

## GAZLAR

Gazlar, katı ve sıvılardan farklı olarak sıcaklık ve basınç gibi dış etkenlerdeki değişimlere karşı benzer davranış gösterir.

### BİR MOL GAZIN HACMİ (MOLAR HACİM)

Bir maddenin bir molünün hacmi (molar hacmi) üç fiziksel hali için de farklıdır. Örneğin; bromun değişik sıcaklıklardaki fiziksel halleri, özkütleleri ve molar hacimleri aşağıda gösterilmiştir.

| Sıcaklık | Fiziksel hal | Özkütle                  | Bir molün hacmi       |
|----------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| -15°C    | Katı         | 4,2 g/cm <sup>3</sup>    | 38,1 cm <sup>3</sup>  |
| 0°C      | Sıvı         | 3,14 g/cm <sup>3</sup>   | 51,0 cm <sup>3</sup>  |
| 59°C     | Gaz          | 0,0059 g/cm <sup>3</sup> | 27120 cm <sup>3</sup> |

Aynı koşullarda bütün gazların molar hacimleri aynıdır. Sıcaklığın 0°C (273 K) ve basıncın 1 atm olduğu koşullara **normal koşullar** (NK) denir. NK da tüm gazların molar hacimleri 22,4 L dir.

25°C (298 K) ve 1 atm olduğu koşullara **oda koşulları** denir. Oda koşullarında gazların molar hacimleri 24,5 L dir.

### Kinetik Teori

Kinetik teorinin varsayımları şunlardır:

★ Gazlar, birbirinden bağımsız her yönde gelişigüzel hareket eden taneciklerden (soy gazlar atomlardan, diğer gazlar moleküllerden) oluşur. Bir gaz, moleküllerin yaptığı doğrusal, zigzaglı hareketlerin (Brown hareketi) sonucu bulunduğu kabı tamamen doldurur. Onun için bir gazın hacmi, içinde bulunduğu kabın hacmine eşittir.

★ Gaz molekülleri arasında büyük boşluklar bulunur. Moleküllerin gerçek (öz) hacimleri toplamı, gazın hacmi yanında ihmal edilebilir. Bu nedenle gazlar kolaylıkla sıkıştırılabilir.

★ Gaz molekülleri arasında ve moleküllerle kabın iç yüzeyi arasında çekim kuvveti yoktur.

★ Gaz taneciklerinin kendi aralarında ve buldukları kabın iç yüzeyi ile yaptıkları çarpışmalar tamamen esnekler. Çarpışma sırasında moleküllerden biri enerji kaybederken diğeri enerji kazanabilir. Ancak moleküllerin toplam enerjisi değişmez.

★ Herhangi bir anda bir gazın tüm moleküllerinin hızları birbirine eşit değildir. Gaz moleküllerinin hızları mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır. Sıcaklık arttıkça moleküllerin hızları da artar.

★ Molekül kütlesi m, hızı  $\vartheta$  olan bir gaz molekülünün hareket ya da kinetik enerjisi;

$$KE = \frac{1}{2} m \vartheta^2 \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Moleküller arasında sürekli esnek çarpışmalar olduğundan moleküllerin hızları, dolayısıyla kinetik enerjileri sü-

rekli değişir. Bu bakımdan moleküllerin ortalama hızından ya da ortalama kinetik enerjisinden söz etmek daha anlamlıdır. *Kinetik teoriye göre, aynı sıcaklıkta bütün gazların ortalama kinetik enerjileri birbirine eşittir.*

Kinetik kuram varsayımlarının geçerli olduğu gazlara **ideal gaz** denir. Gerçekte ideal bir gaz yoktur. Ancak gazlar, tanecikleri arasındaki etkileşimlerin daha az etkin olduğu *düşük basınç ve yüksek sıcaklıklarda* ideale yakın davranır. Mol kütlesi ve yoğunlaşma noktası düşük olan gazlar diğerlerine göre ideale daha yakındır.

### SORU:

**Gazlarla ilgili olarak;**

- Hacimleri buldukları kabın hacmine eşittir.
- Aynı sıcaklıktaki farklı iki gaz molekülünün ortalama hızları aynıdır.
- Düşük sıcaklık ve yüksek basınçlarda daha ideale yakın davranırlar.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

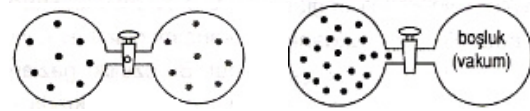
- A) Yalnız I                      B) Yalnız II                      C) I ve III  
D) II ve III                      E) I, II ve III

**Yanıt: A**

### Yayıma Hızı

Bir gazın başka bir gaz içinde yayılması olayına **difüzyon** denir.

Kapalı bir kaptaki bulunan gaz moleküllerinin kaptaki açılan bir delikten boşluğa (vakuma) yayılması olayına da **efüzyon** denir.



### Difüzyon

### Efüzyon

★ Aynı sıcaklıktaki tüm gazların ortalama kinetik enerjileri birbirine eşittir. Kütlesi m, ortalama hızı  $\vartheta$  olan bir gaz molekülünün hareket ya da kinetik enerjisi;

$$KE = \frac{1}{2} m \vartheta^2 = \frac{3}{2} kT$$

formülü ile hesaplanır. Bu formülde k ( $1,38 \times 10^{-16}$  erg/molekül . K) Boltzman sabitidir. Aynı formül 1 mol gaz için;

$$KE = \frac{3}{2} RT$$

olarak yazılabilir. Formülde R (0,082 L.atm/mol.K) ideal gaz sabitidir. Bu formüller birleştirilerek;

$$\vartheta_{\text{ort}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_A}} \text{ bulunur.}$$

Buna göre A ve B gazlarının ortalama hızları oranı;

$$\frac{\vartheta_A}{\vartheta_B} = \sqrt{\frac{T_A M_{A(B)}}{T_B M_{A(A)}}} \text{ olur.}$$

Gazların sıcaklıkları aynı ise bu formül;

$$\frac{\vartheta_A}{\vartheta_B} = \sqrt{\frac{M_{A(B)}}{M_{A(A)}}} \text{ şeklinde kısaltılabilir.}$$

Buna göre sıcaklıkları aynı olan iki gazın moleküllerinin hızları oranı mol kütlelerinin karekökü ile ters orantılıdır. Bu ilişki **Graham difüzyon yasası** olarak bilinir. Aynı koşullarda bulunan gazların mol kütleleri oranı ile özkütleleri oranı aynı olduğundan;

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_{A(B)}}{M_{A(A)}}} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}}$$

olur. O halde, bir gazın yayılma hızı gazın mol kütlesi- nin ya da özkütlesinin karekökü ile ters orantılıdır.

O (sıfır) K de bütün moleküllerin hızları ya da kinetik enerjileri sıfırdır. Sıcaklık arttıkça moleküllerin hızları dolayısıyla kinetik enerjileri de artar. Kinetik enerjideki artış mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M_A}} \text{ formülüne göre,}$$

bir gazın yayılma hızı mutlak sıcaklığın karekökü ile doğru, molekül kütlesinin kare kökü ile ters orantılıdır.

Gaz moleküllerinin yayılma hızları ile yayılmaları için geçen süre ters orantılıdır. Yani aynı uzaklığı molekül hafif olan gaz daha kısa sürede kateder.

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{m_B}{m_A}} = \sqrt{\frac{M_{A(B)}}{M_{A(A)}}} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}} = \frac{t_B}{t_A}$$

### ÖRNEK:

300°C ta CH<sub>4</sub> moleküllerinin ortalama hızı 6 x 10<sup>-4</sup> cm/s X gazı moleküllerinin ortalama hızı 3 x 10<sup>-4</sup> cm/s dir.

**Buna göre X gazı aşağıdakilerden hangisidir?**

(H: 1, He: 4, C: 12, O: 16, S: 32)

A) H<sub>2</sub> B) He C) O<sub>2</sub> D) CO<sub>2</sub> E) SO<sub>2</sub>

**Çözüm**

$$\frac{v_X}{v_{CH_4}} = \sqrt{\frac{16}{M_{A(X)}}} \Rightarrow \frac{3 \times 10^{-4}}{6 \times 10^{-4}} = \sqrt{\frac{16}{M_{A(X)}}}$$

Buradan; M<sub>K(X)</sub> = 64 bulunur. Yanıt E dir.

### ÖRNEK:

Belli bir sıcaklık ve basınçta, 400 mL H<sub>2</sub> gazı, bulunduğu kaptaki bir delikten 6 saniyede dışarı çıkmaktadır.

**Aynı koşullarda 1200 mL O<sub>2</sub> gazı aynı delikten kaç saniyede dışarı çıkar? (H<sub>2</sub>: 2 , O<sub>2</sub>: 32)**

$$\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{A(O_2)}}{M_{A(H_2)}}} \Rightarrow \frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4 \text{ bulunur.}$$

Buradan; v<sub>H<sub>2</sub></sub> = 4v<sub>O<sub>2</sub></sub> olur.

