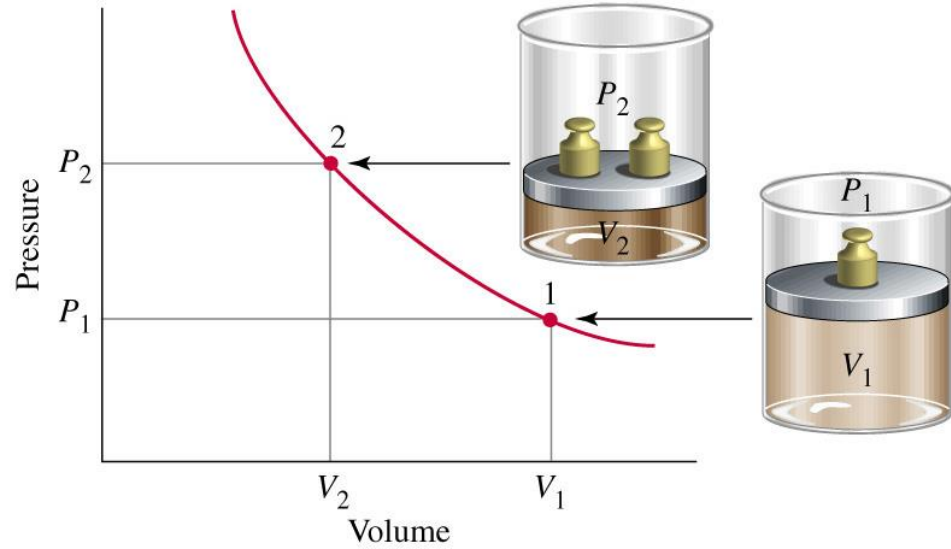


Genel Kimya

Prensipieri ve Modern Uygulamaları

Petrucci • Harwood • Herring

8. Baskı



Bölüm 5: Gazlar

Kimya Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi,
İstanbul

İçindekiler

- 5-1 Gazların özellikleri: **Gaz Basıncı**
- 5-2 Basit Gaz Yasaları
- 5-3 Gaz Yasalarının Birleşimi: **İdeal Gaz Denklemi ve Genel Gaz Denklemi**
- 5-4 İdeal Gaz Denkleminin Uygulamaları
- 5-5 Kimyasal Tepkimelerde Gazlar
- 5-6 Gaz Karışımları
- 5-7 Gazların Kinetik-Molekül Kuramı
- 5-8 Kinetik-Molekül Kuramına Bağlı Gaz Özellikleri
- 5-9 Gerçek (İdeal Olmayan) Gazlar

5-1 Gazların Özellikleri

- **Gazlar** bulundukları kabı doldurabilen ve sıkıştırıldıklarında hacmi büyük miktarda küçülebilen yani bastırılabilen veya sıkıştırılabilen akışkan maddelerdir. Gazlar bu özelliklerinden dolayı yüksek basınç altında çelik tüplere doldurularak depolanabilir, boru hatlarında taşınabilir ve birbirleriyle kolaylıkla karıştırılarak kullanılabilirler.
- Renkli gazları gözle görebilsek de, gaz taneciklerini gözle göremeyiz.
- Gazların fiziksel davranışını dört özellik belirler: mol sayıları, hacimleri, sıcaklıkları ve basınçları.

5-1 Gazların Özellikleri

- Gazlar genel olarak renksiz ve kokusuzdurlar ancak özellikleri birbirinden çok farklı olabilmektedir. Örneğin hidrojen gazı yanıcıdır, oksijen gazı canlılar için gerekli bir gaz iken klor gazı canlılar için zehirli bir gazdır. Bunun yanında helyum, azot, argon gibi gazlar inert (yani normal koşullarda tepkimeye girmeyen) gazlardır.
- Elementlerden onbir tanesi günlük yaşam koşullarında (~1 atm ve 25 °C) gaz halindedirler.

Gaz Halinde Bulunan Elementler

H ₂	Hidrojen	N ₂	Azot
O ₂	Oksijen	F ₂	Flor
Cl ₂	Klor	He	Helyum
Ne	Neon	Ar	Argon
Kr	Kripton	Rn	Radon
Xe	Ksenon		

5-1 Gazların Özellikleri

Onbir element günlük koşullarda gaz olmasına karşılık bu koşullarda çok sayıda gaz bileşik bulunmaktadır.

Bunlara yüzlerce örnekten birkaçı olarak yanıcı metan (CH_4), zehirli hidrojen siyanür (HCN), anesteziye kullanılan diazot oksit (N_2O), sera etkisine neden olan ve bitkilerin fotosentez de kullandıkları karbon dioksit (CO_2) örnek verilebilir.

Hava bir gaz karışımı olup dünyamızın atmosferini oluşturmakta ve bu sayede canlılar yaşamlarını sürdürebilmektedir. Hava yaklaşık olarak % 78 azot (N_2), % 21 oksijen (O_2) ve geri kalan kısmı CO_2 ve diğer gazlardan oluşur.

5-1 Gazların Özellikleri: Gaz Basıncı

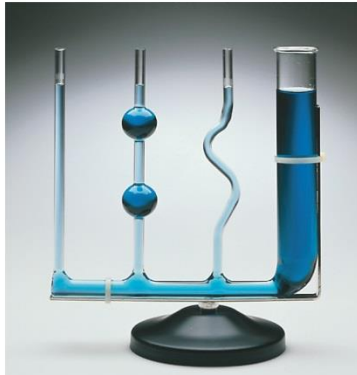
- **Basınç**, birim alana düşen kuvvettir, yani, bir yüzeye uygulanan kuvvetin, o yüzeyin alanına bölünmesiyle bulunan değerdir.

- **Gaz Basıncı;**
$$P \text{ (Pa)} = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

P: Basınç
F: Kuvvet
A: Alan

- **Sıvı Basıncı;**
$$P = g \cdot h \cdot d$$

g: Yerçekimi ivmesi
h: Yükseklik
d: Yoğunluk



Sıvı basıncı sadece sıvı sütununun yüksekliğine ve yoğunluğuna bağlıdır.

5-1 Gazların Özellikleri: Gaz Basıncı

Örnek: 76 cm yükseklikte civa sütununun basıncına eşdeğer basıncı oluşturabilecek su sütununun yüksekliği ne olmalıdır? ($d_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$, $d_{\text{su}} = 1 \text{ g/cm}^3$)

$$P_{\text{Hg}} = h_{\text{Hg}} \times g \times d_{\text{Hg}}$$

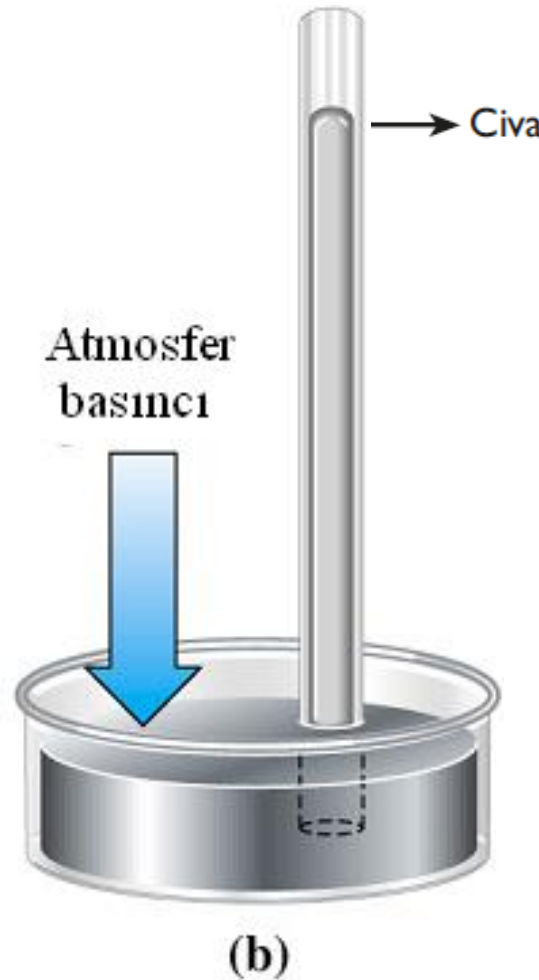
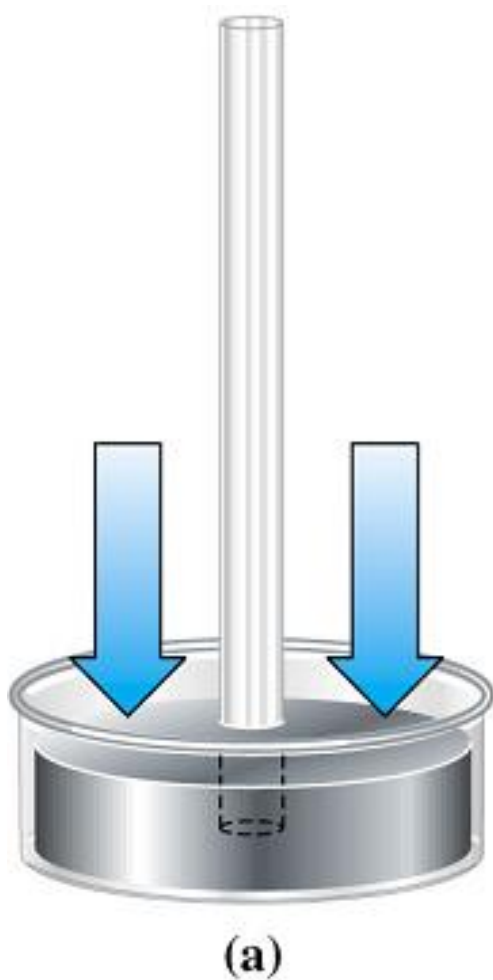
$$P_{\text{Su}} = h_{\text{Su}} \times g \times d_{\text{Su}}$$

$$h_{\text{Hg}} \times \cancel{g} \times d_{\text{Hg}} = h_{\text{Su}} \times \cancel{g} \times d_{\text{Su}}$$

$$76 \times 13,6 = h_{\text{Su}} \times 1$$

$$h_{\text{Su}} = 10,34 \text{ m}$$

Barometrik Basınç



Standart Atmosfer
Basıncı

1,00 atm

760 mm Hg, 760 torr

101,325 kPa

1,01325 bar

1013,25 mbar

1643 yılında **Evangelista Torricelli**'nin atmosferin uyguladığı basıncı ölçmek üzere geliştirdiği düzeneğe **barometre** denir.

5-1 Gazların Özellikleri: Gaz Basıncı

Bazı Basınç Birimlerinin 1 Atmosfer Basınca Karşılık Değerleri

Milimetre civa (mmHg)	1 atm = 760 mmHg
Torr (torr)	= 760 torr
Pascal (Pa)	= 101325 Pa
Bar (bar)	= 1,01325 bar
Metrekare başına newton (N/m ²)	= 101325 N/m ²

5-1 Gazların Özellikleri: Gaz Basıncı

Örnek

380 mmHg basıncını atm, torr, pascal ve N/m² olarak bulunuz.

