1- The properties of Gases



((A gas is a phase of matter where atoms of a substance are in motion and immediately fill their container))

A solid is a form of matter that adopts and maintains a shape that is independent of the container it occupies.

A liquid is a form of matter that adopts the shape of the part of the container it occupies (in a gravitational field, the lower part) and is separated from the unoccupied part of the container by a definite surface.

A liquid and a solid are examples of a condensed state of matter. A liquid and a gas are examples of a fluid form of matter: they flow in response to forces (such as gravity) that are applied.

- اختلاف قوى التجاذب بين جسيمات المادة ينتج عنه تواجد المادة في ثلاث حالات وهي الصلبة والسائلة والغازية.

- *Table 1-1: Comparison of the Physical Properties of the Three States of Matter*

مقارنة بين حالات المادة		
الحالة الصلبة	الحالة السائلة	الحالة الغازية
شكلها ثابت	تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه	شكلها غير ثابت
حجمها ثابت	حجمها ثابت	حجمها غير ثابت
قابليتها للانضغاط ضعيفة جداً	تنضغط بصعوبة	تنضغط بسهولة
جسيماتها متراصة ومتقاربة جداً	جسيماتها متقاربة وكن أقل تراصاً من الصلبة	جسيماتها متباعدة جدًا
قوى التجاذب بين جسيماتها قوية	قوى التجاذب بين جسيماتها متوسطة	قوى التجاذب بين جسيماتها ضعيفة

- بالتسخين تزداد الطاقة الحركية لجسيمات المادة، فتزداد حركتها وتضعف قدرة قوى التجاذب بين الجسيمات على إبقائها متقاربة، ولذلك يمكن أن تتحول المادة عند تسخينها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، أو من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.
- تمتزج الغازات مع بعضها امتزاجًا تامًا وبأي نسب، كما تتأثر خواص الغازات وسلوكها بدرجة كبيرة بكل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.
- الضغط خاصية فيزيائية تحدد اتجاه سريان المائع عند وجود فرق في الضغط، إذ يميل المائع إلى الحركة من المنطقة ذات الضغط المرتفع إلى المنطقة ذات الضغط المنخفض. فمثلًا، عند حدوث ثقب في إطار سيارة مملوء بالهواء، يندفع الهواء من داخل الإطار، حيث يكون الضغط مرتفعًا، إلى الجو المحيط، حيث يكون الضغط منخفضًا.

Dr. Abduljabbar I. R. Rushdi

مما سبق، يُعرَّف الضغط بأنه مقدار القوة المؤثرة عموديًا على وحدة المساحة، ويُرمز له بالرمز *P*.
ويكون الضغط عند نقطة معينة في مائع ساكن متساويًا في جميع الاتجاهات. كما يزداد ضغط السائل كلما ازداد العمق أسفل سطحه، فمثلًا، يزداد ضغط الماء على الغواصين كلما ازداد عمق الغوص، ولذلك يجب اتخاذ الإجراءات المناسبة وفقًا لعمق الغوص.

كذلك، ينخفض الضغط الجوي كلما ازداد الارتفاع عن سطح البحر؛ ولذلك يكون الضغط الجوي في المناطق المنخفضة أعلى منه في المناطق المرتفعة.

1-2 Unites of measuring the pressure

- *1 atm = 760 torr = 760 mmHg = 76 cmHg*
- *1 atm = 1.01325 bar ≈ 1 bar*
- *1 atm = 101325 Pa* ***(1 Pa = 1 N.m^{-2})***

Table 1-2: Pressure units

Name	Symbol	Value
pascal	1 Pa	1 N m^{-2}, 1 kg m^{-1} s^{-2}
bar	1 bar	10^5 Pa
atmosphere	1 atm	101.325 kPa
torr	1 Torr	(101 325/760) Pa = 133.32… Pa
millimetres of mercury	1 mmHg	133.322… Pa
pounds per square inch	1 psi	6.894 757… kPa

