

FİZ304 İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK

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

Prof.Dr. Orhan ÇAKIR

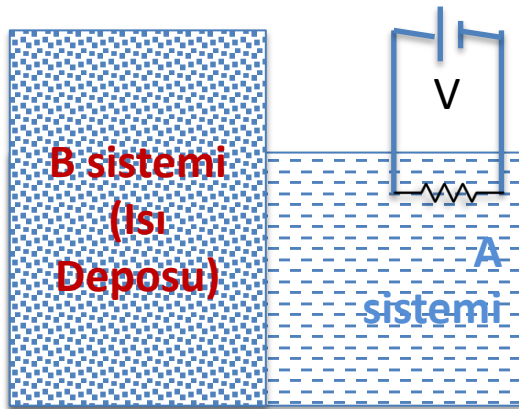
Ankara Üniversitesi, Fizik Bölümü

2017

Isının İş Cinsinden Ölçümü

A sistemi ile ısısal değme durumunda bir B sistemi bulunuyor. Dış parametreler (B sistemi için) sabit tutuluyor. B sistemi A sisteminden Q_B ısı soğurur ve ısısal etkileşme yapabilir.

- A+B sistemi tamamen dengede olduğunu ve bir ilk a durumundan başladığını termometrede sıcaklığının L_a ölçüldüğünü varsayalım
- Batarya belirli bir W iş yaptıktan sonra sistem bir b durumunda bulunur ve sıcaklık L_b okunur. Böylece, $E_b(L_b) - E_a(L_a)$ enerji değişimi belirlenebilir.



- A+B sistemi yalıtılmış olduğundan $W = \Delta E_A + \Delta E_B$ yazılır, burada ΔE_A ve ΔE_B sırasıyla A sisteminin ve B sisteminin enerji artışıdır. B sistemi üzerine bir iş yapılmaz, böylece $\Delta E_B = Q_B$ ve B sisteminin soğurduğu ısı $Q_B = W - \Delta E_A$ olur.

Isının Kıyaslama Yoluyla Ölçümü

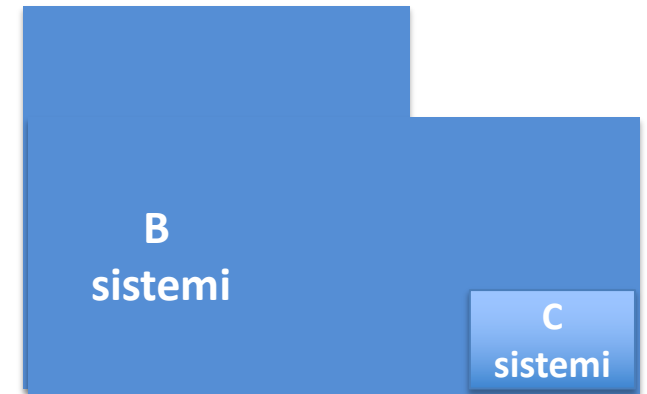
Herhangi bir C sistemi tarafından soğurulan Q_C ısı, iç enerjisi sıcaklığın bir fonksiyonu olarak bilinmekte olan bir B sisteminin verdiği ısı Q_C ile kıyaslanarak bulunabilir. B + C sistemi ısısal olarak yalıtılmıştır ($Q_B + Q_C = 0$).

- B sisteminin soğurduğu ısı Q_B
- C sisteminin soğurduğu ısı Q_C

Süreç sırasında ortaya çıkan ΔE_B enerji değişimini böylece soğurduğu $Q_B = \Delta E_B$ ısını bilebiliriz. Böylece

$$Q_C = -Q_B$$

ile bulunabilir.



Isı Sığası ve Öz Isı

- Düzgün dağılımlı bir sisteme, belli bir dT sıcaklık değişimi verebilmek için, katılması gereken dQ ısısının, sistemin parçacıklarının sayısı ile orantılı olması beklenir. Böylece maddenin yapısına bağlı olan ancak büyüklüğüne bağlı olmayan **öz ısı** tanımlanır.

- Mol başına ısı sığası veya mol başına öz ısı

$$c_v = (1/v)C_v = (1/v)(dQ/dT)_v$$

ayrıca gram başına öz ısı

$$c_v' = (1/m)C_v = (1/m)(dQ/dT)_v$$

şeklinde tanımlanır. Düzgün dağılımlı Oda sıcaklığında suyun öz ısı deneysel olarak 4.18 joule/derece/gram olarak ölçülmüştür. Tek atomlu ideal gaz için mol başına öz ısı $c_v = 12.47$ joule/derece/mol. Bu sonuç, deneysel ölçülen helyum veya argon gibi gazların öz ısıları ile iyi bir uyum gösterir.

