

MAKROSKOPİK SİSTEMLERİN BELİRTİCİ ÖZELLİKLERİ

Günlük yaşamda karşılaşılan tipik bir makroskopik sistem hemen hemen 10^{25} atomu içine alır. Bizim somut bilimsel amacımız böyle bir sistemin özelliklerini minimum sayıda temel kavramlara dayanarak anlamak ve öngörmektir.

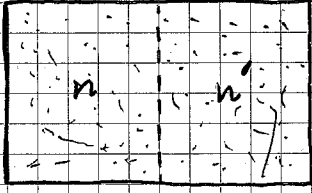
Bu bölümde amacımız makroskopik sistemlere özgü temel özelliklerini farketmek, başlıca problemleri nitelik bakımından ana çizgileri ile görmek ve tipik büyüklükler hakkında fikir edinmektir. Bu ön araştırma makroskopik sistemlerin sonuçlarını yöntemli ve nicel bakımdan çözümlemek için bize uygun yollar göstermeğe yararlıdır.

1.1. Denge Durumunda Dalgalanmalar:

Eğer gaz, molekülleri arasındaki etkileşime hemen hemen önemsenmeyecek kadar seyrek ise bu gazı ideal denir (Eğer moleküller arasındaki etkileşimin toplam potansiyel enerjisi, moleküllerin toplam kinetik enerjisi yanında önemsiz, fakat moleküllerin etkileşim enerjisi alışverişinde bulunmaları için yeter derecede büyüktür ise bu etkileşime "hemen hemen" önemsenmeyecek kadar büyüktür.).

Gazın moleküllerinin her biri diğer moleküllerin varlığından veya içinde bulunduğu kabın duvarlarından hiçbir etki görmeden, zamanını özgürce serbest parçacık gibi hareket ederek geçirir; ancak nadiren, diğer moleküllere ve duvarlara onlarla etkileşecek (veya çarpışacak) kadar yaklaşıp. Üstelik eğer gaz yeteri kadar seyrek ise moleküller arasındaki ortalama uzaklık bir molekülün ortalama De Broglie dalga boyundan çok büyüktür. Bu halde kuantum mekaniksel etkiler ihmal edilebilir ve moleküller klasik yönüngelelerinde hareket eden, ayrılmaz parçacıklar olarak ele alınabilir.

Şimdi bir kaba veya kap içinde N molekülün ideal bir gazı düşünelim. Mümkün en basit hali inceleyebilmek için bütün bu sistemi yalıtılmış (yani başka hiçbir sistemle etkileşmez) ve uzun müddet dolmuşluktan sıvılaşmış sayalım.



$$n + n' = N$$

Diklatimizi moleküllerin konumları ve uzaydaki dağılımları üzerine toplayalım: Eğer N çok büyükse

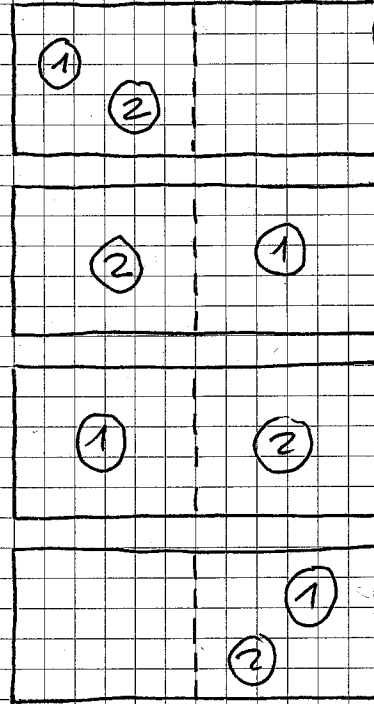
$$n \approx n'$$

bulunur. Eğer N çok büyükse.

Bütün moleküllerin kutunun bir yarısında olma sayısı ne kadardır? Bu cevap verilemek için moleküllerin kutunun iki yarısı arasında kaç şekilde dağılımlarını bilmemiz gerekir.

- Tek bir molekül kutuda mümkün iki şekilde bulunabilir.
- Eğer iki molekül alırsak, her biri iki yarıdan herhangi birinde bulunabilir.

Böylece mümkün şekillerin sayısı (yani iki molekülün iki yarıda mümkün dağılımlarının toplam sayısı) ile molekülün mümkün her şeklini için diğer molekülün iki mümkün şeklini aldığını için $2 \times 2 = 2^2$ dir.