Çözüm:

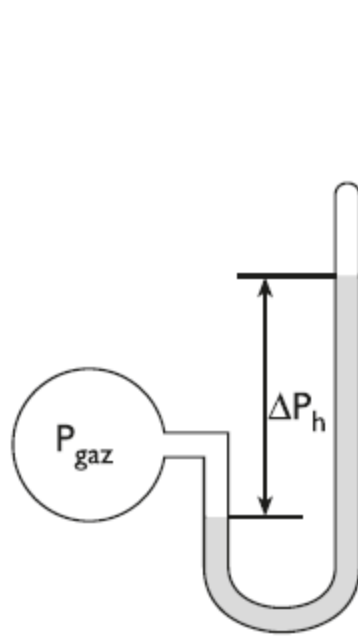
$$P = 380 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0,5 \text{ atm}$$

$$P = 380 \text{ mmHg} \times \frac{760 \text{ torr}}{760 \text{ mmHg}} = 380 \text{ torr}$$

$$P = 380 \text{ mmHg} \times \frac{101325 \text{ Pa}}{760 \text{ mmHg}} = 50663 \text{ Pa}$$

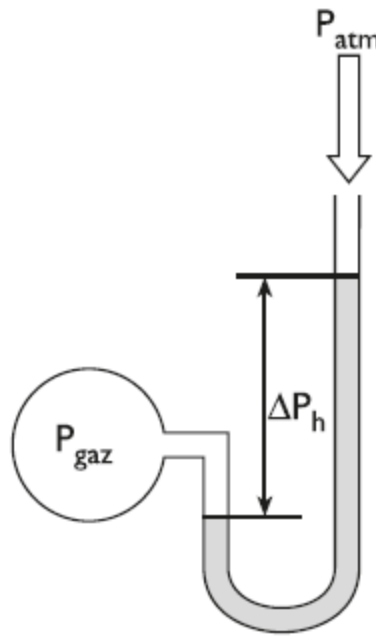
$$P = 380 \text{ mmHg} \times \frac{101325 \text{ N/m}^2}{760 \text{ mmHg}} = 50663 \text{ N/m}^2$$

Manometre



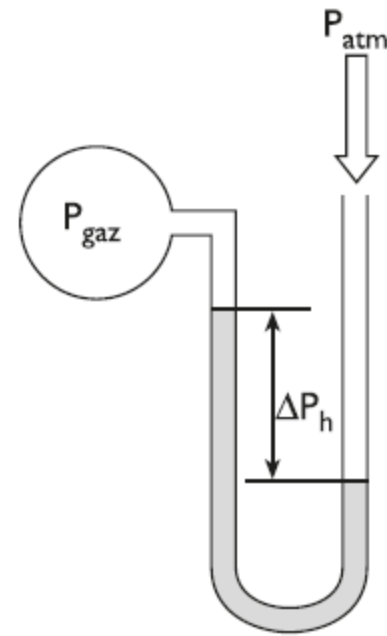
$$P_{\text{gaz}} = \Delta P_h$$

Kapalı Uçlu Manometre



$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{atm}} + \Delta P_h$$

Açık Uçlu Manometre

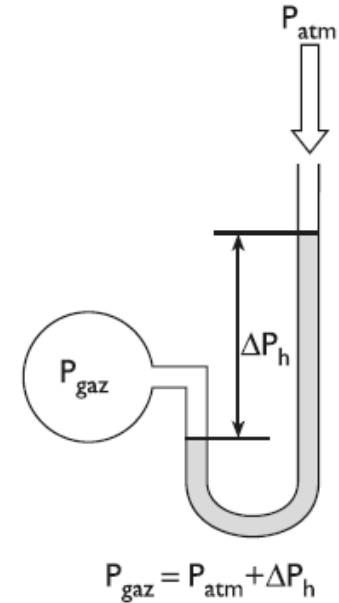


$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{atm}} - \Delta P_h$$

Açık Uçlu Manometre

Manometre

Örnek : Açık uçlu bir manometre ile basıncı ölçülmek istenen bir gaz için, manometrenin açık uç kısmındaki borudaki su seviyesi gaz balonuna bağlı kısmındaki borudaki su seviyesinden 16,3 cm daha yüksektir. Atmosferik basınç 755 mmHg olduğuna göre bu gazın basıncını bulunuz (Suyun yoğunluğu $1,0 \text{ g/cm}^3$ veya 1000 kg/m^3 tür).



Çözüm:

Bu durumda gazın basıncının atmosfer basıncından büyük olduğu anlaşılmaktadır.

$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{atm}} + \Delta P_h$$

$$\Delta P_h = h \rho g = (0,163 \text{ m}) (1000 \text{ kg m}^{-3}) (9,80 \text{ m/s}^2) = 1597,4 \text{ kg/m s}^2 = 1597,4 \text{ Pa}$$

$$? \text{ mmHg} = (1597,4 \text{ Pa}) \left(\frac{760 \text{ mmHg}}{101325 \text{ Pa}} \right) = 11,98 \text{ mmHg} \approx 12 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{gaz}} = 755 \text{ mmHg} + 12 \text{ mmHg} = 767 \text{ mmHg} \text{ bulunur.}$$

5-2 Basit Gaz Yasaları

Gaz Hacmi Üzerine Basıncın Etkisi: Boyle Yasası

Sabit sıcaklıkta belli bir miktar gaz örneğinin hacmi üzerine basıncın etkisini 1662 yılında Robert Boyle incelemiştir. Gaz (hava) örneğine uygulanan basınç iki katına çıkarıldığında gaz hacminin yarıya düştüğü, basınç yarıya düşürüldüğünde ise gaz hacminin iki katına çıktığı görülmüştür. Bunun sonucu olarak Boyle kendi adıyla bilinen **Boyle yasasını** ifade etmiştir. *Boyle yasasına göre belli bir miktar gaz örneğinin sabit sıcaklıktaki hacmi, basıncıyla ters orantılı olarak değişir.*

$$P \propto \frac{1}{V}$$

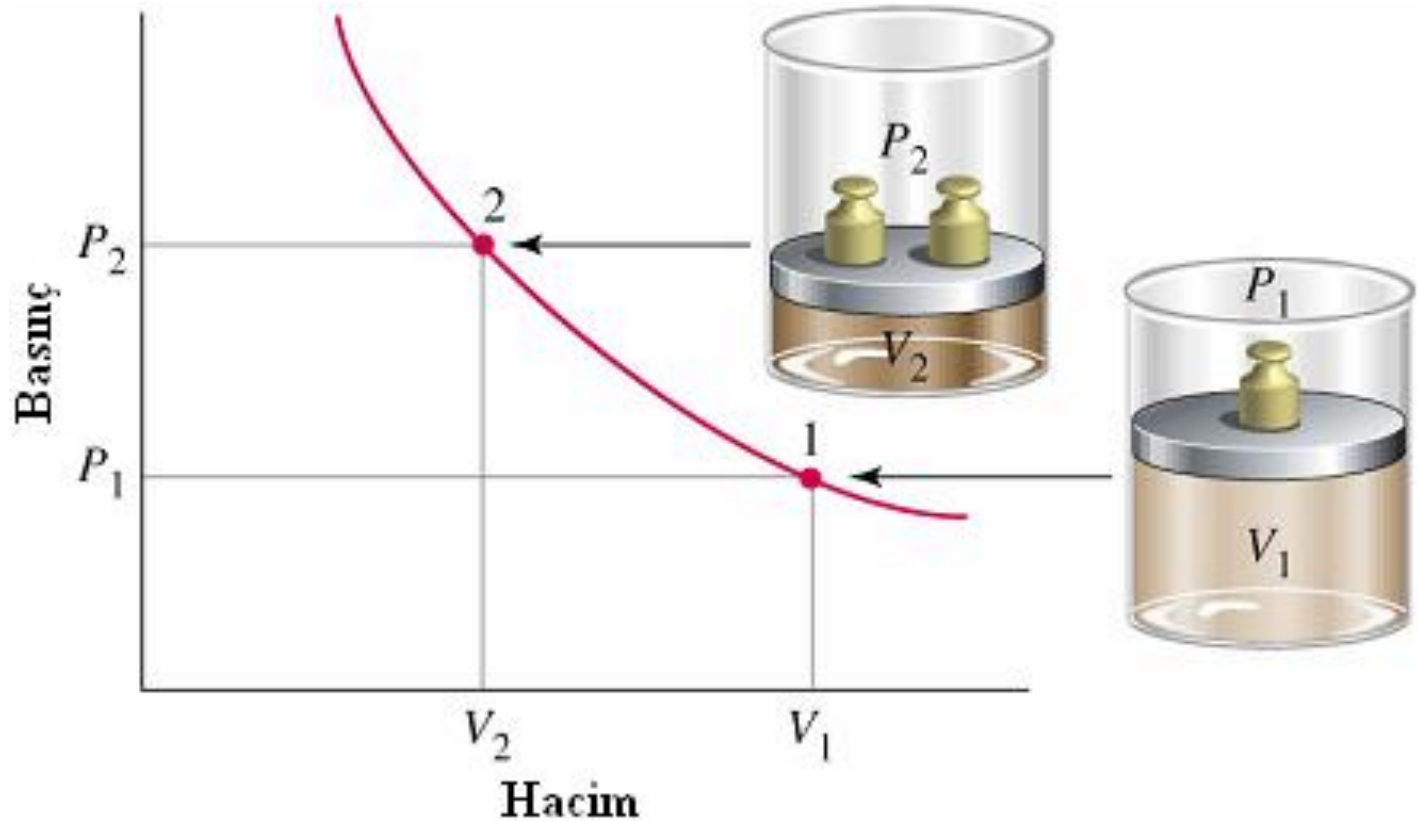
şeklinde yazılabilir. Bu bağıntı bir eşitlik olarak yazıldığında ve düzenlendiğinde

$$V = \text{Sabit} \frac{1}{P}$$

$PV = \text{Sabit}$ (T ve n sabit) elde edilir.