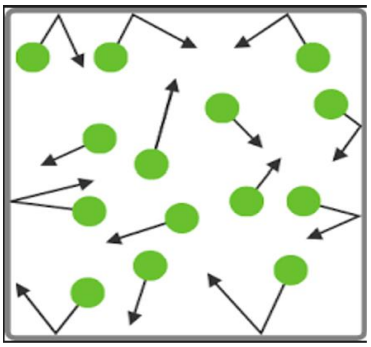
Homework 1: **What is the unit of Newton?**

The volume, V, a measure of the quantity of space the sample occupies (unit: 1 cubic meter, 1 m^3). 1L = dm^3 = 10^{-3}m^3 = 10^3 Cm^3 = 1000 mL

The amount of substance (number of moles), n, a measure of the number of specified entities (atoms, molecules, or formula units) present (unit: 1 mole, 1 mol).
Temperature, T, is formally a property that determines in which direction energy will flow as heat when two samples are placed in contact through thermally conducting walls.

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

1-3 The properties of gases



1- يتألف الغاز من عدد كبير من الدقائق تسمى الجسيمات.
2- تزداد حركة الجسيمات بزيادة درجة الحرارة.
3- الجسيمات تكون في حالة حركة مستمرة عشوائية.
4- المسافات البينية بين الجسيمات كبيرة.
5- قوى التجاذب بين الجسيمات ضعيفة، وكما موضح في الشكل (1)

Figure 1: Illustrates the directions of gas's particles colloid between themselves and with the walls of their container.

1-4 Classification of gases

1. ***Real gas or non-ideal gas.***
2. ***Perfect gas or ideal gas (High in p and low in T).***

a. ***The perfect gas is the one that obeys certain law as boyle's law, Charle's law Gay-Lussac's law and Avogadro's law.***
b. ***The volume occupied by the molecules themselves is negligible as compared with the total volume at all pressure and temperature.***
c. ***The intermolecular attraction is almost absent under all conditions.***

تمتاز ال**جسيمات** الغازية بقدرتها على الحركة في جميع الإتجاهات ضمن الفضاء الذي تنتشر فيه وهذا ناجم من انعدام قوى التجاذب بين الجسيمات لا سيما في الضغوط الواطئة والحرارة العالية.

1-5 The states of gases

Two samples of a substance that have the same physical properties are in the same state. The state of a pure gas is specifically giving by its:

1- *Volume (V), how big is the container?*

2- *Pressure (p), how often do hit the sides?*

3- *Temperature (T), how fast do the particles move?*

4- *Amount of substance (n) number of moles (How many particles)?*

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

Each substance is described by an equation of state:

p = f (T, V, n) The general form of an equation of state.

كل مادة توصف بمعادلة حالة وهذه المعادلة تربط بين هذه المتغيرات الأربع.

1-6 The gas laws

1-6-1 Boyle's law

من خلال هذا القانون تمت دراسة العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند درجة حرارة ثابتة وكتلة محددة من الغاز

[وينص هذا القانون على إنَّه يتناسب حجم الغاز عكسياً (Inversely proportional) مع ضغطه عند درجة حرارة وكمية من الغاز ثابتين (V α 1/p)]

$$pV = T\,(proportional\ constant) \qquad (1\text{-}1)$$

p (pressure), V (Volume) & T (Temperature)