Gazın çıkış süresi ile hızı ters orantılıdır. 400 mL H<sub>2</sub> delikten 6 saniyede çıkıyorsa, 400 mL O<sub>2</sub> gazı aynı delikten; 4 x 6 = 24 saniyede çıkar. 1200 mL O<sub>2</sub> gazının çıkış süresi; 24 x 3 = 72 saniye olur.

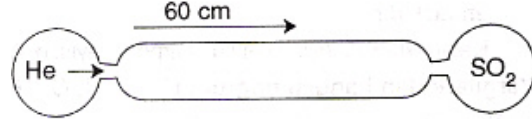
### ÖRNEK:

120 cm uzunluğunda cam borunun uçlarından aynı koşullarda bulunan He ve CH<sub>4</sub> gazları aynı anda gönderiliyor. **Gazlar He un bırakıldığı uçtan kaç cm sonra karşılaşır? (He: 4 , CH<sub>4</sub>: 16)**

**Çözüm**

Gazların yayılma hızları molekül kütlelerinin kareköküyle ters orantılıdır. Buna göre v<sub>He</sub> = 2v<sub>CH<sub>4</sub></sub> olur. Alınacak toplam yol 3x ise bunun x ini CH<sub>4</sub>, 2x ini He alır. Yani gazlar He un bırakıldığı uçtan 80 cm uzaklıkta karşılaşır.

### ÖRNEK:



Aynı koşullarda He ve SO<sub>2</sub> gazları yukarıdaki cam borunun her iki ucundan aynı anda gönderiliyor.

**Gazlar ilk kez He un gönderildiği uçtan 60 cm sonra karşılaştıklarına göre cam boru kaç cm dir?**

(He: 4 , SO<sub>2</sub>: 64)

**Çözüm**

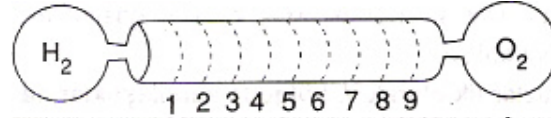
İki gazın yayılma hızları arasındaki oran şöyledir:

$$\frac{v_{He}}{v_{SO_2}} = \sqrt{\frac{64}{4}} = \frac{4}{1} \Rightarrow v_{He} = 4 v_{SO_2}$$

Buna göre He, 4x kadar yol alırsa, SO<sub>2</sub> x kadar yol alır. Toplam yol 5x olur. He, 60 cm yol aldığına göre, 4x = 60 ⇒ x = 15 cm dir.

Toplam yol; 5x = 5 x 15 = 75 cm olur. Yanıt A dir.

### SORU:



**Aynı sıcaklıktaki H<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> gazları yukarıdaki cam borunun iki ucundan aynı anda gönderildiğine göre gazlar ilk kez hangi çizgide karşılaşır?**

(H<sub>2</sub>: 2 , O<sub>2</sub>: 32)

**YANIT: 8**

### Gazların Fiziksel Özellikleri

Gazların fiziksel özelliklerini belirleyen nicelikler; **mol sayısı, hacim, sıcaklık ve basınçtır.**

#### Mol Sayısı

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M_A}$$

$$n = \frac{V}{22,4}$$

N.K.A

$$n = \frac{V}{24,5}$$

ODA KOŞ.

#### Hacim

Gazın hacmi, içinde bulunduğu kabın hacmine eşittir. 1 L (dm<sup>3</sup>) = 1000 mL = 1000 cm<sup>3</sup>

#### Sıcaklık

Sıcaklık ısı enerjisinin akış yönünü belirleyen bir niceliktir. Isı; enerjisi daima yüksek sıcaklıktaki bir maddeden düşük sıcaklıktaki bir maddeye doğru akar. Isı top-

lam kinetik enerjisinin, sıcaklık bir molekülün kinetik enerjisinin ölçüsüdür.

Bir gazın sıcaklığı artırılırsa kinetik enerjisi dolayısıyla moleküllerinin hızı artar. Bu durumda gazın hacmi ve ya basıncı artar. Gazlarda sıcaklık birimi olarak mutlak sıcaklık [kelvin (K) derecesi] kullanılır. Derece selsiyusu ( $^{\circ}\text{C}$ ) kelvine çevirmek için;

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273 \quad \text{ya da} \quad T = t + 273$$

### Basınç

Basınç, birim yüzeye dik olarak etkiyen kuvettir. Katılar ağırlıkları nedeniyle tabana basınç yapar. Taban yüzeyi S, kütlesi olan m olan bir katının tabana uyguladığı basınç ;

$$P = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{mg}{S}$$

Sıvılar ağırlıkları nedeniyle tabana ve yan yüzeylere basınç uygular.

$$P = \frac{mg}{S} = \frac{dVg}{S} \quad (m_{\text{sıvı}} = d_{\text{sıvı}} V_{\text{sıvı}})$$

$$V = hS \Rightarrow P = \frac{dhSg}{S} \quad \text{ya da} \quad P = hdg \quad \text{olur.}$$

Gaz molekülleri içinde buldukları kabın iç yüzeyi ile esnek çarpışma yapar. Çepere çarpan her molekül yüzeye bir kuvvet uygular. Birim zamanda birim yüzeye çarpan taneciklerin uyguladıkları kuvvetlerin toplamı gazın basıncını oluşturur.

★ Sabit hacimli bir kaptaki gaza aynı sıcaklıkta bir miktar daha aynı gazdan eklenirse, birim hacimdeki gaz taneciklerinin sayısı artar. Bu da birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısını yani basıncı artırır.

★ Hacmi sabit tutulan bir gazın sıcaklığı artırılırsa taneciklerin hızı artar. Bu nedenle birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı, dolayısıyla basınç artar.

★ Serbestçe hareket edebilen (sürtünmesiz) pistonu olan bir silindirde bulunan gazın basıncı daima dış basınca eşittir. Böyle bir silindirde bulunan bir gaza aynı sıcaklıkta bir miktar daha aynı gazdan eklenirse, gazın hacmi eklenen gazın mol sayısı oranında artar. Sonuçta birim hacimdeki tanecik sayısı ve birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı değişmez.

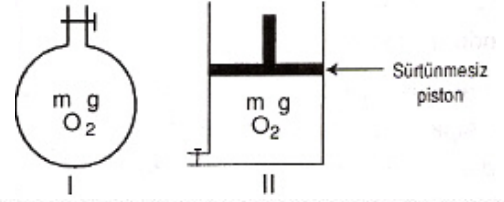
★ Sürtünmesiz pistonlu kaptaki bir gazın sıcaklığı artırılırsa gazın hacmi ve moleküllerinin ortalama hızı artar. Hacim, mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.  $V \propto T$  Ortalama hız, mutlak sıcaklığın kareköküyle doğru orantılıdır.  $\bar{v} \propto \sqrt{T}$  Buradan hacim artış oranının ortalama hız artış oranından daha büyük olduğu görülür. Bunun sonucunda birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı azalır, ancak basınç değişmez.

★ Pistonlu bir kapta bulunan gazın hacmi azaltılırsa, birim hacimdeki tanecik sayısı arttığı için, birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı, dolayısıyla basınç artar.

★ Buna göre birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı; mol sayısı ve **gazın ortalama hızıyla** doğru, **gazın hacmi** ile ters orantılı değişir.

★ Gazlar, molekülleri buldukları kapta her yöne gelişigüzel hareket ettiklerinden kabın her noktasına ortalama aynı basıncı uygular.

### ÖRNEK:



Yukarıdaki kaplarda bulunan gazların sıcaklıkları ve hacimleri eşittir.

**Sabit sıcaklıkta kaplara eşit miktarlarda  $\text{O}_2$  gazı eklendiğinde aşağıdaki yargılardan hangisi yanlış olur?**

- A) Basınç I. kapta artar, II. kapta değişmez.
- B) Birim hacimdeki tanecik sayısı I. kapta artar, II. kapta değişmez.
- C) Özkütle I. kapta artar, II. kapta değişmez.
- D) Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi I. kapta artar, II. kapta değişmez.
- E) Moleküllerin ortalama hızı her iki kapta da aynıdır.

Yanıt D dir.

### SORU:

$\text{O}_2$  gazının bulunduğu sürtünmesiz pistonlu kaba aynı sıcaklıkta bir miktar  $\text{CH}_4$  gazı ekleniyor. **Buna göre;**

- I. Birim hacimdeki tanecik sayısı değişmez.
- II.  $\text{O}_2$  moleküllerinin ortalama hızı artar.
- III. Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı artar.

