

# **FİZ304 İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK**

**“Parçacık Sistemlerinin İstatistik  
Tanımlanması II”**

Prof.Dr. Orhan ÇAKIR

Ankara Üniversitesi, Fizik Bölümü

2017

# Makroskopik Sistemde Girilebilir Durum Sayısı

- Dengedeki bir sistemin özellikleri bu sistemin değişik koşullar altında girilebilir durumları sayılarak bulunabilir. Dış parametreleri verilerek enerji düzeyleri belirlenmiş makroskopik bir sistem ele alalım. Enerji  $E$  ve ölçek aralığı  $\delta E$  olsun. Ölçek aralığı özellikleri:
  - $\delta E \ll E$
  - $\delta E < E_{\text{ölçüm}}$  duyarlılığı
  - $\delta E$  aralığı birçok kuantum durumunu içine alır
- $\Omega(E)$ : enerjisi  $E$  ile  $E+\delta E$  arasında olan durumların sayısı, verilen özel bir problemde, alt bölme aralığı olan  $\delta E$  büyüklüğüne bağlıdır.  $\Omega(E) = \rho(E)\delta E$ , burada  $\rho(E)$  enerjiye bağlı durum yoğunluğudur.

# Kutudaki Parçacık Problemi

**Bir boyut:** kütlesi  $m$  olan bir parçacık bir boyutta  $L$  uzunluğunda serbestçe hareket etsin. Parçacığın enerjisi

$$E = p^2/2m = \hbar^2 k^2/2m$$

yazılabilir. Parçacığın konumu  $0 \leq x \leq L$  aralığında olacaktır. Kuantum mekaniği gösteriminde parçacığa eşlik eden dalga çözümlerine bakarız. Dalga fonksiyonu  $\psi(x) = A \sin kx$  şeklindedir. Sınır koşulları  $\psi(0) = \psi(L) = 0$  olması sağlanır. Buradan  $\sin kL = 0$  için  $kL = n\pi$  bulunur,  $n=1, 2, 3, \dots$  tamsayı değerlerini alır. Burada bulunan  $k$  değerleri yerine yazılırsa enerji

$$E = (\hbar^2 \pi^2 / 2m)(n^2 / L^2)$$

olur. Enerjileri  $E'$ 'den küçük ve kuantum sayıları  $n$  den küçük olan kuantumlu durumların sayısı  $\Phi(E) = n = (L/\pi\hbar)(2mE)^{1/2}$  bulunur. Buradan  $\Omega(E) = (L/2\pi\hbar)(2m)^{1/2}(E)^{1/2}\delta E$

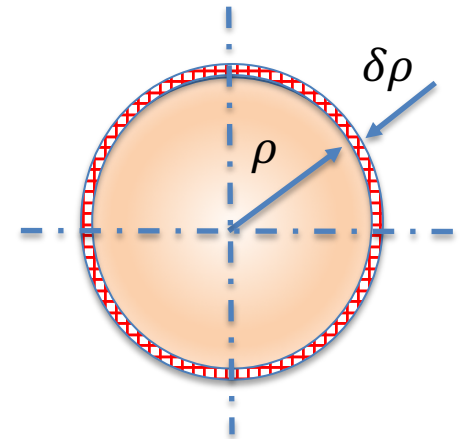
# İki Boyutta Tek Parçacık Problemi

- İki boyutta tek parçacık problemi için, kütlesi  $m$  olan bir parçacığın  $L_x$  ve  $L_y$  uzunluklarında serbestçe hareket ettiğini düşünelim. Parçacığın enerjisi

$$E = (p_x^2 + p_y^2)/2m = \hbar^2(k_x^2 + k_y^2)/2m$$

yazılabilir. Bir boyutlu problem benzer şekilde iki boyutta da enerji değerlerini  $E = (\pi^2\hbar^2/2m)(n_x^2/L_x^2 + n_y^2/L_y^2)$  şeklinde yazabiliriz.

