

5.60 Termodinamik ve Kinetik

Bahar 2008

Bu malzemelere atıfta bulunmak veya kullanım şartlarını öğrenmek için <http://ocw.mit.edu/terms> sitesini ziyaret ediniz

Termodinamiğin ikinci yasası

• Birinci yasa

Isı ile iş arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$\Delta U = q + w$$

Çevrim için

$$\oint dU = 0 \Rightarrow q = -w$$

Bir makinenin bir çevrim yaparak ısıyı işe dönüştürebileceğini söyler

• İkinci yasa

-Alınan ısıнын kullanılabilir işi dönüşümünü sınırlar

-Kendiliğinden olan veya doğal olayların belli bir yönde cereyan etmesi gerçeğine dayanır

-a)kendiliğinden olan olayların yönü

b)sistemin denge halinin

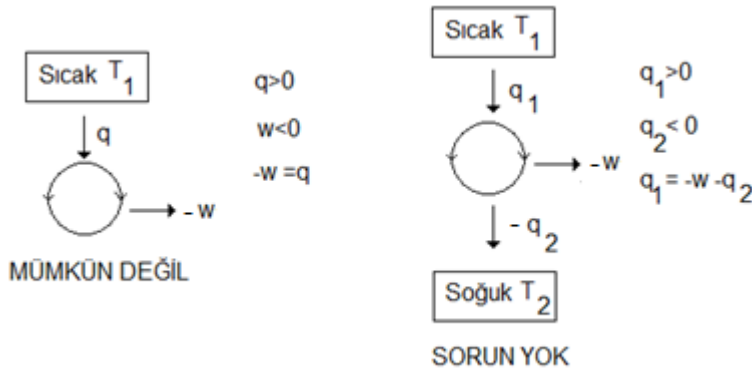
belirlenmesi hususunda belli kıstaslar koyar

• Isı deposu

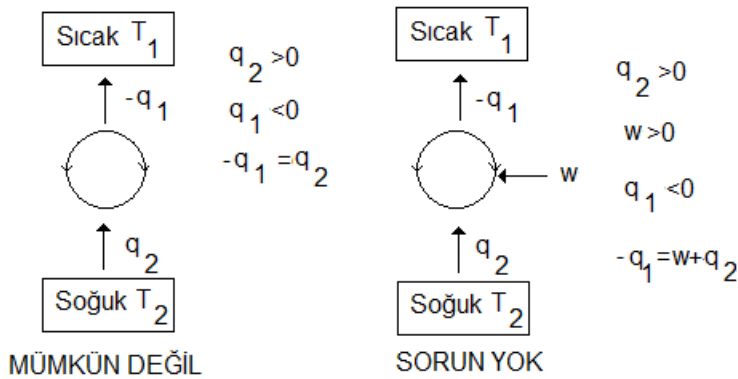
Tanım: Sıcaklığı T olan ve alınan veya verilen ısı miktarı ile sıcaklığı değişmeyen büyük bir sistem. Bu sisteme bazen ısı banyosu da denir. Gerçek sistemler ancak belli oranda bu ideal sisteme yaklaşabilirler.

İkinci yasanın farklı tanımları

Kelvin: Herhangi bir sistemin sıcak ısı deposundan ısı alıp bunun bir kısmını soğuk ısı deposuna aktarmadan tamamını işe döndürecek şekilde çevrimsel olarak çalışması mümkün değildir.



Claius: Soğuk ısı deposundan ısı alıp bir miktar işi de ısıyı dönüştürmeden bu ısının tamamını sıcak ısı deposuna aktaracak bir sistem mümkün değildir



Claius ifadesinin alternatif bir şekli : kendiliğinden olan tüm olaylar tersinmez bir şekilde cereyan eder (yani ısı sıcak ısı deposundan soğuk ısı deposuna kendiliğinden ve tersinmez bir şekilde akar)

Matematiksel ifadesi: $\oint \frac{\delta q_{\text{ter}}}{T} = 0$ ve $\oint \frac{\delta q_{\text{termz}}}{T} < 0$

$\oint \frac{\delta q_{\text{ter}}}{T}$ değeri bir hal fonksiyonu = $\int dS \rightarrow dS = \frac{\delta q_{\text{ter}}}{T}$

S≡ENTROPİ

$$\oint dS = 0 \rightarrow \Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta q_{\text{ter}}}{T} > \int_1^2 \frac{\delta q_{\text{tersmz}}}{T}$$

[1] $\xrightarrow{\text{tersmz}}$ [2] $\xrightarrow{\text{ters.}}$ [1] çevrimi için