**Yargılarından hangileri doğrudur? ( $\text{CH}_4$ : 16,  $\text{O}_2$ : 32)**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) I ve III
- D) II ve III
- E) I, II ve III

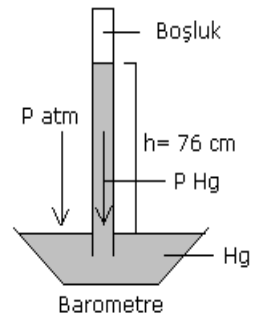
Yanıt: C

### Açık Hava Basıncının Ölçülmesi

Hava bir gaz karışımıdır. Havadaki gaz moleküllerinin cisimlere çarpmaları sonucu oluşturdukları basınca **açık hava basıncı** ya da **atmosfer basıncı** denir. Açık hava basıncı genellikle  $P_0$  veya  $P_{\text{atm}}$  şeklinde gösterilir.

Açık hava basıncı barometre ile ölçülür. Açık hava basıncı Toriçelli tarafından  $0^{\circ}\text{C}$  de deniz seviyesinde ölçülmüştür.

$$P_{\text{atm}} = P_{\text{civa}} \quad \text{olur.}$$



0°C sıcaklıkta deniz seviyesinde  $P_{atm} = 76 \text{ cm Hg}$  dir.

$76 \text{ cm Hg} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kg/cm}^2$

Cıva yerine su kullanılsaydı, açık hava basıncının dengelediği suyun yüksekliği;

$$h_{Hg} \cdot d_{Hg} \cdot g = h_{su} \cdot d_{su} \cdot g \Rightarrow h_{Hg} \cdot d_{Hg} = h_{su} \cdot d_{su}$$

$$13,6 \times 76 = 1 \times h_{su} \quad h_{su} = 1033,6 \text{ cm olurdu.}$$

### Açık hava basıncını gösteren cıva yüksekliği

★ Havanın sıcaklığına ve nem oranına bağlıdır. Sıcaklık yükseldiğinde hava genişler, özkütlesi azalır ve basınç düşer. Havadaki nem (su) oranı arttığında da basınç düşer. Çünkü suyun mol kütlesi (18 g) havanın ortalama mol kütlesinden (29 g) daha düşüktür.

★ Ölçülen yerin deniz seviyesinden yüksekliğine bağlıdır. Deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça havanın özkütlesi azalır ve basınç düşer.

★ Deneyde kullanılan borunun kesitine, şekline ve uzunluğuna bağlı değildir.

### Kapalı Bir Kaptaki Gaz Basıncının Ölçülmesi

Kapalı bir kaptaki gazın basıncı **manometre** ile ölçülür.

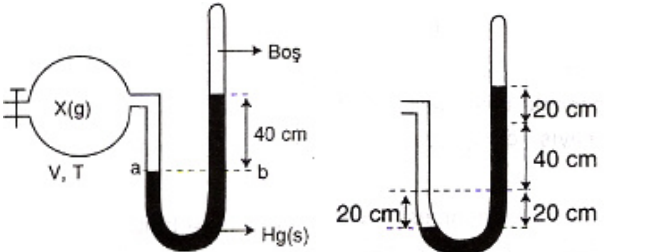
### Kapalı Uçlu Manometre

Kollardaki cıva düzeyleri arasındaki fark  $\text{cm Hg}$  ya da  $\text{mm Hg}$  cinsinden gaz basıncına eşittir.

$$P_{gaz} = h$$

Her iki kolda cıva seviyelerinin eşit olması kapta gaz olmadığını gösterir.

### ÖRNEK:



Yukarıdaki sistemde bulunan X gazına aynı sıcaklıkta ve aynı miktarda X gazı daha eklenirse b kolundaki cıva seviyesi kaç cm yükselir?

### ÇÖZÜM:

Manometre kolundaki cıvanın 80 cm yi göstermesi için cıvanın a kolundan 20 cm inmesi, b kolunda da 20 cm yükselmesi gerekir.

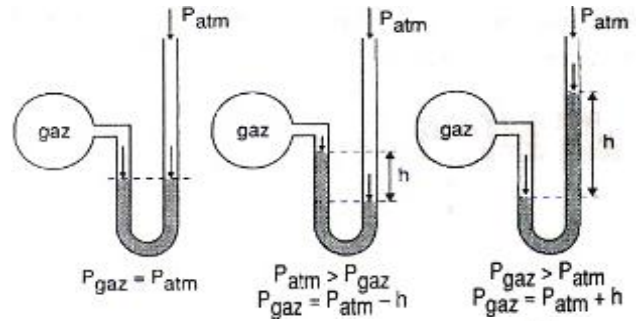
### Açık Uçlu Manometre

Bu tip manometrelerle gaz basıncı ölçülürken açık hava basıncının da bilinmesi gerekir. Açık uçlu manometrede cıva seviyeleri eşitse, gaz basıncı açık hava basıncına eşit demektir.

$$P_{gaz} = P_{hava}$$

Gazın basıncı hava basıncından küçükse cıva, gazın bağlı olduğu kolda yükselir.

Gazın basıncı açık hava basıncından büyükse cıva, açık kolda yükselir.



Yandaki kılcal boruya hapsedilmiş X gazının basıncı, açık hava basıncıyla, cıvanın ağırlığı nedeniyle oluşturduğu basınçla dengelenmiştir. Buna göre;

$$P_X = P_{atm} + h \text{ cm Hg dir.}$$

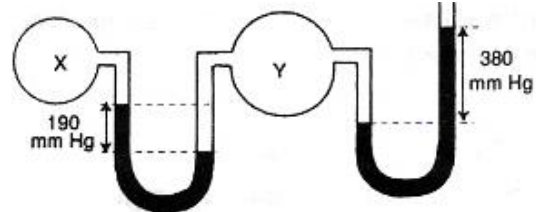
Kılcal boru yan çevrilince X gazının basıncı açık hava basıncına eşit olur. Çünkü, cıvanın yaptığı basınç aşağıya doğrudur ve X gazının basıncını etkilemez

Ters çevrilen kılcal borudaki X gazının basıncı ile cıva sütununun yaptığı basıncın toplamı, açık hava basıncı ile dengelendiği için,  $P_X + h = P_{atm}$  olur.

Buradan da X in basıncı;

$$P_X = P_{atm} - h \text{ cm Hg dir.}$$

### ÖRNEK:



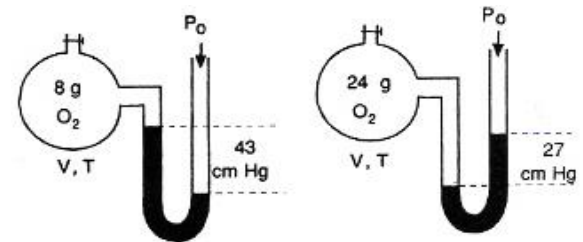
Açık hava basıncının 76 cm Hg olduğu bir yerde şekildedeki X ve Y gazlarının basınçları kaç atmosfer olur?

### ÇÖZÜM:

$$P_Y = 76 + 38 = 114 \text{ cm Hg} \Rightarrow P_Y = 114/76 = 1,5 \text{ atm}$$

$$P_X = 114 - 19 = 95 \text{ cm Hg} \Rightarrow P_X = 95/76 = 1,25 \text{ atm}$$

### SORU:



Yukarıdaki manometreler aynı ortamdadır.

Bu ortamdaki açık hava basıncı kaç cm Hg dir?

**YANIT: 78 cmHg**

## ÇÖZÜM:

$$P_{O_2} = P_0 - 43 \Rightarrow P_0 = P_{O_2} + 43$$

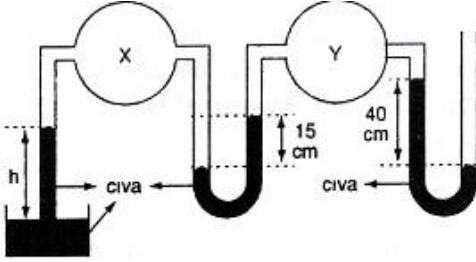
$$3P_{O_2} = P_0 + 27 \Rightarrow P_0 = 3P_{O_2} - 27$$

$$P_{O_2} + 43 = 3P_{O_2} - 27$$

$$70 = 2P_{O_2} \Rightarrow P_{O_2} = 35 \text{ cmHg}$$

$$35 = P_0 - 43 \Rightarrow P_0 = \mathbf{78 \text{ cmHg}}$$

## SORU:



Yukarıdaki sistemin bulunduğu yerde açık hava basıncı 75 cm Hg dir.

Buna göre şekildedeki h yüksekliği kaç cm dir?

**YANIT: 25 cm**

## İdeal Gaz

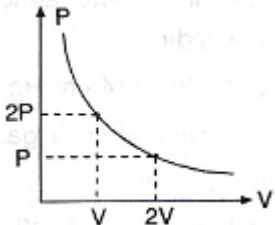
-273°C de (0 kelvin ) hacminin sıfır olduğu kabul edilen ve ideal gaz yasalarına uyan hayali gazlardır. Gerçek gazlar, yüksek sıcaklık ve düşük basınçlarda ideale yakın davranırlar.