Mol Başına Enerji ve Öz Isı

Sisteme ısı verilirken dış parametrelerden hacim (V) sabit tutulduğunu düşünelim. Bu durumda system üzerine iş yapılmadığından

$$C_x = (dQ/dT)_x = (\partial E/\partial T)_x$$

Örnek: Tek atomlu ideal gaz için ortalama enerji

$$\epsilon = (3/2)kT$$

gazın mol başına enerjisi

$$E = (3/2)N_a kT = (3/2)RT$$

olarak verilir. Öz ısı $c_v = (\partial E/\partial T)_v = (3/2)R$.

$$c_v = 12.47 \text{ joule / derece / mol}$$

- Bu ifade gazın hacminden, sıcaklığından ve yapısından bağımsızdır.

İki Atomlu Gazın Özısı

- Oda sıcaklığına yakın bir T mutlak sıcaklığında iki atomlu ideal gaz düşünelim (N_2), bu sıcaklık bir molekülün en düşük salınım durumunda bulunmasına yeterlidir, ancak molekülün tüm olası dönme durumlarına dağılabilmesi için de yeterlidir.

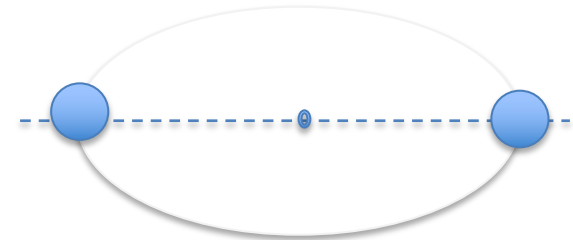
- İki atomlu gazın öteleme ($3kT/2$) ve kütle merkezi etrafında ortalama dönme enerjisi (kT)

$$E = kT + (3/2) kT = (5/2) kT$$

- $E_{\text{mol}} = (5/2) N_A kT = 5/2 RT$ (1 mol)

$$\text{Öz ısı } c_V = (\partial E / \partial T)_V = (5/2)R$$

$$c_V = 20.80 \text{ joule /mol.derece}$$



Entropi

- Isı ve mutlak sıcaklığın uygun ölçümleri ile entropi S belirlenebilir. Entropi değişimi bulunabilir.

$$dS = dQ/T = C_x(T)dT/T$$

- Sistemin dış parametrelerinin aynı olduğu iki farklı makrodurumda mutlak sıcaklık T_a ve T_b olsun. Böylece $S_a = S(T_a)$ ve $S_b = S(T_b)$ olur. Sistem çok küçük adımlarla ilk T_a sıcaklığından son T_b sıcaklığına getiriliyor. Bu durumda entropi farkı

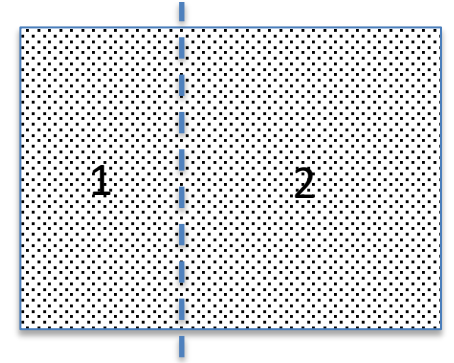
$$S_b - S_a = \int_{T_a}^{T_b} dQ/T = \int_{T_a}^{T_b} C_x(T)dT/T$$

yazılır. Burada C_x ısı sığası T_a ve T_b sıcaklık aralığında T den bağımsız ise $S_b - S_a = C_x(\ln T_b - \ln T_a) = C_x \ln(T_b/T_a)$ bağıntısı ile entropi farkı bulunabilir. Yukarıdaki integralin sonlu kalması gereği $T \rightarrow 0$ için $C_x(T) \rightarrow 0$ bulunur. Mikroskopik bilgilerden entropi $S = k \ln \Omega$ yazılır.

Yoğun ve Kapsamlı Parametreler

Tüm sistemi belirleyen makroskopik y parametresi, oluşan iki alt sistemde y_1 ve y_2 değerlerini alır.

- Sistemin büyüklüğünden bağımsız parametreler (yoğun), $y = y_1 = y_2$ yoğun parametre
- Sistemin büyüklüğü ile orantılı olan parametreler (kapsamlı), $y = y_1 + y_2$ kapsamlı parametre



Örnekler:

- Ortalama basınç (p^-) yoğun parametredir.
- Bir sistemin sıcaklığı yoğun parametredir.
- Bir sistemin V hacmi veya m kütlesi kapsamlı parametredir.
- Bir sistemin iç enerjisi \bar{E} kapsamlı parametredir.
- Isı sığası C kapsamlı bir parametredir. C/v ise mol başına niceliktir ve yoğun parametredir.
- Entropi kapsamlı bir niceliktir.

Genel olarak herhangi iki kapsamlı parametrenin oranı bir yoğun parametredir.

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).