→ Eğer üç molekül alırsak bunların mümkün toplam şekillerin sayısı ile iki molekülün mümkün 2^2 şekillerin sayısı için son molekülün 2 şeklini aldığını için $2 \times 2 \times 2 = 2^3$ dir.

→ N molekül alırsak $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^N$

Bütün N molekülün, hepsi kutunun sol yarısında olacak şekilde dağıtılmasının ancak bir yolu vardır. Bu, moleküllerin 2^N toplam mümkün şeklini içinde ancak bir durum göstermektedir. Bu yüzden çok büyük sayıya resim içinde oralamla olarak her 2^N resimden yalnız birinin bütün moleülleri sol yarıda göstermesini seçeriz. Eğer P_N bütün N molekülün de sol yarıda bulma bağıl frekansı ya da olasılığını gösterirse

$$P_N = 1/2^N$$

Sol yarıda hiç molekül olmama durumunda $P_0 = 1/2^N$.

Daha genel olarak, gazın içindeki N molekülünden n 'sinin kutupun sol yarısında bulunduğunu düşünelim. ve bu halde molekülün mümkün şekillerin sayısını $C(n)$ ile gösterelim. Tani $C(n)$, moleküllerin, n tanesinin kutupun sol yarısında bulunacak şekilde, dağılmasını veren mümkün hallerin sayısıdır. Ortalama 2^n resimden $C(n)$ tanesinin, n molekülü kutupun sol yarısında göstereceği beklenti P_n n molekülün sol yarıda bulunmasının olasılığı ise

$$P_n = \frac{C(n)}{2^n}$$

Örnek: $N=4$ olsun. Bu gazın filminin çok sayıda resimden meydana geldiğini düşünelim. 0 zaman n molekülün sol yarıda (ve buna karşılık $n'=N-n$ molekülün sağ yarıda) gösterecek resimleri. P_n oran,

$$P_4 = P_0 = 1/16$$

$$P_3 = P_1 = 4/16 = 1/4$$

$$P_2 = 6/16 = 3/8$$

1 2 3 4	n	n'	C(n)
L L L L	4	0	1
L L L R	3	1	4
L L R L	3	1	
L R L L	3	1	
R L L L	3	1	
R R R R	0	4	1
L R R R	1	3	4
R L R R	1	3	
R R L R	1	3	
R R R L	1	3	
L L R R	2	2	6
L R L R	2	2	
L R R L	2	2	
R L L R	2	2	
R L R L	2	2	
R R L L	2	2	

Daha önce gördüğümüz gibi $n=N$ (veya $n=0$) haline, mümkün yalnız tek bir molekülün şekillerine karşı gelir. Daha genel olarak N büyüklüğüne ve n, N' 'ye çok yakın olmasa bile (veya 0'a çok yakın olmasa bile) $C(n) \ll 2^n$ dir. Başka bir deyişle, molekülün dağılımına $n \gg N/2$ (veya $n \ll N/2$) verecek kadar uniform olmadığı bir durum, nispeten az sayıda şekillerine karşı gelir. Nispeten az sayıda yollarla elde edilebilen bu çeşit durumlar daha çok özel durumlar ve bu yüzden bunlara, nispeten gelişigüzel olmayan veya düzensiz denir;

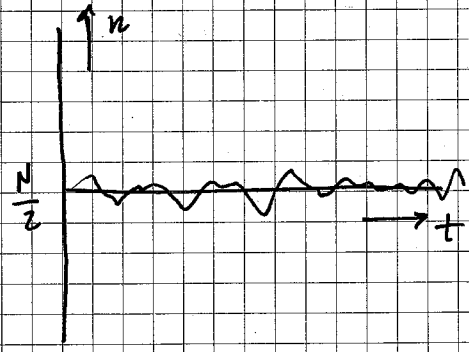
Öteyandan $n=n'$ olacak şekilde molekülün uniform dağılımı hali bir çok mümkün şekillerine karşı gelir. $C(n)$ $n=n'=N/2$ olduğu zaman maksimumdur. Bu çeşit durumlara rasgele gelişigüzel veya düzensiz denir.

⊕ Eğer parçacık sayısı büyüklüğüne, bu molekülün belirli bir biçimde uniform olmayan dağılımlarına karşı gelen dalgalanmalar, hemen hemen hiçbir zaman meydana gelmez.

