

به نام خدا

ترمودینامیک مهندسی شیمی

جلسه ششم

یگانه داودبیگی



مثال: هوا در 1 bar و 25 °C با سرعت کم وارد کمپرسوری شده و در 3 bar خارج می‌شود. آنگاه وارد یک شیبپوره می‌شود که در آن با سرعت 600 m/s در شرایط اولیه فشار و دما منبسط می‌شود. اگر کار تراکم 240 kJ/kg.air باشد، چقدر گرما باید در طی عملیات تراکم خارج شود؟

حل:

سرعت کم: $u_1=0$

برگشت به شرایط اولیه: $\Delta H = 0$

تغییر ارتفاع نداریم: $\Delta z = 0$

$$\frac{1}{2}\Delta u^2 = Q + W_s \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{2}(600)^2 = Q + 240 \rightarrow Q = -60 \text{ kJ/kg}$$

گرما آزاد می‌شود

تبادل

تبادل به منزله وجود حالت توازن است و دارای انواع مختلفی از جمله موارد زیر می باشد:

- تبادل گرمایی: دما در کلیه نقاط سیستم یکنواخت و یکسان است.
 - تبادل مکانیکی: تغییرات فشار با زمان در هیچ یک از نقاط سیستم نداریم.
 - تبادل فازی: انتقال خالص یک یا بیش از یک ماده شیمیایی از یک فاز به فاز دیگر انجام نمی شود.
 - تبادل شیمیایی: واکنش شیمیایی در سیستم صورت نمیگیرد یعنی ترکیب شیمیایی بر حسب زمان تغییر نمی کند.
- نکته: یک سیستم در حال تبادل ترمودینامیکی را نمیتوان دچار تغییر قابل رؤیت کرد مگر آنکه در محیط اطرافش هم تغییر حاصل شود.

درجه آزادی

تعداد متغیرهای مستقل که برای تعیین حالت درونی سیستم باید ثابت باشند را درجه آزادی گویند.

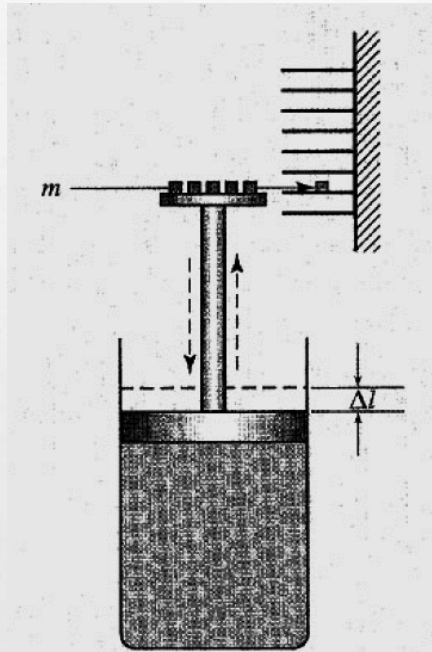
$$F = 2 - \pi + N$$

درجه آزادی تعداد فازها تعداد اجزای شیمیایی

مثال:

- آب در حال تعادل با بخار آب: تعداد فازها=۲ و تعداد اجزا=۱
 $F = 2 - 2 + 1 = 1$
- آب در حال تعادل با مخلوطی از بخار آب و نیتروژن: تعداد فازها=۲ و تعداد اجزا=۲
 $F = 2 - 2 + 2 = 2$
- محلول آب و الکل در حال تعادل با بخار آب: تعداد فازها=۲ و تعداد اجزا=۲
 $F = 2 - 2 + 2 = 2$

فرایند برگشت پذیر



□ فرایندی که بتوان جهت آن را در هر نقطه با تغییری بی نهایت کوچک در شرایط خارجی معکوس کرد.

□ یک فرایند برگشت پذیر بدون اصطکاک است، فاصله از تعادل در حد مقادیر دیفرانسیلی است (میتوان در نظر گرفت که در کل فرایند در تعادل است)، و جهت آن در هر لحظه قابل معکوس شدن و همچنین برگشت به حالت اولیه است.

□ فرایند برگشت پذیر در واقع یک حالت ایده آل است که برای سادگی محاسبات به کار گرفته می شود و با استفاده از روابط مربوط به بازدهی قابل تبدیل به فرایندهای واقعی هستند.

نکته: در حالت برگشت پذیر از انتگرال گیری استفاده میکنیم مثلاً برای کار داریم:

$$W = - \int_{V_1'}^{V_2'} P dV'$$

فرایندهای حجم ثابت و فشار ثابت

$$d(nU) = dQ + dW \quad \xrightarrow{dW = -P d(nV)} \quad d(nU) = dQ - P d(nV)$$

➤ فرایند حجم ثابت:

در این فرایند کار برابر صفر است پس داریم:

$$dQ = d(nU) \quad (\text{const } V) \quad \xrightarrow{\text{انتگرال گیری}} \quad Q = n \Delta U \quad (\text{const } V)$$

* در یک فرایند غیر جریانی حجم ثابت برگشت پذیر گرمای منتقل شده برابر تغییر انرژی درونی سیستم است.

فرایندهای حجم ثابت و فشار ثابت

➤ فرایند فشار ثابت:

$$dQ = d(nU) + P d(nV) \xrightarrow{\text{در حالت فشار ثابت}} dQ = d(nU) + d(nPV) = d[n(U + PV)]$$

$$H \equiv U + PV$$

$$dQ = d(nH) \quad (\text{const } P) \xrightarrow{\text{انتگرال گیری}} Q = n \Delta H \quad (\text{const } P)$$

* در یک فرایند غیر جریانی فشار ثابت برگشت پذیر گرمای منتقل شده برابر تغییر آنتالپی سیستم است.

ظرفیت گرمایی

$$C \equiv \frac{dQ}{dT}$$

هرچه در یک جسم تغییر دما به علت انتقال مقدار مشخصی از گرما کمتر باشد، ظرفیت گرمایی آن بیشتر است.

❖ ظرفیت گرمایی در حجم ثابت:

$$C_V \equiv \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

$$dU = C_V dT \quad (\text{const } V)$$

انتگرال گیری



$$\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} C_V dT \quad (\text{const } V)$$

$$Q = n \Delta U = n \int_{T_1}^{T_2} C_V dT \quad (\text{const } V)$$

ظرفیت گرمایی

❖ ظرفیت گرمایی در فشار ثابت:

$$C_P \equiv \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P$$

$$dH = C_P dT \quad (\text{const } P)$$

انتگرال گیری



$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_P dT \quad (\text{const } P)$$

$$Q = n \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_P dT \quad (\text{const } P)$$