## İDEAL GAZ YASALARI

### 1. Basınç - Hacim İlişkisi (Boyle-Mariotte)

#### Yasası

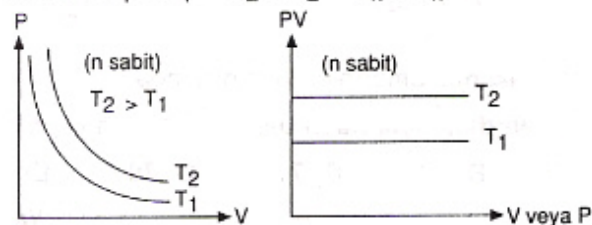
Sıcaklığı sabit belirli miktardaki gazın hacmi azaltıldığında birim hacimdeki tanecik sayısı dolayısıyla birim yüzeye yapılan çarpma sayısı yani basıncı artar.



O halde sıcaklığı ve miktarı sabit tutulan bir gazın basıncı ile hacmi ters orantılıdır. n ve T sabit iken;

$$P \propto \frac{1}{V} \text{ veya } PV = k \text{ (sabit) dir.}$$

$$\text{Ya da; } P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_n \times V_n = k$$



Hacmi ve basıncı farklı, sıcaklığı aynı iki gaz karıştırıldığında oluşan gaz karışımının basıncı da Boyle Mariotte yasasıyla bulunabilir. Gazlar karıştırıldığında her iki gazın sıcaklığı ve miktarı değişmediğine göre, kaptaki toplam gazın mol sayısı karıştırılan gazların mol sayıları toplamına eşit olur.

$$n_1 + n_2 = n_T$$

$$n_1 \propto P_1 V_1, \quad n_2 \propto P_2 V_2, \quad n_T \propto P_{\text{son}} V_{\text{son}} \text{ olduğundan;}$$

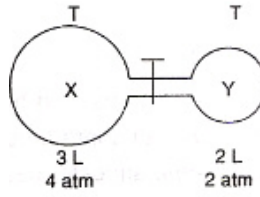
$$P_1 V_1 + P_2 V_2 = P_{\text{son}} V_{\text{son}}$$

Karışım ikiden fazla gazdan oluşmuşsa;

$$P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + \dots = P_{\text{son}} V_{\text{son}}$$

formülü kullanılarak toplam basınç bulunur.

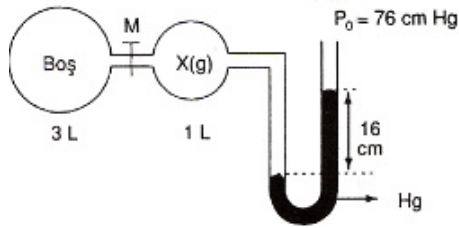
## SORU:



Yukarıdaki sistemde bulunan gazlar arasındaki musluk aynı sıcaklıkta açıldığında son basınç kaç atm olur?

**YANIT: 3,2 atm.**

## ÖRNEK:



Yukarıdaki sistemde aynı sıcaklıkta M musluğu açıldığında, manometrenin kollarındaki cıva seviyeleri farkı kaç cm olur?

## Çözüm

X gazının 1 L hacmindeki basıncı,  $P_X = 76 + 16 = 92$  cm Hg dir. M musluğu açıldığında gazın hacmi 4 L olur. Basıncı ise 4 te birine iner;  $92 : 4 = 23$  cm Hg olur. Kollarındaki cıva seviyeleri farkı ise  $76 - 23 = 53$  cm dir.

## SORU:

| Gazın Cinsi                   | Basınç (atm)   | Hacim (L)      |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| NH <sub>3</sub>               | P <sub>1</sub> | V <sub>1</sub> |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | P <sub>2</sub> | V <sub>2</sub> |

Aynı sıcaklıkta farklı kaplarda bulunan NH<sub>3</sub> ve C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gazlarının atom sayıları eşittir.

Buna göre gazlar ile ilgili,

- $P_1 V_1 = 2P_2 V_2$  dir.
- $V_1 = V_2$  ise  $2P_1 = P_2$  dir.
- $P_1 = P_2$  ise  $V_1 = 2V_2$  dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

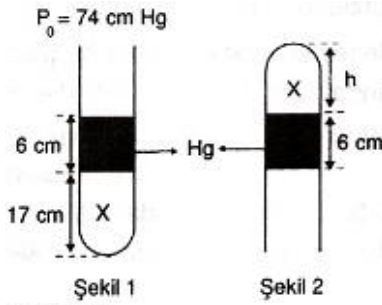
- A) Yalnız I                      B) Yalnız II                      C) I ve II  
D) I ve III                      E) I, II ve III

**Yanıt: D**

## ÖRNEK:

Aynı ortamda kılcal boru ters çevrildiğinde Şekil 2 deki konum oluşuyor.

Bu konumdaki h yüksekliği kaç cm dir?



### Çözüm

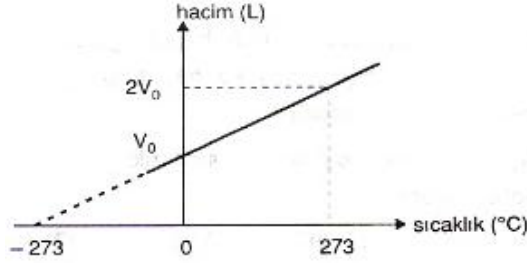
Miktarı sabit bir gaz için aynı sıcaklıkta;  $P_1V_1 = P_2V_2$  dir.

Şekil 1 de,  $P_{X_1} = 74 + 6 = 80$  cm Hg,  
 $V_{X_1} = 17$  olarak alınır ( $V \propto h$ ).

Şekil 2 de,  $P_{X_2} = 74 - 6 = 68$  cm Hg,  
 $V_{X_2} = h$  olarak alınır;  
 $80 \cdot 17 = 68 \cdot V_{X_2}$  olur.

Buradan  $V_{X_2} = 20$  yani  $h = 20$  cm olarak bulunur.

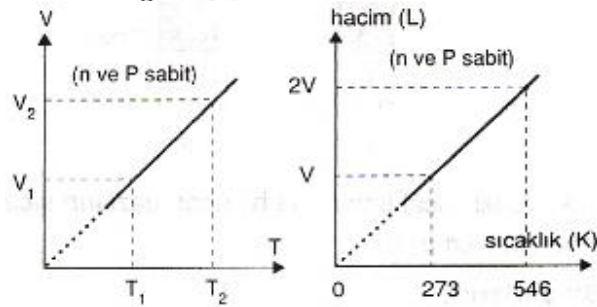
## 2. Hacim - Sıcaklık İlişkisi (Charles Yasası)



Grafikte görüldüğü gibi 0°C de gazın hacmi  $V_0$  dir. Grafik uzatıldığında (kesikli çizgi) sıcaklık eksenini -273°C de keser. Gaz yoğunlaşmadan -273°C ye kadar soğutulabilseydi hacmi bu sıcaklıkta sıfır olurdu. Ancak gaz soğutulduğunda hacmi azalır ve belli bir sıcaklıkta yoğunlaşarak sıvı hale geçer. Bu nedenle gaz yasalarına uymaz. Teorik bir sıcaklık olan -273°C de maddeyi oluşturan taneciklerin hareketi tamamen durur ve kinetik enerjileri sıfır olur. İşte ulaşabilecek en düşük sıcaklık olan -273°C ye **mutlak sıfır** denir. -273°C yi 0 (sıfır) kabul edilerek oluşturulan sıcaklık ölçeğine **mutlak sıcaklık ölçeği** veya **kelvin ölçeği** denir. Kelvin sıcaklığı Celsius sıcaklığına 273 eklenerek bulunur.

$$T (K) = t (°C) + 273$$

Basıncı sabit tutularak ısıtılan bir gazın hacmi mutlak sıcaklıkla doğru orantılı olarak artar.



$$V \propto T \text{ veya } \frac{V}{T} = k \text{ (sabit)}$$

Buradaki orantı sabiti k, gazın basıncı ve miktarına bağlıdır. Aynı bağıntı aşağıdaki formülle de gösterilebilir.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

### ÖRNEK:

Bir gazın 27°C de hacmi 150 mL dir.

**Bu gazın 227°C de hacmi kaç mL olur?**

### Çözüm

Önce verilen sıcaklıklar kelvin sıcaklığına çevrilir ve Charles yasası uygulanır.

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K} \quad V_1 = 150 \text{ mL}$$

$$T_2 = 227 + 273 = 500 \text{ K} \quad V_2 = ?$$

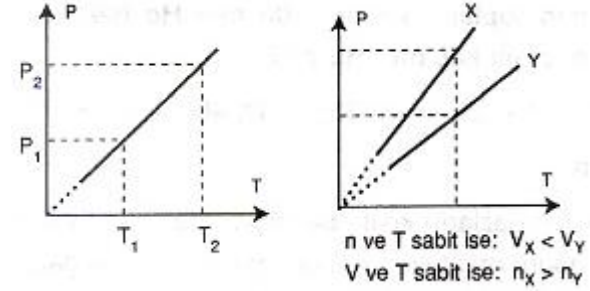
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{150}{V_2} = \frac{300}{500} \Rightarrow V_2 = 250 \text{ mL}$$

## 3. Basınç - Sıcaklık İlişkisi (Gay - Lussac Yasası)

Sabit hacimli kaptaki bulunan bir gaz ısıtıldığında gaz moleküllerinin kinetik enerjileri dolayısıyla hızları artar. Gay-Lussac yasası olarak bilinen bu ilişki, hacmi ve kütlesi sabit olan bir gazın basıncı mutlak sıcaklık ile doğru orantılıdır

$$P \propto T \text{ veya } P = k T \text{ veya } \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

k, katsayısı gazın hacmi ve kütlesine bağlıdır. Bu ilişkinin grafik gösterimi aşağıda verilmiştir.