Uzun zaman dolunmadan birakulan yalutik ideal gaz olsun. Kutunun bir garsindaki n malekul saym gale siki meydana gelen $N/2$ sakt saym etrafında zamanla dalgalanır. n , $N/2$ 'den ne kadar gale farkla olursa, yani

$$\Delta n \equiv n - \frac{N}{2}$$

$|\Delta n|$ ne kadar kiynise, n 'nin belli bir değeri alıs frekansi okadar hızla azalır.



Gaz en ayrıntili şekilde, herhangi bir anda mikroskobik durumu veya mikrodurumu, yani bu anda gaz malekulleri hakkında mümkün en fazla bilgi (örneğin, her malekulün yer ve hızı) belirtilerek anlatılabilir. Bu mikroskobik görış açısından, gazın bir filmi gale karnasik görışır. Biiynik ölçeklerde, yani makroskobik asıdan her tek malekul davranış ile değilde gazın gale daha az ayrıntili anlatım ile ilgilendirir. Böylece gazın herhangi bir zamanlı makroskobik durumu veya makrodurumu bu anda kutunun herhangi bir kısmında yalutık kas tane malekul olduğum belirtmekle olmdıca yeterli bir şekilde anlatılabilir.

Gazın gözüklenen makrodurumunun zamanla değişme eğiliminde olmdığını söyleyebiliriz. Özellikle n 'nin etrafında dalgalanma gösterdiği değer (veya daha kesin olarak ortalama değeri) zamanla değişme eğilimi gösterir. Makroskobik durumu zamanla değişme eğilimi göstermeyen gale potansiyel sisteme dengededir demir.

Yanma: Bir t anda kutunun sal yarmadaki malekul saym $n(t)$ olsun.

t mnden başlayıp τ süresi boyunca alınan n 'nin zamanla gale ortalama değeri

$$[\tilde{n}(t)]_{\tau} \equiv \frac{1}{\tau} \int_t^{t+\tau} n(t') dt'$$

τ değer olarak t anda başlayan, τ süresince devam eden ve ardarda $t_1 = t$, $t_2 = t + \tau_0$, ..., $t_g = t + (g-1)\tau_0$ anlarında kılınır. $g = \tau/\tau_0$ tane renimli bir film veriri,

$$[\tilde{n}(t)]_{\tau} = \frac{1}{g} [n(t_1) + n(t_2) + \dots + n(t_g)]$$

Gaz deęge durumunda $\tilde{n} = N/2$ 'dir

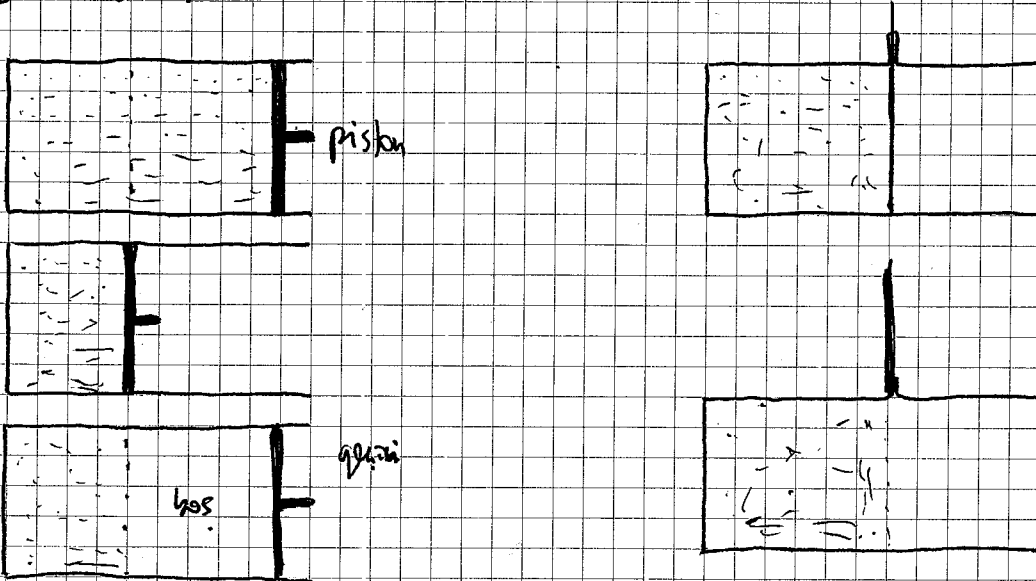
1.2. Tersinmezlik ve Denge Durumuna Yaklaşım:

Büyük N sayıda molekülden oluşan yalıtık bir gazı göz önüne alalım. Denge durumundaki bu gazda meydana gelen dalgalanmalarda n sayısının genellikle en olası $N/2$ değerine çok yakın ise, n 'nin $N/2$ 'den önemli miktarda farklı olduğu halleri acaba hangi şartlar altında bulmayı bekleriz?

