

# Mühendislik Fakültesi



## Kimya Mühendisliği Bölümü

***KMB201-Fizikokimya***

***Dr. Öğr. Üyesi, İsa DEĞİRMENCİ***

# Termodinamiğin 2. Yasası: Entropi ve Carnot Makinesi

***KMB201-Fizikokimya***

*Hafta-3-a*



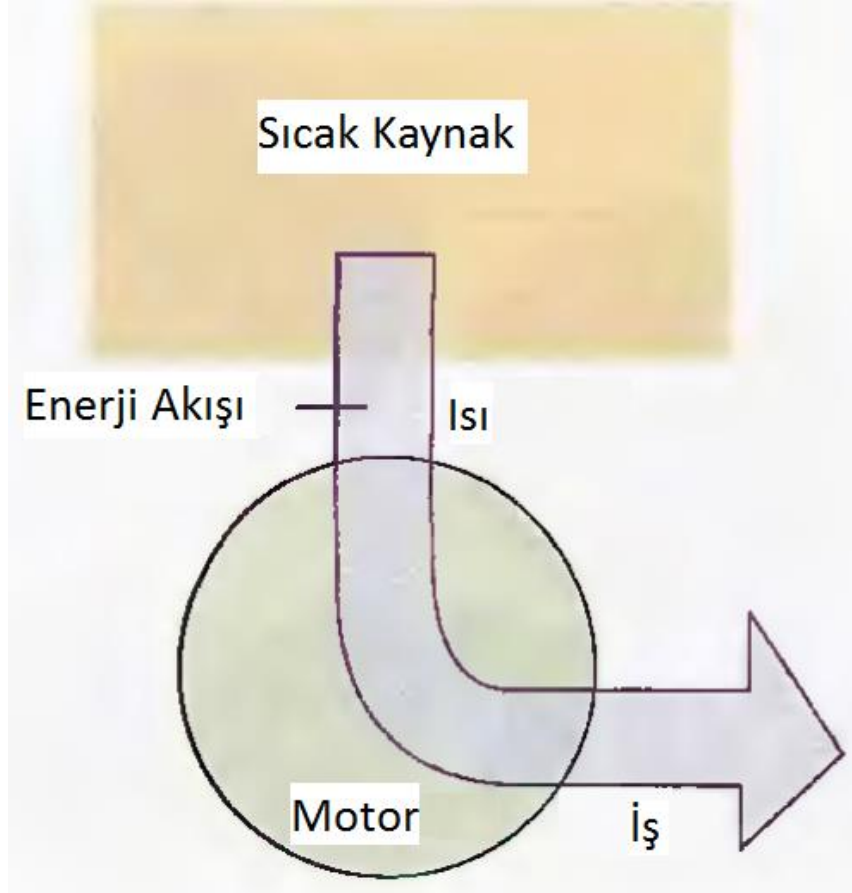
# Termodinamiğin 2. Yasası ile ilgili Videolar

- Kendiliğinden gerçekleşen olaylar
- Termodinamiğin 2. Yasası
- Gibbs Enerjisi



# entrance





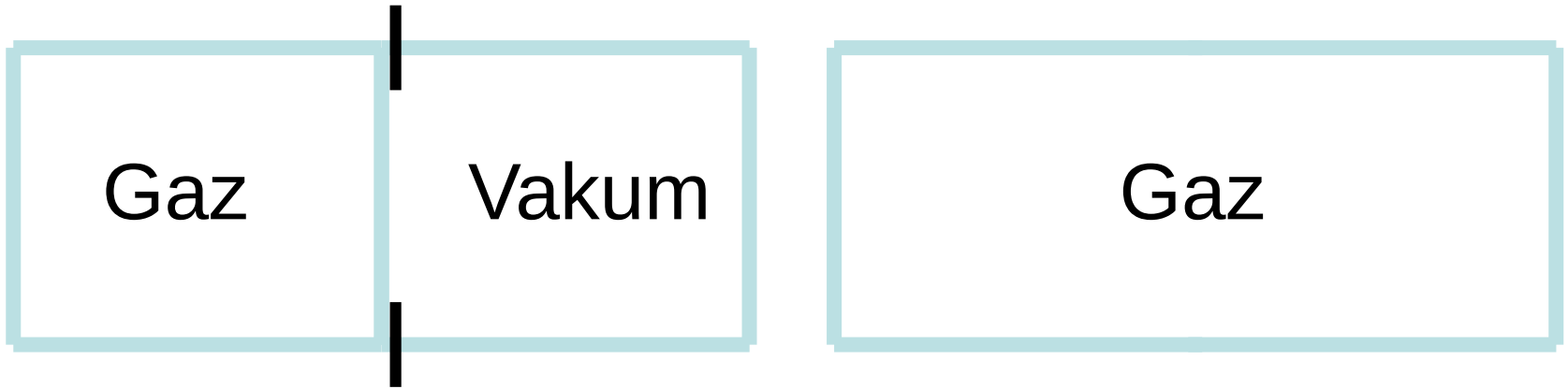
Bir kaynaktan absorbe edilen ısıнын tamamının işe dönüştürüldüğü bir sistem yoktur. (Kelvin)

