

FİZ304 İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK

**“Mikroskopik Teori ve Makroskopik
Ölçümler I”**

Prof.Dr. Orhan ÇAKIR

Ankara Üniversitesi, Fizik Bölümü

2017

Mutlak Sıcaklık

Bir sistemin mutlak sıcaklığını belirlemek için

- İdeal gazın (sabit hacimde) basıncının ölçülmesi, $pV = NkT$ (durum denklemi)
- Paramagnetik maddenin alınganlığının ölçülmesi, $\chi = N_0\mu_0^2/kT$ (Curie yasası)
- Standart sistem (saf su), standart makrodurumunda (**suyun üçlü noktası**) katı, sıvı ve gaz durumları birbiri ile dengededir. Böyle bir seçimin nedeni, suyun üç durumunun da birlikte olduğu tek basınç ve sıcaklık değerinin bulunmasıdır. Üçlü nokta kolayca tekrarlanabilen bir sıcaklık standardı oluşturur, üçlü noktasındaki suyun mutlak sıcaklığı $T_t = 273.16$ °K.
- Herhangi bir sistemin mutlak sıcaklığının sayısal büyüklüğü, üçlü noktasındaki suyun T_t sıcaklığı ile karşılaştırılarak bulunabilir.

Örnek: 1 kT enerji

Oda sıcaklığında 1 kT enerji nedir?

- Oda sıcaklığı 20 °C alınır, $T = 295$ °K değerine karşılık gelir.
- Boltzman sabiti $k = 1.38 \times 10^{-16}$ erg/derece
- $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-12}$ erg

$$\rightarrow 1 \text{ kT} = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg/derece} \times 295 \text{ derece} = 4.07 \times 10^{-14} \text{ erg}$$

$$X(\text{eV}) = 4.07 \times 10^{-14} \text{ erg} \cdot \text{eV} / 1.602 \times 10^{-12} \text{ erg} = 2.54 \times 10^{-2} \text{ eV}$$

$$2.54 \times 10^{-2} \text{ eV} = 1/39.37 \sim 1/40 \text{ eV}$$

$$\rightarrow 1 \text{ kT} \sim 1/40 \text{ eV}$$

$$\rightarrow 1 \text{ eV} = 40 \text{ kT}$$

$$\rightarrow (1 \text{ eV enerji } 11600 \text{ °K sıcaklığa karşı gelir})$$

Yüksek ve Düşük Mutlak Sıcaklıklar

- Bir sistem olası en küçük enerjiye, başka bir deyişle kendi taban durumu enerjisine sahiptir. Bu sistemin enerjisi taban durumu enerjisine yaklaşırken sistem mutlak sıcaklığın olası en küçük değeri olan $T = 0$ a ulaşır. Sistemin enerjisi E_0 ın üstünde arttıkça mutlak sıcaklığı da artar.
- Mutlak sıcaklık tanımından, $\beta = 1/kT = d \ln \Omega / dE$ yazılır, sistemin girilebilir durumlarının logaritmasının enerjinin bir fonksiyonu olarak değişiminin sonucudur. Burada sınır durum için $E \rightarrow E_0$ iken $\Omega(E) \rightarrow \Omega_0$ (küçük) olur, böylece entropi $S \rightarrow k \ln \Omega_0$ oldukça küçük değer alacaktır. Birleştirirsek

$$E \rightarrow E_0 \text{ iken } S \rightarrow 0$$

- Sistemin enerjisi taban durumu enerjisine kadar düşerse, $\beta \sim f/(E-E_0)$ bağıntısı ile $T \rightarrow 0$ olur. Böylece

$$T \rightarrow 0_+ \text{ iken } S \rightarrow S_0$$

İş, İç Enerji ve Isı

- Bir sistemin ortalama enerjisindeki değişimi ($\Delta\bar{E}$), sistem üzerine yapılan işe (W) ve sistemin soğurduğu ısıya (Q) bağlayan bağıntı

$$\Delta\bar{E} = W + Q$$

soğurulan ısı: (i) sistem ısısal yalıtılmış ise $Q = 0$;
(ii) sistem yalıtılmamış ise $Q = \Delta\bar{E} - W$ dan belirlenir.

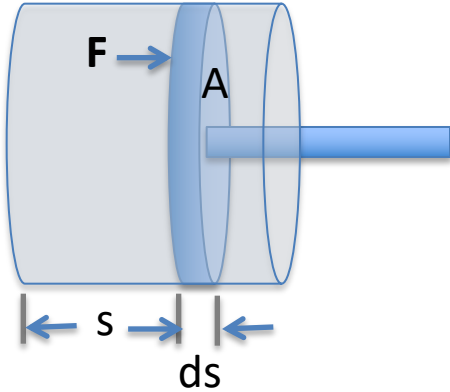
makroskopik iş:
kuvvet x yerdeğiştirme

içerdiği tüm niceliklerin makroskopik olarak ölçülmesine temel teşkil eder.

