

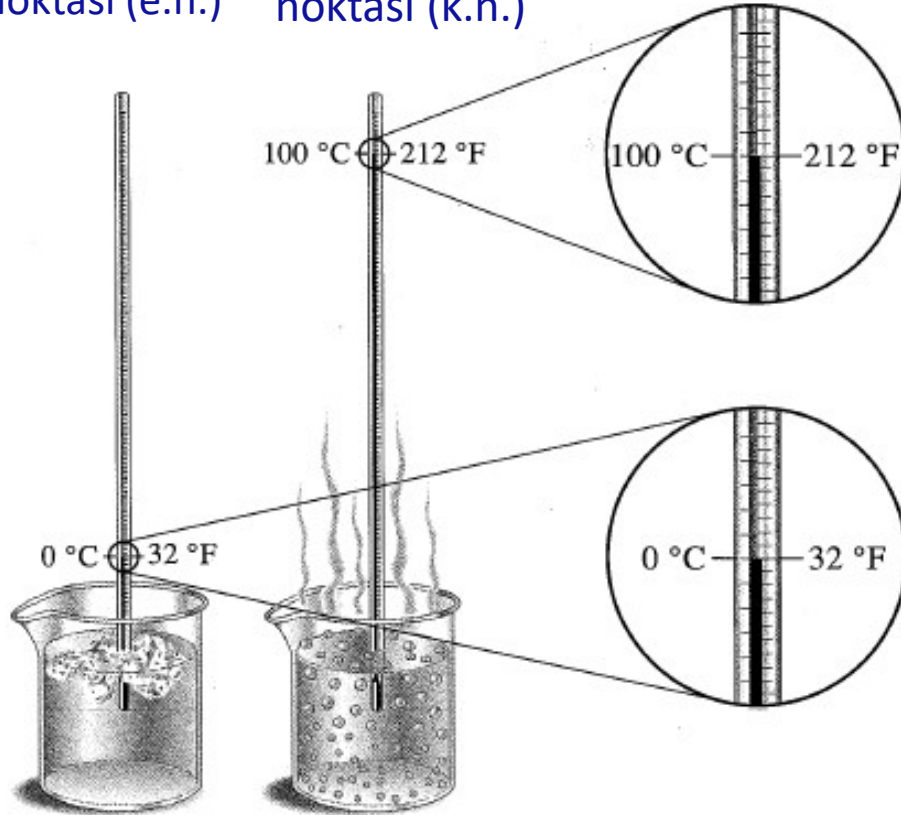
Gazlar

Doç. Dr. Yasemin G. İŞGÖR
Ankara Üniversitesi

Hatırlatma: Sıcaklık, hacim ve yoğunluk

SICAKLIK

Buzun erime noktası (e.n.) Suyun kaynama noktası (k.n.)



Celsius'tan Kelvin'e $T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15$

Celsius'tan Fahrenheit'a $t(^{\circ}F) = \frac{9}{5} t(^{\circ}C) + 32$

Fahrenheit'den Celsius'a $t(^{\circ}C) = \frac{5}{9} [t(^{\circ}F) - 32]$

- **Hacim** (V) uzayda kapladığı üç boyutlu alandır. Cismin taban alanının (A) yüksekliğiyle (h) çarpımıdır. Küp için kenar a olduğuna göre hacim :

$$V = A \times h = (a \times a) \times (a) = a^3$$

1 cm kenarı olan küpün hacmi

$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ c.c.} = 1 \text{ mL}$ olarak alınır.

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$ dir.

- **Yoğunluk** (d) ise birim hacimdeki madde miktarıdır. Yani toplam hacmin 1 birimi başına ne kadar madde bulunması gerektiğini gösterir.
- $d = \text{kütle (m)} / \text{Hacim (V)}$



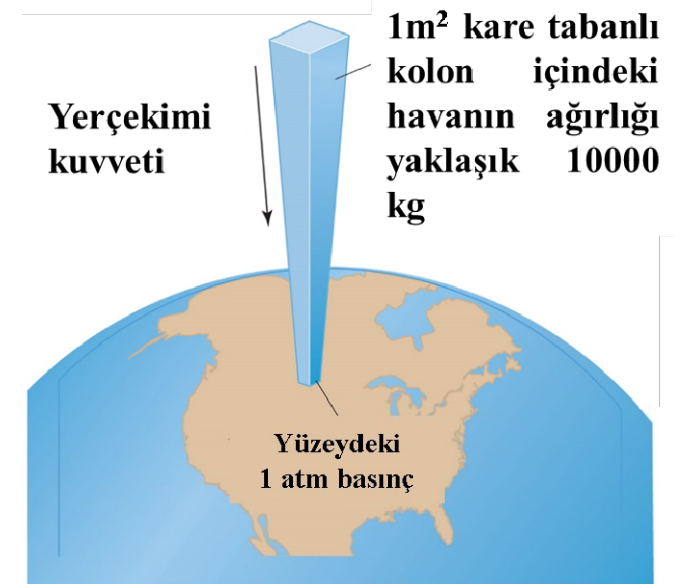
Gazların Özellikleri

- Katı ve sıvılardan farklı olarak gazlar bulundukları kabı tamamen doldurabilir (yayılabilme özelliği)
- Kapladıkları hacim küçültebilir (sıkıştırılabilme özelliği)
- Birim hacimdeki molekül sayısı az olduğundan birim hacimdeki madde miktarıda çok çok küçüktür (düşük yoğunluk özelliği)

