أولمبياد العلوم و الرياضيات الوطني "نسمو"

الحقيبة التدريبية لمسار الكيمياء
مسابقة الفرق الوطنية 2026م

الكيميـــاء

فهرس الموضوعات

م	الموضوع	المكونات	الصفحات
1	المعادلات والحسابات الكيميائية Chemical Equations and Stoichiometry	• حسابات المعادلات الكيميائية Stoichiometry Calculations • المعلومات التي يمكن الحصول عليها من المعادلة الكيميائية Information That Can Be Obtained from a Chemical Equation • حسابات عدد المولات لمادة بمعلومية مولات مادة أخرى Calculating the number of moles of a substance given the moles of another substance • المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant • نسبة المردود المئوية Percent Yield	3 - 29
2	الغازات Gases	• نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic-Molecular Theory • الخواص العامة للغازات General Properties of Gases • قانون جراهام Graham's Law • قياس الضغط الجوي Measuring Atmospheric Pressure • قوانين الغازات The Gas Laws • القانون العام للغازات The Combined Gas Law • قانون أفوجادرو Avogadro's Law • قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law • قانون دالتون للضغوط الجزئية Dalton's law of partial pressures • جمع الغازات فوق الماء Collecting Gases over Water • الحسابات المتعلقة بالغازات Gas Stoichiometry	30-71
3	السوائل والمواد الصلبة Liquids and solids	• القوى بين الجزيئات Intermolecular forces • خواص السوائل Properties of Liquids • المواد الصلبة Solids • البناء البلوري Crystalline Structure • مخطط الحالة الفيزيائية (الطور) Phase Diagram • المخاليط والمحاليل Mixtures & Solutions • العوامل المؤثرة في الذوبان Factors Affecting Solvation • تركيز المحلول Solution Concentration • الخواص الجامعة للمحاليل Colligative Properties of Solutions	72-101

Stoichiometry Calculations حسابات المعادلات الكيميائية

يمكن الاستفادة من المعادلة الكيميائية في إجراء الحسابات الخاصة بكميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، وذلك لما تمتاز به المعادلة الكيميائية في أنها تعبير واضح الدلالة عن عدد الذرات أو الجزيئات المتفاعلة أو الناتجة في تفاعل كيميائي معين، فعلى سبيل المثال، يوضح التفاعل التالي:

A chemical equation can be used to calculate the quantities of reactants and products. This is because a chemical equation clearly expresses the number of atoms or molecules reacting or producing in a particular chemical reaction. For example, the following reaction:

$$2H_2SO_4 + Cu \rightarrow SO_2 + 2H_2O + CuSO_4$$

أن تفاعل ذرة نحاس واحدة مع جزيئين من حمض الكبريتيك يؤدي إلى تكون جزيء واحد من ثاني أكسيد الكبريت وجزيئين ماء وجزيء واحد من كبريتات النحاس. إلا أن قراءة المعادلة السابقة بالصورة المذكورة وعلى الرغم من صحتها هي قراءة غير محبذة؛ لأنه من المعلوم أنه من الناحية العملية لا يمكن التمكن من الحصول على ذرة نحاس واحدة وجزيئين من حمض الكبريت إضافة إلى إمكانية قراءتها بصورة صحيحة تمتاز عن الصورة السابقة بقربها من الواقع العملي، لذلك، من الأدق والأقرب إلى الواقع أن نعبّر عن التفاعل باستخدام المولات، فنقول: إن تفاعل (مول واحد) من ذرات النحاس مع (مولين) من جزيئات حمض الكبريت يؤدي إلى الحصول على (مول واحد) من جزيئات ثاني أكسيد الكبريت و(مولين) من جزيئات الماء و (مول واحد) من جزيئات كبريتات النحاس.

It shows that the reaction of one copper atom with two molecules of sulfuric acid produces one molecule of sulfur dioxide, two molecules of water, and one molecule of copper sulfate. However, reading the equation in this literal manner although technically correct is not preferable, because in practice it is impossible to obtain exactly one copper atom and two molecules of sulfuric acid.

A more appropriate and practically meaningful interpretation is to express the reaction in terms of moles, as follows: one mole of copper atoms reacts with two moles of sulfuric acid molecules to produce one mole of sulfur dioxide molecules, two moles of water molecules, and one mole of copper sulfate molecules.

يدل المثال السابق على أن المعاملات في المعادلة الكيميائية إضافة إلى أنها تستخدم للدلالة على عدد الذرات أو الجزيئات فإنها يمكن أن تستخدم في نفس الوقت للدلالة على عدد المولات من الذرات أو الجزيئات الموجودة في المعادلة، ويمكن ترجمة ذلك في المثال السابق بالصورة التالية:

The preceding example indicates that the coefficients in a chemical equation, in addition to representing the number of atoms or molecules, can also be used to denote the number of moles of atoms or molecules involved in the reaction.

This concept can be illustrated in the previous example as follows:

$2H_2SO_4$ + Cu → SO_2 + $2H_2O$ + $CuSO_4$

2 molecules H_2SO_4 + 1atom Cu →1molecule SO_2 +2molecules H_2O+1 molecule $CuSO_4$

2 mol H_2SO_4 + 1 mol Cu →1 mol SO_2 +2mole H_2O +1 mol $CuSO_4$

196 g H_2SO_4 + 63.5 g Cu → 64 g SO_2 + 36 g H_2O + 159.5 g $CuSO_4$

259.5 g Reactants → 259.5 g Products

لاحظ أن المعادلة الكيميائية الموزونة تحقق قانون حفظ الكتلة.

Note that the balanced chemical equation satisfies the law of conservation of mass.

وعلى الرغم من أن الكميات المستخدمة في أي تفاعل كيميائي - سواء أجرى هذا التفاعل في مختبر أو مصنع - لا يستوجب الأمر أن تكون بنفس عدد المولات الذي يظهر في المعادلة الكيميائية إلا أن نسبتها إلى بعضها البعض يجب أن تكون كما هي في المعادلة الكيميائية الموزونة.

Although the quantities used in any chemical reaction—whether the reaction is carried out in a laboratory or in an industrial setting—are not required to be in the exact number of moles shown in the chemical equation, their ratios to one another must remain the same as those indicated in the balanced chemical equation.

المعلومات التي يمكن الحصول عليها من المعادلة الكيميائية
Information That Can Be Obtained from a Chemical Equation

أولاً : معرفة حالة وطبيعة المواد المتفاعلة والناتجة:

في التفاعل التالي:

First: Determining the state and nature of the reactants and products:

For example, in the following reaction:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

يرمز الحرف (g) إلى أن المادة في الحالة الغازية، أي أن هذا التفاعل يحدث بين غازي الهيدروجين والنيتروجين لتكوين غاز الأمونيا.