- Bir sistem üzerine yapılan **makroskopik iş**: sistem ısısal olarak yalıtıldığında (veya adyabatik olarak yalıtıldığında) ve bir dış parametre değiştirildiğinde, sistemin ortalama enerjisindeki artış ile verilir.

İş, İç Enerji ve Isı

- İncelenen sistemin her an denge durumuna istenilen ölçüde yakın kalmasını sağlayacak şekilde yavaş gelişen oluşuma **yarı-durgun süreç** denir.



- A yüzeyli hareket edebilen bir piston ile kapatılmış bir silindirdaki akışkan. Hacim As dir, akışkanın pistonu uyguladığı sağa doğru kuvvet $|\mathbf{F}|=p \cdot A$ ile verilir. Piston ds kadar sağa hareket ederse akışkan hacmi $dV = A ds$ kadar değişir. Bu durumda akışkan üzerine yapılan iş

$$dW = (-p \cdot A) ds = -p \cdot A ds = -p \cdot dV$$

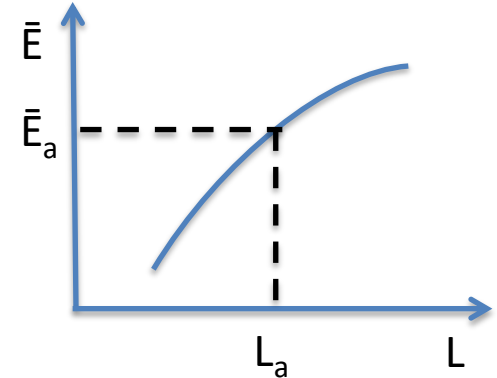
- Hacim V_i den V_f ye değişir, akışkan üzerine yapılan iş

$$W = - \int_{V_i}^{V_f} (p \cdot dV) \text{ olarak tanımlanır.}$$

İş, İç Enerji ve Isı

Bir makroskopik sistemin E iç enerjisini (kütle merkezinin durgun olduğu çerçevede tüm parçacıkların toplam enerjisi) belirlemeye çalışalım.

İç enerji elektrikse yöntemle ölçülebilir: devreden geçen akım (i) ve geçen süre Δt ise yük değişimi $\Delta q = i\Delta t$ ile verilir, bataryanın yaptığı iş $W = V \Delta q$ olur. Termometrede okunan bir L_a değerine karşılık ortalama iç enerji \bar{E}_a olsun. $\bar{E} - \bar{E}_a = W = Vdq$ şeklinde verilir, Böylece L sıcaklığına karşı gelen \bar{E} belirlenmiş olur. İç enerji bu eğriden elde edilebilir.



İş, İç Enerji ve Isı

- Isı kalorimetre ile ölçülebilir. Genelde bir sistemin Q ısısı benzer yöntemlerle bulunabilir. Isı, iş cinsinde ölçülebilir, başka bir sistemin bilinen iç enerji değişimi ile karşılaştırarak bulunabilir. Örnekler: (i) ısının iş cinsinden ölçümü yapılabilir, (ii) ısının kıyaslama yoluyla ölçümü yapılabilir.
- Bir makrodurumda bulunan makroskopik sistem, T mutlak sıcaklığına ve y ile belirtilen parametrelere sahiptir. Örneğin, y bir sistemin hacmi, ortalama basıncı olabilir. Isı sığası $C_y = (dQ/dT)_y$ (burada y sabit tutulan parametredir) Mol başına ısı sığası veya özısı $c_y = (1/\nu)C_y$ ile verilir. Gram başına özısı $c_y' = (1/m)C_y$ ile verilir.

Örnek: İdeal gaz durumu (tek atomlu), $\epsilon = (3/2)kT$, mol başına sabit hacimde özısı $C_V = (d\bar{E}/dT)_V = (3/2)R$.

KAYNAKLAR

(0) İstatistik Fizik ve Termodinamik Ders Notları (FİZ304), Hazırlayan: Orhan Çakır, Ankara Üniversitesi Kütüphanesi Açık Ders Malzemeleri, <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=634> (son erişim tarihi: 11 Mart 2017). Bu ders notları aşağıda verilen kaynaklardan derlenmiştir. Ayrıntılı bilgi için bu kaynaklara başvurulabilir.

(1) İstatistik Fizik (F. Reif), Berkeley Fizik Dersleri Serisi - Cilt 5, Tercüme: T. N. Durlu, Y. Elerman, Bilim Yayınevi, Bilim Yayınları-43, ISBN: 975-556-054-8.



(2) Fundamentals of Statistical and Thermal Physics, F. Reif, Waveland Press, Inc., Reissued (2009).

