

FİZ304 İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK

“Makroskopik Sistemlerin Özellikleri”

Prof.Dr. Orhan ÇAKIR

Ankara Üniversitesi, Fizik Bölümü

2017

Denge Durumunun Özellikleri

Makroskopik sistemlerde denge durumu basittir, bunun nedenleri aşağıdaki gibi yazılabilir:

- Dengeye olan sistemin sahip olduğu makrodurum, her zaman var olan dalgalanmalar dışında zamana bağlı değildir.
- Bu makrodurum sistemin geçmişine bağlı değildir, örneğin gaz molekülleri başlangıçta kutunun bir yarı bölümünde bulunabilir, bölme kaldırıldığında denge durumuna giderse, bu gaz moleküllerinin tüm kutuya tekdüze dağılmasına karşılık gelir.
- Dengeye makrodurumu belirlemek için az sayıda makroskopik parametre yeterlidir. Örneğin kutuda N adet gaz molekülü bulunsun, kutunun V hacmi içinde gaz molekülleri enerjileri toplamı sabit ve E olsun, dengede gaz molekülleri tekdüze davranır ve toplam enerjiyi eşit paylaşırlar.

Dalgalanmaların Gözlenebilirliği

Çok parçacıklı bir sistemde makroskopik bir parametrenin karşı geldiği dalgalanmaların bağıl büyüklüğü çok az olacaktır.

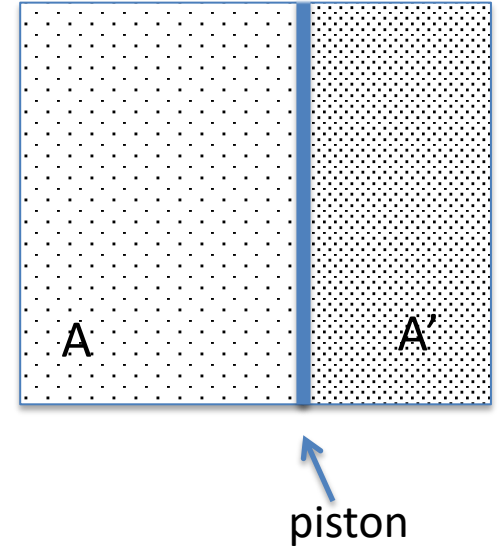
- Parametrenin ortalama büyüklüğü yanında dalgalanma küçük kalır, makroskopik sistemleri incelerken dalgalanmalar dikkate alınmaz, incelenen sistem çok küçük ise veya gözlem sırasında yararlandığımız yöntemler çok duyarlı olursa, daima var olan dalgalanmalar kolayca gözlenebilir ve bunun pratik önemi vardır.

Örnekler:

- bir gazda yoğunluk dalgalanmaları ($\Delta n_s = n_s - \underline{n}_s$)
- ışığın bir maddeden saçılması (λ ile x karşılaştırılır)
- bir parçacığın Brown hareketi (Einstein açıkladı)
- bir dirençte gerilim dalgalanmaları (yükselteç ve osiloskop)

Isı ve Sıcaklık

- Yalıtılmış makroskopik sistemler aralarında etkileşerek enerji alışverişinde bulunabilirler. Bunun oluşumu sistemlerden birinin diğeri üzerinde makroskopik ölçekte ayırdedilebilecek büyüklükte iş yapmasıdır, örneğin sıkıştırılmış A' gazı piston yardımıyla A gazı üzerine kuvvet uygular, makroskopik yerdeğştirme ile bir iş yapmış olur.
- Makroskopik anlamda herhangi bir iş yapılmadan da iki makroskopik sistem etkileşebilir. Böyle bir etkileşme, atomik düzeyde enerjinin bir sistemden diğesine geçişi şeklinde olur ve ısıl etkileşme olarak tanımlanır. Bu etkileşmede geçen enerjiye ısı denir.
- Sıcaklık, termometre ile ölçülen niceliktir.



Soğurulan Isı

- Etkileşme sırasında A sistemi tarafından soğurulan ısı Q ile gösterilir.

$$Q = \Delta E = E_f - E_i$$

- A' sisteminin soğurduğu ısı Q' ile gösterilir.

$$Q' = \Delta E' = E_f' - E_i'$$

Tanım gereği $Q = \Delta E$ olduğundan pozitif (+) veya negatif (-) olabilir.