The symbol (g) indicates that the substance is in the gaseous state, meaning that the reaction results from the interaction of hydrogen gas with nitrogen gas to form ammonia gas.

ثانياً : تحديد النسبة بين أعداد الجزيئات:

Second: Determining the ratio between the numbers of molecules:

على سبيل المثال، يمكن ملاحظة النسب التالية من المعادلة السابقة:

For example, from the previous equation, we can observe the following ratios:

نسبة جزيئات N_2 إلى جزيئات H_2:

The ratio of N_2 molecules to H_2 molecules is:

$$\frac{1\ molecule}{3\ molecules}$$

نسبة جزيئات N_2 إلى جزيئات NH_3:

The ratio of N_2 molecules to NH_3 molecules is:

$$\frac{1\ molecule}{2\ molecules}$$

نسبة جزيئات H_2 إلى جزيئات NH_3:

The ratio of H_2 molecules to NH_3 molecules is:

$$\frac{3\ molecules}{2\ molecules}$$

ثالثاً : تحديد النسبة بين أعداد المولات:

Third: Determining the ratio between the numbers of moles:

نسبة عدد مولات N_2 إلى عدد مولات H_2:

The ratio of the number moles of N_2 to the number moles of H_2 is:

$$\frac{1\ mol}{3\ mol}$$

نسبة عدد مولات N_2 إلى عدد مولات NH_3:

The ratio of the number moles of N_2 to the number moles of NH_3 is:

$$\frac{1\ mol}{2\ mol}$$

نسبة عدد مولات H_2 إلى عدد مولات NH_3:

The ratio of the number moles of H_2 to the number moles of NH_3 is:

$$\frac{3\ mol}{2\ mol}$$

رابعاً : تحديد النسبة بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة:

Fourth: Determine the ratio between the masses of the reactants and the products:

نسبة كتلة N_2 إلى كتلة H_2:

The ratio of the mass of N_2 to the mass of H_2 is:

$$\frac{28\ g}{6\ g}$$

نسبة كتلة N_2 إلى كتلة NH_3 :

The ratio of the mass of N_2 to the mass of NH_3 is:

$$\frac{28\ g}{34\ g}$$

نسبة كتلة H_2 إلى كتلة NH_3:

The ratio of the mass of H_2 to the mass of NH_3 is:

$$\frac{6\ g}{34\ g}$$

حسابات عدد المولات لمادة بمعلومية مولات مادة أخرى في المعادلة الكيميائية الموزونة

Calculating the number of moles of a substance given the moles of another substance in the balanced chemical equation

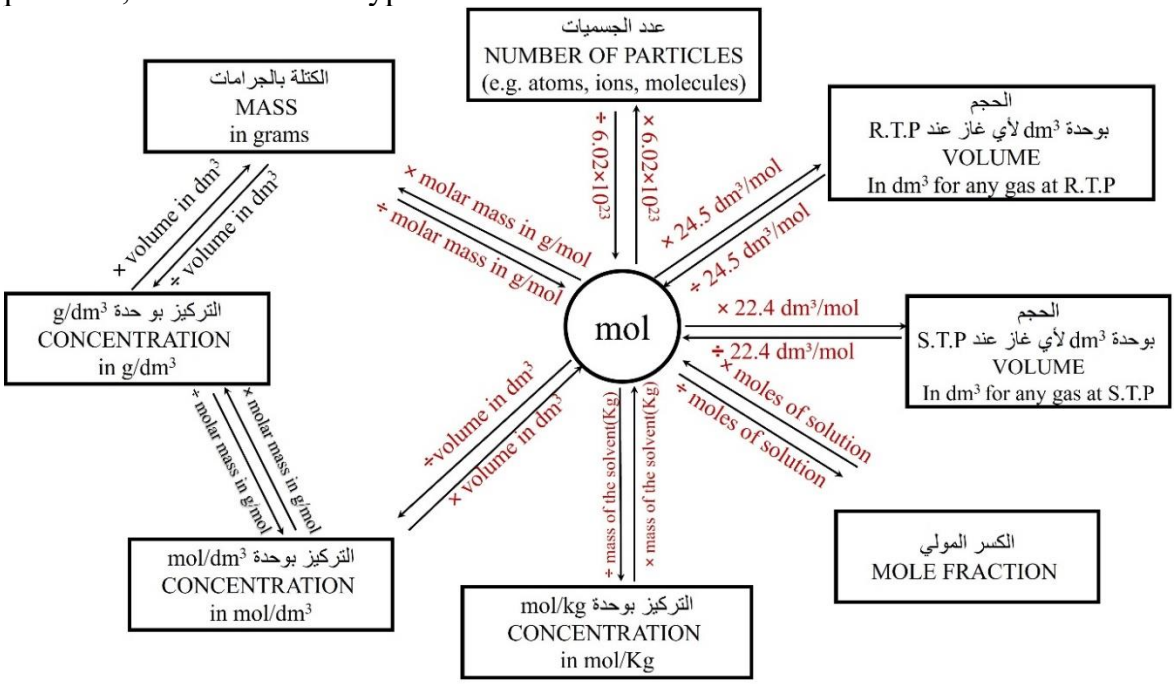
تُعدّ حسابات عدد المولات انطلاقًا من المعادلة الكيميائية الموزونة خطوةً أساسية لا غنى عنها في الكيمياء، وهي تمثل جوهر ما يُعرف بـ القياسات الكميّة، وتكمن أهميتها في كونها الجسر الذي يربط بين العالم الدقيق غير المرئي للذرات والجزيئات، والعالم المادي الملموس الذي نتعامل معه في المختبرات والصناعة، حيث تُقاس المواد عادة بوحدات عملية مثل الجرام أو اللتر. ويمكن حساب عدد المولات باستخدام العلاقة التالية:

Calculating the number of moles from a balanced chemical equation is an essential step in chemistry. It represents the essence of what is known as stoichiometry. Stoichiometry is important because it serves as a bridge between the invisible, microscopic world of atoms and molecules and the tangible, physical world we encounter in laboratories and industry, where substances are usually measured in practical units such as grams or liters. The number of moles can be calculated using the following relationship:

$$\frac{\text{معامل المادة الأولى في المعادلة الموزونة}\ \text{Coefficient of the first substance in the balanced equation}}{\text{معامل المادة الثانية في المعادلة الموزونة}\ \text{Coefficient of the second substance in the balanced equation}} = \frac{\text{عدد مولات المادة الأولى}\ \text{Number of moles the first substance}}{\text{عدد مولات المادة الثانية}\ \text{Number of moles the second substance}}$$

يُعد المول الوحدة المحورية التي ترتكز عليها جميع الحسابات الكيميائية. وتوضح الخريطة المفاهيمية المرفقة (الشكل 1-4) كيف يمكن تحويل كمية المادة من وحدة المول إلى وحدات عملية أخرى مثل: الكتلة، والحجم، وعدد الجسيمات، وأنواع التراكيز المختلفة التي ستدرس لاحقا.