5-2 Basit Gaz Yasaları

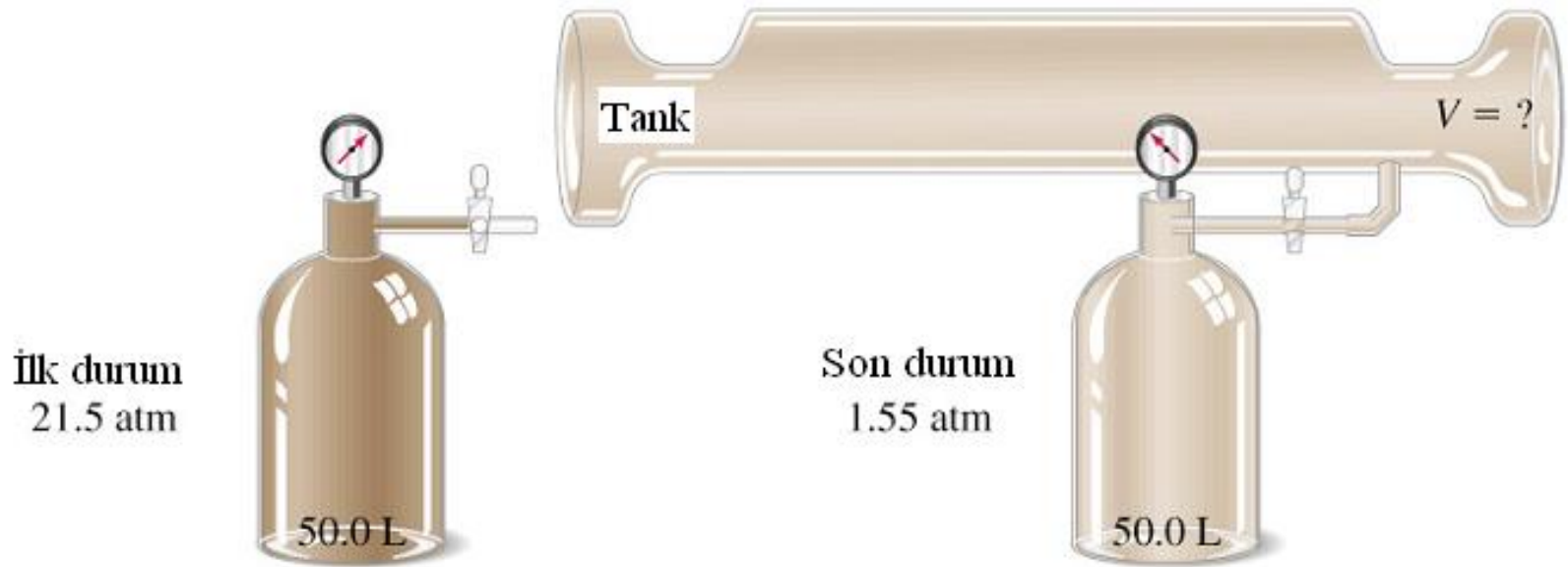
- **Boyle Yasası**, (1662) $P \propto \frac{1}{V}$ ya da $PV = a$ (a sabit)



Sabit sıcaklıkta, sabit miktardaki gazın hacmi, basıncı ile ters orantılıdır.

Örnek 1

Bir Gazın Hacim ve Basınç İlişkisi: Boyle Yasası



$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = 694 \text{ L} \quad V_{\text{tank}} = 644 \text{ L}$$

Örnek 2

Sabit sıcaklıkta 740 mmHg atmosfer basıncında 22,4 L hacime sahip olan bir gaz sıcaklık değiştirilmeden basınç uygulanarak hacmi 5,6 L ye düşürülüyor. İdeal gazın son halindeki basıncını mmHg olarak bulunuz.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

$$P_2 = \frac{740 \text{ mmHg} \times 22,4 \text{ L}}{5,6 \text{ L}}$$

$$P_2 = 2960 \text{ mmHg}$$

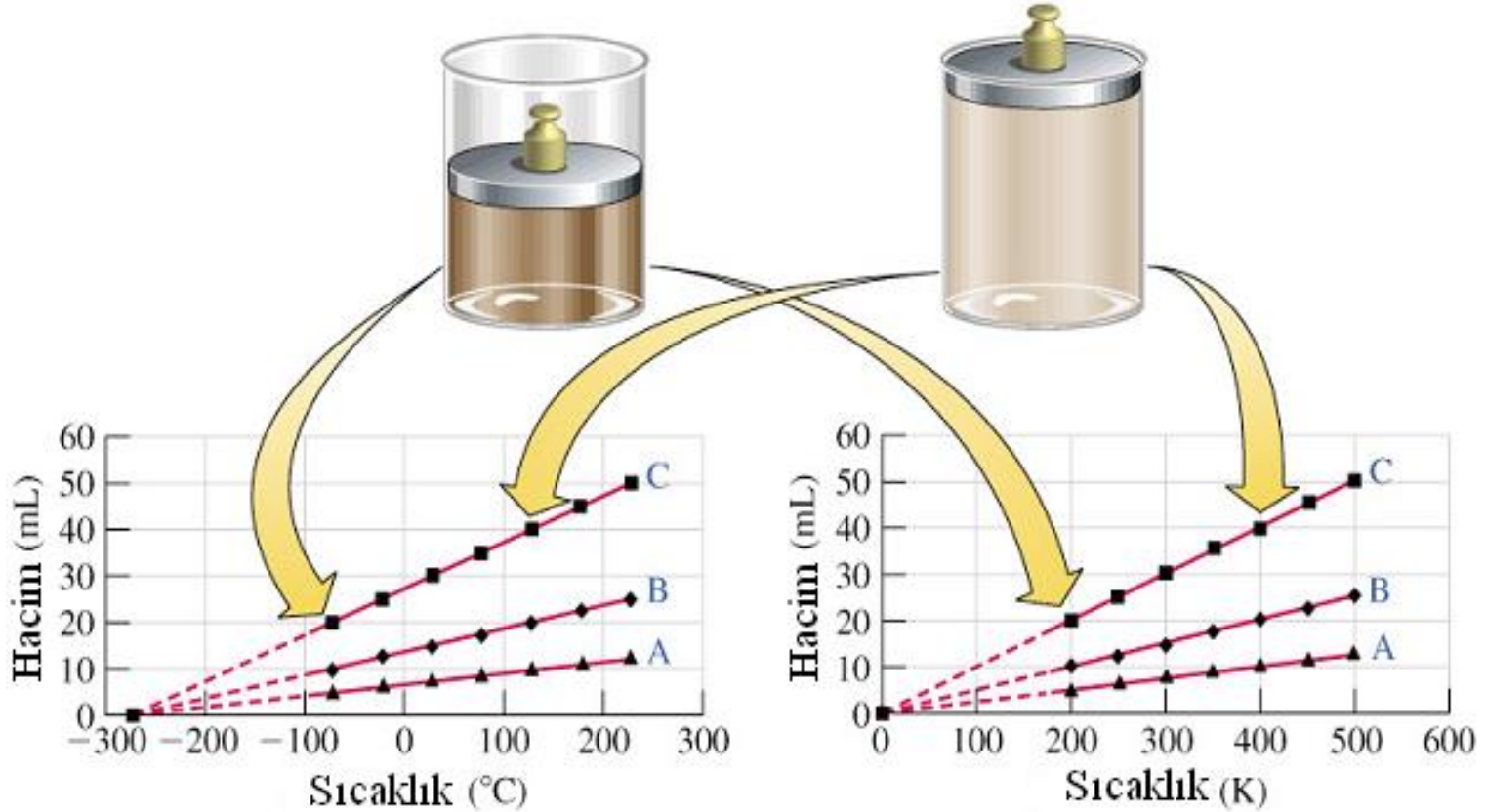
Charles Yasası

Charles (1787)

Gay-Lussac (1802)

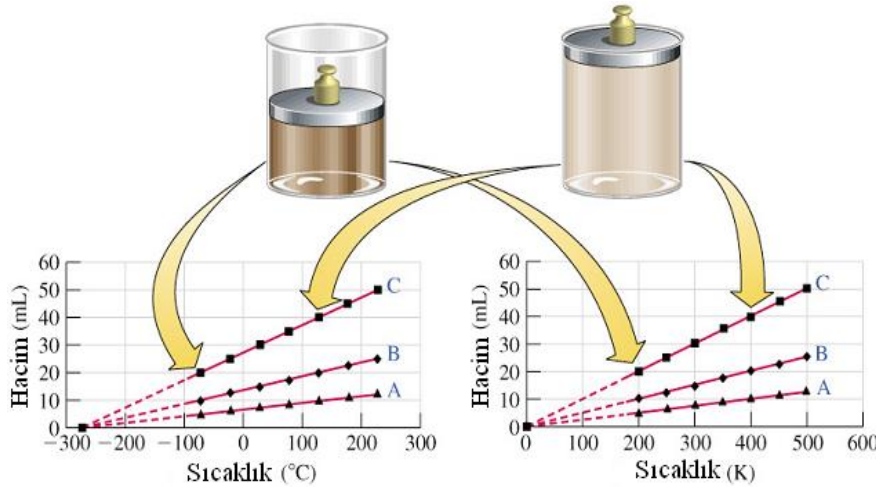
$$V \propto T$$

$$V = b T \text{ (} b \text{ sabit)}$$



Sabit basınçtaki, belli bir miktar gazın hacmi, sıcaklıkla doğru orantılıdır.

Charles Yasası



Grafikte de görüldüğü gibi bir gazın hacmi ile sıcaklık doğru orantılı olarak değişir. Bu grafikteki doğrulara eşbasınç (izobar) denilmektedir. O halde belli bir miktar gazın sabit basınçta hacim-sıcaklık ilişkisi;

$$V \propto T$$

$$V = \text{Sabit} \times T$$

$$\frac{V}{T} = \text{Sabit} \quad (P \text{ ve } n \text{ sabit})$$

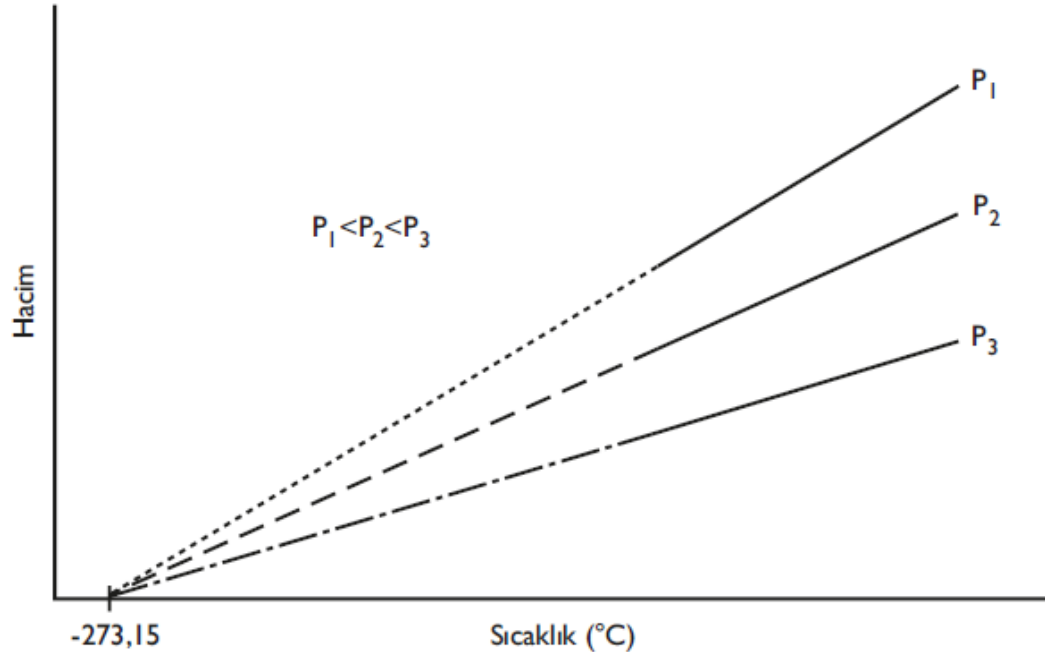
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \text{Sabit} \quad (P \text{ ve } n \text{ sabit})$$

bağıntılarıyla verilebilir. Bu ilişkiye ilişkin **Charles yasası** şu şekilde ifade edilebilir: *Belli miktardaki bir gazın hacmi sabit basınç altında mutlak sıcaklıkla doğru orantılı değişir.*

Charles Yasası

Gaz Hacmi Üzerine Sıcaklığın Etkisi: Charles Yasası

Gaz hacminin basınca bağıllılığının nasıl olduğu belirlendikten sonra gaz hacmi ile sıcaklık arasındaki ilişki, 1787 yılında Jacques Charles tarafından ortaya konulmuş ve bir gazın hacminin sabit basınç altında sıcaklıkla doğrusal değiştiği bulunmuştur.