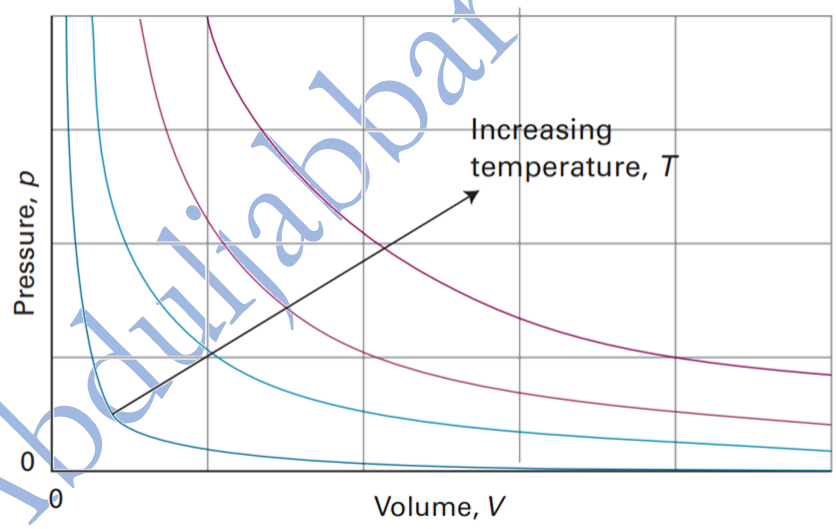


Figure 2: The pressure-volume dependence of a fixed amount of perfect gas at different temperatures (pV = constant) and is called an isotherm.

يشير المنحني في الشكل أعلاه الى التناسب العكسي بين V و p في حين التناسب الطردي يعطي خط مستقيم.

تدعى العملية التي تجري بثبوت درجة الحرارة بالـ(Isothermal process) وتدعى العلاقة البيانية التي تتساوى فيها درجة الحرارة بـ(Isotherm).

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

إذا كان V_1 = الحجم الذي يشغله الغاز عند ضغط p_1، عندئذٍ فإنّ V_2 = الحجم الذي يشغله الغاز عند ضغط p_2، وبثبوت درجة الحرارة T فإنّ المعادلة تصبح بالشكل:

p_1V_1 = constant, also p_2V_2 = constant

Due to the **temperature** and the **mass** are **constant** then the equation will be as following:

$$p_1V_1 = p_2V_2, OR, \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \qquad (1\text{-}2)$$

The above equation is used when it's needed to calculate the p or V at constant T & n.

Example: **A 2.5 L container has a gas pressure of 4.6 atm. If the volume is decreased to 1.6 L, what will be the new pressure inside the container?**

Solution: **V_1 = 2.5 L, V_2 = 1.6 L, p_1 = 4.6 atm and p_2 =? atm**

$$(4.6\ atm)(2.5\ \cancel{L}) = p_2(1.6\ \cancel{L}), p_2 = 7.19\ atm$$

1-6-2 Charles's law

[ينص القانون على إنّ حجم كمية من الغاز المحصور تحت ضغطٍ ثابت يزداد بزيادة درجة الحرارة *(V α T)*]

The volume of the confined gas is directly proportional to its temperature provided its pressure remains constant.

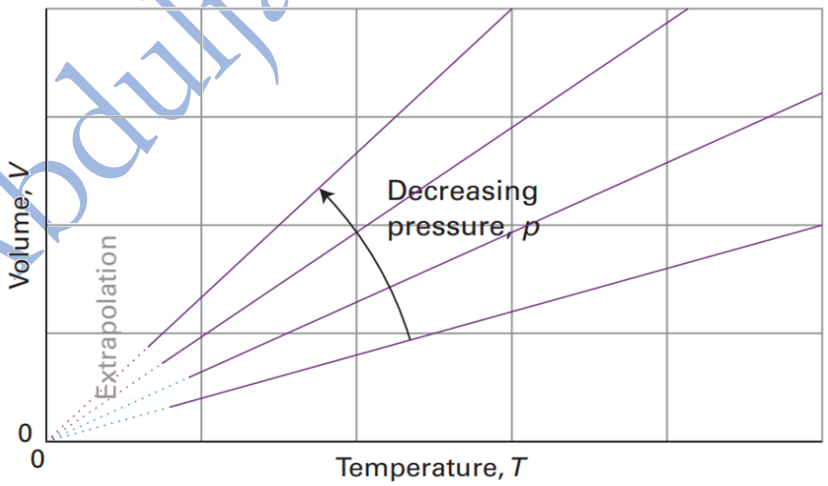


Figure 3: The variation of the volume of a fixed amount of gas with the temperature at constant pressure. Note that in each case isobars extrapolate to zero volume at T = 0, or -273 OC

$$\frac{V}{T} = p\ (proportional\ constant) \qquad (1\text{-}3)$$

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (1\text{-}4)$$

Example: A 3.5 L flexible container holds a gas at 250 K. What will the new volume be if the temperature is increased to 400 K?