The mole is the central unit upon which all chemical calculations are based. The accompanying concept map (Figure 4-1) illustrates how the amount of a substance can be converted from the mole to other practical units such as mass, volume, number of particles, and the various types of concentrations that will be studied later.



شكل 1-4: التحويل بين المول والوحدات الكيميائية الأخرى.

Figure 4-1: Converting between moles and other chemical units.

تدريب 4-1:

Exercise 4-1:

حسب معادلة تفاعل تحضير الأمونيا التالية أجب عن الأسئلة التالية.

According to the following reaction equation for the preparation of ammonia, answer the following questions.

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

a. كم عدد مولات الأمونيا الناتجة من تفاعل 6.0 mol من الهيدروجين مع كمية كافية من النيتروجين؟

a. How many moles of ammonia are produced from the reaction of 6.0 mol of hydrogen with a sufficient amount of nitrogen?

.....

.....

.....

b. كم عدد مولات النيتروجين اللازمة لإنتاج 6.0 mol من الأمونيا؟

b. How many moles of nitrogen are required to produce 6.0 mol of ammonia?

.....

.....

.....

c. كم عدد مولات الهيدروجين اللازمة للتفاعل مع 252 g من النيتروجين؟

c. How many moles of hydrogen are required to react with 252 g of nitrogen?

.....

.....

.....

d. كم عدد جزيئات الأمونيا الناتجة من تفاعل 3.0 mol من الهيدروجين مع كمية كافية من النيتروجين؟

d. How many molecules of ammonia are produced from the reaction of 3.0 mol of hydrogen with a sufficient amount of nitrogen?

.....

.....

.....

e. كم عدد جزيئات النيتروجين اللازمة لإنتاج 6.0 mol من الأمونيا؟

e. How many molecules of nitrogen are required to produce 6.0 mol of ammonia?

.....

.....

.....

f. ما كتلة الأمونيا الناتجة من تفاعل 0.450 kg من الهيدروجين مع كمية كافية من النيتروجين؟

f. What is the mass of ammonia produced by reacting 0.450 kg of hydrogen with a sufficient amount of nitrogen?

.....

.....

.....

Limiting Reactant — المادة المحددة للتفاعل

يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستهلك أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

A chemical reaction stops when any of the reactants are completely used up.

نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسب التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة.

Reactants rarely exist in nature in the proportions determined by a balanced reaction equation.

وعادة ما تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استنفاد إحدى المواد أو جميعها. وينطبق هذا المبدأ على التفاعلات في المختبر؛ إذ تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة، في حين تكون مادة واحدة محددة للتفاعل. لذا فإن كمية المواد الناتجة تعتمد على كمية المادة المحددة للتفاعل، **والمادة المحددة للتفاعل** هي المادة التي تستهلك كليًا في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.

Usually, one or more of the reactants are in excess. The reaction continues until one or all of the reactants are used up. This principle applies to reactions in the laboratory; one or more reactants are in excess, while one reactant is the limiting reactant. Therefore, the amount of products depends on the amount of the limiting reactant. The **limiting reactant** is the reactant that is completely consumed in the reaction and determines the amount of the product.

أما الكميات المتبقية من المواد المتفاعلة التي لم تُستهلك بعد توقف التفاعل فتُسمى **المواد الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة دعنا نأخذ المثال التالي عن عملية التجميع النهائي للسيارات:

The unreacted amounts of other reactants remaining after the reaction stops are called **excess reactants**. To help you understand limiting and excess reactants, let's consider the following example of the final assembly of a car:

التفاعل: 1سيارة ← 1 هيكل سيارة + 4 إطارات

Reaction: 4 tires + 1 car body → 1 car

إذا كان لدى مصنع سيارات **100هيكل سيارة** و **240 إطاراً**، فإنّ عدد السيارات التي يمكن تجميعها هو 240/4=60، أي 60 سيارة كاملة.

If a car factory has 100 car bodies and 240 tires, the number of cars that can be assembled is 240 ÷ 4 = 60 cars.

المادة المحددة للتفاعل: هي **الإطارات**؛ لأنها تحدد عدد السيارات الكاملة (60 سيارة).

The limiting reactant is the tires because they determine the number of complete cars that can be produced (60 cars).

المادة الفائضة: هي هياكل السيارات، حيث يتبقى منها: 100−60 = 40

Excess material: car bodies, of which: 100-60 = 40 remains

يمكن تعيين المادة المحددة للناتج من الخطوات:

The limiting reactant for a product can be determined using the following steps:

(1) احسب عدد المولات للمواد المتفاعلة.

(1) Calculate the number of moles of each reactant.

(2)اقسم عدد مولات كل مادة متفاعلة على معاملها في المعادلة الموزونة.

(2) Divide the number of moles of each reactant by its coefficient in the balanced equation

(a) إذا تساوت نواتج القسمة فإنّ جميع المتفاعلات تتفاعل كليا.

(a) If the quotients are equal, then all reactants react completely.

(b) المادة التي يكون ناتج قسمتها أقل هي التي تتفاعل كلياً (المادة المحددة للتفاعل).

(b) The substance that yields the smaller quotient is the one that reacts completely (the limiting reactant).

وهناك حالات خاصة يمكن معرفة المادة المحددة للتفاعل بمجرد النظر للمعادلة أو استخدام الطرق المبسّطة التالية:

In certain cases, the limiting reactant can be identified simply by inspecting the chemical equation or by applying the following simplified methods:

- إذا كانت معاملات المواد المتفاعلة متساوية وأعداد مولات المواد المتفاعلة متساوية، فإنّ كل المواد المتفاعلة تتفاعل كلياً.

- If the coefficients of the reactants are equal and the number of moles of the reactants are also equal, then all the reactants react completely.

توضيح: إذا مُزج **2 mol C** مع **2 mol O_2** حسب المعادلة:

Explanation: If **2 mol of C** are mixed with **2 mol of O_2**, according to the equation:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

فإنّ جميع المواد المتفاعلة تتفاعل كلياً ولا يوجد فائض.