Denge durumunda seyrek meydana gelen büyük dalgalanmalar: Eğer gazı yeterince uzun bir müddet gözlersek $N/2$ 'den oldukça farklı bir n değerini belli bir t anında gözlemeyi başarabiliriz. Eğer n ortalama denge değeri olan $N/2$ 'den oldukça farklı bir n_1 değerini alırsa hemen hemen her zaman $N/2$ denge değerine yaklaşıp gidecektir. Daha fiziksel bir deyimle n_1 değeri moleküllerin üniform olmayan bir dağılımına karşılık gelir ve moleküller bu üniform olmayan durumla uyuşmak için çok özel bir şekilde hareket etmeye zorlanırlar.

Özel olarak hazırlanan ilke durumlar: n 'nin $N/2$ 'den farklı (oldukça) olduğun gelişigüzel olmayan bir durum gazın denge durumunda olan dalgalanmalarla zaman zaman meydana gelebilir, fakat böyle bir dalgalanma oldukça seyrek olur ki uygulamada hemen hemen hiç gözlenmez. Bununla birlikte bizim ilgilendiğimiz bir çok makroskobik sistem, çok uzun zaman yalıtık ve dokunulmadan bırakılmıştır ve bu yüzden dengede değildir. Böylece bu gelişigüzel olmayan haller gerçekte sisteme uygulanan bir etkenleşme sonucu meydana gelmiş olabilir.

Örnekler:



Eğer yalıtık bir sistem, gelişigüzel olmayan bir durumda ise (büyük olma şansı az olan dalgalanmalar dışında) zamanla en sonunda dengede olduğu en gelişigüzel durumu elde edecek şekilde değişecektir.

Tersinmezlik: Bir süreç, eğer gerçekte hemen hemen hiç bir zaman olma yacak (gerisin geriye oynatılan bir filmde olduğu gibi) bir ters zaman süreci-ne sahip ise tersinmezdir.

1.3. Başka Örnekler:

N Spinli ideal sistem:

Her birinin ($1/2$ spin) ve buna bağlı μ_B büyüklüğünde manyetik momentli olan N parçacıklı bir sistem düşünelim. Bu parçacıklar elektronlar, çiftlenmemiş elektronlu atomlar veya proton gibi çeşitliler olabilir. Parçacığın $1/2$ spin alması özerisi, parçacığın spin aksal mom. unun belirli bir yönde izlenişiminin $\pm \hbar/2$ değer verebileceği sşyler. Yani spin belirli bir yöne paralel ya da antiparalel'dir. Buna karşı gelecek şekilde parçacığın manyetik momentinin izlenişini $\pm \mu_B$ olabilir. Yukarı - aşağı.

$1/2$ spinli N parçacıklı sist. i herbiri yukarı veya aşağı yönelenler μ_B manyetik momentli N tane kutup manyetizası benzer: Spinler arasındaki etkileşime hemen hemen önemsiz ise, bu spin sistemine ideal denir.

N spinli ideal sist. N parçacıklı ideal gazı benzer. Gaz içinde her molekül diğerleri ile çarpıyor bu yüzden kutuplu bazen solunda bazen sağda bulunur. Spinli sistemde ise her manyetik moment diğerleri ile yönelmesi gerektiği şekilde hafifçe etkileşir. Denge durumunda yalıtık gaz için her molekülün kutuplu sağ ya da sol yönde bulunması eşit olasılıktır. Manyetik alan olmanın halinde her manyetik moment eşit olasılıklarla aşağı ya da yukarı yönelmiş bulunur.

İdeal bir gazda enerji dağılımı: N molekülün ideal gazı alalım. Moleküllerin hızları hakkında ne söyleyebiliriz? Gaz yalıtık olduğu için toplam enerji

$$E = S k T.$$

4

1.4. Denge Durumunun Özellikleri:

Denge durumunun basitliği:

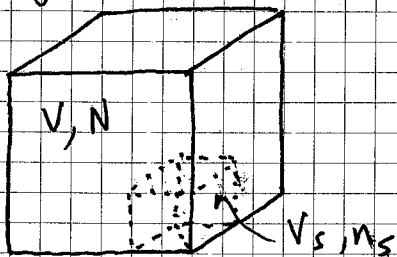
(i) Denge durumundaki her sistemin makrodurumu her zaman varolan dalgalanmalar dışında zamandan bağımsızdır. Genel olarak bir sist. in makrodurumu bazı makro-
roskopik parametrelerle belirlenebilir.