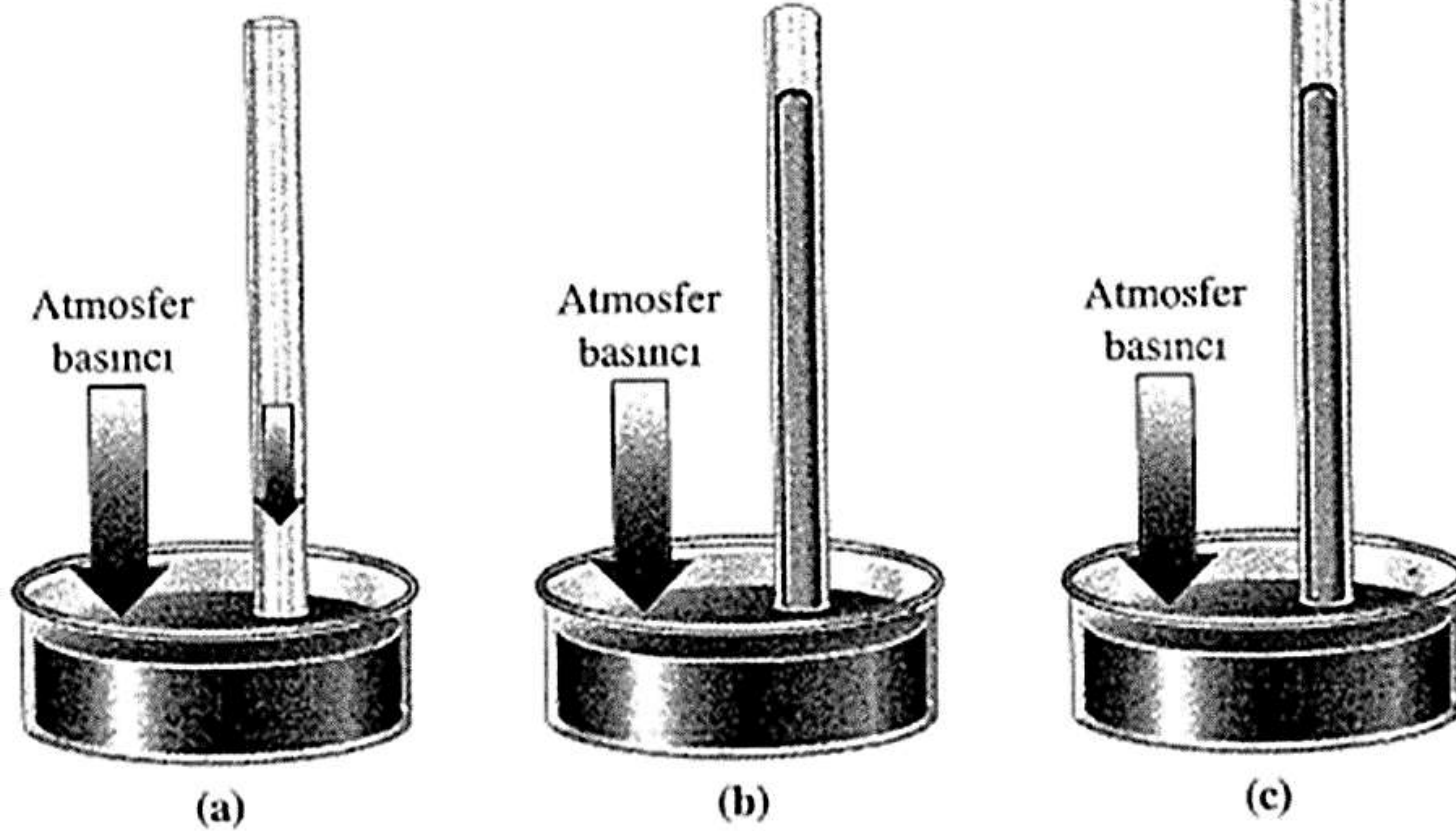
BASINÇ (P) :

- Basınç, birim alana uygulanan kuvvettir.
- Atmosfer basıncı ise birim alana havanın uyguladığı basınçtır.
- **Basınç birimleri:**
 - Paskal : $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
 - Bar : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$
 - $1.00 \text{ atm} = 760 \text{ torr (760 mm Hg)} = 101.325 \text{ kPa}$
 - $1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr}$
 - Kuvvet birimi Newton= $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$

$$P = \frac{F}{A}$$



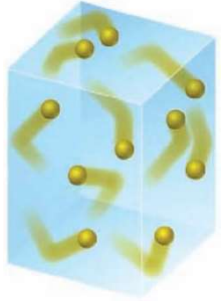
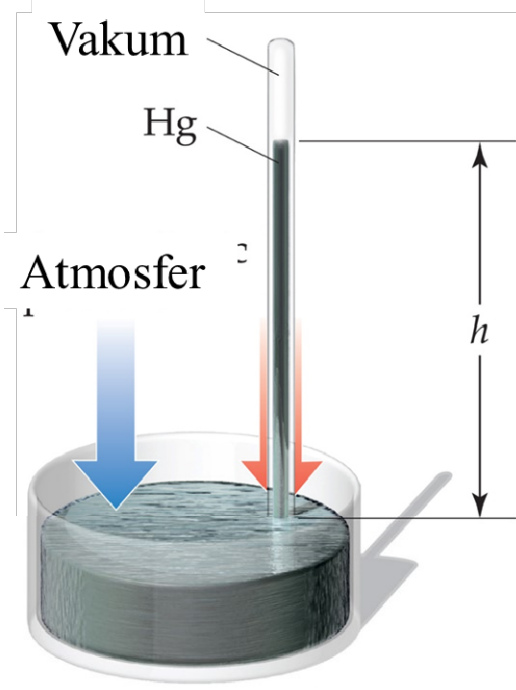
Deniz seviyesinde basınç ölçümü