Solution: V_1 = 3.5 L, V_2 =? L, T_1 = 250 K and T_2 = 400 K

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

$$\frac{3.5\ L}{250\ \cancel{K}} = \frac{V_2}{400\ \cancel{K}} = 5.6\ L$$

1-6-3 Gay-Lussac's law

[ينص على إنَّ ضغط الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المطلقة عند حجمٍ ثابت (p α T)]

$$\frac{p}{T} = V\ (proportionality\ constant) \qquad (1\text{-}5)$$

توصل غي لوساك الى قانون الحجوم الذي ينص على إنَّه عند ضغطٍ ودرجة حرارة ثابتين فإنَّ حجوم الغازات التي تتفاعل مع بعضها البعض تكون نسبة عددية بسيطة.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \qquad (1\text{-}6)$$

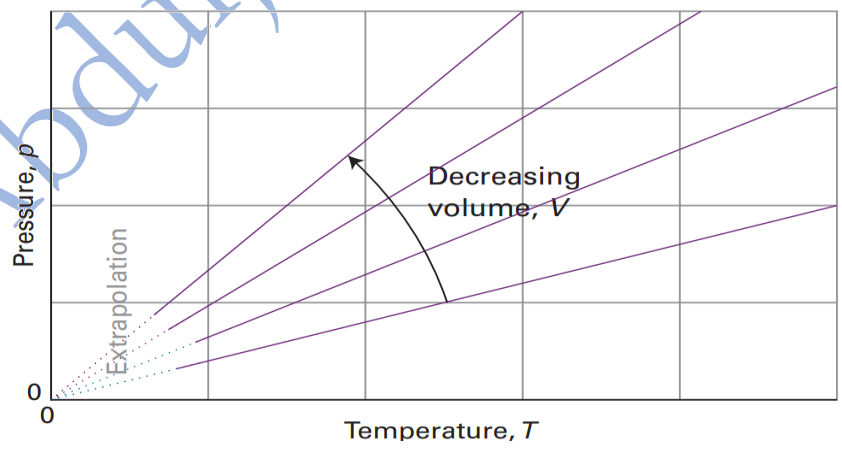


Figure 4: The pressure also varies linearly with the temperature at constant volume, and extrapolates to zero at T = 0 (-273 0 °C).

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

Ref. of PhysChem: Atkins_(12th ed)_2023, Levine_(8th ed.)_2020 & Zumdahl_(11th ed.)_2020

Example: **The pressure of a gas in a rigid container is 125 kPa at 300 K. What is the new pressure if the temperature increases to 900 K?**

Solution: **T_1 = 300 K, T_2 = 900 K, p_1 = 125 kPa and p_2 =?**

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{125\ kPa}{300\ K} = \frac{p_2}{900\ K} = 375\ kPa$$

1-6-4 Avogadro's laws

[ينص على إنّ حجم الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين يتناسب طردياً مع عدد مولات غازٍ معين (V α n)]

$$V = Xn\ (proportionality\ constant) \qquad (1\text{-}7)$$

حيث n تمثل عدد مولات الغاز.

من المعادلة أعلاه يمكن أن نستنتج بأن مضاعفة عدد مولات الغاز (n) يضاعف حجم الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين.

V α n at constant p and T

V/n = constant

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \qquad (1\text{-}8)$$

Homework 2: **In a sample of gas, 50.0 g of oxygen (O_2) take up 48 L of volume. Keeping the pressure constant, the amount of gas is changed until the volume is 79 L. How many grams of gas are now in the container?**

Answer: **V_1 = 48 L, V_2 =79 L, n_1 = 50.0 g and n_2 =? mol**

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

Note that the rest of the solution is as a homework 1.

