FİZ304 İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK

“Genel Termodinamik Etkileşme I”

Prof.Dr. Orhan ÇAKIR
Ankara Üniversitesi, Fizik Bölümü
2017

Durum Sayısı Dış Parametre Bağlılığı

Bir dış parametrenin (x) varlığında, sistemin enerjisi E ile E+δE aralığında bulunurken, sistemin girilebilir durumlarının sayısı Ω(E,x) şeklinde bir fonksiyon olacaktır. Dış parametrenin değeri dx kadar değişirse r durumunun enerjisi de

$$dE_r = (dE_r/dx)dx = X_r dx$$

ifadesine uyacak şekilde değişir. Durumların tümüne baktığımızda

$$\Gamma(E) = \Sigma_i \Gamma^{(i)}(E) = [\Sigma_i \Omega^{(i)}(E,x) X^{(i)}]dx/dE = \Omega(E,x)X^{-}dx/\delta E$$

elde edilir.

- Sabit bir enerji alındığında, dış parametrenin dx değişimi ile Ω(E,x) nasıl değiştiğini bulabiliriz, burada $(d\Omega(E,x)/dx)dx = \Gamma(E) - \Gamma(E+\delta E) = -(d\Gamma(E)/dE)\delta E$ ifadesidir.
- Durum sayısının logartimasının x parametresine göre değişimi

  $d\ln\Omega/dx = -(d\ln\Omega/dE)X - dX/dE \approx -\beta X^{-}$ (ikinci terim küçük olduğundan ihmal edilmiştir) yazılır.

Durum Sayısı Dış Parametre Bağlılığı

Bir dış parametre x, uzunluğa karşı gelirse, X^{-} büyüklüğü kuvvet boyutundadır. Fakat genelde X, dış parametre x 'e eşlenik olan genelleştirilmiş kuvvet adını alır.

Örnek: dış parametre $x = V$ (sistemin hacmi) olsun. Hacim yarı-durgun şekilde dV kadar artırıldığında yapılan $dW = X^{-}dV = -p^{-}dV$ olur. Bu durumda genelleştirilmiş ortalama kuvvet $X^{-} = -p^{-}$ olur. Böylece

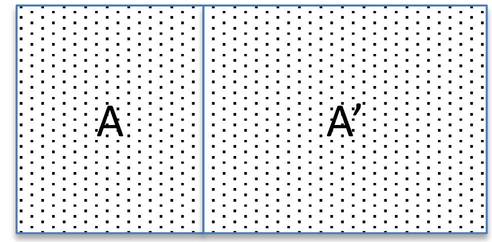
$$(d\ln\Omega/dV)_E = \beta p^{-} = p^{-}/kT \quad \text{veya} \quad (dS/dV)_E = p^{-}/T$$

yazılır. Özetlenirse:

- Adyabatik olarak yalıtılmış bir sistemin bir dış parametresi çok küçük bir şekilde değişir
- Sistemin kuantum durumları enerjileri değişir
- Sistemin toplam enerjisi, dW büyüklüğü kadar değişir
- Sistem başlangıctaki durumları üzerine dağılmış olur.

Yarı-durgun adyabatik bir oluşumda $\Delta S = 0$

Dengede Geçerli Bağıntılar



- Isısal iletim özellikli serbestçe hareket eden bir pistonla ayrılmış A ve A’ sistemi. Sistemle ilgili ifadeler
  - $V^* = V + V' =$ sabit
  - $\Omega^* = \Omega(E,V)*\Omega'(E',V')$
  - $S^* = S + S'$

Maksimum olma koşulundan E enerjisi ve V hacmine bağlı olarak, gelişigüzel dE, dV değerleri hesaplanır, diferensiyellerin katsayıları sıfır olması gerektiğinden, denge koşulları

$\beta = \beta^*$ ve $p^- = p^{-\prime}$

ile verilir.