A. Açık uçlu borudaki cıva yüksekliği kap içerisindeki cıva yüksekliğiyle aynıdır

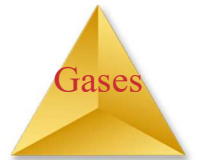
B. Kapalı uçlu borudaki cıva yüksekliği kap içerisindeki cıva yüksekliğinden yüksektir ve atmosferin kaptaki cıva yüzeyine uyguladığı basınca denktir (760 mm hg)

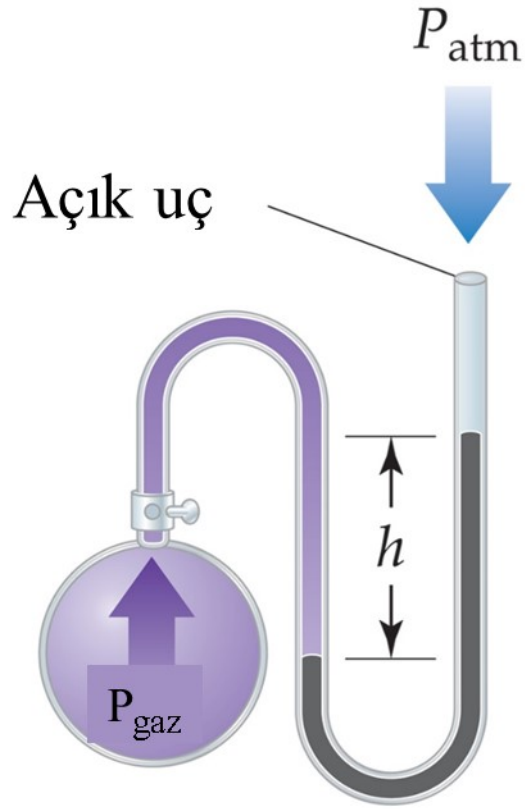
B. Kapalı uçlu borudaki cıva yüksekliği borunun uzunluğunu arttırmakla değişmez (760 mm Hg)



Gaz moleküllerinin kabın
yüzeyine çarparak basınç
uygulaması

- Atmosfer basıncının ölçülmesi için vakumla havası boşaltılmış tüp cıva ile doldurulur ve cıva dolu kaba daldırılır.
- Atmosfer basıncına denk gelene dek cıva borudan aşağı doğru iner boşluk (vakumlu alan) bir miktar cıva buharıyla dolabilir.
- Cıva buharı ve sıvı fazdaki cıva metali dış basınca uygun olacak şekilde dengeye ulaştığında borudaki yükseklik (h) atmosferin basıncını mmHg yani torr cinsinden ölçmemizi sağlamış olur.





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

- **Manometre ve mm Hg (torr)**

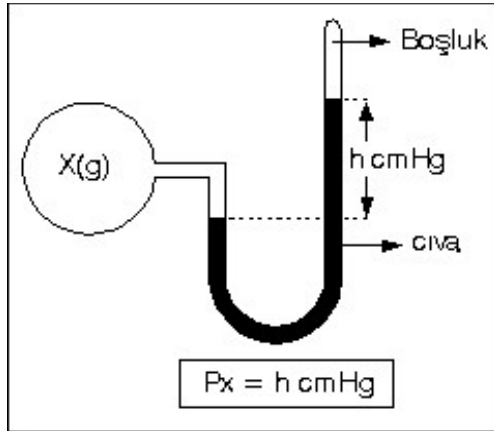
- Manometre adı verilen içi gaz dolu balonun bağlı olduğu cam kolonun iki kolundaki civaanın yüksekliği (h) arasındaki farktır. Birimim mm Hg yani milimetre cıva olarak bilinir..

$$1.00 \text{ atm} = 760 \text{ torr (760 mm Hg)} = 101.325 \text{ kPa}$$

- Kapalı bir balona doldurulan gazın basıncını ölçmek için U şeklinde koolu olan manometre sistemi kullanılır.
- Gazın musluğu açılarak boruya verildiğinde atmosfer basıncı ile gaz basıncı arasındaki farka göre manometre kollarında (borularda) cıvanın hareket ettiği gözlenir.
- Hareket durduğunda dış kol ile iç koldaki cıva yüksekliği farkı gazın mmHg cinsinden basıncını verir.