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

Ref. of PhysChem: Atkins_(12th ed)_2023, Levine_(8th ed.)_2020 & Zumdahl_(11th ed.)_2020

Homework 3: A 250 mL balloon contains 0.35 moles of N_2 gas. If o.45 moles of N_2 was added to it, what will be the new volume?

1-7 Standard Temperature and Pressure (STP)

الضروف القياسية للغاز هو أن يكون عند ضغط جوي (**p = 1 atm**) وحجم (**V = 22.4 L**) وكمية من الغاز (**n =1 mol**)، وعند درجة الصفر المئوي (**273 K**) أي [**T = 0 °C + 273 = 273 K**].

1-8 The ideal or perfect gas equation

من دمج قانون بويل مع قانون شارلز مع غي لوساك وقانون أفوكادرو نحصل على.

1) ***V α 1/p, according to Boyle's law.***
2) ***V α T, according to Charles's law.***
3) ***p α T, according to Gay-Lussac's law***
4) ***V α n, according to Avogadro's law***

The relation between these four equations can be as one equation and as follows:

$$pV = constant \times nT \quad \textbf{(1-9)}$$

$$pV = RnT, (Ideal\ or\ perfect\ gas\ law) \quad \textbf{(1-10)}$$

حيث R: الثابت العام للغازات، وتعتمد قيمة R على الوحدات المستخدمة:

So, if the pressure is in atmosphere (atm), volume in liter (L), number of moles (n) and temperature is in kelvin (K), then R = 0.082 L.atm/mol.K.

By applying the above equation of the perfect gas pV = nRT, then

R = (1 atm × 22.414 L)/(1 mol × 273 K)

1- R = 0.082 L atm/mol K, for Chpt_1_

R = (101325 N m^{-2} × 0.0224 m^3)/mol × 273 K

2- R = 8.314 J/(mol K), where J = N.m. so pascal = $N.m^{-2}$ and 22.4 L (0.0224 m^3)

3- R = 1.98 cal/mol K, where [1 calorie= 4.184 Joule, so (1.98 = 8.314/4.184)]

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

يستخدم القانون العام للغازات في حساب كلٍ من:

1- Mass (m).
2- Molar mass or molecular weight (M).
3- Density.

$$pV = nRT, pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p\,M = \frac{m}{V} RT, then\ p\,M = dRT$$

Where d represents the density and it equals to = $\frac{m}{V}$

Example: **Calculate the volume of one mole of a perfect gas under atmospheric pressure 1 atm and temperature 0 ^{O}C (273 K)?**

Solution: **p = atm, T = 273 K, V =? L**

$$pV = nRT, OR, V = \frac{nRT}{p}$$

$$V = \frac{\cancel{mol} \times 0.082\ \cancel{atm}\ L\ \cancel{mol^{-1}}\ \cancel{K^{-1}}\ 273\ \cancel{K}}{p} = 22.4\ L$$

Example: **Calculate the density of ammonia gas under pressure of 752 mmHg and temperature 55 ^{O}C.**

Solution: **p = 732 mmHg, T = 55 ^{O}C, M =17 g/L.**

First step, it should be converted the unit of pressure from mmHg to atm.

P = (atm × 752 ~~mmHg~~)/760 ~~mmHg~~ = 0.989 atm

2nd step, the unite of temperature should be converted from Celsius to Kelvin.

T = 55 ^{O}C + 273 = 328 K

$$d = \frac{pM}{RT}$$

d = [0.989 ~~atm~~ (17 g ~~mol^{-1}~~)]/[(0.082 ~~atm~~ L ~~mol^{-1} K^{-1}~~)(328 ~~K~~)], d = 0.625 g L^{-1}

The End Of 1st Lecture

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

Ref. of PhysChem: Atkins_(12th ed)_2023, Levine_(8th ed.)_2020 & Zumdahl_(11th ed.)_2020