- Isı soğurup enerji kazanan sistem başlangıçtaki daha soğuk, buna karşılık negatif ısı soğurup (veya pozitif enerji büyüklüğünü dışarı veren) enerji kaybeden sistem de başlangıçtaki daha sıcak sistem olarak bilinir.

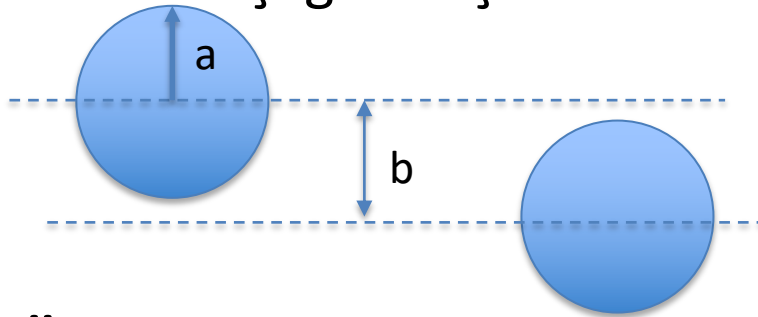
Büyükükler

Tipik bir molekülün ne kadar hızla hareket ettiğini veya diğeri ile hangi sıklıkla çarpıştığını bilmek isteriz.

- **Bir ideal gazın basıncı:** herbirinin kütlesi m olan N tane molekülden oluşmuş bir ideal gaz düşünelim. Gazın dengede ve $V=L_x.L_y.L_z$ hacimli bir kutuda olduğunu varsayalım.
- Herbir molekül \bar{u} hızı ile hareket eder, üç boyutta gelişgüzel hareket ettiğinden birim hacimde $n/3$ sayıda molekül x doğrultusunda hareket eder, bunun da yarısı $(n/6)$ pozitif x yönünde hareket eder. Böylece $A\bar{u}$ hacmi içinde $+x$ yönünde $(n/6)A\bar{u}$ sayıda molekül bulunur.
- Duvara çarpıp geri dönen moleküllerin momentum değişimi $\Delta p = p_s - p_i = -m\bar{u} - m\bar{u} = -2m\bar{u}$ olur. Duvardaki ortalama basınç $p_{ort} = (\text{momentum değişimi})(\text{birim zamanda birim duvar alanına çarpan parçacık sayısı}) = 2m\bar{u} * n\bar{u}/6$ olur. Böylece $p_{ort} = nm\bar{u}^2/3$.

Ortalama Serbest Yol

Bir gazın içinde bulunan bir molekülün başka bir molekül ile çarpışmadan önce alacağı ortalama yol, bu molekülün ortalama serbest yolu olarak tanımlanır. Kolay anlaşılması için molekülleri küre şekilli düşünürsek, moleküllerin çarpışması ve çarpışmaması durumları aşağıdaki şekilde incelenebilir.



- $b > 2a$ çarpışma olmaz
- $b < 2a$ çarpışma olur

- **Örnek:** Oda sıcaklığında (20 °C) ve 1 atm (10^4 dyn/cm²) basıncında N₂ gazı için molekül yarıçapı $a \sim 10^{-8}$ cm basamağındadır. Tesir kesiti $\sigma = 4\pi a^2 \sim 12 \times 10^{-16}$ cm² ve ortalama serbest yol $l \sim 1/(n\sigma) = 1/(2.5 \times 10^{19} * 12 \times 10^{-16}) = 3 \times 10^{-5}$ cm ve $l \gg a$ olur.

Makroskopik Fizik Problemleri

Yalıtılmış bir sistemin zamana bağlı olmayan denge durumunun en gelişigüzel durumu olduğunu ifade edebiliriz. Aşağıdaki durumların

- Dengedeki sistemlerin özellikleri (hız dağılımları, kaptaki küçük bir delikten çıkan moleküllerin hızları, değişik molekül türleri arasında oluşabilen kimyasal reaksiyonlar, su molekülü fazları)
- Fazlar: Katı (moleküller çok düzenli bir sıralanma gösterirler, kristal örgünün belirli konumları etrafında sadece küçük titreşimler yapar), Gaz (moleküller arası uzaklık fazla ve moleküller gelişigüzel ve birbirinden bağımsız hareket ederler), Sıvı (moleküller birbirine yakındırlar, katı ve gaz halin arasında bir fazdır).
- Dengede olmayan sistemler (zaman içerisinde değişen oluşumlar, değişimin hızı).

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).