(ii) Denge de bulunan bir sistemin makrodumunu, dalgalanmalar dışında, sistemin belirtilen koşullar altında iken gelişigüzel makrodumudur. Böylece dengedeki bir sistem tek bir şekilde karakterize edilir.

(a) Bir sistemde dengenin maddesinin sistemi dışındaki başlangıç noktası.

(b) " " " " bir kaç makroskobik parametre ile tamamen belirlenebilir.

Bir gazdaki yoğunluk dalgalanmaları:

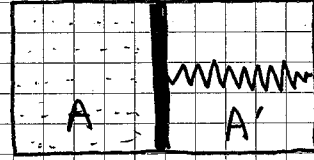


$$\tilde{n}_s = \frac{V_s}{V} N \quad n_s \text{ birim etrafında dalga sayısı}$$

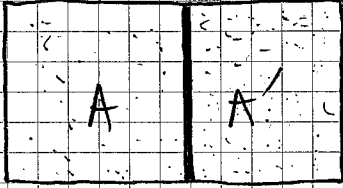
bir ortalari dalgalanmanin buyuklugu $\Delta n_s = n_s - \tilde{n}_s$

1.5. Isı ve Sıcaklık:

Yalıtık olmayan makroskobik sistemler etkileşebilir ve böylece enerji alışverişinde bulunurlar. Bunun meydana geleceği aşık bir yol, bir sist. in diğer bir sist. üzerinde gerçekleştirilebilir bir iş yapmasıdır.



A' yapın A gazı üzerinde iş yapar.



(Sıkıştırılarak A' gazı A üzerine iş yapar.)

HİÇBİR makroskobik işin yapılmadığı koşullar altında da iki makroskobik sistemin etkileşmesi çok olağandır. Sıcaklık etkileşmesi diyeceğimiz bu tür etkileşme, enerjinin bir sistemden diğere atomik ölçekler düzeyinde geçmesi yönünden meydana gelir. Böyle geçen enerjiyle ısı denir.

Birbirleri ile sıcaklık etkileşmesinde bulunan herhangi iki A ve A' sistemini gözönüne alalım.



$$E + E' = \text{Sabit}$$

Toplam enerji A, A' sistemleri arasında nasıl değişir? Biliyoruz A* sistemi dengede olma hâlinde dalgalanmalar dışında bu denge durumunun enerjisinin bu sistemde en gelişigüzel şekilde dağılımına karşılık gelir.

Aynı çeşit moleküller olma.

$$\bar{E} = \bar{E}', \quad \bar{E} = \frac{E}{N}, \quad \bar{E}' = \frac{E'}{N'} \Rightarrow \frac{E}{N} = \frac{E'}{N'}$$

Başlangıçta A ve A' gazlarının birbirlerinden ayrı ayrı dengede olduklarını düşünelim.

$$(i) \quad \bar{E}_i = \frac{E_i}{N} \neq \bar{E}'_i = \frac{E'_i}{N'} \quad \bar{E}_f = \frac{E_f}{N} = \bar{E}'_f = \frac{E'_f}{N'}$$

$$E_f' + E_f = E'_i + E_i = \text{Sabit.} \quad (ii) \quad \bar{E}_i = \bar{E}'_i$$

$$\Delta E + \Delta E' = 0$$

$$Q \equiv \Delta E = E_f - E_i \quad \left. \begin{array}{l} Q' \equiv \Delta E' = E'_f - E'_i \end{array} \right\} \text{Soğutulma mı.}$$

Sıcaklık: A gibi her sistem, bu sistemdeki atom başına düşen enerjiye bağlı (ortasın uyarınca "mutlak sıcaklık") bir T parametresi ile karakterize edilir. Denge durumunda (enerjini geliştirel dağılımına karşı gelen)