All the reactants, therefore, react completely, and no excess remains.

- إذا كانت معاملات المواد المتفاعلة متساوية وأعداد مولات المواد المتفاعلة مختلفة، فإنّ المادة الأقل عدد مولات هي التي تتفاعل كلياً.

- If the coefficients of the reactants are equal but the numbers of moles of the reactants are different, the substance with the smaller number of moles is the one that reacts completely.

توضيح: إذا مُزج **3 mol C** مع **2 mol O_2** حسب المعادلة:

Explanation: If **3 mol of C** are mixed with **2 mol of O_2**, according to the equation:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

فإنّ الأكسجين (O_2) يتفاعل كلياً.

then oxygen (O_2) reacts completely.

- إذا كانت معاملات المواد المتفاعلة مختلفة وأعداد مولات المواد المتفاعلة متساوية، فإن المادة الأعلى في قيمة المعامل هي التي تتفاعل كلياً.

- If the coefficients of the reactants are different while the number of moles of the reactants is the same, the substance with the larger coefficient is the one that reacts completely.

توضيح: إذا مُزج **4 mol H_2** مع **4 mol O_2** حسب المعادلة:

Explanation: If **4 mol of H_2** are mixed with **4 mol of O_2**, according to the equation: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

فإنّ الهيدروجين (H_2) يتفاعل كلياً.

then hydrogen (H_2) reacts completely.

تدريب 4-2:

Exercise 4-2:

يَستعمل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$، وغاز الأكسجين.

Photosynthesis in plants uses carbon dioxide and water to produce the glucose $C_6H_{12}O_6$ and oxygen gas.

فإذا توفر لنبتة ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

If a plant has 88.0 g of carbon dioxide and 64.0 g of water available for photosynthesis:

a. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.

a. Write the balanced chemical equation for the reaction.

.....

b. حدد المادة المحددة للتفاعل.

b. Identify the limiting reactant.

.....

.....

.....

c. حدد المادة الفائضة.

c. Identify the excess reactant.

.....

.....

d. احسب كتلة المادة الفائضة.

d. Calculate the mass of the excess reactant.

.....

.....

.....

e. احسب كتلة الجلوكوز الناتج.

e. Calculate the mass of the glucose produced.

.....

.....

.....

تدريب 4-3:

Exercise 4-3:

أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المادة المُحدِّدة والمادة الفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $Co(NO_3)_2$، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلًّا منها يحتوي على راسب أرجواني.

The students conducted an experiment to observe the limiting and excess substances. They added varying amounts of sodium phosphate solution Na_3PO_4 to the beakers, followed by a fixed amount of cobalt nitrate (II) solution $Co(NO_3)_2$. They stirred the solutions and left them in the beakers throughout the day. The next day, they found that each contained a purple precipitate.

سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في الجدول التالي:

The students poured the supernatant from each beaker separately, divided it into two parts, and added a drop of sodium phosphate solution to one part and a drop of cobalt nitrate solution to the second. They recorded their data in the following table:

التجربة Experiment	حجم Na_3PO_4 Volume of Na_3PO_4	حجم $Co(NO_3)_2$ Volume of $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة من Na_3PO_4 Reaction with a drop of Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة من $Co(NO_3)_2$ Reaction with a drop of $Co(NO_3)_2$
1	5.0 mL	10.0 mL	راسب أرجواني Purple precipitate	لا يوجد راسب No precipitate
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب No precipitate	راسب أرجواني Purple precipitate
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب No precipitate	راسب أرجواني Purple precipitate
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب No precipitate	راسب أرجواني Purple precipitate

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

a. Write a balanced chemical equation for this reaction.

.....

b. حدد بناءً على النتائج، المادة المُحدِّدة للتفاعل والمادة الفائضة لكل تجربة.

b. Based on the results, identify the limiting reactant and the excess reactant for each experiment.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Percent Yield — نسبة المردود المئوية

نسبة المردود المئوية هي مقياس لمدى كفاءة التفاعل الكيميائي.

The percent yield is a measure of the efficiency of a chemical reaction.

افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمئة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مئة هدف، ولكن فعليًّا قد لا تحقق هدفًا في كل رمية. وبالمثل للتفاعلات الكيميائية أيضا نواتج نظرية وأخرى فعلية.

Suppose you are practicing free throws in basketball and take one hundred shots. In theory, you could make all one hundred, but in practice, you might miss some. Similarly, chemical reactions have both theoretical and actual yields.

ما مقدار المادة الناتجة؟

How much product ?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجرى في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقًا.

While solving problems in this chapter, you may have concluded that a chemical reaction in the laboratory occurs according to a balanced chemical equation, producing a certain amount of product that can be calculated in advance.

لكن ذلك غير دقيق دائما، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة.

But that's not always accurate, just as it is unlikely for a basketball to go through the hoop 100 times in 100 practice shots, most chemical reactions do not produce the expected amount of product.

ولأسباب متعددة، قد تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، فلا تنتج الكميات المتوقعة من النواتج. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة- في الحالة السائلة - على أسطح الأوعية أو تتبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانبًا على ورقة الترشيح أو تُفقد بسبب عملية التنقية. ونتيجة هذه المشاكل، فإن الكيميائيين بحاجة إلى معرفة كيفية تحديد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.

For various reasons, reactions often stop before completion and fail to yield the anticipated amounts. Reactants and products—in the case of liquids—may stick to the surfaces of containers or evaporate. In some cases, unexpected substances may form due to competing reactions, reducing the amount of desired product. Some solid materials may remain on a filter paper or be lost during purification. Because of these issues, chemists need to know how to determine the actual amount of product in a chemical reaction.

المردود النظري والمردود الفعلي:

Theoretical Yield and Actual Yield:

في كثير من الحسابات السابقة، قمت بحساب كمية الناتج من كمية مادة متفاعلة معطاة. وتسمى كمية الناتج المحسوبة هذه **المردود النظري** للتفاعل، وهو أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة.

In many of the previous calculations, you computed the amount of product from a given amount of reactant. This calculated amount of product is called the **theoretical yield** of the reaction, which is the maximum amount of product that can be obtained from the given amount of reactant.

نادرًا ما ينتج عن التفاعل الكيميائي مردود فعلي مطابق للمردود النظري المتوقع. يحدد الكيميائي المردود الفعلي للتفاعل من خلال تجربة دقيقة يحسب من خلالها كتلة المادة الناتجة. لذا، **فالمردود الفعلي** هو كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عمليًّا.