Ideal Gaza Uygulamalar

- İdeal gaz iki özelliği ile belirlenir:
  - Gazın ν molünün $\bar{p}$ basıncı, V hacmi ve T mutlak sıcaklığıarasındaki bağıntı (durum denklemi), $pV = \nu RT$ şeklinde verilir.
  - Sabit sıcaklıkta bu gazın iç enerjisi $\bar{E}$, hacimden bağımsızdır, yani $\bar{E} = \bar{E}(T)$.
- Gazın mol başına öz ısısı ve ortalama enerji değişimi

$c_V = (1/\nu)(d\bar{E}/dT)_V$ ve $d\bar{E} = \nu\, c_V dT$

ile verilir.

Gazın sıcaklığı dT kadar, hacmi dV kadar değiştiğinde yarı-durgun bir süreçte gazın soğurduğu ısı

$dQ = d\bar{E} - dW = d\bar{E} + \bar{p}dV = \nu\, c_V dT + \nu\, RTdV/V$ olur.

Adyabatik Değişme

Isı soğurmayacak şekilde ($dQ = 0$) adyabatik olarak yalıtılmış bir ideal gaz düşünelim. Bu gazın hacmi yarı-durgun biçimde değiştiğini varsayalım, böylece gazın sıcaklığı ve basıncı da değişir. Aşağıdaki ifadede $dQ = 0$ yazarak

$$dQ = \nu\, c_V\, dT + \nu\, R\, T\, (dV/V) = 0 \Rightarrow c_V\, dT + R\, T\, (dV/V) = 0$$

elde ederiz. Her iki tarafı RT parantezinde

$$(c_V/R)\,(dT/T) + (dV/V) = 0$$

yazılır. Burada c_V sıcaklıktan bağımsız alınırsa, her iki tarafı integralleme sonucu

$$(c_V/R)\ln T + \ln V = \text{sabit} \Rightarrow \ln T^{(Cv/R)} + \ln V = \text{sabit}$$

Sonuç olarak, $T^{(Cv/R)}\, V = \text{sabit}$ yazılabilir.

Sıcaklık Bakımından Yalıtılmış Gaz

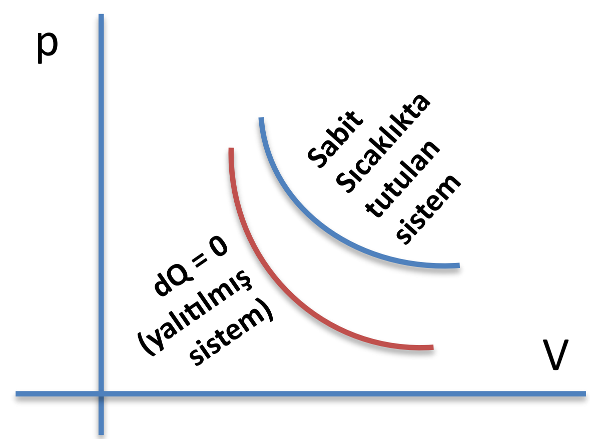
Sıcaklık bakımından yalıtılmış bir ideal gazın sıcaklığının, hacmine nasıl bağlı olduğunu belirleyen bağıntı

$$T^{(Cv/R)}\,V = \text{sabit}$$

şeklinde verilmiştir. İdeal gaz durum denklemi $pV = \nu RT$ kullanılırsa ($T \sim pV$), ve yukarıdaki denklemde her iki tarafın R/c_V kuvveti alınırsa

$$\mathbf{(pV)^{\gamma} = sabit}$$

yazılır, burada $\gamma = 1 + R/c_V = (c_V + R)/c_V$ dir.



Gaz İçerisinde Sesin Yayılması

Örnek: gaz içerisinde sesin yayılması

Bir ses dalgasının frekansı ω ise, küçük bir gaz hacminin ardışık sıkışma ve genişlemesi $\tau = 1/\omega$ zaman aralığında olur. Gelişigüzel bir sesin frekansı yüksek olduğunda τ süresi çok küçük olur, böylece küçük gaz hacmi ile çevresindeki gaz arasında yeterli ısı akışı olmaz, küçük gaz hacmi adyabatik olarak sıkışmalara uğrar. Böylece sesin gaz içindeki yayılma hızı buradaki γ sabitine bağlı olur. Bundan başka, gaz içerisinde ses hızının ölçümü γ büyüklüğünün doğrudan belirlenmesi için bir yöntem sağlar.

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).