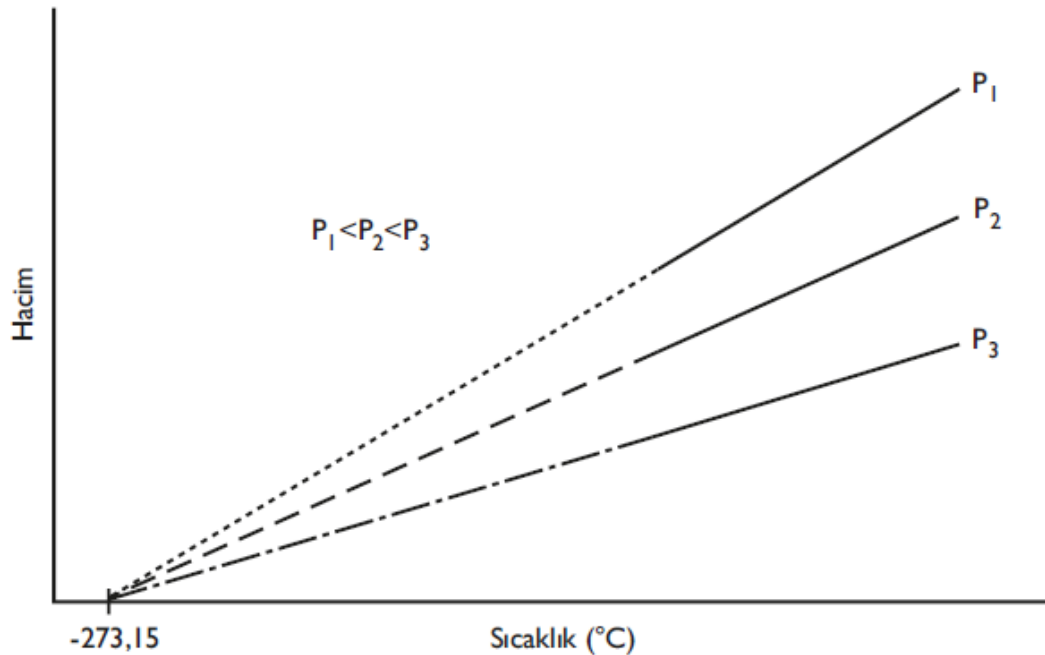


*Belli Miktar Bir
Gazın Sabit
Basınlarda
Hacim-Sıcaklık
İlişkisi*

$$V \propto T$$

Charles Yasası

Grafikte aynı miktar gazın üç farklı basınçtaki hacminin sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Bu grafikteki doğruların ekstrapolasyonu ilginç bir sonuç verir. $V=0$ a ekstrapolasyon yapıldığında bütün doğrular sıcaklık eksenini $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ de keserler. Bu sıcaklık Kelvin ölçeğinde 0 kelvindir ve **mutlak sıcaklık** olarak adlandırılır.



Charles Yasası

Örnek

25 °C de bir gaz örneğinin hacmi 34,6 cm³ tür. Gazın miktarının ve basıncının sabit kalması koşuluyla örneğin hacmini 51,9 cm³ e çıkarabilmek için sıcaklık ne olmalıdır?

Çözüm:

$$T_1 = 298 \text{ K}$$

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

$$\frac{34,6 \text{ cm}^3}{298 \text{ K}} = \frac{51,9 \text{ cm}^3}{T_2}$$

$$T_2 = 447 \text{ K}$$

$$t_2 = 447 \text{ K} \left(\frac{1^\circ\text{C}}{1 \text{ K}} \right) - 273^\circ\text{C} = 174^\circ\text{C}$$

Örnek Soru

Basıncı 1 atmosferde sabit tutulan ve 0 °C de hacmi 8,0 litre olan bir gaz örneği 100 °C ye ısıtılırsa hacmi ne olur?

STP (Standart Sıcaklık ve Basınç)

- Gazların özellikleri sıcaklık ve basınca bağlı olduğundan, farklı gazların karşılaştırılmasında kullanılmak üzere, sıcaklık ve basınç için **standart (normal) koşullar (şartlar)** tanımlamamız gerekir.
- Sıcaklık ve basıncın standart koşulları genellikle STP veya NŞA biçiminde kısaltılır;

$$P = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$T = 0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

Avogadro Yasası

- Gay-Lussac 1808: Gazlar basit tamsayılarla ifade edilen hacim oranlarıyla tepkimeye girerler. Yani, aynı sıcaklık ve basınçta eşit hacimdeki gazlar eşit sayıda atomlar içerir.
- Avogadro 1811: Eşit hacim- eşit sayı kuramı;
Bir gaz molekülü tepkimeye girdiğinde yarım moleküllere bölünebilir. Sabit sıcaklık ve basınçta, bir gazın hacmi miktarı ile doğru orantılıdır.

Avogadro Yasası

- Sabit sıcaklık ve basınçta, bir gazın hacmi miktarı ile doğru orantılıdır;

$$V \propto n$$

- Eğer gazın mol sayısı (n) iki katına çıkarılırsa, hacim de iki katına çıkar.

Bir gazın molar hacmi standart (normal) koşullarda yani 0°C ve 1 atm basınçta **22,4 Litredir.**



5-3 Gaz Yasalarının Birleştirilmesi: İdeal Gaz Denklemi ve Genel Gaz Denklemi

- **Boyle yasası**, basıncın etkisini tanımlar:
 $V \propto 1/P$
- **Charles yasası**, sıcaklığın etkisini tanımlar: $V \propto T$
- **Avogadro yasası**, gaz miktarının etkisini tanımlar: $V \propto n$

$$V \propto \frac{nT}{P}$$

İdeal Gaz Denklemi: Üç basit gaz yasasına göre, bir gazın hacmi ve miktarı sıcaklıkla doğru orantılı, basınç ile ters orantılıdır.

$$PV = nRT$$

İdeal Gaz Denklemi

atm.L/mol.K

$$PV = nRT$$

atm L mol K

Gaz Sabiti

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = 0,082057 \text{ L. atm. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 8,3145 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 8,3145 \text{ J.mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 1,987 \text{ cal. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Genel Gaz Denklemi

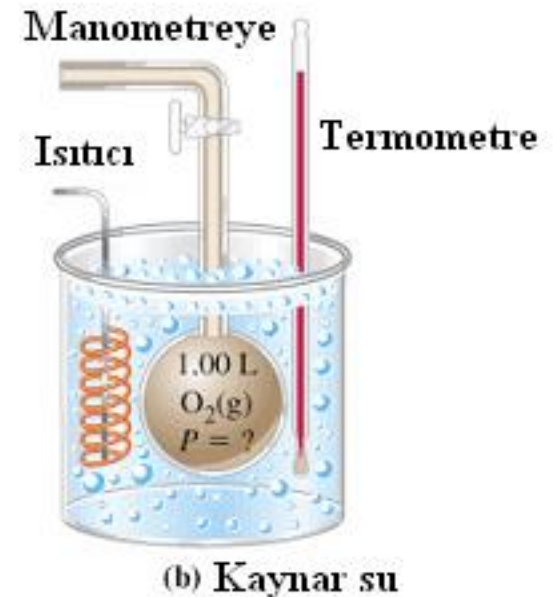
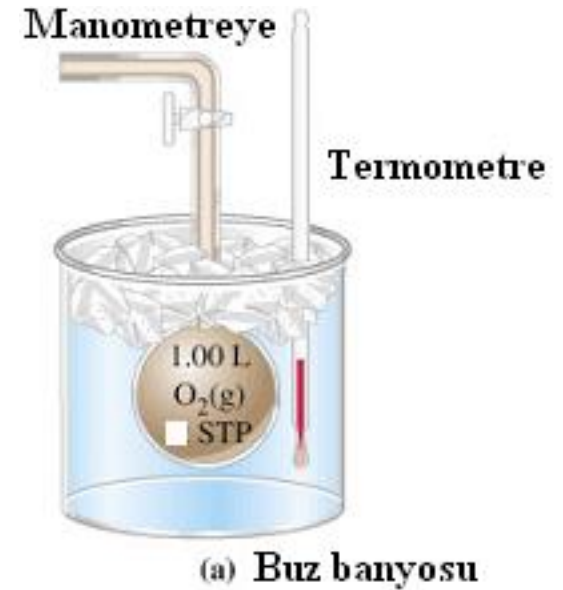
$$R = \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

Gaz miktarı ve hacim sabittir;

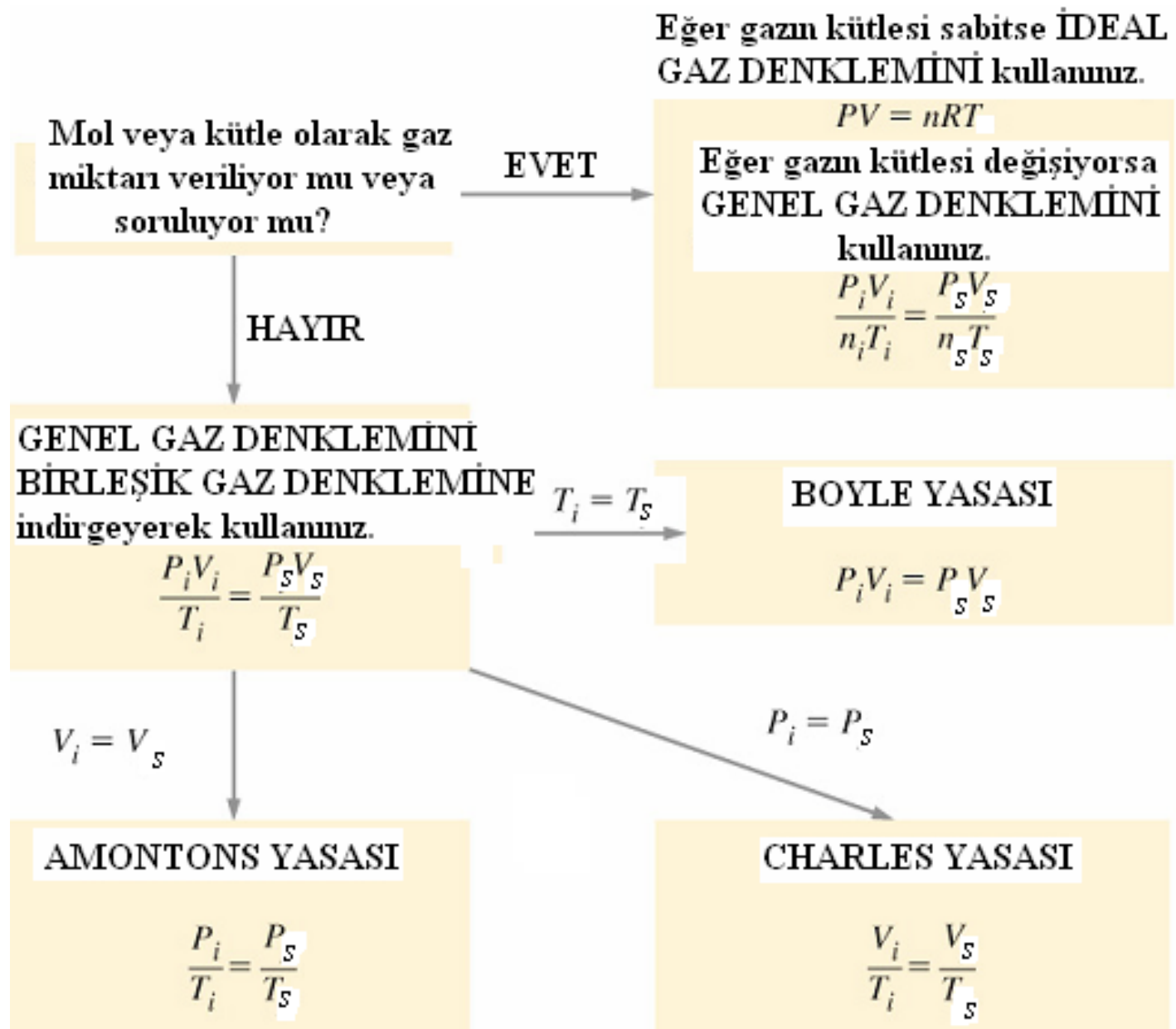
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