It is rare for a chemical reaction to produce an actual yield that exactly matches the expected theoretical yield. Chemists determine the actual yield of a reaction through precise experiments, by measuring the mass of the product formed. Thus, **the actual yield** is the amount of product obtained when the chemical reaction is carried out practically.

نسبة المردود المئوية: يحتاج الكيميائيون إلى معرفة فاعلية التفاعل في إنتاج النواتج المرغوب فيها. ومن طرائق قياس فاعلية التفاعل حساب نسبة المردود المئوية. لذا، فإنّ **نسبة المردود المئوية** للنواتج هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري في صوره نسبة مئوية.

Percent Yield:

Chemists need to know the efficiency of a reaction in producing the desired products. One way to measure the efficiency of a reaction is by calculating the **percent yield**. Therefore, the percent yield of a product is the ratio of the actual yield to the theoretical yield, expressed as a percentage.

$$\text{نسبة المردود المئوية} \\ \text{Percent Yield} = \frac{\text{المردود الفعلي} \\ \text{Actual Yield}}{\text{المردود النظري} \\ \text{Theoretical Yield}} \times 100$$

تدريب 4-4:

Exercise 4-4:

يُحضَّر الفوسفور P_4 تجاريًّا بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، والرمل SiO_2، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:

Phosphorus (P_4) is commercially prepared by heating a mixture of calcium phosphate $Ca_3(PO_4)_2$, silica SiO_2 , and coke C in an electric furnace. The process involves two steps:

$$2Ca_3(PO_4)_{2\,(s)} + 6SiO_{2(s)} \rightarrow 6CaSiO_{3(l)} + P_4O_{10(g)}$$

$$P_4O_{10(g)} + 10C_{(s)} \rightarrow P_{4(g)} + 10CO_{(g)}$$

يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ P_4 إذا سخن 250 g من $Ca_3(PO_4)_2$ و 400.0 g من SiO_2 معًا، وحدد نسبة المردود المئوية لـ P_4، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي 45.0 g .

The P_4O_{10} produced in the first reaction reacts with the excess coke in the second reaction.

Determine the theoretical yield of P_4 when 250 g of $Ca_3(PO_4)_2$ and 400.0 g of SiO_2 are heated together, and calculate the percent yield of P_4 if the actual yield of P_4 is 45.0 g.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تدريب 4-5:

Exercise 4-5:

يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقًا للمعادلة الموزونة الآتية:

Chlorine is produced by the reaction of hydrochloric acid with manganese dioxide according to the following balanced equation:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

احسب المردود النظري ونسبة المردود المئوية للكلور إذا تفاعل 96.9 g من MnO_2 مع 50.0 g من HCl، وكان المردود الفعلي لـ Cl_2 هو 20.0 g .

Calculate the theoretical yield and the percent yield of chlorine if 96.9 g of MnO_2 reacts with 50.0 g of HCl, and the actual yield of Cl_2 is 20.0 g.

Problems مسائل

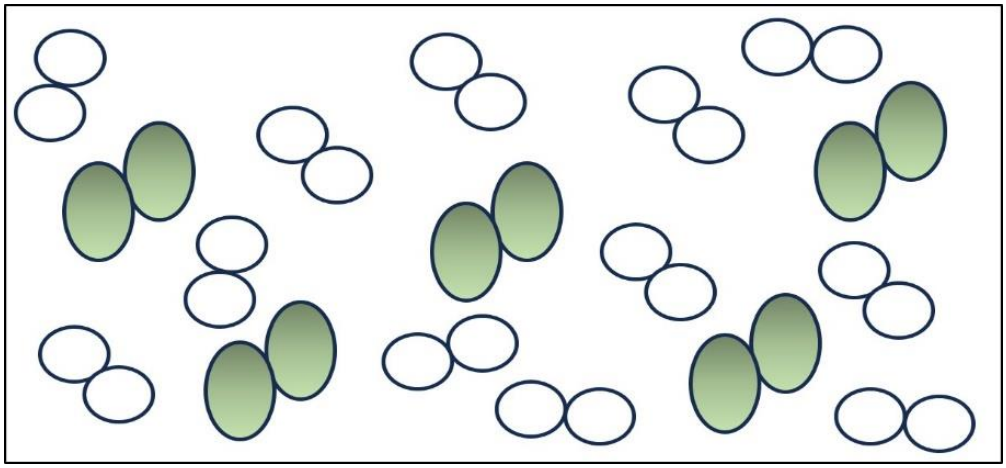
(4-1)

اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

Choose the correct answer below:

1) في الشكل أدناه، تمثل الدوائر المزدوجة الفاتحة اللون جزيئات H_2 وتمثل الدوائر المزدوجة الغامقة اللون جزيئات N_2 عندما تتفاعل الجزيئات الموجودة في الصندوق لتكوين أكبر عدد ممكن من جزيئات الأمونيا (NH_3) ، ما هي المادة المتفاعلة المحددة ؟ وكم عدد جزيئات NH_3 التي يمكن تكوينها؟

1) In the figure below the light-colored double circles represent H_2 molecules and the dark-colored double circles represent N_2 molecules. When the molecules in the box react to form the maximum possible amount of ammonia (NH_3) molecules, what is the limiting reactant and how many molecules of NH_3 can be formed?



a) H_2 محدد. يتكون 8 جزيئات من NH_3.

a) H_2 is limiting. 8 molecules of NH_3 can be formed.

b) H_2 محدد. يتكون 12 جزيء من NH_3.

b) H_2 is limiting.12 molecules of NH_3 can be formed

c) N_2 محدد. يتكون 5 جزيئات من NH_3.

c) N_2 is limiting. 5 molecules of NH_3 can be formed

d) N_2 محدد. يتكون 10 جزيئات من NH_3.

d) N_2 is limiting. 10 molecules of NH_3 can be formed.

