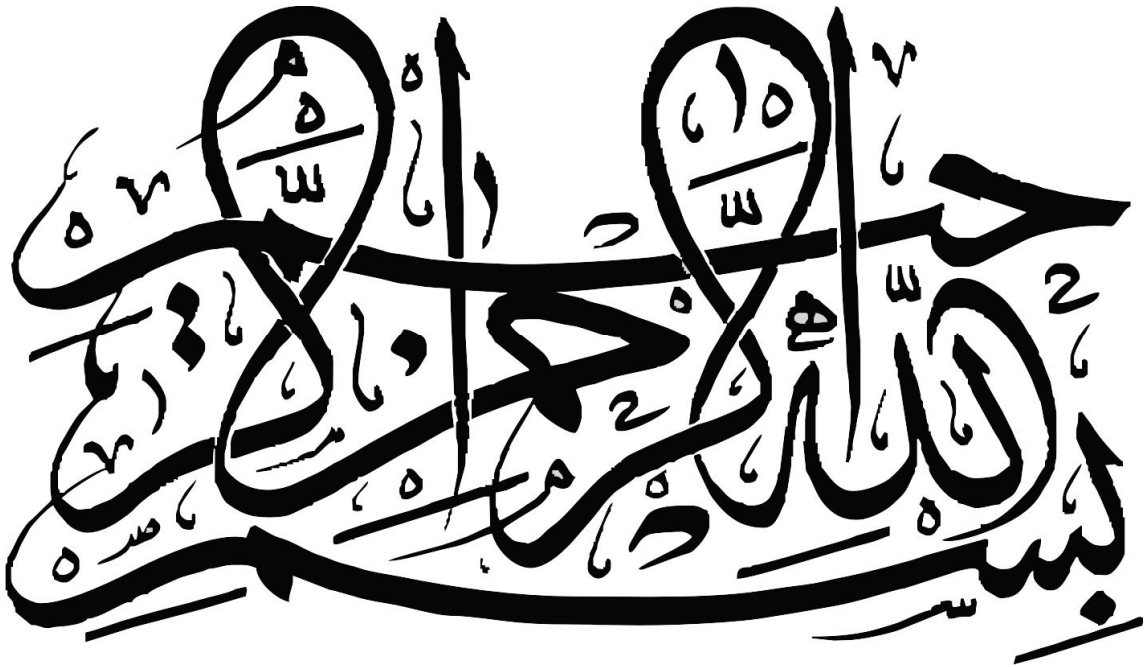

بسم الله الرحمن الرحيم

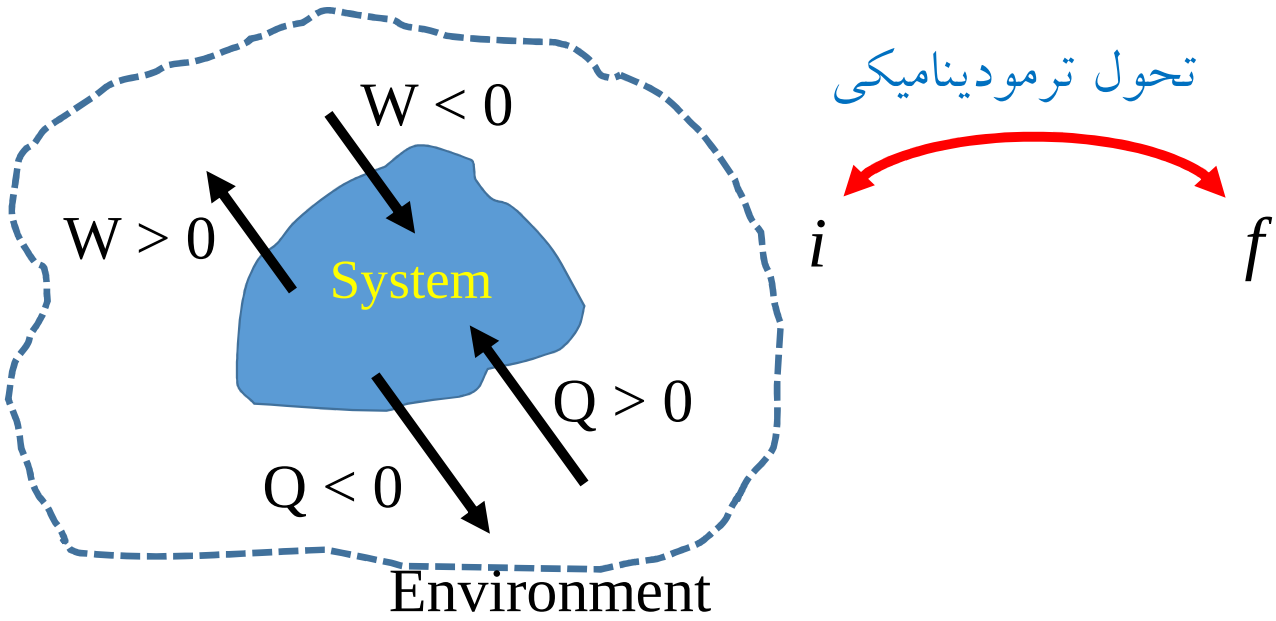
فصل پنجم (۳)

دما، گرما و قانون اول ترمودینامیک

گرما و کار

سیستم ترمودینامیکی: یک سیستم شامل ماده ای که می تواند با محیط اطراف گرما یا کار رد و بدل نماید