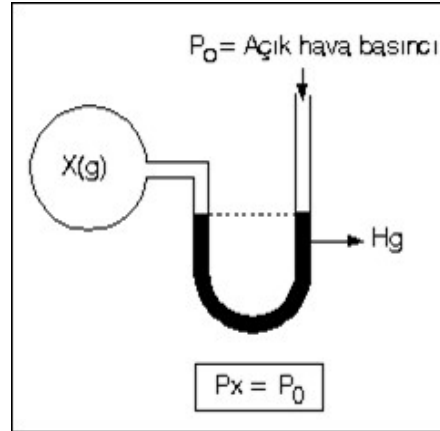
Kapalı ve açık uçlu manometrelerle gaz basıncı ölçümü

Kapalı uçlu manometre



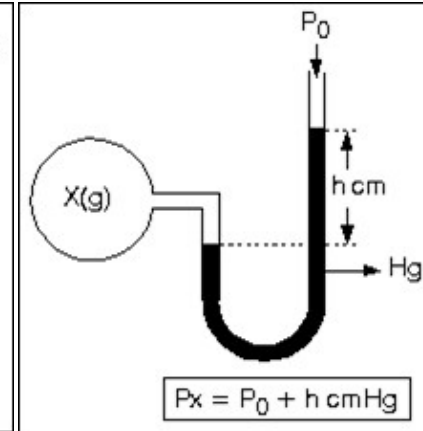
cıva $h = h_{\text{dış kol}} - h_{\text{iç kol}}$
 $h(\text{Hg}) = \text{Gazın basıncı}$

Açık uçlu manometre



Cıva $h=0$ ise

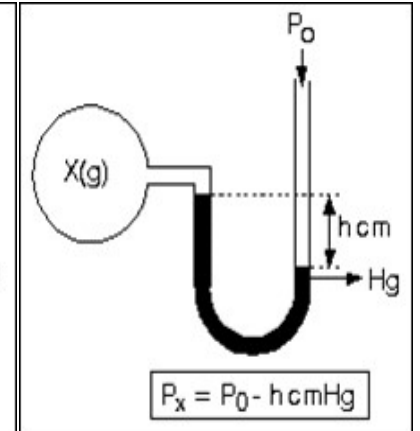
$$P_{\text{atm}} = P_{\text{gaz}}$$



$$h(\text{Hg}) = h_{\text{dış}} - h_{\text{iç}}$$

$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{atm}} + h(\text{Hg})$$

$$H(\text{Hg}) > 0$$



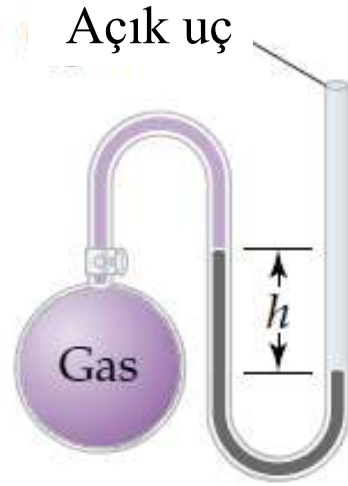
$$h(\text{Hg}) = h_{\text{dış}} - h_{\text{iç}}$$

$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{atm}} - h(\text{Hg})$$

$$H(\text{Hg}) < 0$$

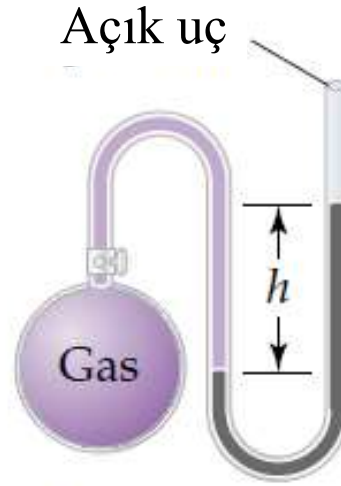
ÖRNEK: aşağıdaki manometrelerdeki gazın basıncı nedir?

Not: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa}$
ve $1 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$ 'dir.



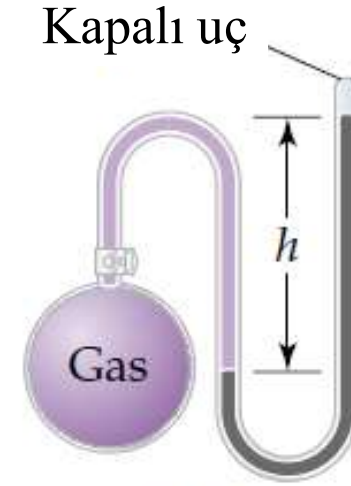
$$h = 52 \text{ cm}$$

(i)



$$h = 67 \text{ mm}$$

(ii)



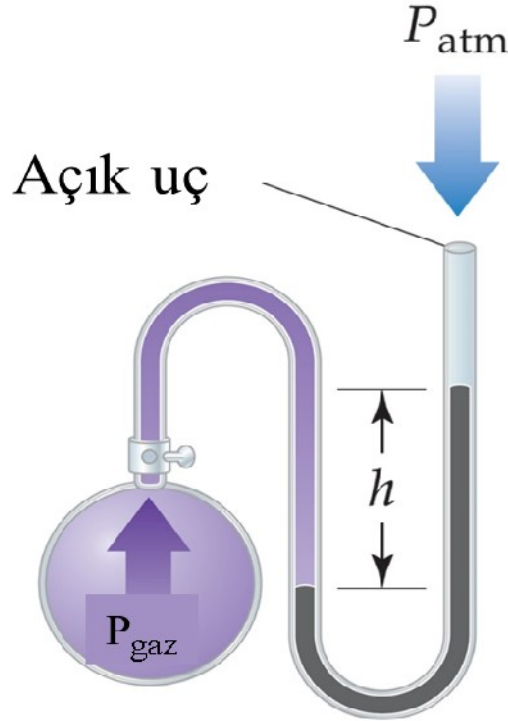
$$h = 10.3 \text{ cm}$$

(iii)