2) ما أكبر كتلة (بالجرامات) من NO يمكن الحصول عليها من 15.5 g من N_2O_4 و 4.68 g من N_2H_4 حسب التفاعل التالي:

2)What is the maximum mass (in grams) of NO that can be obtained from 15.5 g of N_2O_4 and 4.68 g of N_2H_4 according to the following reaction

$$2N_2O_4 + N_2H_4 \rightarrow 6NO + 2H_2O$$

Molar mass ($g.mol^{-1}$) الكتلة المولية	
N_2O_4	92.0
N_2H_4	32.0

a) 4.38
b) 5.04
c) 15.2
d) 26.2

3) احتلت المملكة العربية السعودية المركز السادس عالميا في إنتاج الفوسفات، فخلال عشر سنوات فقط قفزت من المرتبة 128 إلى المرتبة السادسة عالميا، حيث بلغ إنتاج المملكة 6 مليون طن من فوسفات الأمونيوم ثنائية الهيدروجين (DHP) في عام 2019 . فإذا علمت أن معادلة التفاعل هي:

3)The Kingdom of Saudi Arabia ranked sixth globally in phosphate production, in just ten years, it jumped from 128th to sixth globally, as the Kingdom's production reached 6 million tons of dihydrogen ammonium phosphate (DHP) in 2019. If you know that the reaction equation is:

$$H_3PO_4 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2PO_4$$

كم كيلوجراماً من حمض الفوسفوريك يلزم لإنتاج طن من DHP؟

How many kilograms of phosphoric acid are needed to produce a ton of DHP?

a) 5113043 kg
b) 852174 kg
c) 5113.043 kg
d) 852.174 kg

4) يمكن تصنيع حمض الفوسفوريك وفقًا للتفاعل التالي:

4) Phosphoric acid can be manufactured according to the following reaction:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 + 5C + 5O_2 + 3H_2O \rightarrow 3CaSiO_3 + 5CO_2 + 2H_3PO_4$$

إذا تم مفاعلة كُتل متساوية من فوسفات الكالسيوم وثاني أكسيد السليكون مع فائض من الكربون والأكسجين والماء لإنتاج 1.000×10^3 kg من حمض الفوسفوريك. ما كتلة فوسفات الكالسيوم المستخدمة؟

If equal masses of calcium phosphate and silicon dioxide are reacted with excess carbon, oxygen and water to produce 1.000×10^3 kg of phosphoric acid. What mass of calcium phosphate is used?

a) 610 kg
b) 800 kg
c) 920 kg
d) 1582 kg

(4-2)

خليط من كبريتيت الصوديوم وكبريتات الصوديوم كتلته 7.0 g، أُذيب في الماء وسخن مع 1.50 g من الكبريت الذي تفاعل كليًا مع كل كبريتيت الصوديوم، حيث تكونت ثيوكبريتات الصوديوم وفقا للتفاعل:

A mixture of sodium sulfite and sodium sulfate of mass 7.0 g, dissolved in water and heated with 1.50 g of sulfur which completely reacted with all sodium sulfite, formed sodium thiosulfate according to the reaction:

$$Na_2SO_3 + S \rightarrow Na_2S_2O_3$$

احسب كتلة كل من كبريتيت الصوديوم وكبريتات الصوديوم في الخليط الأصلي؟

Calculate the masses of sodium sulfite and sodium sulfate in the original mixture?

.....

.....

.....

.....

.....

(4-3)

سائل عضوي يُعتقد أنه إما الميثانول النقي (CH_3OH) أو الإيثانول النقي (C_2H_5OH) أو خليط منهما، أحرقت عينة من هذا السائل كتلتها 0.22 g في وفرة من الأكسجين فنتج 0.352 g من غاز ثاني أكسيد الكربون حسب المعادلات التالية:

An organic liquid believed to be either pure methanol (CH_3OH) or pure ethanol (C_2H_5OH) or a mixture of both. A sample of this liquid with a mass of 0.22 g was burned in an abundance of oxygen, resulting in 0.352 g of carbon dioxide gas according to the following equations:

$$2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$$

$$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

هل السائل العضوي هو الميثانول النقي أم الإيثانول النقي أم خليط منهما؟ وضح إجابتك بالحسابات.

Is the liquid organic pure methanol or pure ethanol or a mixture of both? Explain your answer with the calculations.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(4-4)

سبيكة من الألومينيوم والماغنيسيوم كتلتها 0.155 g أذيبت في زيادة من محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) فنتج 0.0163 g من غاز الهيدروجين. احسب عدد مولات الألومينيوم والماغنيسيوم في السبيكة.

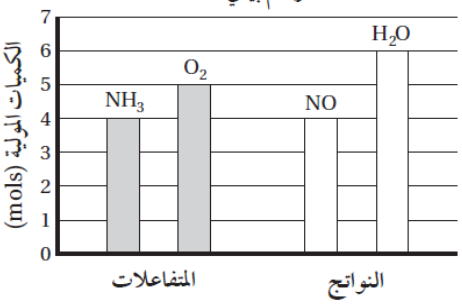
An aluminum-magnesium alloy with a mass of 0.155 g was dissolved in excess of a solution of hydrochloric acid (HCl), resulting in 0.0163 g of hydrogen gas. Calculate the number of moles of aluminum and magnesium in the alloy.

(4-5)

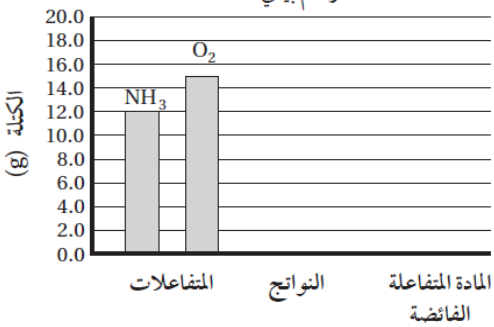
يوضح الرسم البياني رقم 1 العلاقة المولية بين المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي بين الأمونيا والأكسجين. في حين يوضح الرسم البياني رقم 2 كتل المتفاعلات فقط. استخدم المعلومات في الرسمين البيانيين الآتيين للإجابة عن الأسئلة أدناه:

Chart 1 shows the molar relationship between the reactants and products in the chemical reaction between ammonia and oxygen. While Chart No. 2 shows the masses of the reactants only. Use the information in the following two graphs to answer the questions below:

رسم بياني 1



رسم بياني 2



1) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

1) Write the balanced chemical equation for the reaction.

.....

2) حدد المادة المحددة للتفاعل.

2) Determine the limiting reactant of the reaction.

.....

3) ارسم وعَنْوِن كميات كل ناتج، والمادة المتفاعلة الفائضة في الرسم البياني 2. وضح إجابتك بالحسابات الكيميائية.