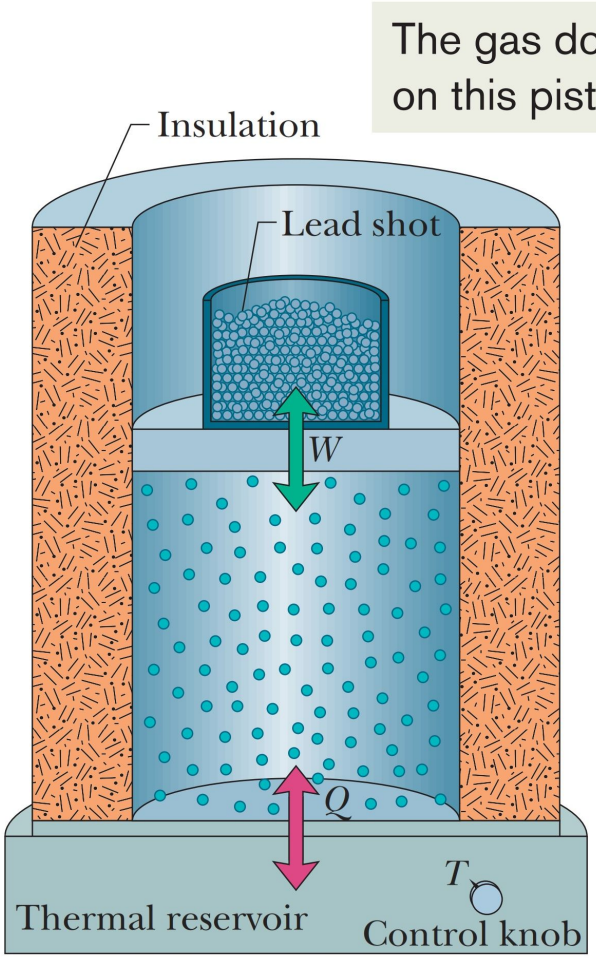
تحول ترمودینامیکی: فرآیندی که در آن سیستم با تبادل گرما یا کار، از حالتی به حالت دیگر می رود

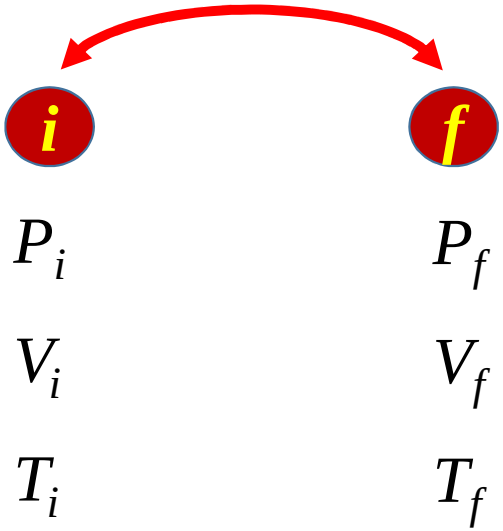


تغییر پارامترهای فیزیکی در طی یک تحول ترمودینامیکی:

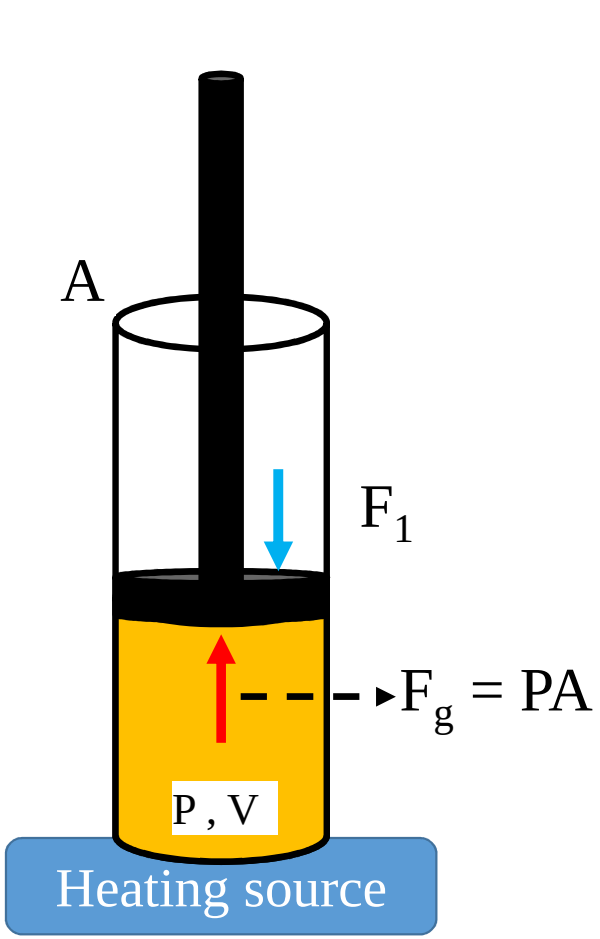
مثلا برای گاز محبوس در یک پیستون پارامترهای ترمودینامیکی:

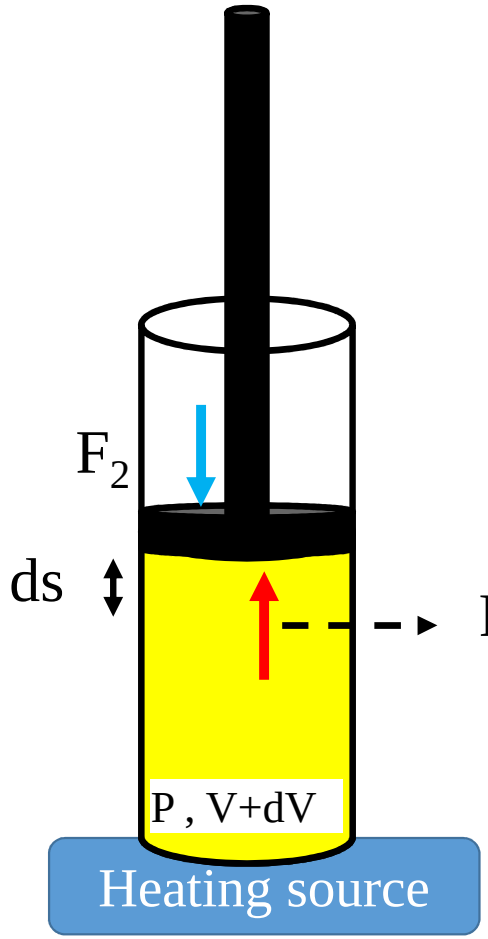
- ❑ فشار
- ❑ دما
- ❑ حجم





محاسبه کار انجام شده توسط سیستم در یک تحول ترمودینامیکی





برای گاز محبوس در یک پیستون
با جابه جایی پیستون، حجم تغییر می کند

ds به اندازه ای کوچک است که می توان
نیروی گاز را در این جابه جایی ثابت گرفت

کار انجام شده توسط نیروی گاز بر پیستون در جابه جایی بسیار کوچک ds (تغییر حجم dV):

$$dW = \vec{F}.d\vec{s} = PAds = PdV$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV$$

