیکی به یک حالت نهایی 5 bar و 25 °C متراکم می شود:

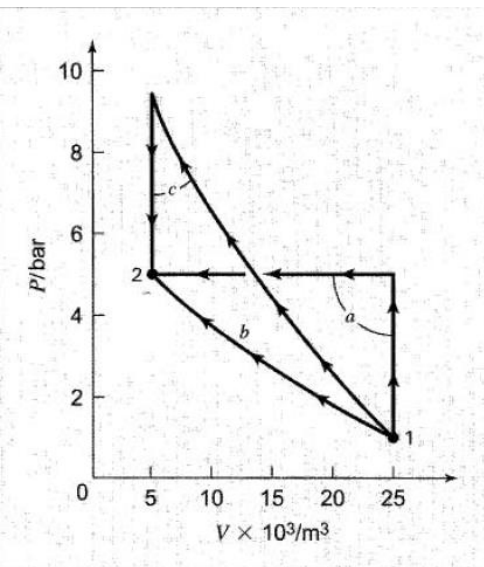
الف) گرم کردن در حجم ثابت و سپس خنک کردن در فشار ثابت.

ب) تراکم تک دما

ج) تراکم آدیاباتی و سپس خنک کردن در حجم ثابت.

در این شرایط هوا را می توان یک گاز ایده آل با ظرفیت های گرمایی $C_V = (\frac{5}{2})R$ و $C_P = (\frac{7}{2})R$ فرض کرد.

کار مورد نیاز، گرمای انتقال یافته و تغییر انرژی داخلی و آنتالپی هوا را برای هر فرایند محاسبه کنید.



$$C_V = 20.785$$

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

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \text{ حل بر مبنای ۱ مول هوا و}$$

$$V_1 = 0.02479$$

$$V_2 = 0.004958 \text{ m}^3$$

(الف)

این بخش قبلا در مثال دیگری حل شده اما اکنون می‌توان آن را به روش ساده‌تری حل نمود.

دما در پایان مرحله گرمادهی در حجم ثابت برابر 1490.75 K محاسبه شد. در این مرحله $W=0$ پس داریم:

$$Q = \Delta U = C_V \Delta T = 24788 \text{ J}$$

$$\Delta H = C_P \Delta T = (29.099)(1490.75 - 298.15) = 34703 \text{ J}$$

برای مرحله دوم در فشار ثابت:

$$Q = \Delta H = C_P \Delta T = (29.099)(298.15 - 1490.75) = -34703 \text{ J}$$

$$\Delta U = C_V \Delta T = (20.785)(298.15 - 1490.75) = -24788 \text{ J}$$

$$W = \Delta U - Q = -24788 - (-34703) = 9915 \text{ J}$$

برای کل فرایند

$$\Delta U = 24788 - 24788 = 0$$

$$\Delta H = 34703 - 34703 = 0$$

$$Q = 24788 - 34703 = -9915 \text{ J}$$

$$W = 9915 + 0 = 9915 \text{ J}$$

(ب)

$$Q = -W = RT \ln \frac{P_1}{P_2} = (8.314)(298.15) \ln \frac{1}{5} = -3990 \text{ J}$$

(ج)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = (298.15) \left(\frac{0.02479}{0.004958} \right)^{0.4} = 567.57 \text{ K}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma} = (1) \left(\frac{0.02479}{0.004958} \right)^{1.4} = 9.52 \text{ bar}$$

برای مرحله اول $Q = 0$ $W = C_V \Delta T = (20.785)(567.57 - 298.15) = 5600 \text{ J}$

برای مرحله دوم $W = 0$

برای مجموع دو مرحله $W = 5600 + 0 = 5600 \text{ J}$ $\Delta U = 0$, $Q = \Delta U - W = 0 - 5600 = -5600 \text{ J}$

مثال: یک گاز ایده‌آل زنجیره فرایندهای برگشت‌پذیز از نظر مکانیکی زیر را به دنبال هم طی می‌کند:

الف) از حالت اولیه 70°C و 1 bar بصورت آدیباتیک تا 150°C متراکم می‌شود.