3) Draw and label the quantities of each product, and the excess reactant in Chart2. Explain your answer with chemical calculations.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(4-6)

عندما تم وضع 2.50 g من شريط الزنك في محلول نترات الفضة، ترسب معدن الفضة على سطح الشريط بعد فترة وجيزة. بعد ذلك تم نقل الشريط من المحلول وتجفيفه، فكانت كتلة الشريط 3.37 g احسب كتلة معادن Ag و Zn الموجودة؟

When 2.50 g of zinc strip was placed in a silver nitrate solution, soon after silver metal was deposited on the surface of the zinc strip. After that, the strip was removed from the solution dried, the mass of the strip was 3.37 g. Calculate the mass of the Ag and Zn metals present?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(4-7)

الأوكتان C_8H_{18} هو أحد مكونات الجازولين-المستعمل كوقود للسيارات- والاحتراق الكامل للأوكتان يعطي غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. ولكن الاحتراق غير الكامل له ينتج غاز أول أكسيد الكربون وبخار الماء الذي يؤثر سلبًا على أداء محرك السيارة. في إحدى التجارب أحرق 1.000 gallon من الأوكتان في محرك، وكانت الكتلة الإجمالية للغازات الناتجة هي 11.53 kg. احسب كفاءة الاحتراق (نسبة الأوكتان الذي تحول إلى CO_2) علما أن كثافة الأوكتان 2.650 kg/gallon.

Octane C_8H_{18} is one of the components of gasoline - used as car fuel - and complete combustion of octane gives Carbon dioxide gas and water vapor. But its incomplete combustion produces Carbon monoxide and water vapor, which negatively affects the performance of the car engine. In one experiment, 1.000 gallon of octane was burned in an engine, and the total mass of the resulting gases was 11.53 kg. Calculate the combustion efficiency (the percentage of octane converted to CO_2), knowing that the octane density is 2.650 kg/gallon.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(4-8)

أذيب 20.0 g من NaOH في الماء، وبعد ذلك امتُص غاز HCl في هذا المحلول حتى أصبح متعادلا. وفي النهاية، تكون ملح الطعام بنسبة 10.0 % بالكتلة. احسب حجم الماء الذي استخدم لعمل محلول NaOH.

20.0 g NaOH dissolved in water, thereafter HCl gas was adsorbed in this solution until it became neutral. Finally, 10.0 % by mass of saline was formed. Determine the volume of the water that was used for making NaOH solution.

(4-9)

أضيف 1.00 g من الكالسيوم إلى كأس زجاجي يحتوي على 0.1 mol من محلول حمض الهيدروكلوريك. احسب كتلة المواد الموجودة في الكأس بعد انتهاء التفاعل؟

1.00 g of calcium is added to a beaker containing 0.1 mol of hydrochloric acid solution. Calculate the mass of the substances in the beaker after the reaction ends?

(4-10)

يتم تحضير المركب MX_3 وفق المعادلة التالية:

The compound MX_3 is prepared according to the following equation:

$$M + X_2 \rightarrow MX_3$$

تحتوي عينة كتلتها 0.105 g من X_2 على 8.92×10^{20} جزيء، المركب MX_3 يحتوي على 54.47 % من X بالكتلة. ما الاسم الصحيح للمركب؟ إذا كان لديك 1.00 g من M و 1.00 g من X_2، ما كتلة MX_3 التي يمكن تحضيرها؟

A 0.105 g sample of X_2 contains 8.92×10^{20} molecules, compound MX_3 containing 54.47 % of X by mass. What is the correct name of the compound? If you have 1.00 g of M and 1.00 g From X_2, what mass of MX_3 can be prepared?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تدريب 4-1:
Exercise 4-1:

a	4 mol NH_3
b	3 mol N_2
c	27 mol H_2
d	1.204×10^{24} molecules
e	1.806×10^{24} molecules
f	2.55×10^3 g NH_3 = 2.55 kg

تدريب 4-2:
Exercise 4-2:

a	$6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(g)}$
b	CO_2
c	H_2O
d	28.0 g H_2O
e	60.0 g $C_6H_{12}O_6$

تدريب 4-3:
Exercise 4-3:

a	$2Na_3PO_{4(aq)} + 3Co(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Co_3(PO_4)_{2(s)} + 6NaNO_{3(aq)}$
b	**التجربة رقم 1:** Na_3PO_4 هي المادة المحددة للتفاعل، في حين أن $Co(NO_3)_2$ هي المادة الفائضة؛ لأن إضافة Na_3PO_4 إلى التفاعل سببت تفاعلاً إضافياً. **"Experiment 1:** Na_3PO_4 is the limiting reactant, while $Co(NO_3)_2$ is the excess reactant, because adding Na_3PO_4 to the reaction caused an additional reaction. **التجارب 4-2:** $Co(NO_3)_2$ هي المادة المحددة للتفاعل، في حين أن Na_3PO_4 هي المادة الفائضة؛ لأن إضافة $Co(NO_3)_2$ إلى التفاعل سببت تفاعلاً إضافياً. **Experiments 2–4:** $Co(NO_3)_2$ is the limiting reactant, while Na_3PO_4 is the excess reactant, because adding $Co(NO_3)_2$ to the reaction caused an additional reaction

تدريب 4-4:
Exercise 4-4:

Theoretical yield = 49.92 g P_4

Percent yield = 90.1 % P_4

تدريب 4-5:
Exercise 4-5:

Theoretical yield = 24.3 g Cl_2

Percent yield = 82.3 % Cl_2

(4-1)

1	a
2	c
3	d
4	d

(4-2)

$$n(S) = \frac{1.50}{32} = 0.047mol$$

$$n(Na_2SO_3) = 0.047mol$$

$$m(Na_2SO_3) = 0.047 \times 126 = 5 \cdot 9\ g$$

$$m(Na_2SO_4) = 7.0 - 5.9 = 1.1\ g$$

(4-3)

عدد مولات $\mathbf{CO_2}$ الناتجة من حرق العينة بأكملها $= \frac{0.352}{44} = 0.008\ mol$

عدد مولات $\mathbf{CO_2}$ الناتجة على افتراض أن السائل ميثانول نقي $= \frac{0.22}{32} = 6.875 \times 10^{-3}\ mol$

الاستنتاج: السائل ليس ميثانول

عدد مولات $\mathbf{CO_2}$ الناتجة على افتراض أن السائل إيثانول نقي $= \frac{0.22}{46} \times 2 = 9.565 \times 10^{-3}\ mol$

الاستنتاج: السائل ليس إيثانول

وبالتالي فإن السائل خليط من الميثانول والإيثانول.