### ÖRNEK:

Çelik bir silindir 127°C de 3 atm basıncında helyum gazı ile doludur.

**Silindir 527°C ye kadar ısıtılırsa gazın basıncı kaç atm olur?**

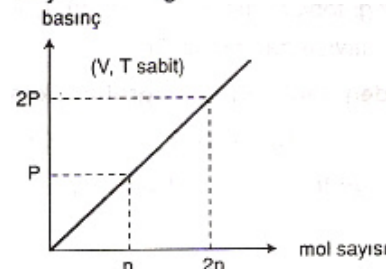
$$T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ K} \quad P_1 = 3 \text{ atm}$$

$$T_2 = 527 + 273 = 800 \text{ K} \quad P_2 = ? \text{ atm}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{3}{P_2} = \frac{400}{800} \Rightarrow P_2 = 6 \text{ atm}$$

## 4. Basınç - Mol Sayısı İlişkisi

Hacmi ve sıcaklığı sabit bir gazın basıncı mol sayısı ile doğru orantılıdır.



### ÖRNEK:

Sabit hacimli bir kaptaki bulunan 0,3 mol  $\text{CH}_4$  gazının basıncı 2 atm dir.

Aynı sıcaklıkta kaba kaç gram  $\text{CH}_4$  gazı eklendiğinde kaptaki basınç 6 atm olur? ( $\text{CH}_4$ : 16)

**ÇÖZÜM:**

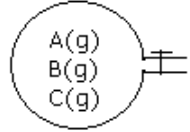
$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_T} \Rightarrow \frac{2}{6} = \frac{0,3}{n_T} \Rightarrow n_T = 0,9 \text{ mol}$$

$$n_{\text{eklenen}} = 0,9 - 0,3 = 0,6 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M_A} \Rightarrow m = n \cdot M_A \quad m_{\text{CH}_4} = 0,6 \cdot 16 = 9,6 \text{ gramdır.}$$

### Kısmi Basınç

Birbiri ile tepkime vermeyen gazlar karıştırıldıklarında homojen olarak aralarındaki boşluklara dağılır. Her gaz kapta sanki diğer gaz yokmuş gibi davranışlarını devam ettirir. Bir gaz karışımında bulunan gazlardan her birinin uyguladığı basınca o gazın **kısmi basıncı** denir. Bir gazın kısmi basıncı, o gazın kapta yalnız başına bulunması halinde uygulayacağı basınca eşittir.



$$n_T = n_A + n_B + n_C \quad P_T = P_A + P_B + P_C$$

Bir gaz karışımının basıncı, gazların kısmi basınçlarının toplamına eşittir. Buna **Dalton kısmi basınçlar yasası** denir.

Sabit hacim ve sıcaklıkta gazların basıncı mol sayısı ile doğru orantılı olduğundan, bir gazın kısmi basıncı aşağıda verilen bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir:

$$\frac{P_A}{P_T} = \frac{n_A}{n_T} \Rightarrow P_A = \frac{n_A}{n_T} \times P_T$$

Bir gaz karışımındaki gazlardan birinin mol sayısının, toplam mol sayısına oranına o gazın **mol kesri** denir ve X ile gösterilir.

$$P_A = X_A \times P_T$$

**ÖRNEK:**

Kapalı bir kapta 100 K de eşit kütlelerde He,  $\text{CH}_4$  ve  $\text{O}_2$  gazlarından oluşan bir karışım vardır.

**Karışımın toplam mol sayısı 5,5 , toplam basınç 440 cm Hg olduğuna göre,  $\text{CH}_4$  ün kısmi basıncı kaç cm Hg dir? (He: 4 ,  $\text{CH}_4$ : 16 ,  $\text{O}_2$ : 32)**

**ÇÖZÜM:**

Gazlardan herbirinin kütlesi m gram olsun. Bu durumda gazların mol sayıları;

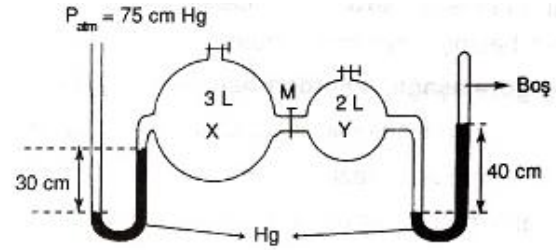
$$n_{\text{He}} = \frac{m}{4}, \quad n_{\text{CH}_4} = \frac{m}{16} \quad \text{ve} \quad n_{\text{O}_2} = \frac{m}{32} \quad \text{dir.}$$

$$n_T = \frac{m}{4} + \frac{m}{16} + \frac{m}{32} = \frac{11m}{32} \quad \text{dir.}$$

$$P_{\text{CH}_4} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_T} \times P_T \Rightarrow P_{\text{CH}_4} = \frac{(m/16)}{\frac{11m}{32}} \times 440$$

$$P_{\text{CH}_4} = 80 \text{ cm Hg}$$

**ÖRNEK:**



**Yukarıdaki sistemde aynı sıcaklıkta M musluğu açıldığında X gazının kısmi basıncı ( $P_X$ ) ve kapalı uçlu manometredeki cıva yüksekliği (h) değerleri kaçtır?**

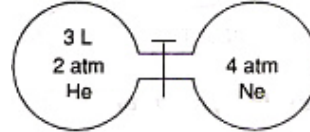
**ÇÖZÜM:**

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 45 \cdot 3 = P_2 \cdot 5 \Rightarrow P_X = 27 \text{ cm Hg olur.}$$

$$P_X V_X + P_Y V_Y = P_{\text{son}} V_T$$

$$45 \times 3 + 40 \times 2 = P_{\text{son}} \times 5 \Rightarrow P_{\text{son}} = 43 \text{ cm Hg dir.}$$

**ÖRNEK:**



**Yukarıdaki sistemde aynı sıcaklıktaki gazların bulunduğu kaplar arasındaki musluk açıldığında Ne gazının kısmi basıncı 1 atm olduğuna göre, kaptaki toplam basınç kaç atm olur?**

**Yanıt: 2,5 atm.**

**ÇÖZÜM:**

Ne için;

$$V_1 = V \quad P_1 = 4 \text{ atm.}$$

$$V_2 = 3 + V \quad P_2 = 1 \text{ atm.}$$

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$4 \cdot V = 1 \cdot (3 + V)$$

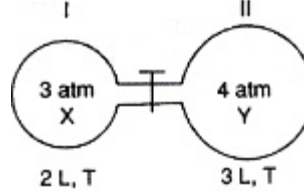
$$V = 1 \text{ lit. (Ne gazının ilk hacmi)}$$

$$P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2 = V(\text{son}) \cdot P(\text{son})$$

$$2 \cdot 3 + 1 \cdot 4 = 4 \cdot P(\text{son})$$

$$P(\text{son}) = \mathbf{2,5 \text{ atm.}}$$

**ÖRNEK:**



**Yukarıdaki sistemde aynı sıcaklıkta X gazının %40 ı II. kaba aktarılsa, I. ve II. kaptaki basınçlar kaç atm olur?**

**ÇÖZÜM:**

Öncelikle, I. kapta 2 L de 3 atm basınç yapan X gazının % 40 ı 3 L lik kapta kaç atm basınç yaptığını bulalım.

$$X \text{ gazının } \%40 \text{ ının basıncı; } \frac{3 \times 40}{100} = 1,2 \text{ atm dir.}$$

Bu gaz 3 L lik kaba aktarıldığında basıncı;

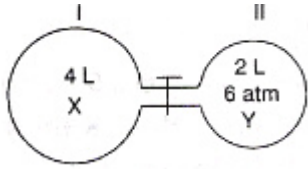
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 1,2 \times 2 = P_2 \times 3 \Rightarrow P_2 = 0,8 \text{ atm olur.}$$

Bu durumda II. kaptaki toplam basınç;

$$P_T = P_X + P_Y \Rightarrow P_T = 0,8 + 4 = 4,8 \text{ atm dir.}$$

I. kapta kalan gazın basıncı  $3 - 1,2 = 1,8 \text{ atm dir.}$

### ÖRNEK:



Şekildeki sistemde gazlar arasındaki musluk açıldığında kaptaki basınç 4 atm olmaktadır.