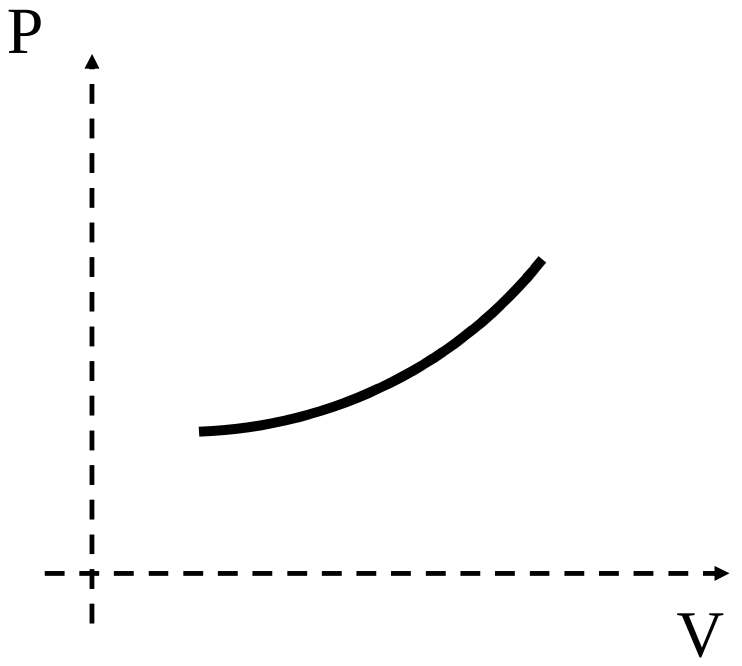
کار انجام شده توسط نیروی گاز وارد بر پیستون هنگامی
که حجم گاز از حجم V_i به حجم V_f می رود

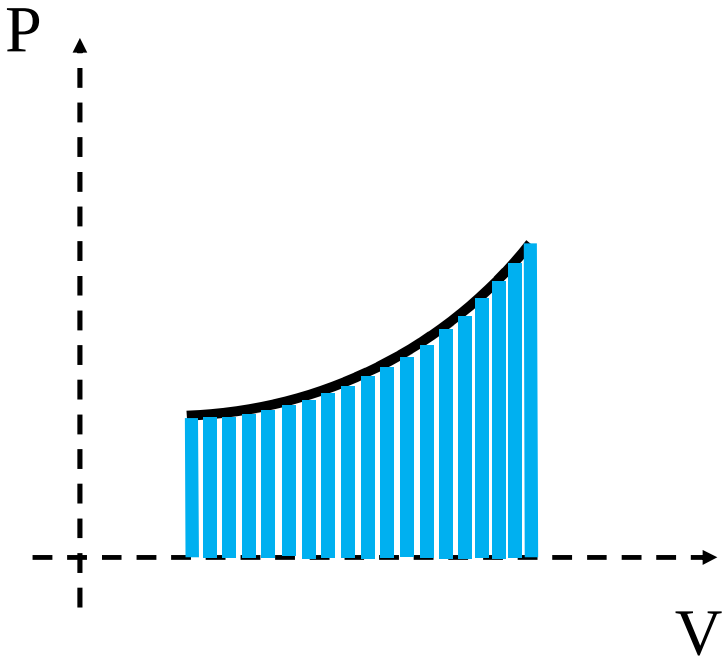
اگر در تحولی حجم گاز افزایش یابد ($V_i < V_f$) آنگاه کار سیستم مثبت خواهد بود

اگر در تحولی حجم گاز کاهش یابد ($V_i > V_f$) آنگاه کار سیستم منفی خواهد بود

کار برابر با حجم زیر نمودار P-V

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

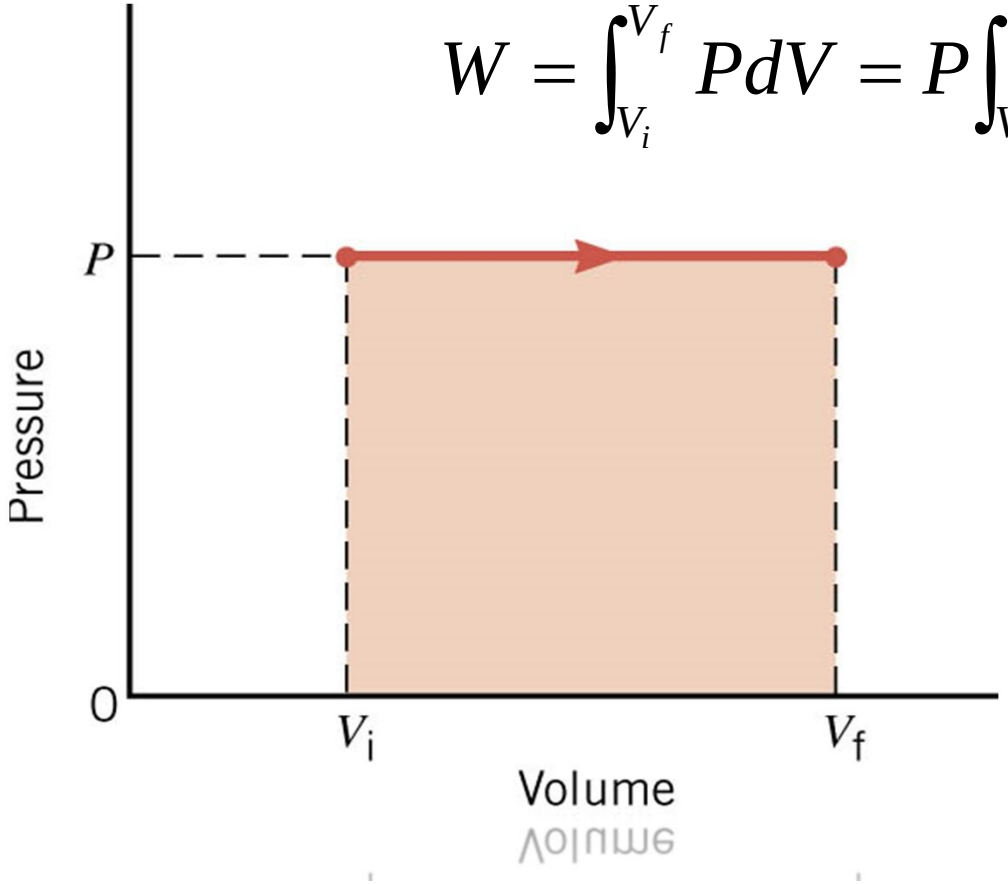




محاسبه کار در چند مثال:

۱– فرآیند هم فشار: در فشار ثابت، حجم زیاد شود

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = P\int_{V_i}^{V_f} dV = P(V_f - V_i) > 0$$



اگر در فشار ثابت بخواهد حجم گاز زیاد شود باید دمای گاز زیاد شود یعنی گاز از محیط گرما بگیرد

$Q > 0$: سیستم از محیط گرما می گیرد

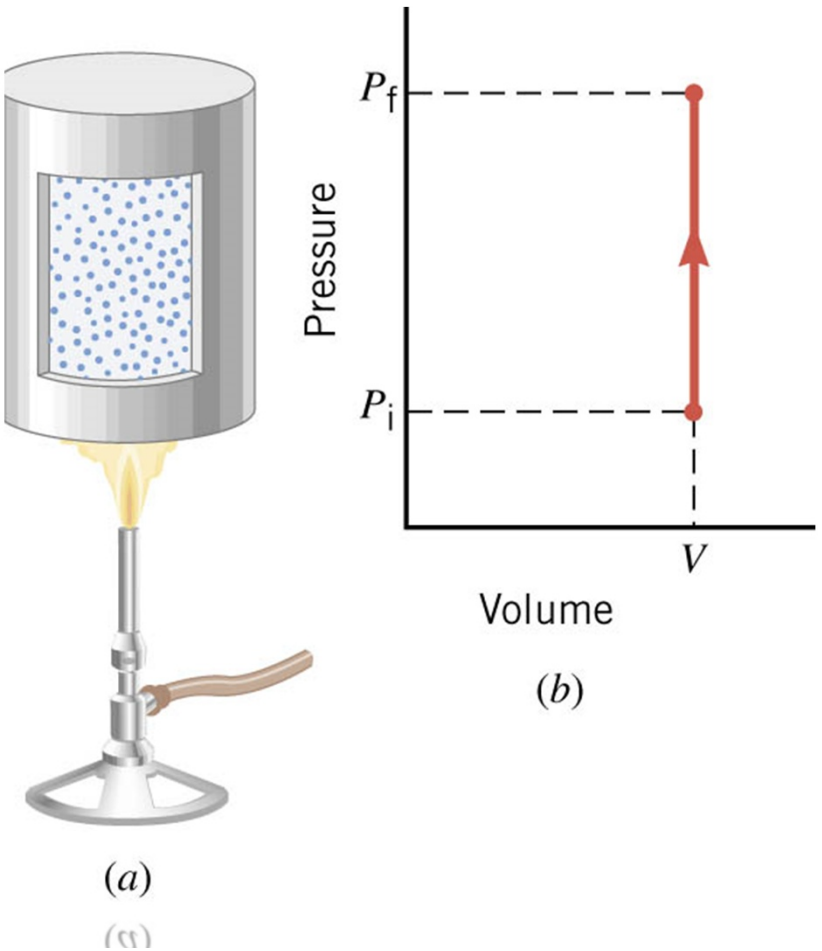
$W > 0$ سیستم روی محیط کار انجام می دهد

۲– فرآیند هم حجم: در حجم ثابت، فشار تغییر کند

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = 0$$

در حجم ثابت، اگر بخواهد فشار زیاد شود باید سیستم از محیط گرما دریافت نماید.

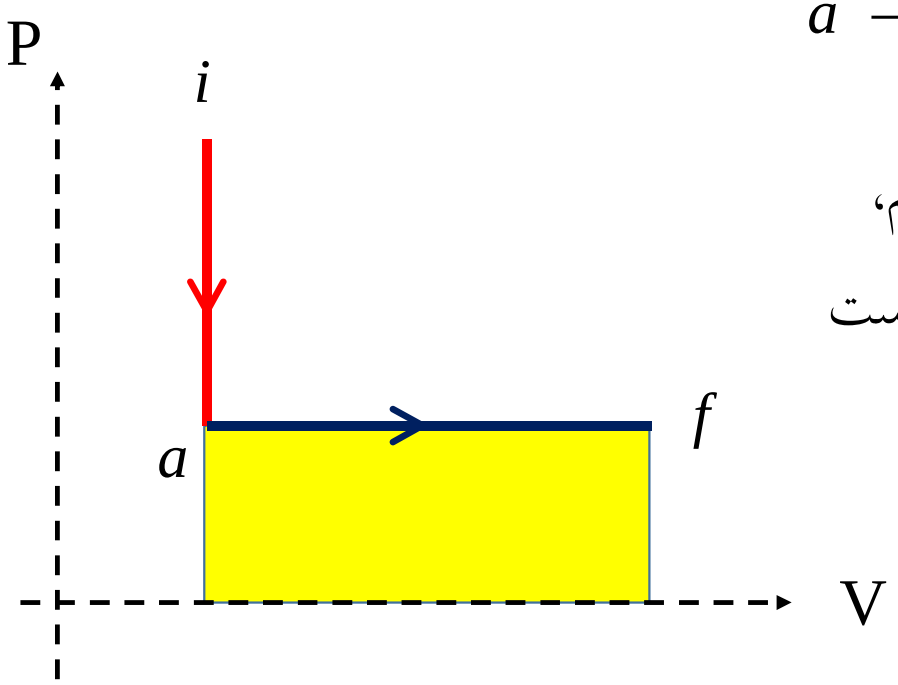
$$Q > 0$$



۳– فرآیندی مرکب از هم حجم و هم فشار:

$$i \rightarrow a \;:\; W = 0 \;,\quad Q < 0$$

$$a \rightarrow f \;:\; W > 0 \;,\quad Q > 0$$

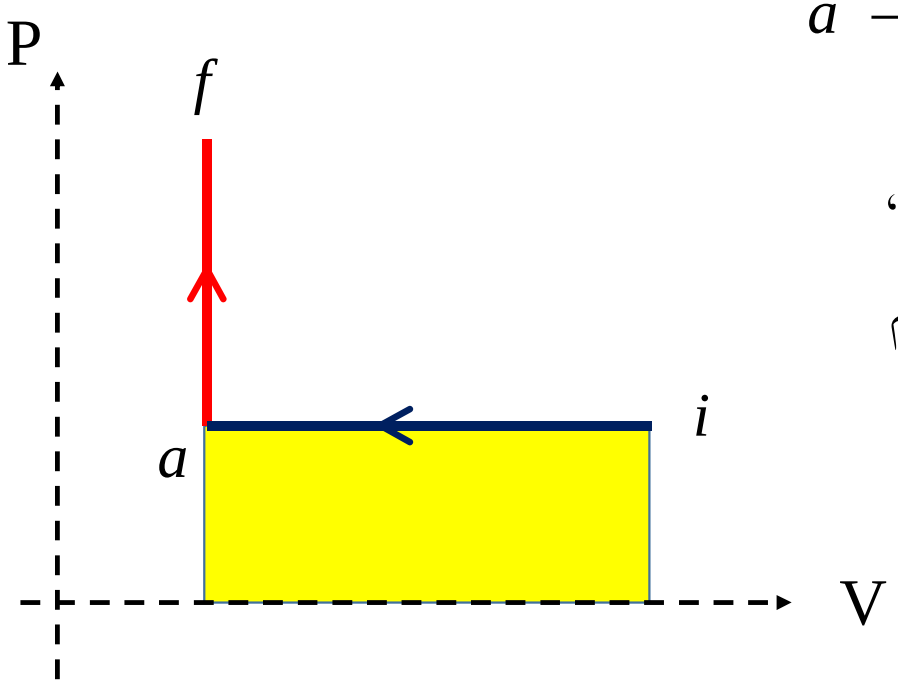


در فرآیند a تا f برای آنکه بتوان در حین افزایش حجم، فشار سیستم را ثابت نگه داشت دادن گرما به سیستم است پس باید به سیستم گرما داده شود

۴– فرآیندی مرکب معکوس:

$$i \rightarrow a \; : \; W < 0 \; , \quad Q < 0$$

$$a \rightarrow f \; : \; W = 0 \; , \quad Q > 0$$

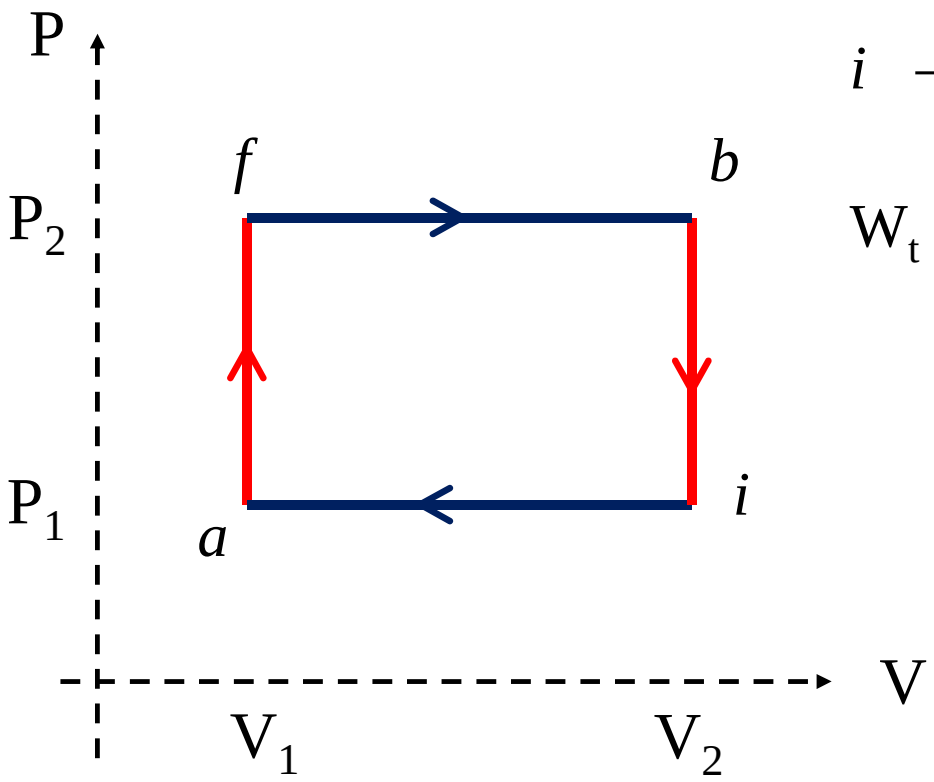


در فرآیند i تا a برای آنکه بتوان در حین کاهش حجم، فشار سیستم را ثابت نگه داشت، گرفتن گرما از سیستم است

۵– چرخه:

سیستم از یک حالت ترمودینامیکی شروع نموده و دوباره به همان حالت برمی گردد

$i \rightarrow a \rightarrow f \rightarrow b \rightarrow i$:

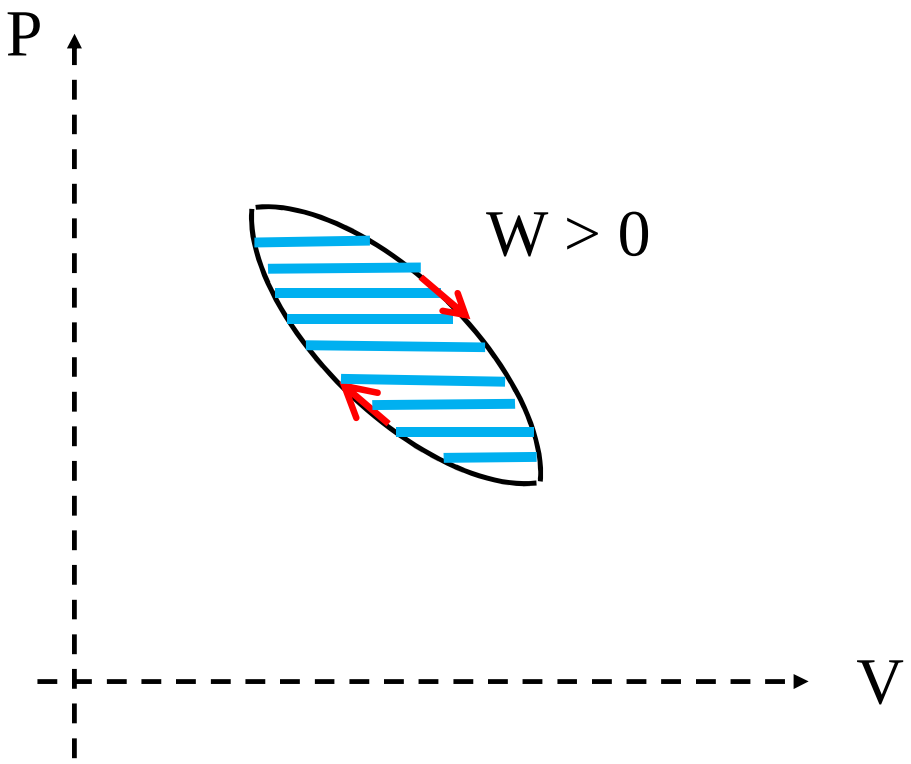


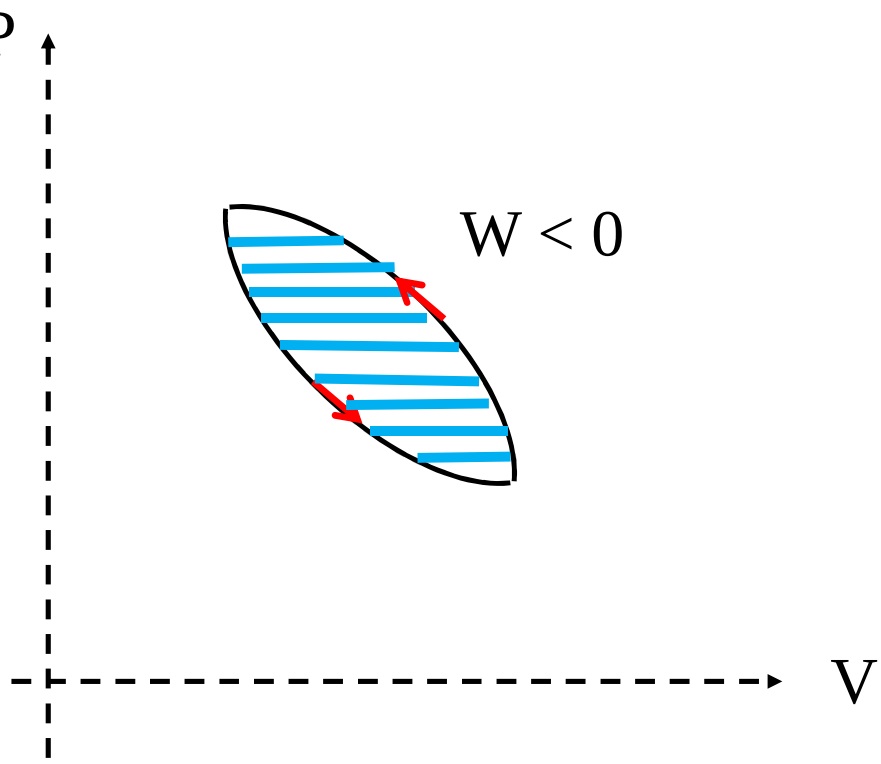
$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 =$$

$$= P_1 (V_1 - V_2) + 0 + P_2 (V_2 - V_1)$$

$$= (P_2 - P_1) (V_2 - V_1) =$$ مساحت داخل چرخه

علامت کار انجام شده توسط سیستم در یک چرخه

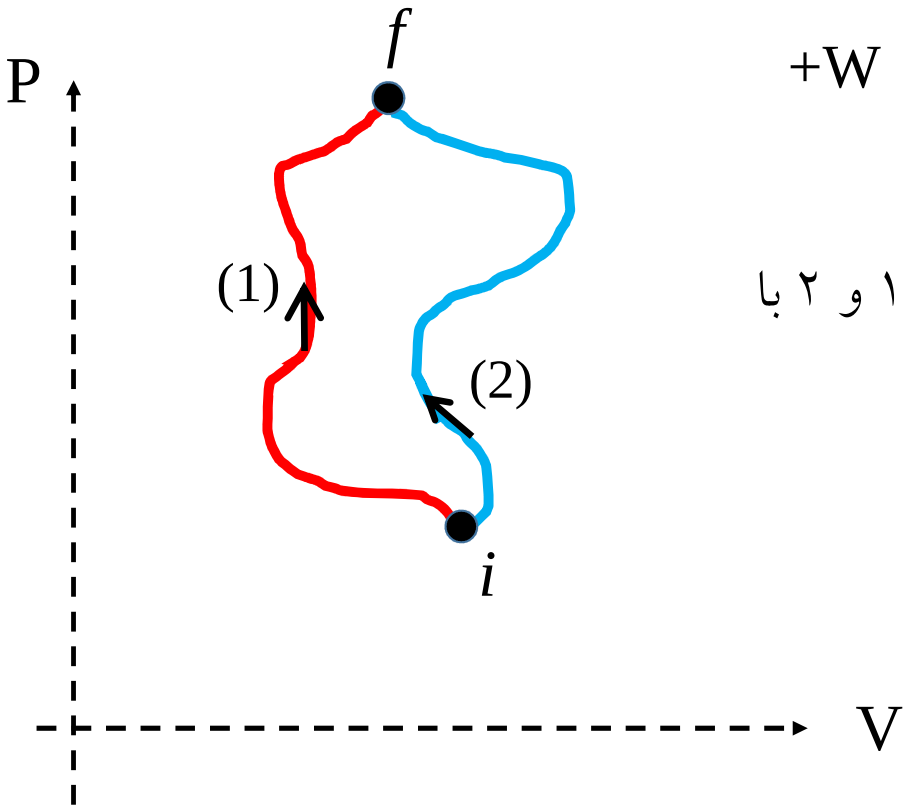




قانون اول ترمودینامیک:

در یک فرآیند ترمودینامیکی:

- گرمای داده شده به سیستم $+Q$
- کار سیستم روی محیط $+W$



* کمیت های زیر وابسته به مسیر می باشند یعنی در مسیر ۱ و ۲ با هم متفاوت هستند: $Q , W , Q+W , Q+2W , \ldots$

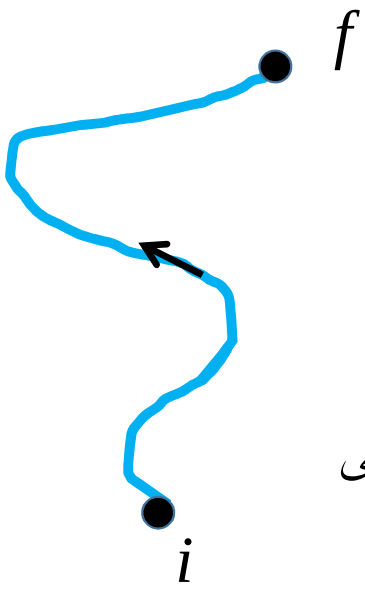
* اما کمیت روبرو مستقل از مسیر است: $Q-W$

$$Q_1 - W_1 = Q_2 - W_2$$

(وابسته به نقاط ابتدا و انتها)