(a) STP de 1,00 L O₂(g)

(b) 100°C de 1,00 L O₂(g)



5-4 İdeal Gaz Denkleminin Uygulamaları



Gazın Mol Kütlesinin Tayini

$$PV = nRT \quad \text{ve} \quad n = \frac{m}{M_A}$$

$$PV = \frac{m}{M_A} RT$$

$$M_A = \frac{m RT}{PV}$$

Örnek 2

İdeal Gaz Denklemiyle Mol Kütlesi Tayini

Propilen ticari önemi olan bir gazdır (en çok kullanılan kimyasal maddeler arasında dokuzuncudur). Bu gaz diğer organik maddelerin sentezinde ve plastiklerin (polipropilen) üretiminde kullanılır. Temiz ve kurutulmuş bir cam tüp 40,1305 g ağırlığa sahiptir. Suyla doldurulduğunda (suyun yoğunluğu = $0,9970 \text{ g cm}^{-3}$) 25°C 'de 138,2410 g ve propilen gazı ile doldurulduğunda 740,3 mm Hg ve $24,1^{\circ}\text{C}$ 'de 40,2959 g gelmektedir. Propilenin mol kütlesi ne kadardır?

Çözüm:

İlk amaç cam tüpün ve dolayısıyla gazın hacmini belirlemektir.

Örnek 2

Suyun hacmi (tüpün hacmi) $V_{tüp}$:

$$(138,2410 \text{ g} - 40,1305 \text{ g}) = 98,1105 \text{ g suyun ağırlığı}$$

$$98,1105 \text{ g} / 0,9970 \text{ g/cm}^3 = 98,406 \text{ cm}^3 (\text{mL}) = 0,09841 \text{ L}$$

Gaz kütlesi ve diğer değişkenler m_{gaz} :

$$m_{gaz} = m_{dolu} - m_{boş} = (40,2959 \text{ g} - 40,1305 \text{ g}) = 0,1654 \text{ g}$$

$$\text{Sıcaklık} = 24,1^{\circ}\text{C} + 273,15 = 297,25 \text{ Kelvin}$$

$$\text{Basınç} = 740,3 \text{ mmHg} \times 1 \text{ atm} / 760 \text{ mmHg} = 0,9741 \text{ atm}$$

Örnek 2

Gaz Eşitliği:

$$PV = nRT \quad PV = \frac{m}{M_A} RT \quad M_A = \frac{m RT}{PV}$$

$$M_A = \frac{(0,6145 \text{ g}) \cdot (0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \cdot (297,25 \text{ K})}{(0,9741 \text{ atm}) \cdot (0,09841 \text{ L})}$$

$$M_A = 42,08 \text{ g/mol}$$

Gaz Yoğunlukları

$$PV = nRT \quad \text{ve} \quad d = \frac{m}{V}, \quad n = \frac{m}{M_A}$$

$$P \frac{m}{V} = \frac{m}{M_A} RT$$

$$\frac{m}{V} = d = \frac{M_A \cdot P}{R \cdot T}$$

5-5 Kimyasal Tepkimelerde Gazlar

- Gazların tepken ya da ürün olarak yer aldığı tepkimeler bizlere yabancı değildir.
- Şimdi stokiyometri hesaplamalarına uygulayabileceğimiz bir araca (ideal gaz denklemine) sahibiz.
- Gazlarla ilgili bilgiler hacim, basınç, sıcaklık, kütle ve mol sayısıdır.
- *Birleşen hacimler yasası*, gaz yasası kullanılarak geliştirilebilir.

Örnek 3

Tepkime Stokiyometrisi Hesaplamalarında İdeal Gaz Denkleminin Kullanılması

Sodyum azidin, NaN_3 , yüksek sıcaklıkta parçalanması $\text{N}_2(\text{g})$ verir. Bu tepkime hava yastıklı güvenlik sistemlerinde kullanılır. 70,0 g NaN_3 bozunduğunda 735 mmHg ve 26°C 'de kaç litre $\text{N}_2(\text{g})$ oluşur?



Örnek 3

N_2 'nin mol sayısı: $2 \text{ NaN}_3(\text{k}) \rightarrow 2 \text{ Na}(\text{s}) + 3 \text{ N}_2(\text{g})$

$$n_{\text{N}_2} = 70 \text{ g NaN}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaN}_3}{65,01 \text{ g NaN}_3} \times \frac{3 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol NaN}_3} = 1,62 \text{ mol N}_2$$

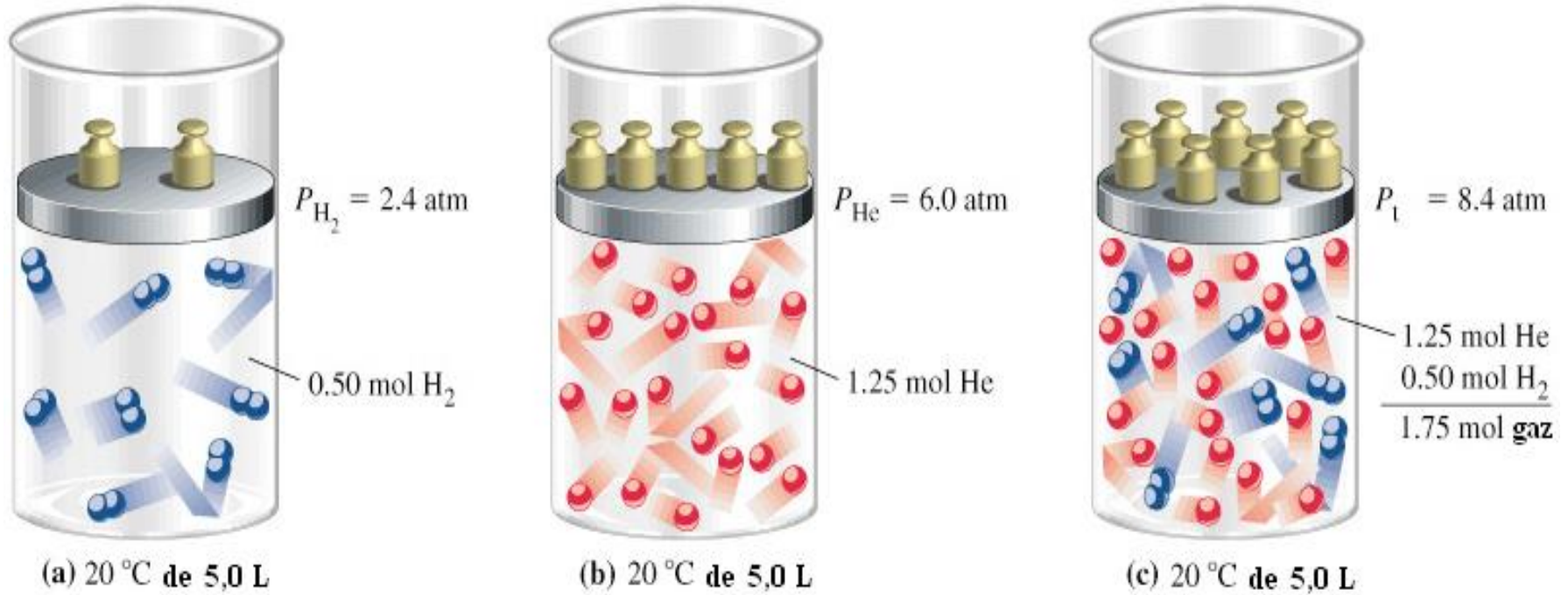
N_2 'nin hacmi:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1,62 \text{ mol})(0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(299 \text{ K})}{\left\{ (735 \text{ mmHg}) \frac{1.00 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \right\}}$$
$$= 41,1 \text{ L}$$

5-6 Gaz Karışımları

- Basit gaz yasaları ve ideal gaz denklemi tek tek gazlara uygulandığı gibi, birbirleriyle etkileşmeyen *gaz karışımlarına da* uygulanabilir.
- En basit yaklaşım, gaz karışımlarının *toplam mol sayısını* kullanmaktır (n_t). Burada n mol sayısıdır.
- Kısmi Basınç;
 - Bir gaz karışımında, gazlardan birinin, diğerlerinden etkilenmeyen basıncıdır. Karışımındaki her bir gaz kabı doldurur ve kendi kısmi basıncına sahiptir.

Dalton'un Kısmi Basınçlar Yasası



Dalton'un Kısmi Basınçlar Yasası; bir gaz karışımının toplam basıncı karışımın bileşenlerinin kısmi basınçlarının toplamına eşittir.