# İstemli-İstemsiz

İstemli bir olayın yönünü belirleyen nedir?

- Bir sistemin toplam enerjisi mi?
- Bir sistemin iç enerjisi mi?





Vakuma genleşme esnasında iç enerji değişmiyor!

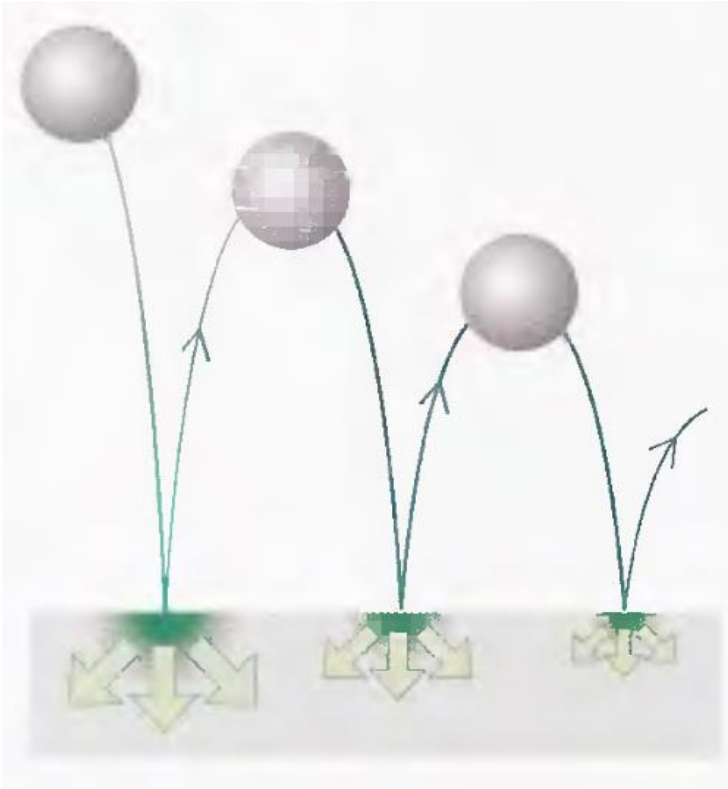
İstemli bir olay yürürken, sistemin iç enerjisi azalır ve aynı miktarda enerji, çevrenin enerjisinin artmasında görülür! (TD1)

İstemliliği belirleyen faktör enerjinin dağılımı ile ilgili olabilir mi?

İstemli olaylar daima daha düzensiz bir enerji dağılımı ile birlikte yürürler.



# Enerjinin Dağılımı



# Entropi, S

**Entropi (S):** Düzensizlik, moleküler düzensizliğin ölçüsü. Enerji dağılımının bir ölçüsü.

Kelvin (K) cinsinden sıcaklık birimi başına ısı (q) cinsinden ne kadar enerji transferinin gerçekleştiğini belirten bir ifadedir.

İş (w), entropiyi değiştirmiyor zira atomların tekdüze halinde hareketi, düzensizliğin derecesini değiştirmez.



# Termodinamiğin İkinci Yasası

Kendiliğinden yürüyen bir değişim sırasında izole bir sistemin entropisi artar.