**Başlangıçta I. kaptaki gazın % 10 u II. kaba aktarılsaydı, I. ve II. kaplardaki basınçlar kaç atm olurdu?**

### ÇÖZÜM:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$4 \cdot P_X + 2 \cdot 6 = 6 \cdot 4 \Rightarrow P_X = 3 \text{ atm.}$$

X gazının %10 = **0,3 atm.**

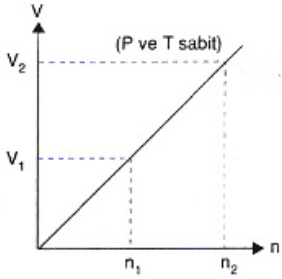
Bu gaz II. kaba aktarılnca hacim yarıya düşeceğinden, basınç iki kat artar. ve  $2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ atm.}$  olur.

II. Kaptaki toplam basınç:  $6 + 0,6 = 6,6 \text{ atm.}$

I. Kaptaki basınç :  $3 - 0,3 = 2,7 \text{ atm.}$  olur.

### 5. Hacim - Mol Sayısı İlişkisi (Avogadro Hipotezi)

Aynı sıcaklık ve basınçta (aynı koşullarda) bir gazın hacmi mol sayısı ile doğru orantılıdır.



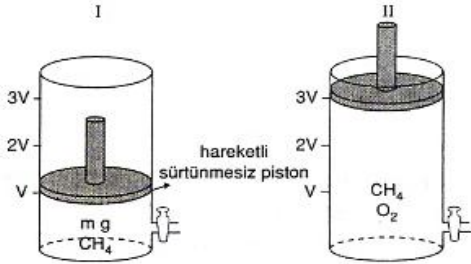
$$V \propto n \text{ veya } \frac{V}{n} = k \text{ (sabit)}$$
$$\text{ya da } \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ dir.}$$

Avogadro ya göre, iki gazın sıcaklığı, basıncı ve hacmi eşit ise gazların mol sayıları eşit olmalıdır (Avogadro hipotezi). O halde aynı koşullarda eşit hacimli iki gazın kütleleri oranı mol kütleleri oranına eşittir.

X ve Y gazlarının P, V, T leri eşit ise  $n_X = n_Y$  dir.

$$n_X = n_Y \Rightarrow \frac{m_X}{M_A(X)} = \frac{m_Y}{M_A(Y)} \Rightarrow \text{ya da } \frac{m_X}{M_A(X)} = \frac{m_Y}{M_A(Y)}$$

### ÖRNEK:

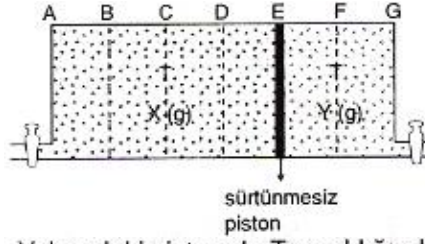


Yukarıdaki şekilde sürtünmesiz pistonla kapatılmış I. kaptaki  $m$  gram  $\text{CH}_4$  gazı vardır. Aynı sıcaklıkta II. kaptaki durumun elde edilebilmesi için kaba kaç  $m$  gram  $\text{O}_2$  eklenmelidir? (C: 12, O: 16, H: 1)

Kapta başlangıçta  $m/16$  mol gaz vardı. O hâlde kaba;  $3m/16 - m/16 = 2m/16$  mol  $\text{O}_2$  eklenmiş olmalıdır.

$2m/16$  mol  $\text{O}_2$ ;  $2m/16 \times 32 = 4m$  gramdır.

### ÖRNEK:



Yukarıdaki sistemde T sıcaklığındaki  $4V$  hacimli X gazı ile  $2V$  hacimli Y gazı serbestçe hareket edebilen bir pistonla (sürtünmesiz piston) ayrılmıştır. **Sabit sıcaklıkta Y gazının mol sayısı 4 katına çıkarıldığında pistonun yeri neresi olur?** (AB = BC = CD = DE = EF = FG)

### ÇÖZÜM:

| İlk durum    |       | Son durum |              |       |       |
|--------------|-------|-----------|--------------|-------|-------|
|              | X     | Y         | X            | Y     |       |
| Basınç :     | P     | P         | Basınç :     | P     | P     |
| Hacim :      | $4V$  | $2V$      | Sıcaklık :   | T     | T     |
| Sıcaklık :   | T     | T         | Mol sayısı : | $2n$  | $4n$  |
| Mol sayısı : | $n_X$ | $n_Y$     | Hacim :      | $V_X$ | $V_Y$ |

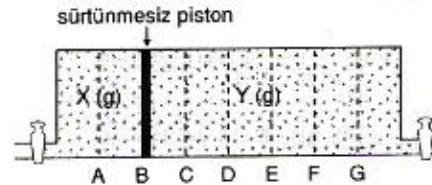
$n_Y = n$  ise  $n_X = 2n$  olur.

Y gazının mol sayısı dört katına çıkarılırsa, Y gazının mol sayısı  $4n$ , X gazının mol sayısı  $2n$  olur. Piston sürtünmesiz olduğundan her iki gazın basınçları son durumda da birbirine eşittir.

$$\frac{V_X}{V_Y} = \frac{n_X}{n_Y} \Rightarrow \frac{V_X}{V_Y} = \frac{2n}{4n} \Rightarrow V_Y = 2 V_X \text{ olur.}$$

piston C noktasında durur.

### SORU:

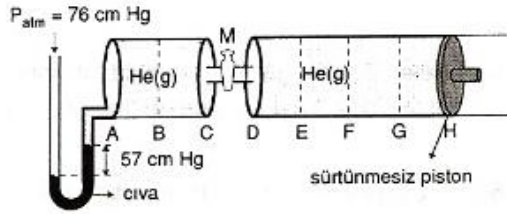


Eşit bölmeli yukarıdaki sistemde piston sürtünmesiz hareket edebilmektedir. **Sabit sıcaklıkta X gazının mol sayısı 5 katına çıkarılıp denge sağlandığında piston hangi noktada durur?**

**Yanıt: E noktası.**

| İlk durum   |        | Son durum |        |        |
|-------------|--------|-----------|--------|--------|
|             | X için | Y için    | X için | Y için |
| Basınç:     | P      | P         | P      | P      |
| Sıcaklık:   | T      | T         | T      | T      |
| Mol sayısı: | $n$    | $3n$      | $5n$   | $3n$   |
| Hacim:      | $2V$   | $6V$      | $V_X$  | $V_Y$  |

$$\frac{V_X}{V_Y} = \frac{n_X}{n_Y} \Rightarrow \frac{V_X}{V_Y} = \frac{5n}{3n}$$

**SORU:**

Yukarıdaki eşit bölmeli sistemde piston sürtünmesiz hareket edebilmektedir.

**Sabit sıcaklıkta M musluğu açıldığında piston hangi noktada durur? Yanıt: F ile G arasında.**

**ÇÖZÜM:**

$$P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3 + \dots = P_{\text{son}} V_{\text{son}}$$

$$19 \cdot 2V + 76 \cdot 4V = 76 \cdot V(\text{son})$$

$$V(\text{son}) = 4,5V$$

**İdeal Gaz Denklemi**

Kinetik kuram varsayımlarına tam olarak uyan gazlara *ideal gazlar*, uymayanlara da *gerçek gazlar* denir. Doğada bulunan gazların hiçbiri ideal değildir. Gazlar *yüksek sıcaklık ve düşük basınçta* ideale en yakın davranır.

İdeal bir gaz için şimdiye kadar gördüğümüz gaz yasaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

**Boyle Yasası** :  $V \propto \frac{1}{P}$  (n ve T sabit)

**Avogadro Yasası** :  $V \propto n$  (P ve T sabit)

**Charles Yasası** :  $V \propto T$  (n ve P sabit)

Bu bağıntı birleştirilerek  $V \propto \frac{1}{P} T n$  elde edilir.

Elde edilen bağıntı uygun bir orantı katsayısı (R) ile çarpılarak eşitliğe dönüştürülebilir.

$$V \propto \frac{nT}{P} \Rightarrow V = R \frac{nT}{P} \Rightarrow PV = nRT$$

Elde edilen bu denkleme *ideal gaz denklemi* ya da gazların *genel hâl denklemi* denir. Bu bağıntıda P basınç, V hacim, T mutlak sıcaklık, R ideal gaz sabitidir. NKA 1 mol ideal gazın 22,4 litre hacim kapladığı bilindiğine göre gaz sabitinin (R) değeri;

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \times 22,4}{1 \times 273} = \frac{22,4}{273} = 0,082 \frac{\text{L} \times \text{atm}}{\text{mol} \times \text{K}}$$

İdeal gaz denkleminde basınç atm, hacim litre, sıcaklık K, n mol, R ise 22,4/273 ya da 0,082 L.atm/mol.K olarak alınır.

Gazın mol sayısı;  $n = \frac{m}{M_A}$  olduğuna göre;

$$PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{m}{M_A} RT \text{ elde edilir.}$$

$$PV = \frac{m}{M_A} RT \Rightarrow PM_A = \frac{m}{V} RT \text{ bulunur.}$$

$PM_A = dRT$  olarak yeniden düzenlenebilir.