قانون اول ترمودینامیک

در یک فرآیند ترمودینامیکی و در اثر تبادل گرمایی و کار بین سیستم و محیط، انرژی درونی سیستم می تواند دستخوش تغییر گردد.



$$\Delta E_{\text{int}} = E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W$$

تغییر انرژی وابسته به نقاط ابتدایی و انتهایی است و به مسیر یا فرآیند تغییر بستگی ندارد

شکل دیفرانسیلی $dE = dQ - dW$

تغییر انرژی درونی یک سیستم ناشی از :

- ✓ گرمای مبادله شده بین سیستم و محیط
- ✓ کار انجام شده توسط سیستم

کاهش انرژی درونی:

$Q < 0$ ← سیستم به محیط گرما می دهد

$W > 0$ ← سیستم روی محیط کار انجام می دهد

افزایش انرژی درونی:

$Q > 0$ ← سیستم از محیط گرما می گیرد

$W < 0$ ← محیط روی سیستم کار انجام می دهد

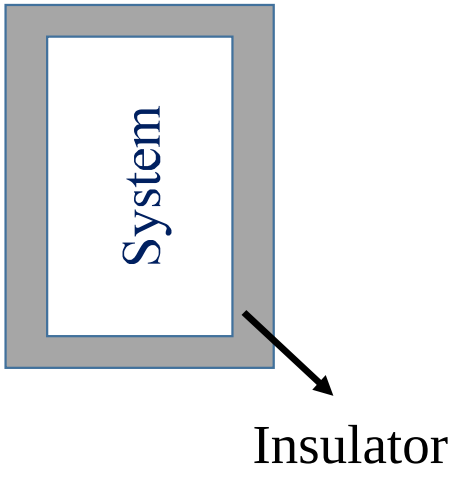
$$W_{\text{سیستم}} = - W_{\text{محیط}}$$

بررسی قانون اول در چند تحول ترمودینامیکی

۱– فرآیند بی درو:

فرآیندی که در آن گرمای رد و بدل شده بین سیستم و محیط صفر باشد

شرط رخ دادن فرآیند بی درو:
- سیستم کاملا عایق باشد
- فرآیند آنقدر سریع باشد که فرصت رد و بدل شدن گرما وجود نداشته باشد

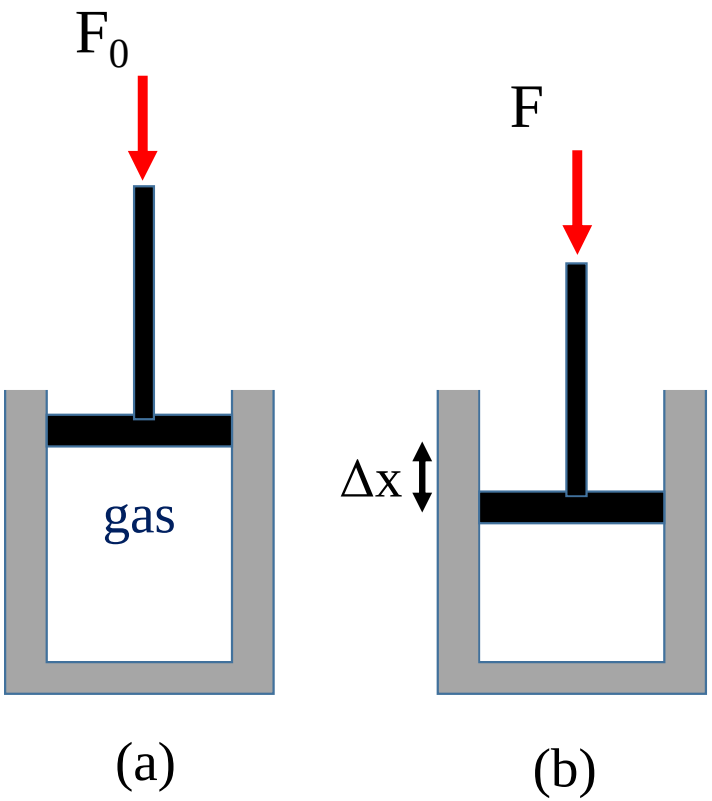


$$Q = 0 \quad \rightarrow \quad \Delta E = -W$$

اگر سیستم روی محیط کار انجام دهد $W > 0 \rightarrow \Delta E < 0$

اگرمحیط روی سیستم کار انجام دهد $W < 0 \rightarrow \Delta E > 0$

سازوکار تغییر انرژی درونی سیستم تبادل کار با محیط اطراف است



الف) گاز درون پیستون به صورت بی درو فشرده شود

(پایین رفتن پیستون)

با افزایش نیرو به F، محیط روی سیستم کار انجام می دهد

کار محیط به ازاء جابه جایی Δx پیستون:

$$W_{\text{محیط}} = F\,\Delta x > 0$$

$$W_{\text{سیستم}} = -W_{\text{محیط}} < 0$$

$$\Delta E = -W_{\text{سیستم}} > 0$$

ب) گاز درون پیستون به صورت بی درو منبسط شود

(بالا رفتن پیستون)