$$\Delta S > 0$$



# Sistem Entropi Değişimi

$$dS = \frac{dq_{ter}}{T}$$

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dq_{ter}}{T}$$



# Çevredeki Entropi değişimi

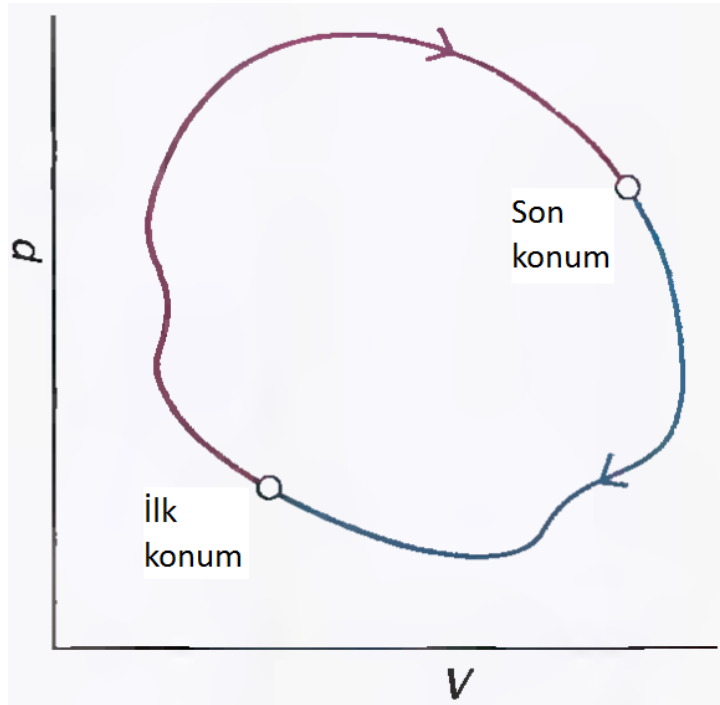
$$dS_{\text{çev}} = \frac{dq_{\text{çev}}}{T_{\text{çev}}}$$

$$\Delta S_{\text{çev}} = \frac{q_{\text{çev}}}{T_{\text{çev}}}$$

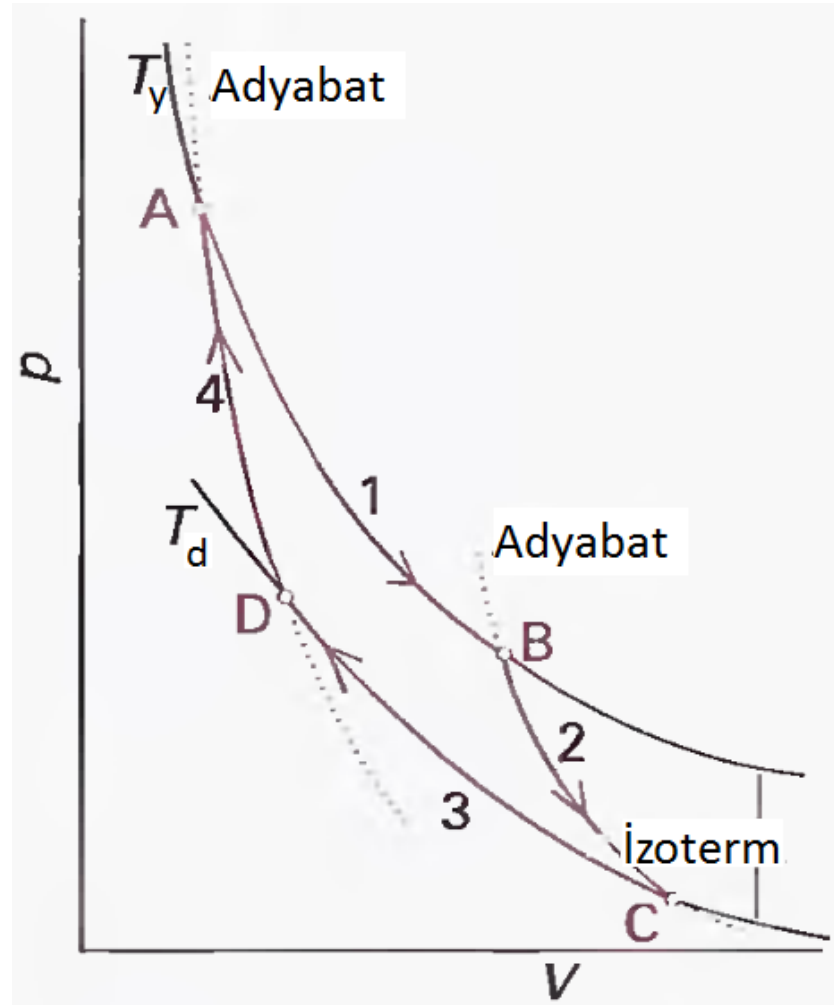
Her türlü adyabatik değişim için  $q_{\text{çev}}=0 \rightarrow S_{\text{çev}}=0$