Bir gazın ya da değişik gazların farklı koşullardaki karşılaştırmaları yapılacağı zaman;  $PV = nRT$  eşitliği her iki durum için ayrı ayrı yazılır ve birbirine oranlanır.

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 RT_1}{n_2 RT_2} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}$$

Örneğin; iki gazın mol sayıları eşit ise bu denklemde n'ler sadeleştirilerek denklem basitleştirilebilir.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Bu denkleme genel gaz denklemi veya birleşik gaz denklemi denir.

**SORU:**

**Aynı basınçta birim hacimdeki tanecik sayısı eşit olan gazların;**

- I. Ortalama kinetik enerjileri
- II. Özkütleleri
- III. Kütleleri

**niceliklerinden hangilerinin eşit olduğu kesindir?**

**Yanıt: Yalnız I**

**ÇÖZÜM:**

$PV = nRT$  formülü  $P = (n/V) RT$  şeklinde de yazılabilir.

İki gazın  $n/V$  leri eşit ise basınçlarının eşit olması için sıcaklıklarının da eşit olması gerekir. Sıcaklıkları eşit olan gazların ortalama kinetik enerjileri eşittir.

Gazların mol kütleleri farklı ise özkütleleri ve kütleleri farklı olabilir.

**SORU:**

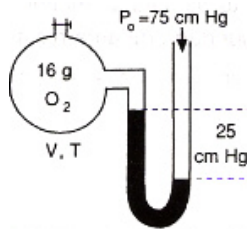
Sıcaklıkları ve basınçları aynı  $\text{CO}_2$  ve  $\text{N}_2\text{O}$  gazlarının kütleleri eşittir.

**Buna göre;**

- I. Ortalama kinetik enerjileri
- II. Ortalama hızları
- III. Hacimleri
- IV. Birim hacimdeki tanecik sayıları

**niceliklerinden hangilerinin eşit olduğu kesindir?**

(C: 12 N: 14 O: 16) **YANIT: HEPSİ**

**SORU:**

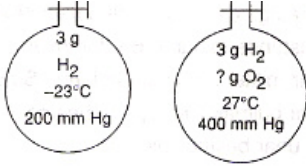
**Şekildeki kaba aynı sıcaklıkta kaç gram  $\text{SO}_2$  eklense manometrenin iki kolundaki cıva düzeyleri eşitlenir? ( $\text{O}_2$ : 32,  $\text{SO}_2$ : 64)**

**ÇÖZÜM:**

Kaptaki 0,5 mol  $\text{O}_2$  gazının basıncı;  $75 - 25 = 50$  cm Hg'dir. Cıva seviyelerinin eşitlenmesi için kaptaki gaz basıncının dış basınca yani 75 cm Hg'ye yükselmesi gerekir. Basıncın 50 cm Hg'den 75 cm Hg'ye yükselmesi (basıncın 1,5 katına çıkması) için kaptaki mol sayısının 1,5 katına (yani 0,75 mole) çıkarılması gerekir.

Buna göre kaba 0,25 mol  $\text{SO}_2$  eklenmelidir.

0,25 mol  $\text{SO}_2$ ;  $0,25 \times 64 = 16$  gramdır.

**SORU:**

Kapalı bir kaba konulan 3 g H<sub>2</sub> gazının -23°C de basıncı 200 mm Hg dir.

27°C de basıncı 400 mm Hg ye çıkarmak için kaba kaç gram oksijen gazı eklenmelidir? (H<sub>2</sub>: 2, O<sub>2</sub>: 32)

**ÇÖZÜM:**

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 RT_1}{n_2 RT_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}$$

$$P_1 = 200 \text{ mm Hg} \quad P_2 = 400 \text{ mm Hg}$$

$$T_1 = -23+273 = 250 \text{ K} \quad T_2 = 300 \text{ K}$$

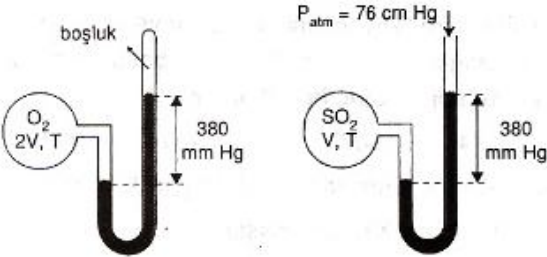
$$V_1 = V \quad V_2 = V$$

$$n_1 = 3/2 = 1,5 \text{ mol} \quad n_2 = ?$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{200}{400} = \frac{1,5 \times 250}{n_2 \times 300}$$

Buradan n<sub>2</sub> = 2,5 mol bulunur.

O hâlde kaba; 2,5 - 1,5 = 1 mol O<sub>2</sub> eklenmelidir. 1 mol O<sub>2</sub> 32 gramdır.

**SORU:**

Yukarıdaki kaplarda bulunan gazlardan O<sub>2</sub> gazının kütesinin SO<sub>2</sub> in kütesine oranı kaçtır?

(O: 16, S: 32)

**YANIT: 1/3****Gazların Su Üstünde Toplanması**

Kimyasal tepkimelerde elde edilen ve suda çözünmeyen gazlar çoğu kez su üstünde toplanır.

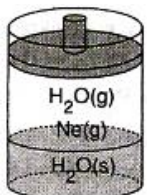
Su üstünde toplanan gaz saf değildir. Gaz su üstünde toplandığından içinde su buharı da vardır. Bu nedenle

P<sub>toplam</sub> = P<sub>gaz</sub> + P<sub>su buharı</sub>

Suyun buhar basıncı yalnız sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklığı

sabit olmak koşulu ile hacim, basınç değişimleri suyun

buhar basıncını değiştirmez.

**ÖRNEK:**

Yandaki sistemde buharı ile dengede olan su ve suda çözünmeyen neon gazı vardır.

**Bu sisteme;**

I. Sabit hacimde sıcaklığı artırma

II. Sabit sıcaklıkta gaz fazının hacmini azaltma

III. Sabit basınç ve sıcaklıkta su ekleme işlemleri ayrı ayrı uygulanıyor ve sistemin yeniden dengeye ulaşması sağlanıyor.

**Bu işlemlerden hangilerinde ilk dengeye göre su buharı moleküllerinin sayısında artış olur?**

**YANIT: YALNIZ I****ÖRNEK:**

5 gram saf olmayan çinkonun (Zn) yeterli miktarda HCl ile tepkimesinden elde edilen H<sub>2</sub> gazı su üstünde toplanıyor.

27°C ve 1166,7 mm Hg basıncında su üstünde toplanan gazın hacmi 820 mL olduğuna göre, çinkonun saflık yüzdesi nedir? (P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 26,7 mm Hg, Zn : 65)

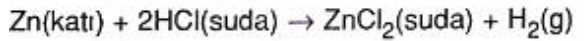
**Çözüm:** P<sub>H<sub>2</sub></sub> + P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 1166,7 mm Hg

$$P_{H_2} = 1166,7 - 26,7 = 1140 \text{ mm Hg} \Rightarrow P_{H_2} = 1,5 \text{ atm}$$

Toplanan H<sub>2</sub> gazı mol sayısını bulalım:

$$PV = n RT \Rightarrow 1,5 \times 0,82 = n \times 0,082 \times 300 \Rightarrow n = 0,05$$

0,05 mol hidrojen elde etmek için;



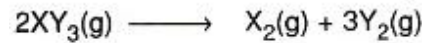
tepkimesine göre 0,05 mol Zn gerekir.

0,05 mol Zn; 0,05 x 65 = 3,25 gramdır.

Örnekteki çinkonun saflık yüzdesi; (3,25/5) x 100 = 65 tir.

**Kimyasal Tepkimelerde Basınç-Hacim-Sıcaklık Değişimleri****ÖRNEK:**

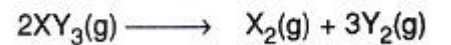
Sabit hacimli bir kaba 4 mol XY<sub>3</sub> gazı;



tepkimesine göre %50 verimle ayrışıyor ve sistem tekrar ilk sıcaklığına getiriliyor. **Sistemin başlangıç basıncı 4P ise son basınç kaç P olur?**

**Çözüm:** Tepkime sırasında 4 mol XY<sub>3</sub> ün % 50 si;

$$4 \times (50/100) = 2 \text{ mol } XY_3 \text{ ayrışmıştır.}$$



Başlangıçta : 4 mol

Tepkimede : -2 mol +1 mol +3 mol

Sonuçta : 2 mol 1 mol 3 mol

6 mol

Tepkime başlangıcında

Tepkime sonunda

$$V_1 = V$$

$$V_2 = V$$

$$n_1 = 4$$

$$n_2 = 6 (2+1+3)$$

$$T_1 = T$$

$$T_2 = T$$

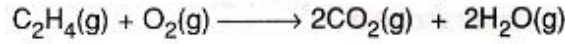
$$P_1 = 4P$$

$$P_2 = ?$$

Tepkime sonunda V ve T sabit kalmış; basınç, mol sayısındaki değişmeye paralel olarak değişmiştir. Başlangıçta 4 mol gaz 4P basıncını uyguladığından, sonuçta 6 mol gaz 6P basıncını uygular.