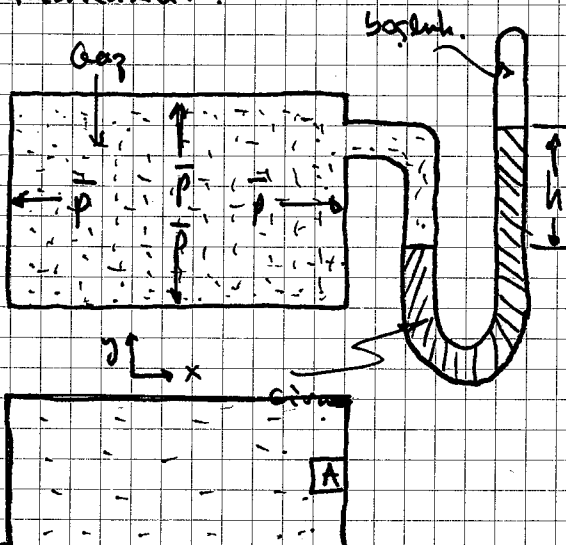
$$T = T'$$

şeklinde bir koşul bekleriz. Bir termometre ile ölçülen sıcaklık kavramını (mutlak sıcaklık değil) tanıtmak kolaydır. Termometre diye, ısı sağladığı veya aldığı zaman makroskopik parametrelerinden gelene bir değişen küçük makroskopik bir M sistemine demir. ve θ ile gösterilir. M termometresi başka bir A sistemi ile sıcaklık değişimine getirildiğinde de ne denge durumuna gelmesine izin verildiğinde θ termometrik parametresi θ_A değerini alır, bu değere A sistemin belirli bir M termometresine göre sıcaklığı demir.

1.6. Örneksel Büyüklükler:

İdeal bir gazın basıncı:

Bir gaz bir kutu içine kapatıldığı zaman, gaz moleküllerinin duvarlar ile devamlı çarpışması duvarın her atom elemanı üzerinde bir kuvvetin değişmesine yol açar. Birim alana düşen kuvvete gazın p basıncı demir. Gazın uyguladığı ortalama $\bar{p}$ basıncı bir manometre ile ölçülebilir. Gaz basıncının moleküller nicelikler cinsinden hesap edilmesi gerekir.; Bunun için olarak ölçülen gaz basıncı kullanılarak moleküller nicelikleri büyüklükleri sıklarlaştır:



m kütleli, N molekülü ideal gaz V hacimli kutuya kapatılır.

$n \equiv N/V$ birim hacimdeki molekül sayısı.

Diketahui x eleman dx sap duvar üzerinde toplayalım.

A her bir çarpışan molekülü saymamız gerekir.

Her molekülün ortalama $\bar{v}$ hızına eşit aynı hızla hareket ettiğini varsayalım. Ortalama olarak $n/3$ molekül x eksenini boyunca $n/3$ 'ü y eksenini ve $n/3$ 'ü de z eksenini boyunca hareket eder. $n/3$ molekülün y eksen $+x$ eksenini boyunca A 'ya doğru diğer yarıda $-x$ eksenini boyunca hareket eder. Hızı $+x$ doğrultusunda olan bir molekül t zamanında $\bar{v}t$ yer alır. Böyle bir molekül duran A alanından $\bar{v}t$ uzaklığında bulunur ise t anında bu alana kapacaktır. Böylece, t süresi içinde A alanına geçen ort. molekül sayısını sadece, basit olarak $+x$ yönünde hareket etmekte olan ve taban alan A , uzunluğu $\bar{v}t$ olan bir silindiri içindeki moleküllerin ortalama sayısını.

$$\left(\frac{1}{6}n\right)(A\bar{v}t)$$

Bunun A alanına ve t zamanına bölerek, birim zamanda duran birim alanına geçen $\bar{J}_0$ ort. molekül sayısını (moleküllerin hızı) elde ederiz.

$$\bar{J}_0 \approx \frac{1}{6}n\bar{v}$$

A yüzeyine geçen molekülün içi momentum korunumu gerektirir. A yüzeyine geçtikten sonra mom. $n - m\bar{v}$ 'dır.

$$-m\bar{v} - m\bar{v} = -2m\bar{v} \quad \text{parçacığın momentum değişimi.}$$

Duran $+x$ doğrultusunda $2m\bar{v}$ mom. n kazanır. Durdurulan ort. $\bar{J}_0$ sonucu.

$$\bar{P} = \left(\begin{array}{l} \text{Bir molekülün hızı} \\ \text{da duran hızının} \\ 2m\bar{v} \text{ ort. momentum} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{birim zamanda, duran birim} \\ \text{alanına düşen ortalama geç-} \\ \text{işim sayısı.} \end{array} \right)$$

$$\bar{P} \approx (2m\bar{v}) \bar{J}_0 = 2m\bar{v} \cdot \left(\frac{1}{6}n\bar{v}\right)$$

$$\bar{P} \approx \frac{1}{3}nm\bar{v}^2 \quad \bar{\epsilon}^{(k)} = \frac{1}{2}m\bar{v}^2$$

$$\bar{P} \approx \frac{2}{3}n\bar{\epsilon}^{(k)} \quad (\text{molekül cisimden geçim.})$$