ÖRNEK: Manometre kullanarak gaz basıncı ölçülmesi

Atmosfer basıncının 764.7 torr olduğu ölçülmüştür. Açık uçlu manometreye yüklenen gazın basıncı ölçülmek istenmektedir. Gazın musluğu açıldığında açık uçtaki cıva yüksekliği 136.4 mm, gaza bağlı kolondaki yükseklik ise 103.8 mm ölçülmüştür. Bu veriler ve görsel ışığında gazın basıncı a) kaç atm'dir? B) kaç kPa'dır?

ÇÖZÜM



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

$$P_{\text{atm}} = 764.7 \text{ torr} = 764.7 \text{ mmHg}$$

$$P_h = \text{dış (açık uç) yüksekliği} - \text{iç (gazabağlı kolon) yüksekliği}$$

$$P_h = 136.4 \text{ mmHg} - 103.8 \text{ mmHg}$$

$$P_h = 32.6 \text{ mmHg} = 32.6 \text{ torr}$$

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

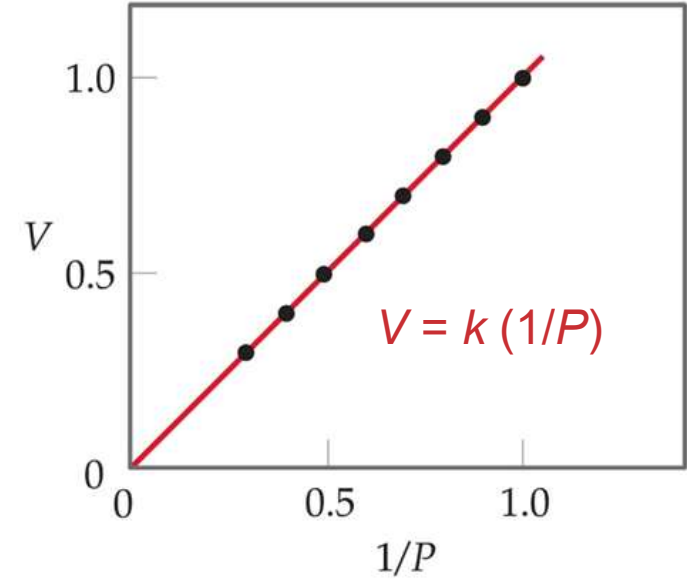
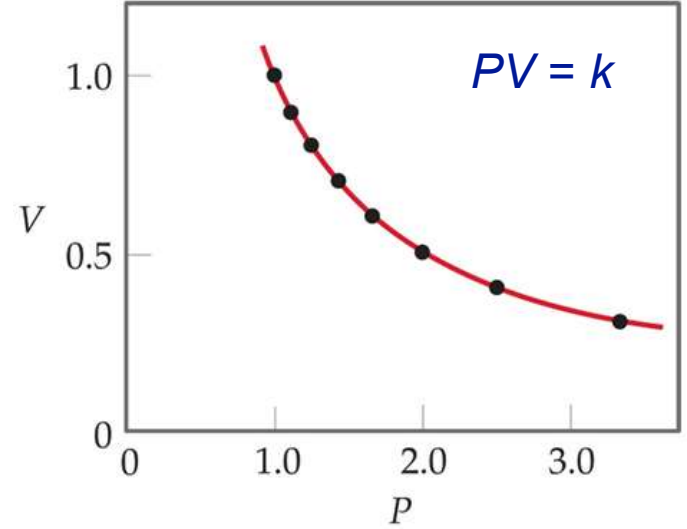
$$P_{\text{gaz}} = 764.7 \text{ torr} + 32.6 \text{ torr} = 797.3 \text{ torr}$$

$$\text{a) } P_{\text{gaz}} = 797.3 \text{ torr} \times \left(\frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} \right) = 1.049 \text{ atm}$$

$$\text{a) } P_{\text{gaz}} = 1.049 \text{ atm} \times \left(\frac{101.3 \text{ kPa}}{1 \text{ atm}} \right) = 106.3 \text{ kPa}$$

Boyle Yasası (sabit sıcaklık)