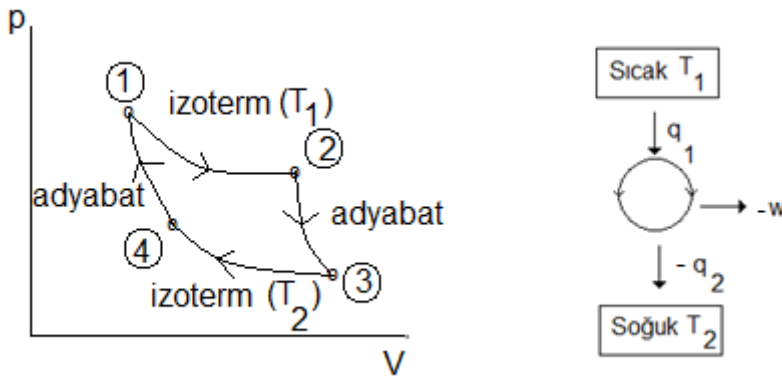
$$\int_1^2 \frac{\delta q_{\text{tersmz}}}{T} + \int_2^1 \frac{\delta q_{\text{ters.}}}{T} = \oint \frac{\delta q_{\text{tersmz}}}{T} < 0$$

$$\int_1^2 \frac{\delta q_{\text{tersmz}}}{T} - \Delta S < 0 \Rightarrow \Delta S > \int_1^2 \frac{\delta q_{\text{tersmz}}}{T}$$

Kelvin ve Clausius ifadeleri ısı makineleri ile ilgili olup matematiksel ifadeleri son derece soyuttur. Şimdi bunları ısı makinelerine uygulayalım.

CARNOT ÇEVİRİMİ-tipik bir ısı makinası

Buradaki tüm işlemler tersinirdir



Bu çevrimdeki basamaklara bakalım

1→2 T_1 sıcaklığında izotermal genişleme(sıcak) $\Delta U = q_1 + w_1$

2→3 Adyabatik genişleme($q=0$) $\Delta U = w_1'$

3→4 T_2 sıcaklığında izotermal sıkıştırma (soğuk) $\Delta U = q_2 + w_2$

4→1 Adyabatik sıkıştırma($q=0$) $\Delta U = w_2'$

Verim= Çevreye yapılan iş/sıcak ısı deposundan alınan ısı = $\frac{-(w_1 + w_1' + w_2 + w_2')}{q_1}$

Birinci kanun $\Rightarrow \oint dU = 0 \Rightarrow q_1 + q_2 = -(w_1 + w_1' + w_2 + w_2')$

$$\therefore \text{Verim} = \varepsilon = \frac{q_1 + q_2}{q_1} = 1 + \frac{q_2}{q_1}$$

Kelvin $q_2 < 0 \rightarrow \text{verim} \equiv \varepsilon < 1$ (<100%)

– $w = q_1 \varepsilon = \text{elde edilen iş}$

Not: Eğer çevrim ters yönde yapılırsa $q_1 < 0$, $q_2 > 0$, $w > 0$ olup sistem bir soğutucu olarak çalışır

İdeal bir gaz için Carnot çevrimi

$$1 \rightarrow 2 \quad \Delta U = 0; \quad q_1 = -w_1 = \int_1^2 p dV = RT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$2 \rightarrow 3 \quad q = 0; \quad w_1' = C_V(T_2 - T_1)$$

$$\text{ters.ady.değ} \Rightarrow \left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1}$$

$$3 \rightarrow 4 \quad \Delta U = 0; \quad q_2 = -w_2 = \int_3^4 p dV = RT_2 \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)$$

$$4 \rightarrow 1 \quad q = 0; \quad w_2' = C_V(T_1 - T_2)$$

$$\text{ters.ady.değ} \Rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2}\right) = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{T_2 \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)}{T_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

$$\left(\frac{V_1}{V_4}\right)^{1-\gamma} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{1-\gamma}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_4}{V_3}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{q_2}{q_1} = -\frac{T_2}{T_1}}$$

veya

$$\frac{q_1}{T_1} + \frac{q_2}{T_2} = 0 \Rightarrow \boxed{\oint \frac{\delta q_{\text{ter}}}{T} = 0}$$

Bu ısı makinelerinin matematiksel ifadesidir

Verim $\boxed{\varepsilon = 1 + \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$

$T_2 \rightarrow 0K$ olursa $\varepsilon \rightarrow \%100$

Bir ısı **makinası için**(Kelvin) $q_1 > 0$, $w < 0$ ve $T_2 < T_1$

Elde edilen toplam iş $= -w = \varepsilon q_1 = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) q_1 \Rightarrow (-w) < q_1$

Not: $T_2 \rightarrow 0K$ ve $(-w) \rightarrow q_1$ sınır durumunda $\varepsilon \rightarrow \%100$ oluyordu. Yani sıcak depodan alınan ısının tümü işe çevrilebiliyordu. İleriki konularda termodinamiğin 3. Yasası bize bu sınıra erişmemizin mümkün olmadığını gösterecek

Soğutucu için (Clausius) $q_2 > 0$, $w > 0$ ve $T_2 < T_1$

Sisteme yapılan toplam iş $= w = \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1} \right) q_1$

Not: $T_2 \rightarrow 0K$ ve $w \rightarrow \infty$ olur. Bunun anlamı sıcaklığı $0K$ olan bir ısı deposundan ısı çekmek için sonsuz miktarda iş yapmamız gerektiğidir. Buradan görüldüğü üzere $0K$ 'e erişmek mümkün değildir(3. Yasa)