Kısmi Basınç

$$P_{\text{top}} = P_a + P_b + \dots$$

$$\frac{P_a}{P_{\text{top}}} = \frac{n_a RT/V_{\text{top}}}{n_{\text{top}} RT/V_{\text{top}}} = \frac{n_a}{n_{\text{top}}}$$

$$\frac{n_a}{n_{\text{top}}} = \chi_a$$

Örnek

1 g H₂ ve 5 g He gazı karışımı 20 °C de 5 L lik kaba konduğunda karışımın uyguladığı basınç nedir? He ve H₂ nin kısmi basıncı nedir? (H = 1,01 akb; He = 4,003 akb)

Çözüm:

$$n_{\text{H}_2} = 1,0 / (2 \times 1,01) = 0,495 \text{ mol} \sim 0,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{He}} = 5,0 / (1 \times 4,003) = 1,249 \text{ mol} \sim 1,25 \text{ mol}$$

$$n_{\text{T}} = n_{\text{H}} + n_{\text{He}} = 0,5 \text{ mol} + 1,25 \text{ mol} = 1,75 \text{ mol}$$

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$P \times 5 = 1,75 \times 0,082 \times (20 + 273,15)$$

$$P = 8,4 \text{ atm toplam basınç}$$

Örnek

1.Yol

$$P_{H_2} = (n_{H_2} \times R \times T) / V = (0,5 \times 0,082 \times 293,15) / 5 = 2,4 \text{ atm}$$

$$P_{He} = (n_{He} \times R \times T) / V = (1,25 \times 0,082 \times 293,15) / 5 = 6,0 \text{ atm}$$

2.Yol

$$P_{H_2} = (n_{H_2} / n_T) / P_T = (0,5 / 1,75) \times 8,4 = 2,4 \text{ atm}$$

$$P_{He} = (n_{He} / n_T) / P_T = (1,25 / 1,75) \times 8,4 = 6,0 \text{ atm}$$

Örnek

Aşağıdaki tepkimede su üzerinde 23 °C ve 751 mmHg basınçta 81,2 mL O₂ gazı toplanmaktadır. Bozunan Ag₂O (k) kütlesi ne kadardır? (M_{Ag₂O} = 231,7 g/mol; suyun 23 °C deki buhar basıncı 21,1 mmHg dir)



Çözüm:

$$P_T = 751 \text{ mmHg}$$

$$P_T = P_{\text{su}} + P_{\text{O}_2}$$

$$751 = 21,1 + P_{\text{O}_2}$$

$$P_{\text{O}_2} = 729,9 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{O}_2} \times V = n_{\text{O}_2} \times R \times T$$

$$(729,9/751) \times 81,2 \times 10^{-3} = n_{\text{O}_2} \times 0,082 \times (23 + 273,15)$$

$$n_{\text{O}_2} = 0,00321 \text{ mol}$$



$$\times \quad 0,00321 \text{ mol O}_2$$

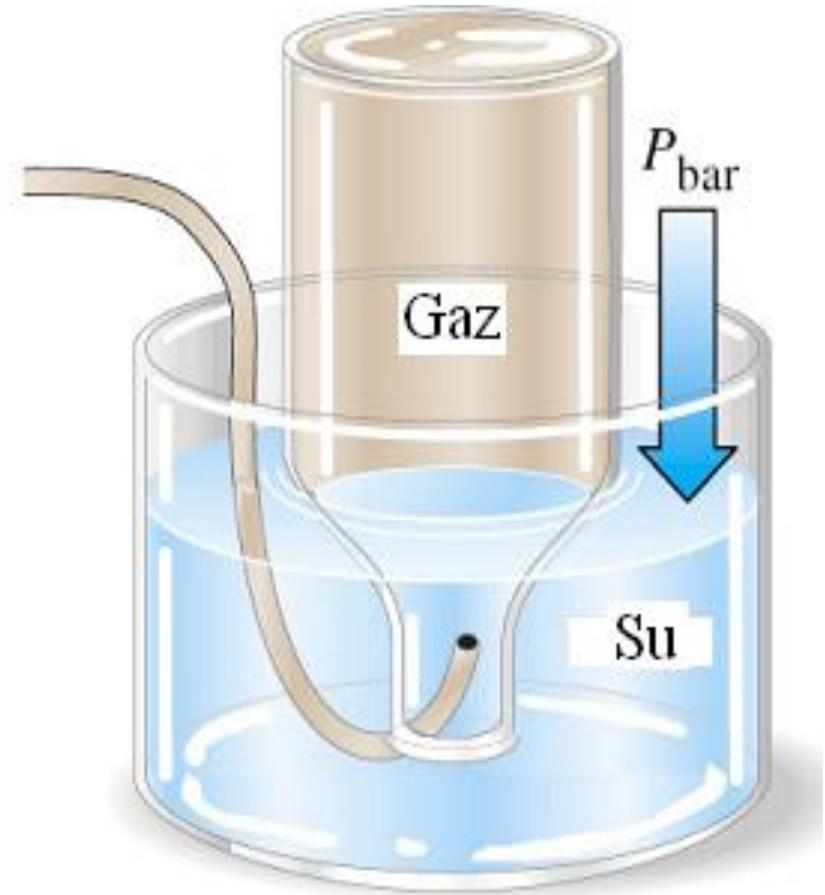
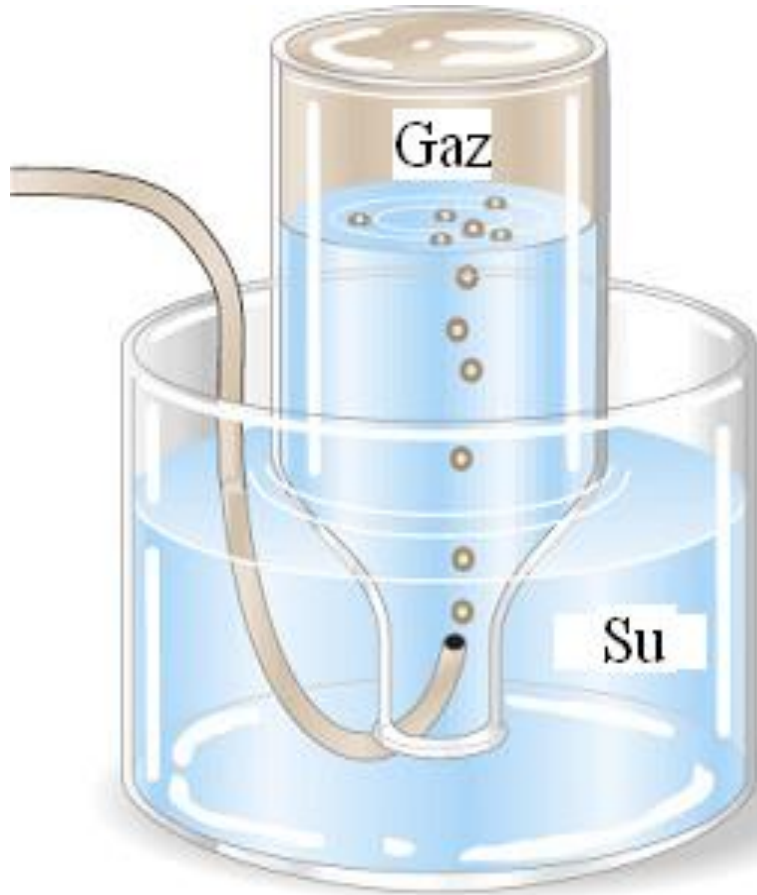
$$x = 6,42 \times 10^{-2} \text{ mol Ag}_2\text{O (k)}$$

$$1 \text{ mol Ag}_2\text{O} \quad 231,7 \text{ g/mol}$$

$$6,42 \times 10^{-2} \text{ mol Ag}_2\text{O} \quad x$$

$$x = 1,49 \text{ g Ag}_2\text{O (k)}$$

Bir Gazın Su Üzerinde Toplanması



$$P_{\text{top}} = P_{\text{bar}} = P_{\text{gaz}} + P_{\text{H}_2\text{O}}$$

5-7 Gazların Kinetik-Molekül Kuramı

- Gazlar sabit hızla, gelişi güzel ve doğrusal harekete sahip, çok çok küçük, çok sayıda taneciklerin (moleküller ya da bazı durumlarda atomlar) bir araya gelmesiyle oluşmuşlardır.
- Gaz molekülleri birbirinden çok uzaktadırlar. Yani gaz hemen hemen tümüyle bir boşluk olarak düşünülebilir (moleküller sanki kütlesi olan, ama hacmi olmayan tanecikler olarak kabul edilir. Bu taneciklere *nokta kütleler* adı verilir.

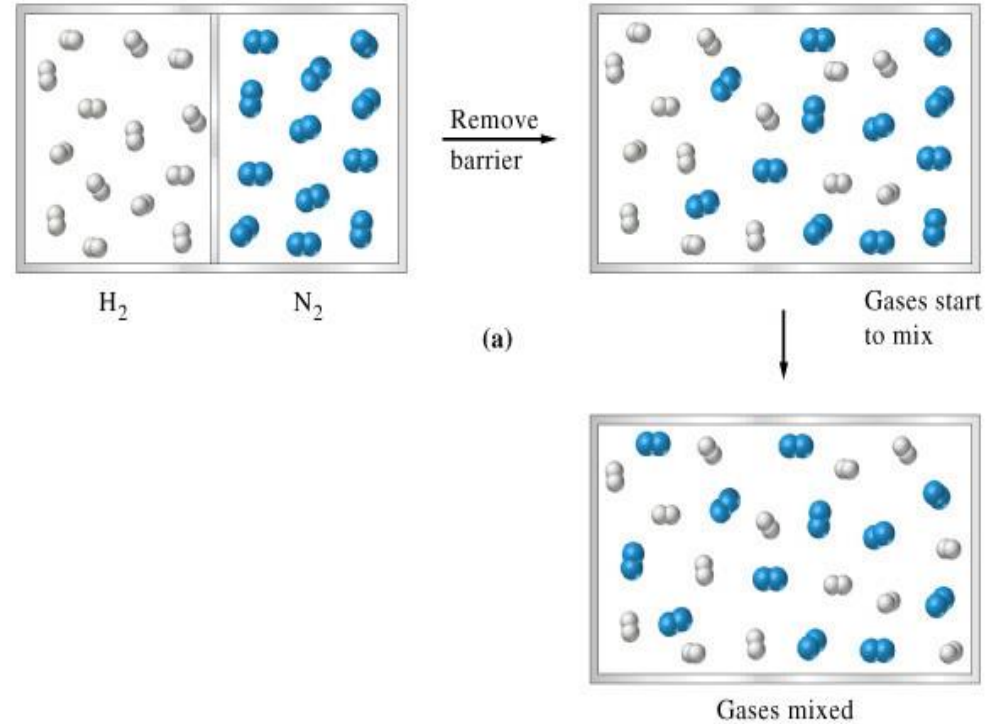


Gazların Kinetik-Molekül Kuramı

- Moleküller birbirleri ile ve bulundukları kabın çeperleri ile *çarpışırlar*. Ancak bu çarpışmalar çok hızlıdır ve moleküller arası çarpışmalar çok azdır.
- Moleküller arasında, çarpışma sırasında oluşan zayıf kuvvetler dışında, hiçbir kuvvet olmadığı kabul edilir. Yani, bir molekül diğerlerinden *bağımsız* olarak hareket eder ve etkilenmez.
- Bağımsız moleküller çarpışma sonucu enerji kazanabilirler ya da kaybedebilirler. Ancak, moleküllerin tümü göz önüne alındığında, sabit sıcaklıkta *toplam enerji sabittir*.