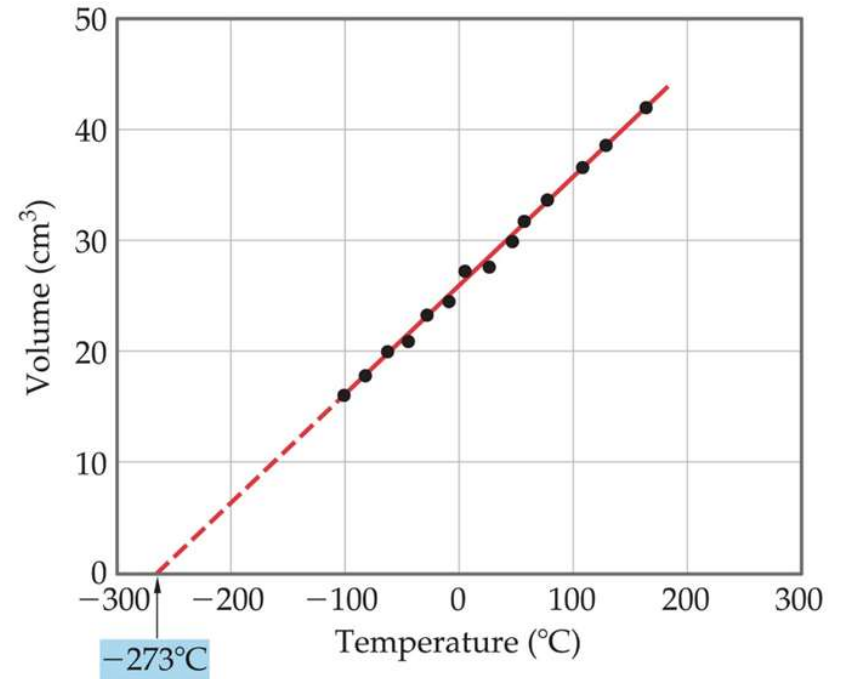
- Sabit miktardaki bir gazın (mol miktarı değişmiyor) hacmi basıncıyla ters orantılıdır
- $P \times V = \text{sabittir}$ (k sabiti)
- V 'nin P ye karşı grafiği çizildiğinde eğri elde edilirken V 'nin $1/P$ 'ye karşı grafiği doğrusaldır.



Charles Yasası (Sabit Basınç)

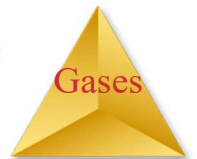
- Sabit basınçta belli bir miktar gazın (n değişmiyor) hacmi mutlak sıcaklıkla (Kelvin) doğru orantılıdır.
- T arttıkça hacim artar, azaltıkça azalır.
- Tüm gazlar için donma sıcaklığı mutlak sıfır derecesidir (-273.15 K)
- İlk ve son durumlar arasındaki fark dikkate alındığında sabit sıcaklık ve mol miktarı (n değişmiyor) bilindiğine göre şu denklem yazılabilir:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_s}{T_s} \quad (n \text{ sabit}, P \text{ sabit})$$



$$\frac{V}{T} = k$$

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15$$

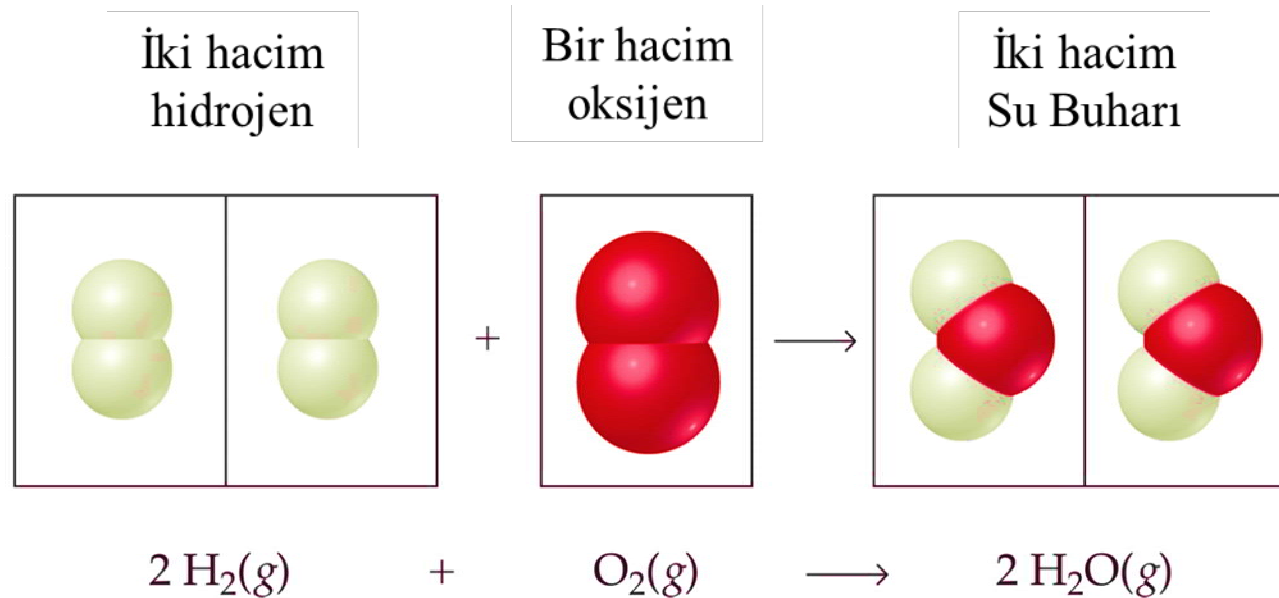


Avogadro Yasası (Sabit Basınç ve T)

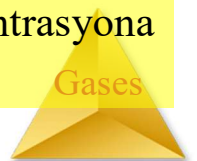
- Sabit sıcaklık ve basınçta bir gazın hacmi o gazın mol miktarı ile doğru orantılıdır.

$$V \propto n \quad \text{ve} \quad V = k \times n \quad \frac{V}{n} = k$$

$$1 \text{ mol gaz} = 22,414 \text{ L (0 } ^\circ\text{C, 1 atm de)} = 22,711 \text{ L (STPde)}$$



Ders kitabımızda sabit sayı için küçük c Harfi kullanılsa da c uluslararası anlamda konsantrasyona da denk geldiği için k harfini sabit olarak kullanmayı tercih ediyoruz!