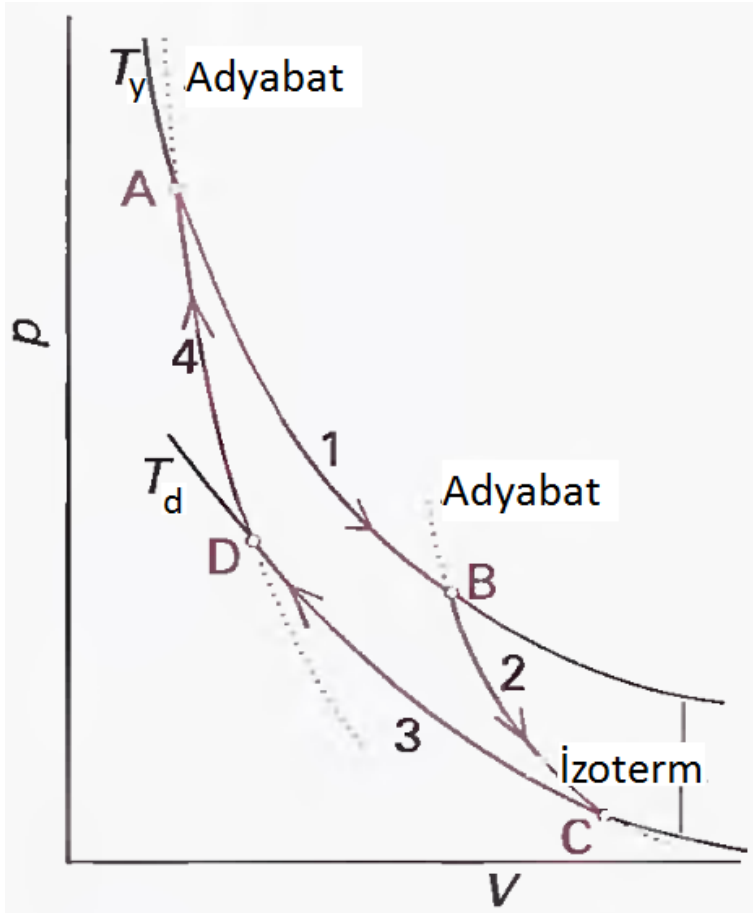


# Termodinamik çevrimler



$$\oint \frac{dq_{ter}}{T} = 0$$





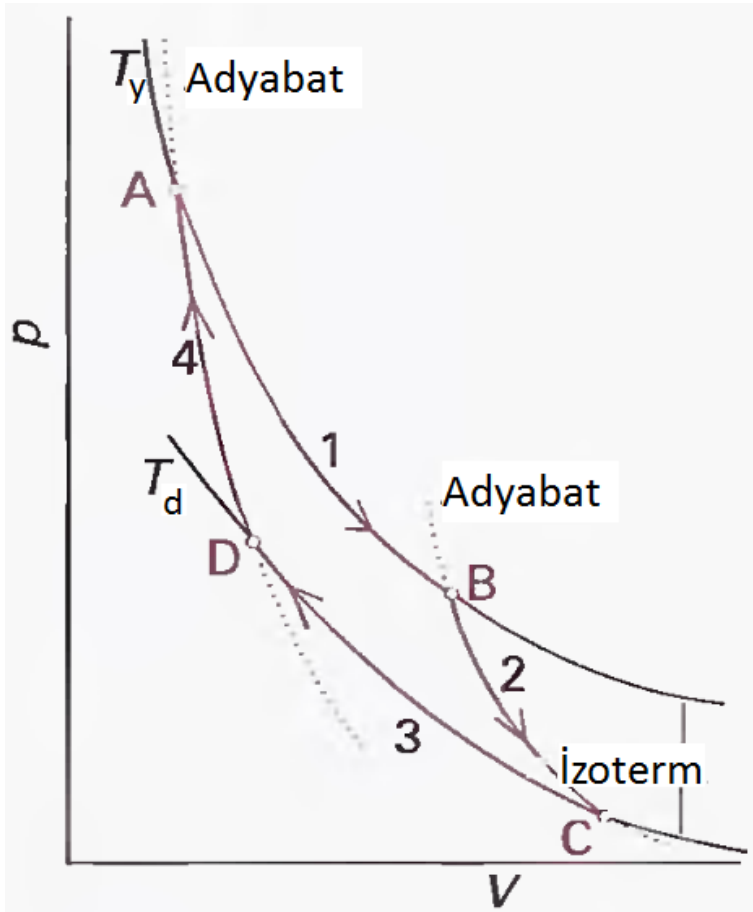
1.  $T_y$  sıcaklığında A'dan B'ye tersinir izotermal genleşme. Sisteme  $q_y$  ısı verilir. Entropi değişimi  $\Delta S = q_y/T_y$ .

2. B'den C'ye tersinir adyabatik genleşme. Genleşme esnasında ısı alışverişi olmaz. Entropi sıfır,  $\Delta S = 0$ . Sistemin sıcaklığı  $T_y$ 'den soğuk deponun sıcaklığı  $T_d$ 'ye kadar düşer.