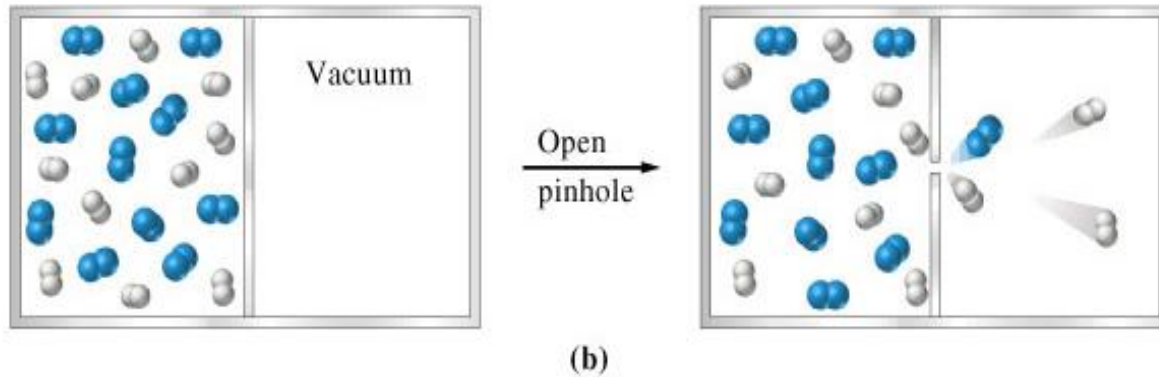
5-8 Kinetik-Molekül Kurama Bağlı Gaz Özellikleri

- **Difüzyon (yayılma):**
Rastgele molekül hareketi sonucu moleküllerin göç etmesidir. İki veya daha fazla gazın yayılması, moleküllerin karışmasıyla sonuçlanır ve kapalı bir kap içinde kısa sürede homojen bir karışıma dönüşür.



5-8 Kinetik-Molekül Kurama Bağlı Gaz Özellikleri

- **Efüzyon (dışa yayılma):** Gaz moleküllerinin bulundukları kaptaki küçük bir delikten kaçmasıdır. Dışa yayılma hızı doğrudan molekül hızları ile orantılıdır. Bu, yüksek hızlı moleküllerin düşük hızlı moleküllerden daha hızlı yayılması demektir.

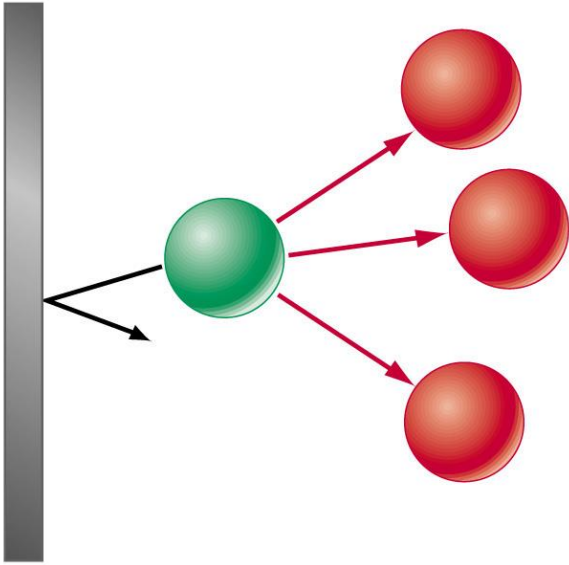


Graham Yasası

$$\frac{A'nun\ dışa\ yayılma\ hızı}{B'nin\ dışa\ yayılma\ hızı} = \frac{(u_{rms})_A}{(u_{rms})_B} = \sqrt{\frac{3RT/M_A}{3RT/M_B}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

- Gaz basıncı **çok küçük** olmalıdır. (Sadece düşük basınçlı gazlar (doğal kaçış, jet değil) için)
- Delikler moleküller geçerken çarpışma olmayacak şekilde **küçük** olmalıdır.
- Difüzyon için **geçerli değildir**.
- Kullanılan oran şöyle olabilir;
 - **efüzyon (dışa yayılma) hızı (yukarıdaki gibi)**
 - **moleküler hızlar**
 - **verim süreleri**
 - **dışa yayılma sürelerinin oranı**
 - **moleküller tarafından katedilen mesafe**
 - **dışa yayılan gaz miktarı**

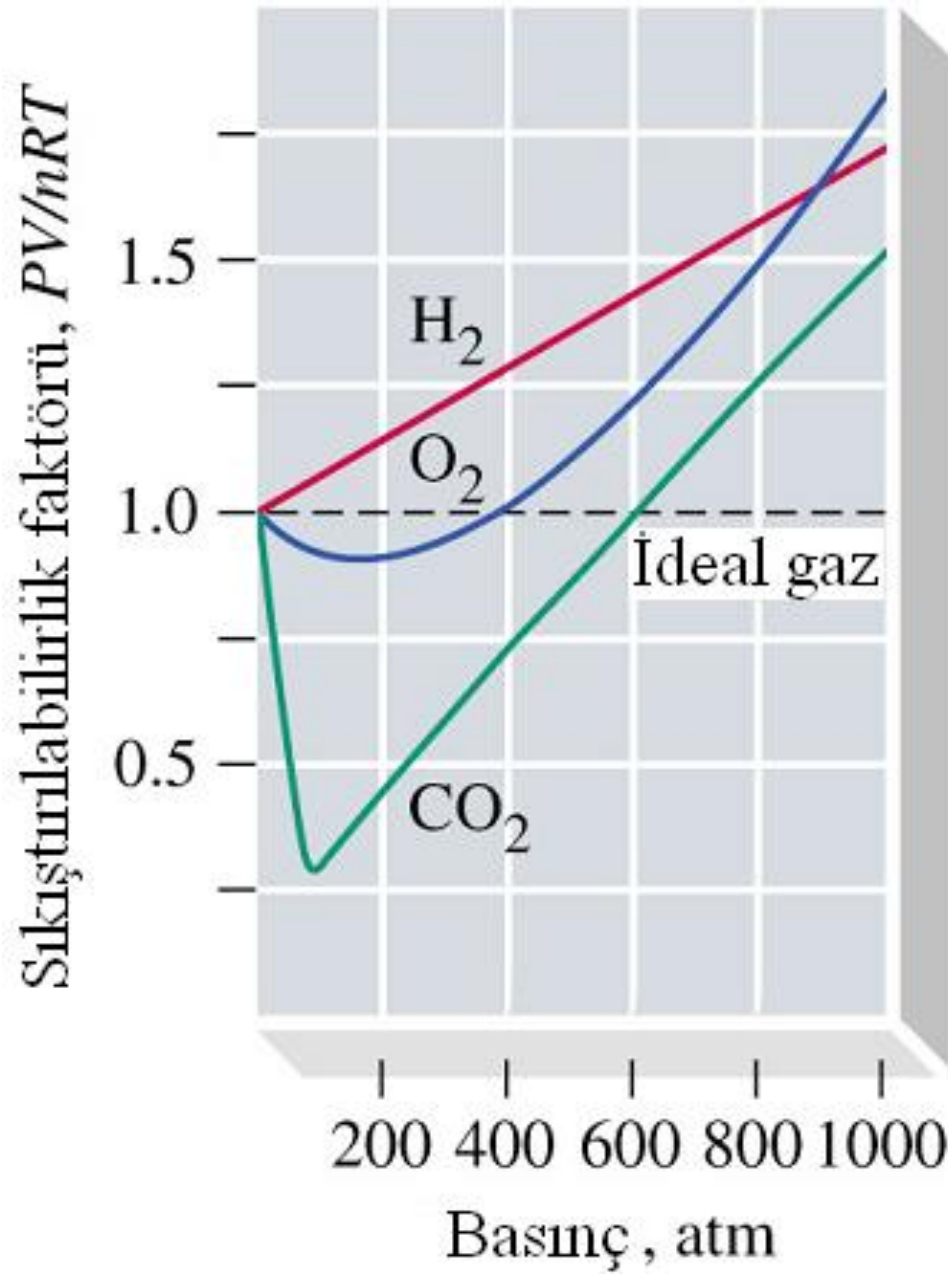
5-9 Gerçek (İdeal Olmayan) Gazlar



- Bir gazın ideal gaz koşulundan ne kadar saptığının ölçüsü sıkıştırılabilirlik faktörü ile belirlenir. PV/nRT oranıdır ve ideal gaz için 1'dir.

- Gerçek gazlarda:
 - $PV/nRT > 1$ moleküllerin kendilerinin de bir hacmi vardır ve bu hacim bastırılmaz.
 - $PV/nRT < 1$ moleküller arası çekim kuvvetleri sıkıştırılabilirlik faktörünün 1'den küçük olmasına neden olur.

Gerçek (İdeal Olmayan) Gazlar



Van der Waals Denklemi

- Moleküllerin öz hacimlerine ve moleküller arası kuvvetlere bağlı düzeltme terimleri taşıyan *Van der Waals denklemi* şöyledir:

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) \left(V - nb \right) = nRT$$

V: n mol gazın hacmi,

n^2/V^2 : moleküller arası çekim kuvveti ile ilgilidir,

a ve b değerleri gazdan gaza değişir. Sıcaklık ve basınca az çok bağlıdır.

Örnek

1 mol Cl_2 273 K de 2 L lik bir hacim kaplıyor. Basıncı van der Waals denklemi kullanarak hesaplayınız. ($a=6,49 \text{ L}^2\text{atmmol}^{-2}$ ve $b=0,0562 \text{ L/mol}$)

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

$$\left(P + \frac{1^2 \times 6,49}{2^2} \right) (2 - 1 \times 0,0562) = 1 \times 0,082 \times 273$$

$$P = 9,9 \text{ atm}$$

Örnek

Gaz Hacminin İdeal Gaz Denklemi ile Hesaplanması

Örnek 6.7 45 °C ve 745 mmHg da 13,7 g Cl₂ (g) nin kapladığı hacim ne kadardır?

$$P = 745 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = \frac{745}{760} \text{ atm} = 0,980 \text{ atm}$$

$$V = ?$$

$$n = 13,7 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70,91 \text{ g Cl}_2} = 0,193 \text{ mol Cl}_2$$

$$R = 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$T = 45^\circ\text{C} + 273 = 318 \text{ K}$$

V yi elde etmek için ideal gaz denkleminin her iki tarafı P ye bölünür.