İdeal Gaz Eşitliği

$V \propto 1/P$ (Boyle yasası)

$V \propto T$ (Charles yasası)

$V \propto n$ (Avogadro yasası)

- Bu üç yasanın birleştirilmesiyle elde edilecek formül şudur: $V \propto (nT/P)$
- Bu orandaki sabit sayı belirlenmiş ve buna Gaz Sabiti (**R**) denmiştir (birimleri * ile gösterilenler IS değerlerdir)

L-atm/mol-K	0.08206
J/mol-K*	8.314
cal/mol-K	1.987
m ³ -Pa/mol-K*	8.314
L-torr/mol-K	62.36

- Elde edilen bilgilerin ışında İdeal Gaz Denklemini oluşturulmuştur:

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



$$V = R \frac{nT}{P}$$



$$PV = nRT$$



Petrucci, 10. baskı s.203

ÇİZELGE 6.2 Çeşitli Gazların Yoğunlukları ve Molar Hacimleri

Gaz	Mol Kütlesi g mol ⁻¹	Yoğunluk (STP de), g L ⁻¹	Molar Hacim ^a L mol ⁻¹	
			(STP de)	(0°C, 1 atm de)
H ₂	2,01588	8,87104 × 10 ⁻²	22,724	22,427
He	4,00260	0,17615	22,722	22,425
İdeal gaz	–	–	22,711	22,414
N ₂	28,0134	1,23404	22,701	22,404
CO	28,0101	1,23375	22,696	22,399
O ₂	31,9988	1,41034	22,689	22,392
CH ₄	16,0425	0,70808	22,656	22,360
NF ₃	71,0019	3,14234	22,595	22,300
CO ₂	44,0095	1,95096	22,558	22,263
N ₂ O	44,0128	1,95201	22,550	22,255
C ₂ H ₆	30,0690	1,33740	22,483	22,189
NH ₃	17,0352	0,76139	22,374	22,081
SF ₆	146,0554	6,52800	22,374	22,081
C ₃ H ₈	44,0956	1,98318	22,235	21,944
SO ₂	64,064	2,89190	22,153	21,863

Kaynak: Yoğunluklar "the National Institute of Standards and Technology (NIST) Chemistry WebBook, <http://webbook.nist.gov/chemistry/>." den alınmıştır.

^aMolar hacim, mol kütlesinin yoğunluğa bölümüne eşittir. 0 °C ve 1 atm de molar hacim, STP deki molar hacmin 1,01325 e bölünmesiyle elde edilir.

- STP: Standard sıcaklık ve Baskı demektir
- Standard sıcaklık
273.15 K yani 0°C
- Standard Baskı
1 Bar (0.986923 atm= 100kPa)
- 1 atm ise 760 torr (760 mm Hg) veya 101.325 kPa'dır.
- Hacim için bu ikidurum arasında çok az farklılık vardır:
- **0°C ve 1 atm'de ortalama**
V= 22.414 L
- **STP de (0°C ve 0.986 atm) ortalama**
V= 22.711 L olarak hesaplanmıştır.



İdeal-Gaz eşitliği ile ilgili örnek problem:

Kalsiyum karbonat ($\text{CaCO}_3(s)$) ısıyla bozunarak $\text{CaO}(s)$ ve $\text{CO}_2(g)$ açığa çıkarmıştır. Bir miktar CaCO_3 numunesinin bozunmasıyla elde edilen karbondioksit 250-mL erlen kabında toplanmıştır. Tepkime tamamlandığında 31°'de karbondioksitin gaz basıncı 1.3 atm olarak ölçüldüğüne göre kaç mol karbondioksit gazı üretilmiştir?

Sorunun analizi: Kaç mol gaz oluşturgu sorulmaktadır. Gaz ile ilgili bildiklerimiz son hacmi (250 mL=0.250 L), son basıncı (1.3 atm), ve bu basıncın ölçüldüğü sıcaklıktır (31°C= 304K).

Çözüm planı: mol miktarı hesaplanacak gazın V , P , ve T bilgisine sahibiz. Ayrıca denkleştirilmiş tepkimeyi de yazabiliriz (ki ihtiyacımız yok şu aşamada)



Elimizdeki bilgileri kullanarak mol sayısı (n) bulmak için ideal-gaz denklemini çözmemiz gerekir:

Çözüm:

İdeal-gaz denkleminde R (gaz sabiti) için uygun birimlerde hacim, sıcaklık ve basınç verilerinin kullanılması gerekir. Yani $R= 0.0821 \text{ L-atm/mol-K}$ ve sıcaklığı K , hacmi L ayrıca basıncı atm biriminde kullanmalıyız (İDEAL-GAZ eşitliğinde sıcaklık DAİMA mutlak sıcaklıktır yani K):

$$V = 250 \text{ mL} = 0.250 \text{ L}$$

$$P = 1.3 \text{ atm}$$

$$T = 31^\circ\text{C} = (31 + 273) \text{ K} = 304 \text{ K}$$

Verileri ideal-gaz eşitliğine yazarsak:

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{(1.3 \text{ atm})(0.250 \text{ L})}{(0.0821 \text{ L-atm/mol-K})(304 \text{ K})} = 0.013 \text{ mol CO}_2$$

Örnek soru: ideal-gaz denklemi, Charles, böyle ve avogadro yasaları:

Hesaplamalarda birim çevrimlerinin doğru yapılması önemlidir.