**ÖRNEK:**

0°C de 10 litrelik bir kaba eşit mol sayılarında O<sub>2</sub> ve C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> gazları konularak,

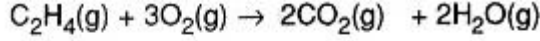


tepkimesi tam verimle gerçekleştiriliyor.

**Tepkime sonunda sistemin sıcaklığı 273°C olduğuna göre tepkime sonundaki basınç ilk basıncın kaç katı olur?**

**ÇÖZÜM:**

Kaba başlangıçta 3n er mol C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ve O<sub>2</sub> konulduğunu varsayalım.



|                       |      |                 |     |     |
|-----------------------|------|-----------------|-----|-----|
| Başlang.              | : 3n | 3n              | -   | -   |
| Tepkime               | : -n | -3n             | +2n | +2n |
| Sonuçta               | : 2n | 0               | 2n  | 2n  |
| Tepkime başlangıcında |      | Tepkime sonunda |     |     |

$$V_1 = 10 \text{ L}$$

$$V_2 = 10 \text{ L}$$

$$n_1 = 6n$$

$$n_2 = 6n$$

$$T_1 = 273 \text{ K}$$

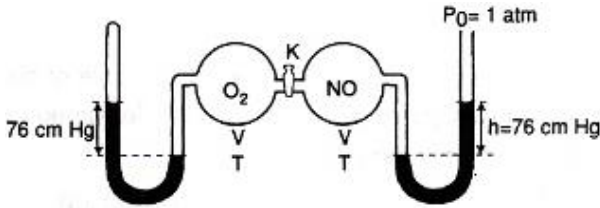
$$T_2 = 546 \text{ K}$$

$$P_1$$

$$P_2$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 RT_1}{n_2 RT_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}$$

$$P_2/P_1 = 2/1 \text{ bulunur.}$$

**ÖRNEK:**

Şekildeki K musluğu açıldığında,

NO(g) + 1/2O<sub>2</sub>(g) → NO<sub>2</sub>(g) tepkimesi tam verimle gerçekleşiyor.

**Tepkimeden sonra ilk sıcaklığa dönüldüğünde kaptaki gazların kısmi basınçları kaç atm olur?**

**Çözüm**

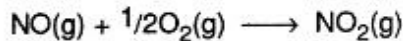
Musluk açılmadan önce;

$$P_{O_2} = 76 \text{ cm Hg} = 1 \text{ atm}, P_{NO} = 152 \text{ cm Hg} = 2 \text{ atm} \text{ dir.}$$

M musluğu açıldığında hacim 2 katına çıktığından;

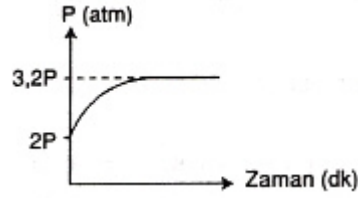
$$P_{O_2} = 0,5 \text{ atm} \text{ ve } P_{NO} = 1 \text{ atm} \text{ olur.}$$

Hacim ve sıcaklıkları aynı olan iki gazın basınçları mol sayıları ile doğru orantılıdır. Bu nedenle tepkimedeki değişiklikleri mol sayısı yerine basınç kullanılarak belirleyebiliriz.



|           |          |          |        |
|-----------|----------|----------|--------|
| Başlangıç | : 1 atm  | 0,5 atm  | -      |
| Tepkimede | : -1 atm | -0,5 atm | +1 atm |
| Sonuçta   | : -      | -        | 1 atm  |

|                 |                  |                   |
|-----------------|------------------|-------------------|
| $\frac{P_{NO}}$ | $\frac{P_{O_2}}$ | $\frac{P_{NO_2}}$ |
| 0               | 0                | 1                 |

**SORU:**

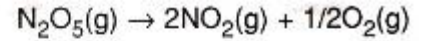
Sabit hacimli bir kapta, sabit sıcaklıkta N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gazının bir kısmı; N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(g) → 2NO<sub>2</sub>(g) + 1/2O<sub>2</sub>(g) denkleminde göre ayrışıyor.

**Tepkime sırasında kaptaki basınç grafikteki gibi değiştiğine göre, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in ayrışma yüzdesi nedir?**

**ÇÖZÜM:**

Grafiğe göre kabında başlangıçtaki basınç 2P, tepkime sonundaki basınç 3,2 P dir.

Başlangıçta kaba 2n mol N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> konulduğunu ve bunun 2P basıncını oluşturduğunu varsayalım. Tepkimede x mol N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ayrışırsa kapta toplam;



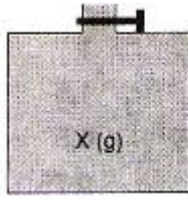
|           |          |     |      |
|-----------|----------|-----|------|
| Başlangıç | : 2n     | -   | -    |
| Tepkimede | : -x     | +2x | +x/2 |
| Sonuçta   | : 2n - x | +2x | x/2  |

$$(2n - x) + 2x + x/2 = 2n + 3x/2 \text{ mol gaz bulunur.}$$

Başlangıçta kapta bulunan 2n mol gaz 2P basıncını uyguluyordu. Koşullar değişmediğine göre kaptaki basıncın 3,2P ye çıkması için son durumda kapta 3,2P ye çıkması için son durumda kapta 3,2n mol gaz bulunmalıdır.

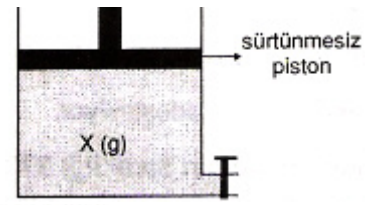
$$2n + 3x/2 = 3,2n \Rightarrow 3x/2 = 1,2n \Rightarrow x = 0,8n \text{ mol olur.}$$

$$\text{Ayrışma yüzdesi; } \frac{0,8n}{2n} \times 100 = 40 \text{ ya da \%40 olur.}$$



Sabit hacimli kaplarda;

1. Kaba aynı sıcaklıkta bir miktar daha X gazı eklendiğinde:
  - \* Basınç artar.
  - \* Ortalama kinetik enerji değişmez.
  - \* X gazının kütlesi artar.
  - \* X gazının hacmi değişmez.
  - \* X gazının özkütlesi artar.
  - \* Birim hacimdeki tanecik sayısı ( $n/V$ ) artar.
  - \* X gazı moleküllerinin ortalama hızı değişmez.
  - \* Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı artar.
2. Yukarıdaki sistemin sıcaklığı artırılırsa:
  - \* Basınç artar.
  - \* Ortalama kinetik enerji artar.
  - \* Kütle değişmez.
  - \* Hacim değişmez.
  - \* Özkütle değişmez.
  - \* Birim hacimdeki tanecik sayısı değişmez.
  - \* Moleküllerin ortalama hızı artar.
  - \* Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı artar.
3. Yukarıdaki sisteme aynı sıcaklıkta Y gazı eklenirse:
  - \* Toplam basınç, X gazının başlangıç basıncından büyük olur.
  - \* Ortalama kinetik enerji değişmez.
  - \* Kütle artar.
  - \* Hacim değişmez.
  - \* Özkütle artar.
  - \* Birim hacimdeki tanecik sayısı artar.
  - \* Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı artar.



Sabit basınçlı kaplarda;

1. Kaba aynı sıcaklıkta bir miktar daha X gazı eklendiğinde:
  - \* Basınç değişmez.
  - \* Ortalama kinetik enerji değişmez.
  - \* X gazının kütlesi artar.
  - \* X gazının hacmi artar.
  - \* X gazının özkütlesi değişmez.
  - \* Birim hacimdeki tanecik sayısı değişmez.
  - \* Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı değişmez.
2. Kabin sıcaklığı artırılırsa:
  - \* Basınç değişmez.
  - \* Ortalama kinetik enerji artar.
  - \* Kütle değişmez.
  - \* Hacim artar.
  - \* Özkütle azalır.
  - \* Birim hacimdeki tanecik sayısı azalır.
  - \* Moleküllerin ortalama hızı artar.
  - \* Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı azalır.
3. Kaba aynı sıcaklıkta Y gazı eklenirse:
  - \* Toplam basınç X in başlangıç basıncına eşittir. X in kısmi basıncı başlangıçtakine göre azalır.
  - \* Ortalama kinetik enerji değişmez.
  - \* Kütle artar.
  - \* Hacim artar.
  - \* Y nin mol kütlesi, X inkinden büyükse özkütle artar; X inkinden küçükse özkütle azalır.
  - \* Birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı;  $M_K(Y) > M_K(X)$  ise azalır,  $M_K(Y) < M_K(X)$  ise artar.