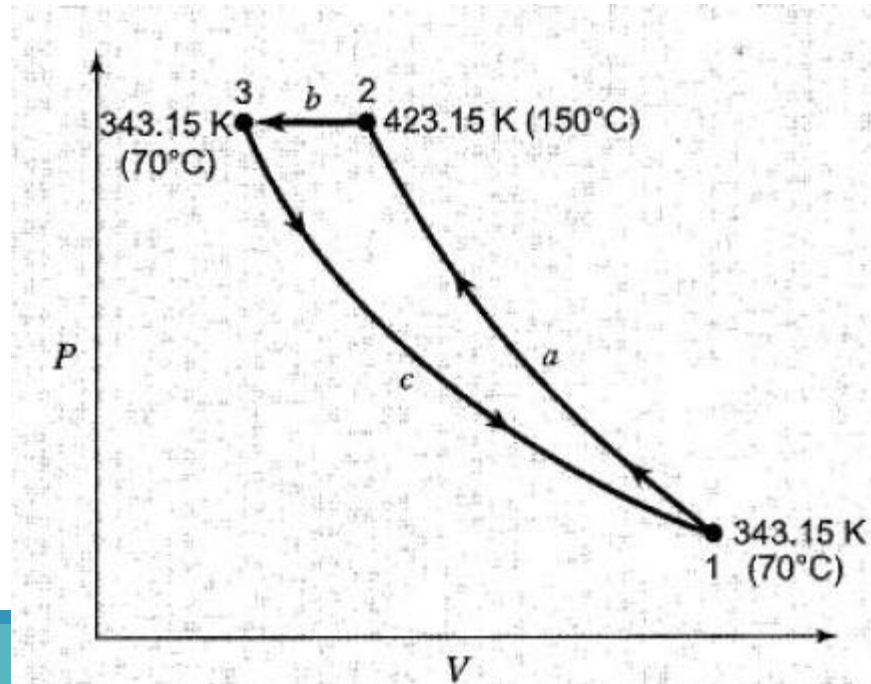
ب) سپس در فشار ثابت از 150°C تا 70°C خنک می‌شود.

ج) سرانجام، بصورت تک دما تا حالت اولیه منبسط می‌شود.

برای هر یک از سه فرایند و برای کل چرخه Q ، W ، ΔU ، ΔH را محاسبه کنید.

اگر این فرایندهای بصورت برگشت‌ناپذیر انجام شود، اما به شکلی که دقیقاً همان تغییرات حالت حاصل شود، آنگاه مقادیر Q و W تفاوت می‌کند. مقادیر Q و

W را با بازده 80% برای هر مرحله محاسبه کنید.



$$Q = 0$$

$$\Delta U = W = C_V \Delta T = (12.471)(423.15 - 343.15) = 998 \text{ J}$$

$$\Delta H = C_P \Delta T = (20.785)(423.15 - 343.15) = 1663 \text{ J}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} = (1) \left(\frac{423.15}{343.15} \right)^{2.5} = 1.689 \text{ bar}$$

(ب)

$$Q = \Delta H = C_P \Delta T = (20.785)(343.15 - 423.15) = -1663 \text{ J}$$

$$\Delta U = C_V \Delta T = (12.471)(343.15 - 423.15) = -998 \text{ J}$$

$$W = \Delta U - Q = -998 - (-1663) = 665 \text{ J}$$

(ج)

$$Q = -W = RT \ln \frac{P_3}{P_1} = RT \ln \frac{P_2}{P_1} = (8.314)(343.15) \ln \frac{1.689}{1} = 1495 \text{ J}$$

$$Q = 0 - 1663 + 1495 = -168 \text{ J}$$

$$W = 998 + 665 - 1495 = 168 \text{ J}$$

$$\Delta U = 998 - 998 + 0 = 0$$

$$\Delta H = 1663 - 1663 + 0 = 0$$

در حالت برگشت ناپذیر:

(الف)

$$W = \frac{998}{0.80} = 1248 \text{ J}$$

$$Q = \Delta U - W = 998 - 1248 = -250 \text{ J}$$

(ب)

$$W = \frac{665}{0.80} = 831 \text{ J}$$
$$Q = \Delta U - W = -998 - 831 = -1829 \text{ J}$$

(ج)

$$W = (0.80)(-1495) = -1196 \text{ J}$$

$$Q = \Delta U - W = 0 + 1196 = 1196 \text{ J}$$

برای کل فرایند:

$$Q = -250 - 1829 + 1196 = -883 \text{ J}$$

$$W = 1248 + 831 - 1196 = 883 \text{ J}$$

	Mechanically reversible				Irreversible			
	ΔU	ΔH	Q	W	ΔU	ΔH	Q	W
(a)	998	1663	0	998	998	1663	-250	1248
(b)	-998	-1663	-1663	665	-998	-1663	-1829	831
(c)	0	0	1495	-1495	0	0	1196	-1196
Sum	0	0	-168	168	0	0	-883	883