3.  $T_d$  sıcaklığında C'den D'ye tersinir izotermal sıkışma. Sistemden soğuk depoya  $q_d$  ısı verilir. Entropi değişimi,  $\Delta S = q_d/T_d$ .

4. D'den A'ya tersinir adyabatik sıkışma. Sıkışma esnasında ısı alışverişi olmaz. Entropi sıfır  $\Delta S = 0$ . Sistemin sıcaklığı  $T_d$ 'den sıcak deponun sıcaklığı  $T_y$ 'ye kadar yükselir.

# Çevrim Boyunca Toplam Entropi Değişimi

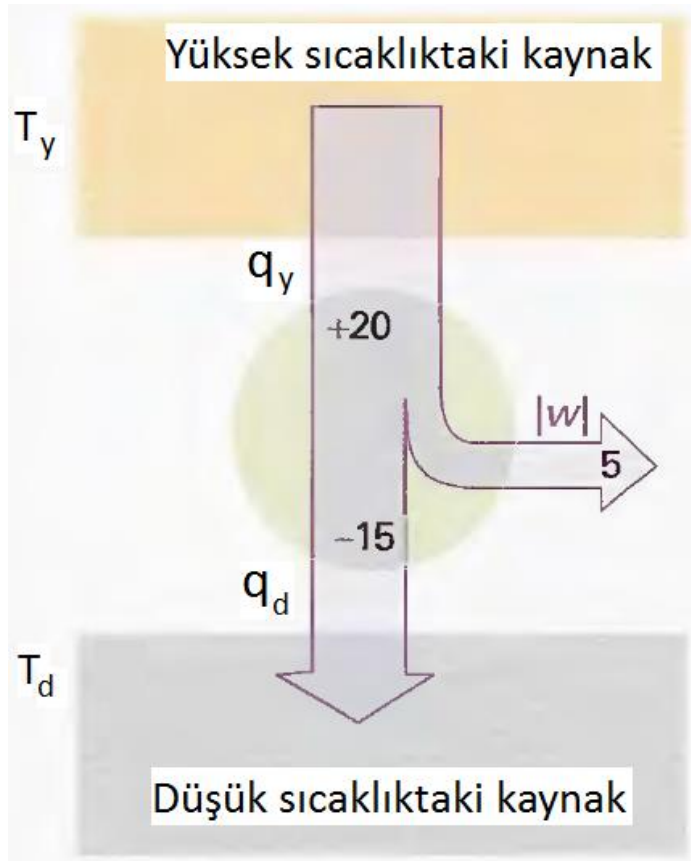


$$\oint dS = \frac{q_y}{T_y} + \frac{q_d}{T_d} = 0$$

$$\frac{q_y}{T_y} = -\frac{q_d}{T_d}$$

$$\frac{q_y}{q_d} = -\frac{T_y}{T_d}$$

# Yapılan işin verimi



$$\varepsilon = \frac{\text{yapılan iş}}{\text{absorplanan ısı}} = \frac{|w|}{q_y}$$

$$\varepsilon = \frac{q_y + q_d}{q_y} = 1 + \frac{q_d}{q_y}$$

$$\varepsilon_{ter} = 1 - \frac{T_d}{T_y}$$

$$T = (1 - \varepsilon)T_y$$



# Termodinamik Sıcaklık

$$T = (1 - \varepsilon)T_y$$

Sıcaklığı  $T_y$  olan bir ısı deposu ile sıcaklığı  $T$  olan bir soğuk ısı deposu arasında tersinir olarak çalışan bir makine.

Carnot verimi 1 olunca sıcaklık 0 olmaktadır.

Bir makinenin veriminin bu şekilde hesaplanması ile sıcaklık ölçümü tamamen mekanik esaslara dayandırılmıştır.



# Clausius eşitsizliği

$dS_{top} \geq 0$  Olan herhangi bir olayın istemli yürüyeceğinin kanıtlayalım.

Çevresi ile T sıcaklığında, termal ve mekanik dengede olan bir sistem.

Sistemin halindeki herhangi bir değişim, sistemin ve çevresinin entropisinde değişime sebep olur

$$dS + dS_{\text{çev}} \geq 0 \quad \text{veya} \quad dS \geq -dS_{\text{çev}}$$

$$dS_{\text{çev}} = -\frac{dq}{T} \quad dS \geq \frac{dq}{T}$$

Sistemin kaybettiği ısı  
Çevrenin entropisinin artırır