$$\frac{PV}{P} = \frac{nRT}{P} \quad \text{ve} \quad V = \frac{nRT}{P}$$

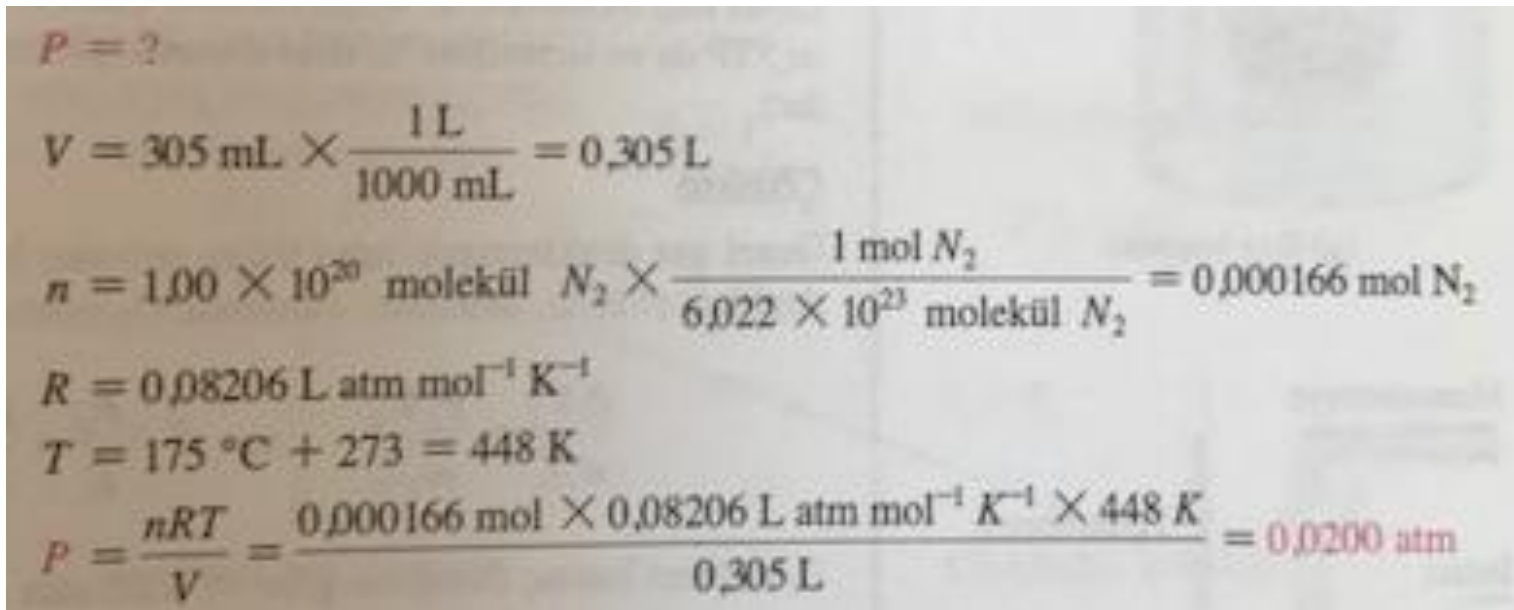
$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,193 \text{ mol} \times 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 318 \text{ K}}{0,980 \text{ atm}} = 5,14 \text{ L}$$

Örnek

Gaz Basıncının İdeal Gaz Denklemi Yardımıyla Hesaplanması

Örnek 6.8 305 mL lik bir kap içinde 175 °C deki $1,00 \times 10^{20}$ molekül N_2 nin oluşturduğu basınç ne kadardır?

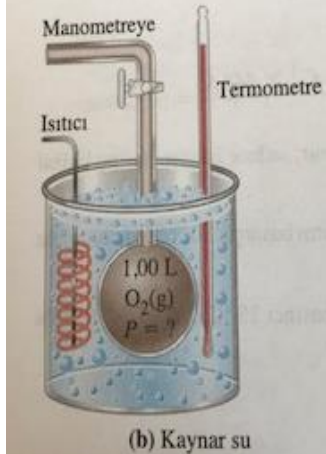
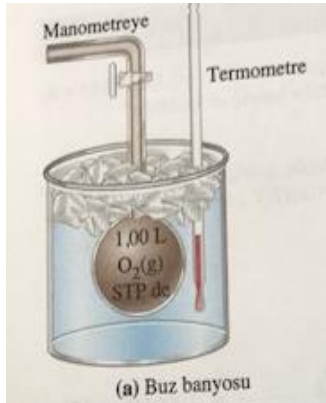
İdeal gaz denklemini kullanmadan önce, molekülü mole, mililitreyi litreye, Celsius'u Kelvin'e çevirmeliyiz. Sonra, ideal gaz denklemi $P = nRT/V$ düzenlenir, ilgili veriler yerine konur ve denklem çözülür.



$P = ?$

$$V = 305 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0,305 \text{ L}$$
$$n = 1,00 \times 10^{20} \text{ molekül } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{6,022 \times 10^{23} \text{ molekül } N_2} = 0,000166 \text{ mol } N_2$$
$$R = 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$
$$T = 175 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 448 \text{ K}$$
$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{0,000166 \text{ mol} \times 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 448 \text{ K}}{0,305 \text{ L}} = 0,0200 \text{ atm}$$

Örnek



▲ ŞEKİL 6-11

Gaz basıncının sıcaklıkla değişimi—Örnek 6-9

Gaz miktarı ve hacim sabittir.

(a) STP de 1,00 L O₂(g);

(b) 100 °C de 1,00 L O₂(g)

Örnek 6.9 Şekil 6.11 de 1,00 L lik balonda O₂ (g) nin önce STP da ve sonra 100 °C deki durumu gösterilmektedir. 100 °C deki basınç ne kadardır?

Genel gaz denkleminde sabit kalan terimler belirlenir. Bu terimler yok edilerek kalan denklem çözülür. Buradaki durumda, O₂ miktarı ($n_1 = n_2$) ve hacmi ($V_1 = V_2$) sabittir.

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \quad \text{ve} \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{ve} \quad P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

P_1 standart basınç olduğuna göre = 1 atm dir.

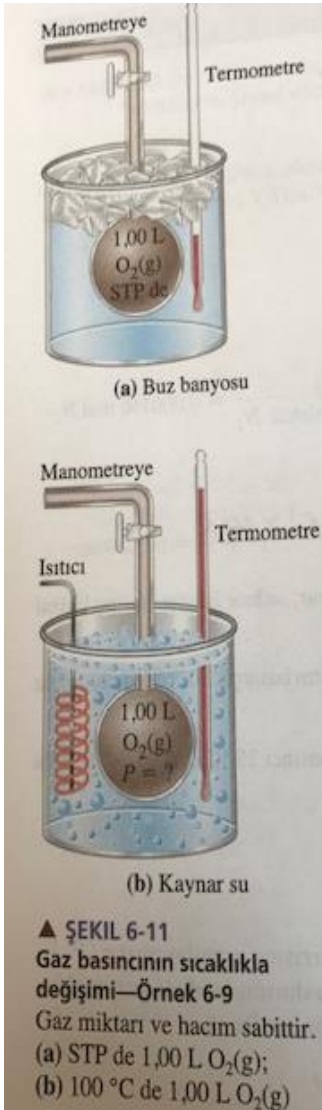
$$P_2 = 1,00 \text{ atm} \times \frac{(100 + 273) \text{ K}}{273 \text{ K}} = 1,00 \text{ atm} \times \frac{373 \text{ K}}{273 \text{ K}} = 1,37 \text{ atm}$$

Örnek

Örnek 6.9 A. 36,2 °C ve 2,14 atm de 1,00 mL N₂ (g) örneği 37,8 °C a ısıtıldığında basıncı 1,02 atm e değişmektedir. Son sıcaklık ve basınçtaki gaz ne kadar hacim işgal eder?

$$V_2 = \frac{V_1 P_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{1.00 \text{ mL} \times 2.14 \text{ atm} \times (37.8 + 273.2) \text{ K}}{1.02 \text{ atm} \times (36.2 + 273.2) \text{ K}} = 2.11 \text{ mL}$$

Örnek



Örnek 6.9 B. Şekil 6.11 de O₂ (g) 100 °C ye ısıtıldığında basıncın 1,00 atm de kaldığını varsayalım. Bu durumda balondan salınması gereken O₂ (g) nin kütlesi ne kadardır?

Şişenin hacmi 1,00 L'dir ve başlangıçta standart sıcaklık ve basınçta (STP'de) O₂ içerir. O₂ (g) kütlesi, 273 K ve 373 K'lik iki sıcaklıktaki O₂ miktarının farkından elde edilir. Ayrıca, kütleleri ayrı ayrı hesaplayabilir ve bunları çıkarabiliriz.

O₂ kütlesi

$$\begin{aligned} &= (n_{\text{STP}} - n_{100^\circ\text{C}}) \times M_{\text{O}_2} = \left(\frac{PV}{R273\text{K}} - \frac{PV}{R373\text{K}} \right) \times M_{\text{O}_2} = \frac{PV}{R} \left(\frac{1}{273\text{K}} - \frac{1}{373\text{K}} \right) \times M_{\text{O}_2} \\ &= \frac{1.00\text{ atm} \times 1.00\text{ L}}{0.08206\text{ L atm mol}^{-1}\text{ K}^{-1}} \left(\frac{1}{273\text{ K}} - \frac{1}{373\text{ K}} \right) \times \frac{32.00\text{ g}}{1\text{ mol O}_2} = 0.383\text{ g O}_2 \end{aligned}$$

Örnek

Örnek 6.10 A Örnek 6.10 da kullanılan aynı cam tüp bilinmeyen bir gazla 772 mmHg ve 22,4 °C de doldurulmaktadır. Gaz ile doldurulan tüp 40,4868 g ağırlığındadır. Gazın mol kütlesi ne kadardır?

Tüpün hacmi 0,09841 L dir.

$$M = \frac{mRT}{PV} = \frac{(40.4868 \text{ g} - 40.1305 \text{ g}) \times \frac{0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times (22.4 \times 273.2) \text{ K}}{\left(772 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \right) \times 0.09841 \text{ L}} = 86.5 \text{ g/mol}$$

Örnek

Örnek 6.10 B NO ya da NO₂ olduğu sanılan 1,27 g azot oksit 25 °C ve 737 mmHg da 1,07 L hacim kaplamaktadır. Bu gaz hangi oksittir?

Gazın molar kütlesi (1,27 g), gazın mol sayısından belirlenebilir. Bu değer ideal gaz eşitliğinden çıkartılabilir.

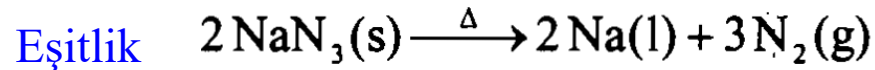
$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{\left(737 \text{ mm Hg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}}\right) \times 1.07 \text{ L}}{\frac{0.08206 \text{ L atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times (25 + 273) \text{ K}} = 0.0424 \text{ mol gas}$$

$$M = \frac{1.27 \text{ g}}{0.0424 \text{ mol}} = 30.0 \text{ g/mol}$$

NO nun mol kütlesi ile uyum sağlamaktadır.

Örnek

Örnek 6.12 A 30,0 °C ve 776 mmHg 20,0 L N₂ elde etmek için kaç gram NaN₃ gereklidir?



$$\text{N}_2 \text{ molü} = \frac{P V}{R T} = \frac{\left(776 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \right) \times 20.0 \text{ L}}{\frac{0.08206 \text{ L atm}}{\text{mol K}} \times (30.0 + 273.2) \text{ K}} = 0.821 \text{ mol N}_2$$

Şimdi stokiyometrik problemi çözelim.

$$\text{NaN}_3 \text{ kütlesi} = 0.821 \text{ mol N}_2 \times \frac{2 \text{ mol NaN}_3}{3 \text{ mol N}_2} \times \frac{65.01 \text{ g NaN}_3}{1 \text{ mol NaN}_3} = 35.6 \text{ g NaN}_3$$

Tarama Soruları

Örnek 15 0,418 g lık bir gaz örneği 66,3 °C ve 743 mmHg de 115 mL hacim kaplar. Bu gazın mol sayısı nedir? **0.00404 mol gaz**

Örnek 16 Özel bir uygulamada 32 °C de 1,80 g/L yoğunluğa sahip N₂ kullanılmaktadır. N₂ nin mmHg olarak basıncı ne olmalıdır?

P: 1.22.10³ mmHg