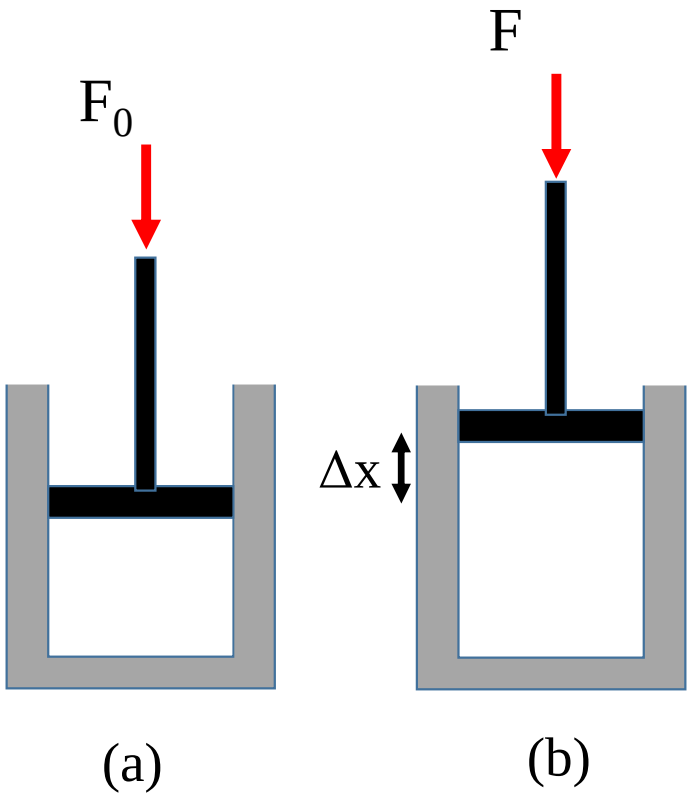
با کاهش نیرو به F، سیستم روی محیط کار انجام می دهد

کار محیطبه ازاء جابه جایی Δx پیستون:

$$W_{\text{محیط}} = -F\,\Delta x < 0$$

$$W_{\text{سیستم}} = -W_{\text{محیط}} > 0$$

$$\Delta E = -\,W_{\text{سیستم}} < 0$$



بررسی قانون اول در چند تحول ترمودینامیکی

۲– فرآیند هم حجم:

پیستون بدون تحرک

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = 0$$

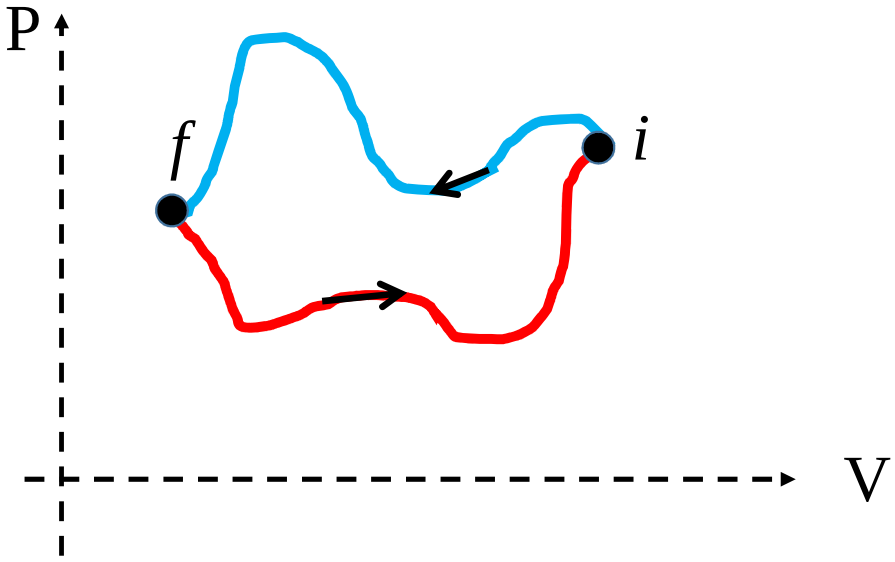
$$\Delta E = Q$$

در صورتی تغییر انرژی درونی رخ می دهد که بین سیستم و محیط گرما ردو بدل شود

بررسی قانون اول در چند تحول ترمودینامیکی

۳– فرآیند چرخه ای:

چون سیستم بعد از طی فرآیندی به وضعیت ترمودینامیکی اول باز می گردد بنابراین تغییر انرژی درونی آن صفر است.



$$\Delta E = 0$$

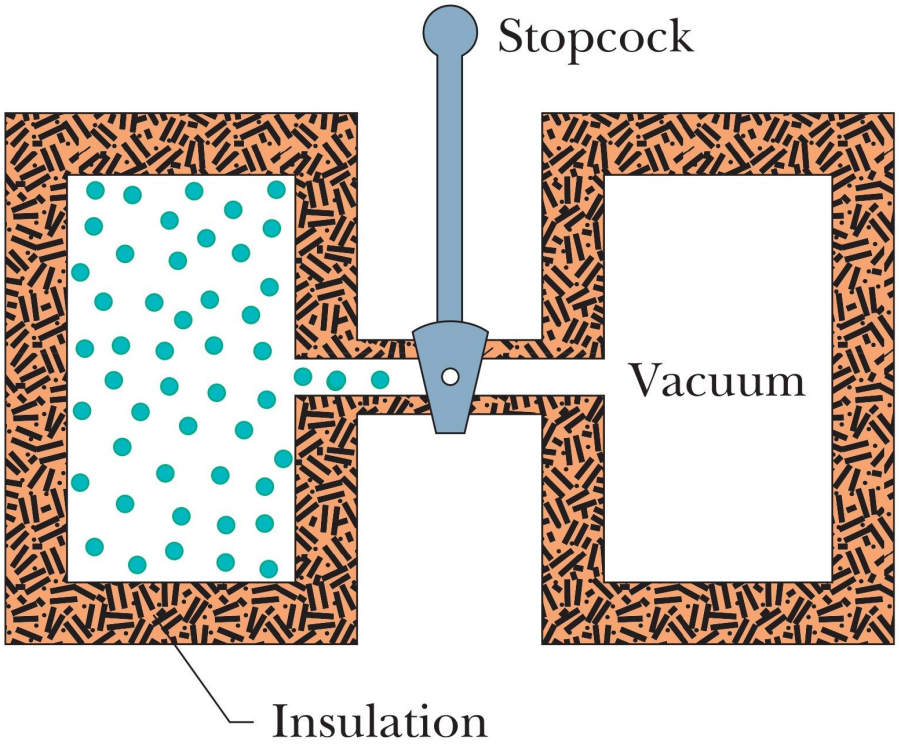
$$Q - W = 0$$

$$Q = W$$

بررسی قانون اول در چند تحول ترمودینامیکی

۴– انبساط آزاد:

در یک سیستم عایق گرمایی، اگر حجم گازبدون مقاومتی افزایش یابد، هم گرما و هم کار ردو بدل شده بین سیستم و محیط برابر صفر است



$$Q = 0 \quad , \quad W = 0$$

$$\Delta E = Q - W = 0$$