Sayısal değerlendirmeler:

Bir atom veya molekülün m kütlesi, standart bir m_0 kütle birimi cinsinden uygun şekilde ifade edilir. m_0 ^{12}C özel karbon izotopunun m_c kütlesi cinsinden tanımlanmıştır.

$$m_0 = \frac{m_c}{12}$$

Bir atomun ya da molekülün m kütlelerinin m_0 kütle birimine oranına atomun ağırlığı veya molekül ağırlığı denir,

$$\mu = \frac{m}{m_0}$$

Toplam kütlesi 1 gr olan m_0 kütleli atomların makroskopik sayısı

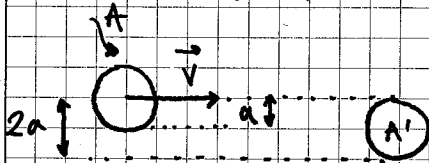
$$N_a \equiv \frac{1}{m_0} \equiv 6.02 \times 10^{23} \text{ molekül/mol}$$

Avogadro sayısı denir.

$$N_a \equiv \frac{1}{m_0} = \frac{\mu}{m}$$

Ortalama Serbest yol

Herhangi bir gaz molekülünün diğer bir gaz molekülü ile çarpışmadan önce aldığı yol ortalama serbest yoldur. A ve A' gaz molekülüleri alalım.



Molekülleri a yarıçaplı bir küre olarak alalım.

Molekülün taşıdığı hareket dikkat alın.

$$\sigma = \pi(2a)^2 = 4\pi a^2$$

($b < 2a$ çarpışma olmaz.)

σ l dikkat süresi için: σ alanında her bir molekül olduğun varsayalım.

$$(\sigma l) \cdot n = 1 \quad \left(n \text{ çok küçük ve moleküller yavaş hareket ile } l \text{ süresi} \right)$$

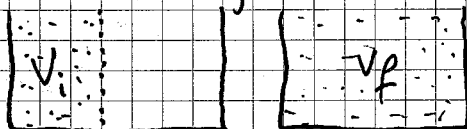
$$\Rightarrow l = \frac{1}{\sigma n}$$

PROBLEMLER

- 1.1. Dış bir manyetik alan yok iken, 5 spinden meydana gelen ideal bir sistemi düşünün. Bu spin sisteminin denge durumunda filmi'nin çekilme qini varsayınız. Film resimlerinin hangi kesri, yukarı doğru n spin qış tedir? Bütün n=0,1,2,3,4,5 olanaqlarını düşününüz.

n	Konfigürasyon (Sevillerinin)	n sayıda spinin yukarı ↑ yönlene sini gösteren filmdeki oran.
0	-----	1/32
1	-----+, ----+-, ---+-- -+----, +-----	5/32
2	-----++, ----+-+, -+----+ +-----+, -+-+--, +---+--, -++---, +-+---, ++---	10/32
3	n=2 ile aynı --> + al.	10/32
4	n=1 ile " --> + al.	5/32
5	+++++	1/32

- 1.5. Gas basıncının hacim ile değışmesi: Bir kap bir bölme ile ikiye iusuna ayrılmıştır. Bu iusimlerden birinin hacmi V_i 'dir ve sayısal bir gaz ile doludur; diğeri iusim boştur. Bölme qı kaldırınız ve gazın bütün moleküllerinin V_f hacmi boyunca tekdüze dağıldığı son denge konumuna ulaşmasına kadar bekleyiniz. (a) Gazın toplam enerjisi değışmiştir! Bölmenin kaldırılmasından önceki ve sonraki denge durumlarında molekül başına düşen ortal. enerjisi ve bir molekülün ortal. hızı hesaplastırma da bu sonucu kullanınız. (b) Gazın son durumda uyguladığı basıncı, başlangıç durumunda uyguladığı basınca oran nedir?