Örnek Soru: Tenis topları genellikle hava veya nitrojen gazıyla doldurulur böylece daha yükseğe sıçramaları sağlanır. Eğer bir tenis topunun hacmi 144 cm^3 ise ve bu top 0.33 g N_2 gazıyla doldurulmuşsa, 24°C sıcaklıkta tenis topunun içerisindeki basınç kaç atm'dir?

Çözüm:

$$PV=nRT,$$

$$R= 0.0821 \text{ L.atm/mol.K}$$

$$\rightarrow 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL} \rightarrow 144 \text{ cm}^3 = 144 \text{ mL} = 0.144 \text{ L}$$

$$\rightarrow 24^\circ\text{C} + 273.15 = 297.15 \text{ K}$$

$$\rightarrow 0.33 \text{ g N}_2 \left(\frac{1 \text{ mol N}_2}{28 \text{ g N}_2} \right) = 0.0118 \text{ mol}$$

$$\rightarrow P. (0.144 \text{ L}) = (0.0118 \text{ mol}) . (0.0821 \text{ L.atm/mol.K}) . (297.15 \text{ K})$$

$$\rightarrow P. (0.144 \text{ L}) = 0.2875 \text{ L. Atm}$$

$$\rightarrow P= 1.997 \text{ atm} = 2.0 \text{ atm}$$

Sıcaklık değişiminin basınca etkisinin incelenmesi

Örnek soru: Basıncılı sprej kutusunun içerisindeki gazın basıncının 25°C de 1.5 atm olduğu ölçülmüştür. Bu kutunun içindeki gazın ideal-gaz yasasına uyduğu düşünüldüğünde ve kutunun sıcaklığı 450°C ye çıkarıldığında içerisindeki gazın basıncı kaç atm olur?

Sorunun analizi: maddenin miktarı değişmemektedir, yani mol miktarı sabittir. İki farklı sıcaklık durumunda iki farklı basınç gözlenmesi beklenir ($PV=nRT$). Yine kutunun hacminde değişiklik olmadığı için V sabittir. Sabitleri eşitliğin bir tarafına toplarsak:

$$\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{Sabit}$$

$T_1 = 25^{\circ}\text{C} + 273 = 298\text{ K}$ ve $P_1 = 1.5\text{ atm}$ 1. durum,
 $T_2 = 450^{\circ}\text{C} + 273 = 723\text{ K}$ ve $P_2 = x\text{ atm}$ 2. durum,
Mol miktarı (n) ve hacim (V) değişmediğine göre :

$$\frac{P_1 \cdot \cancel{V} = \cancel{n} \cdot \cancel{R} \cdot T_1}{P_2 \cdot \cancel{V} = \cancel{n} \cdot \cancel{R} \cdot T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1} \times P_1$$

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

$$P_2 = (1.5\text{ atm}) \left(\frac{723\text{ K}}{298\text{ K}} \right) = 3.6\text{ atm}$$

Sıcaklık ve Basınç değişiminin Gaz hacimine olan etkisinin incelenmesi

Örnek Soru: Sıcak hava balonu deniz seviyesinde (1.0 atm basınçta) 6.0 L hacimdedir ve basınç 0.45 atm oluncaya kadar yükselmesi sağlanmıştır. Bu yükselme sırasında balon içindeki gazın sıcaklığı 22°C den -21°C sıcaklığa düşmüştür. En son yüksekliğinde (0.45 atm basınçta ulaşılan) gazın hacmi ne olmuştur?

Sorunun analizi: Bu soruda hem sıcaklık hem basınç değişmiştir. Sıcaklık azaldığı için hacimin de azalmasını bekleriz. Ancak basınçta azaldığı için hacimin ilk durumundan daha azalması mı gerekir yoksa artması mı gerekir bunu ancak hesaplayarak görebiliriz. Madde miktarı (gazın) değişmediğinden n (mol sayısı) sabittir.

1. durum:

$$T_1 = 22^\circ\text{C} + 273 = 295 \text{ K}$$

$$P_1 = 1.5 \text{ atm,}$$

$$V_1 = 6 \text{ L}$$

2. durum:

$$T_2 = -21^\circ\text{C} + 273 = 252 \text{ K}$$

$$P_2 = 0.45 \text{ atm,}$$

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

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{n \cdot R \cdot T_1}{n \cdot R \cdot T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1} \times V_1$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1} = (6.0 \text{ L}) \left(\frac{1.0 \text{ atm}}{0.45 \text{ atm}} \right) \left(\frac{252 \text{ K}}{295 \text{ K}} \right) = 11 \text{ L}$$

Basıncın düşmesinin etkisiyle hacimdeki artışın sıcaklıktan daha etkili olması sebebiyle sıcaklık düşsede ilk durumda 6 L olan hacim 11 L ye yükselmiştir.