Özel durum için  $L_x = L_y$  alınabilir, böylece  $n^2 = n_x^2 + n_y^2 = \rho^2$  tanımlanır,  $n_x = 1,2,3,\dots$  ve  $n_y = 1,2,3,\dots$  değerlerini alır. Burada  $n_x$  ve  $n_y$  değerleri, kuantum sayıları uzayında  $\rho$  yarıçaplı bir daire üzerinde bulunur. Kuantum sayılarının pozitif tanımlandığı bölgeyi düşünerek  $\Phi(E) = 1/4(\pi\rho^2) = (\pi/4)(L^2/\pi^2\hbar^2)(2mE)$  olur. Girilebilir durum sayısı  $\Omega(E) = (\pi/4) (2m)(L^2/\pi^2\hbar^2)\delta E$  yazılabilir.



# Koşullar ve Denge

- Yalıtılmış bir sistemin makroskopik ölçekte büyüklüğü verilen bir  $y$  parametresi (veya böyle pek çok parametre değeri) ile belirlenen bazı koşulları sağladığı bilinmektedir. Bu koşullar sistemin olabileceği durumları, bu koşullarla uyum sağlayabileceği şekilde kısıtlarlar, yani sistemin girilebilir durumları oluşur. Burada  $\Omega = \Omega(y)$  gibi bir fonksiyon olacak şekilde sistemi etkileyen koşullara bağlıdır.
- Sistemin başlangıçtaki girilebilir durum sayısı  $\Omega_i$  , yeni koşullar altında durumların son sayısı  $\Omega_f \geq \Omega_i$  dir.
  - $\Omega_f = \Omega_i$  özel durum
  - $\Omega_f > \Omega_i$  olağan durum

# Sistemlerarası Etkileşme

- Etkileşmeye girmeden A ve A' sistemlerinin ortalama enerjilerini  $E_i$  ve  $E_i'$  ile gösterelim. Etkileşmeden sonra bu enerjiler  $E_f$  ve  $E_f'$  olsun. A ve A' den oluşan yalıtılmış A\* sisteminin toplam enerjisi sabit kaldığı için

$$E_i + E_i' = E_f + E_f'$$

olacaktır.

$$\Delta E = E_f - E_i \quad \text{ve} \quad \Delta E' = E_f' - E_i'$$



A sistemi  
ortalama  
enerji  
değişimi



A' sistemi  
ortalama  
enerji  
değişimi

## Isısal etkileşme:

Dış parametreler sabit tutulduğunda, sistemler arası etkileşme ısısal etkileşme olarak tanımlanır. Sonunda bir sistemin ortalama enerjisinin artmasına sistemce soğurulan ısı denir,  $Q = \Delta E$  ve  $Q' = \Delta E'$ .

# Isısal Yalıtım

- İki sistem birbirinden tam anlamı ile ayrılmış ise aralarındaki ısısal etkileşim önlenir. Dış parametreleri sabit tutulduğu sürece, aralarında enerji değişimi olmayan iki sisteme, birbirinden ısısal olarak veya **adyabatik olarak yalıtılmış** denir.
- A ve A' gibi iki sistem birbirinden ısısal olarak yalıtıldığından oluşum sırasında dış parametrelerin en azından bazıları değişirse bu iki sistem yine de etkileşebilir ve bunun sonucunda enerji değişimi yapabilir, adyabatik etkileşme.
- Adyabatik olarak yalıtılmış durumdaki bir sistemin ortalama enerjisinde artış (artı veya eksi) sistem üzerinde yapılan makroskopik iş olarak tanımlanır,  $W = \Delta E$  ve  $W' = \Delta E'$ . Toplam A+A' sistemi yalıtılmış ise enerji korunumundan  $W + W' = 0$  yazılır.

# Önemli Bağlıtlar

- A sisteminin soğurduğu ısı

$$Q = \Delta E^{\sim}$$

- A' sisteminin soğurduğu ısı

$$Q' = \Delta E'^{\sim}$$

- Bunların toplamı sıfırdır

$$Q + Q' = 0$$

(A tarafından soğurulan ısı, A' nün verdiği ısıya eşittir)

- Ortalama enerji, iş ve ısı arasındaki bağıntı

$$\Delta E^{\sim} = W + Q \text{ (genel etkileşme)}$$

$$dE^{\sim} = dW + dQ \text{ (sonsuz küçük genel etkileşme)}$$

şeklindedir.

Termodinamiğin  
1. yasası



# 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).