(a) $\frac{1}{2} N_i \bar{v}^2 \propto \frac{1}{2} N_i \bar{v}^2$ ortal. değışmediğinden enerji de değışmez.

$$\bar{p} = \frac{1}{3} N_i \bar{v}^2$$

↓
değışir

$$\frac{p_f}{p_i} = \frac{V_i}{V_f}$$

1.6. Bir alana çarpan gaz moleküllerinin Sayısı: Oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında azot (N_2) gazını göz önüne alınız. Kabin duvarlarının 1 cm^2 'lik alanına sığarılabilecek çarpan N_2 moleküllerinin ortal. sayısını bulunuz.

$$\dot{J}_0 = \frac{1}{6} n \bar{v}$$

Oda sıcaklığı ve atmosferik basıncıta (10^6 dyn/cm^2) 1 lt (10^3 cm^3) hacimli bir kapta N_2 gazının kütlesinin deneyel olarak 1.15 g olduğu bulunur. N atomunun atomik ağırlığı 14 olduğundan moleküler ağırlığı $2 \times 14 = 28$ olur. N_2 gazının 28 g 'da $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ kadar N_2 molekülü vardır. Deney kabında bulunan N molekül sayı.

$$N = N_A \frac{1.15}{28} = 2.47 \times 10^{22} \text{ molekül}$$

$$n \equiv N/V = \frac{2.47 \times 10^{22}}{10^3} \approx 2.5 \times 10^{19} \text{ molekül/cm}^3$$

$$\bar{v} \approx \frac{3}{2} \frac{\bar{p}}{n} = \frac{3}{2} \left(\frac{10^6}{2.5 \times 10^{19}} \right) \approx 6 \times 10^{-14} \text{ erg}$$

$$\text{Her bir } N_2 \text{ moleküllerinin kütlesi } m = \frac{28}{6.02 \times 10^{23}} = 4.65 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$\bar{v} = \frac{2 \bar{v}^{(k)}}{m} = 2.6 \times 10^9 \Rightarrow \bar{v} \approx 5.1 \times 10^4 \text{ cm/s}$$

$$\dot{J}_0 = \frac{1}{6} \times 2.5 \times 10^{19} \times 5.1 \times 10^4 = 2.1 \times 10^{23} \text{ molekül/cm}^2 \text{ s}$$

1.7. Sızıntı oranı: 1 lt'lik bir cam kap oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında N_2 gazıyla doludur. Cam kapta 10^{-5} cm yarıçapında küçük bir delik vardır. N_2 moleküllerinin % 1'ini kaptan, her geçen 10 saniye kaç tane kaçarak dışarıya çıkar?

$$r = 10^{-5} \text{ cm}$$

$$V = 10^3 \text{ cm}^3$$

$$n \approx 2.5 \times 10^{19} \text{ molekül/cm}^3$$

$$N = 2.5 \times 10^{22} \text{ molekül}$$

$$\text{Kapan } \%1' i = 2.5 \times 10^{20}$$

$$A = \pi r^2 = \pi \times 10^{-10} \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ s}$$

$$1 \text{ cm}^2$$

$$2.1 \times 10^{23} \text{ mol.}$$

$$T \text{ s}$$

$$10^{-10} \text{ cm}^2$$

$$2.5 \times 10^{20} \text{ mol}$$

$$\dot{J}_0 \cdot A \cdot T = 2.5 \times 10^{20} \Rightarrow T = \frac{2.5 \cdot 10^{20}}{10^{-10} \times 2.1 \times 10^{23}} = 3.8 \times 10^6 \text{ s} = 44 \text{ gün}$$

1.10. Bir gaz karışımında molekül hızlarının karşılaştırılması: bir kap içinde farklı m_1 ve m_2 kütleli tek atomlu moleküllerden meydana gelen bir gaz karışımını alınız. (a) Bu gaz karışımının dengede olduğunu varsayınız. m_1 kütleli moleküllerin ortal. hızı $\vec{v}_1$ hızının, m_2 kütleli mol. in ortalama $\vec{v}_2$ hızına oranı bulunun. (b) 2 tür molekül olup ağırlıkları 4 ve 40 olan He ve Ar olsun. Bir He atomunun ortal. hızının bir Ar atomunkine oranı nedir?

Gaz dengede ise $\bar{E}_1 = \bar{E}_2$

$$(a) \quad \frac{1}{2} m_1 \bar{v}_1^2 = \frac{1}{2} m_2 \bar{v}_2^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{\bar{v}_1^2}{\bar{v}_2^2}} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

$$(b) \quad \bar{v}_{He} / \bar{v}_{Ar} \sim \sqrt{M_{Ar} / M_{He}} \sim \sqrt{40 / 4} \sim 3.1$$