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2 \quad (1)$$

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2 \ (2)$$

نفرض أن: $m(Mg) = 0.155\text{-}x$ g ، $m(Al) = x$ g

$$n(Al) = \frac{x}{27} mol$$

$$n(Mg) = \frac{0.155 - x}{24.3} mol$$

من المعادلة (2):

$$n(H_2) = \frac{3x}{54} mol$$

من المعادلة (1):

$$n(H_2) = \frac{0.155 - x}{24.3} mol$$

مولات (H_2) الكلية:

$$n(H_2) = \frac{0.0163}{2} = 8.15 \times 10^{-3} mol$$

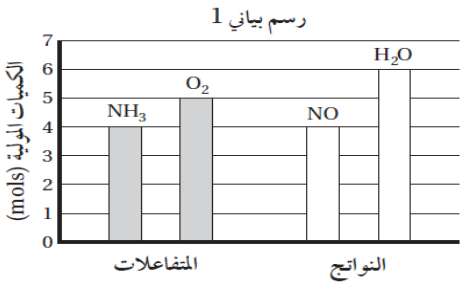
$$\frac{3x}{54} + \frac{0.155 - x}{24.3} = 8.15 \times 10^{-3}$$

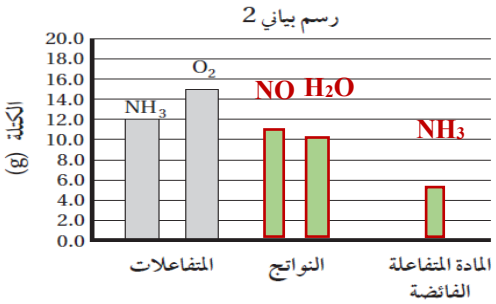
$$x = 0.123 = m(Al)$$

$$n(Al) = \frac{0.123}{27} = 4.56 \times 10^{-3} mol$$

$$n(Mg) = \frac{0.155 - 0.123}{24.3} = 1.32 \times 10^{-3} mol$$

(4-5)





(1

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$$

(2

المادة المحددة الأكسجين O_2

(3

$$n(O_2) = \frac{15}{32} = 0.469\ mol$$

$$m(NO) = 0.469 \times \frac{4}{5} \times 30 = 11.3g$$

$$m(H_2O) = 0.469 \times \frac{6}{5} \times 18 = 10.1g$$

$$m(NH_3)reactant = 0.469 \times \frac{4}{5} \times 17 = 6.38g$$

$$m(NH_3)excess = 12 - 6.38 = 5.62g$$

(4-6)

$$Zn + 2AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$

$m(Ag) = x\ g$

$n(Ag) = \frac{x}{107.9}\ mol$

$n(Zn) = \frac{1}{2} \times \frac{x}{107.9}\ mol$

$m(Zn)\ reactant = \frac{1}{2} \times \frac{x}{107.9} \times 65.4 = 0.303x\ g$

$m(Zn)\ remaining = 2.50 - 0.303x\ g$

$x + 2.50 - 0.303x = 3.37$

$x = 1.25\ g = m\ (Ag)$

$m(Zn) = 2.12\ g$

(4-7)

$$2C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18\ H_2O$$

$$2C_8H_{18} + 17\ O_2 \rightarrow 16CO + 18\ H_2O$$

$m(C_8H_{18}) = DV = 2.650\ kg/gallon \times 1.000\ gallon = 2.650\ kg$

Octane converted to $CO_2 = x$ g

Octane converted to CO = $(2650 - x)$ g

$$\frac{x}{114.2} \times \frac{16}{2} \times 44 = 3.082x\ g\ CO2$$

$$\frac{x}{114.2} \times \frac{18}{2} \times 18.02 = 1.420x\ g\ H2O$$

$$\frac{2650 - x}{114.2} \times \frac{16}{2} \times 28.01 = (5200 - 1.962x)\ g\ CO$$

$$\frac{2650 - x}{114.2} \times \frac{18}{2} \times 18.02 = (3763 - 1.420x)\ g\ H2O$$

The total mass of $CO_2 + CO + H_2O$ produced is 11530 g. We can write:

$11530\ g = 3.083x + 1.420x + 5200 - 1.962x + 3763 - 1.420x$

$x = 2290$ g

الكفاءة $efficiency = \frac{2290}{2650} \times 100 = 86.42\%$

(4-8)

$$n(NaOH) = \frac{20}{40} = 0.5mol$$

	NaOH + HCl →	NaCl +	H_2O
n	0.5 mol 0.5 mol	0.5 mol	0.5 mol
m	18.25g	29.25g	9 g

$$\frac{10}{100} = \frac{29.25}{m(solution)}$$

m(solution) = 292.5 g

$m(H_2O) = 292.5 - 29.25 - 9 = 254.25$ g

$V(H_2O) = 254.25\ cm^3$

$$Ca + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2$$

n (Ca) = 1.00/40 = 0.0250 mol (limiting)

m ($CaCl_2$) = 0.0250 × 111 = 2.775 g

n(HCl) $_{Excess}$ = 0.1 – 2(0.0250) = 0.05 mol

m(HCl) $_{Excess}$ = 0.05 × 36.5 = 1.825 g

The mass of the substances in the beaker after the reaction ends = 2.775 + 1.825 = 4.60 g

(4-10)

Molar mass X_2= $= \frac{0.105}{\frac{8.92\times 10^{20}}{6.02\times 10^{23}}} = 70.9$ g/mol

The mass of X = 1/2(70.9 g/mol) = 35.45 g/mol. This is the element chlorine

Assuming 100.00 g of MX_3 (= MCl_3) compound:

$$54.47 \text{ g Cl} \times \frac{1\text{mol Cl}}{35.45 \text{ g Cl}} = 1.537 \text{ mol Cl}$$

$$1.537 \text{ mol Cl} \times \frac{1\text{mol M}}{3 \text{ mol Cl}} = 0.5122 \text{ mol M}$$

$$\text{Molar mass of M} = \frac{45.53 \text{ g M}}{0.5122 \text{ mol M}} = 88.89 \text{ g/mol M}$$

M is the element yttrium (Y), and the name of YCl_3 is yttrium (III) chloride.

The balanced equation is: $2 Y + 3 Cl_2 \rightarrow 2 YCl_3$

Cl_2 is limiting:

$$1.00\text{g } Cl_2 \times \frac{1\text{molCl2}}{70.90\text{g Cl2}} \times \frac{2\text{mol YCl3}}{3 \text{ mol Cl2}} \times \frac{195.26\text{g YCl3}}{1 \text{ mol YCl3}} = 1.84 \text{ g } YCl_3$$

05 5- الغازات Gases

يمكن للبشر البقاء على قيد الحياة لأسابيع بدون طعام، وأيام بدون ماء، ولكن فقط لدقائق معدودة من دون هواء. وعلى الرغم من أن عددًا قليلاً نسبيًا من المواد يوجد في الحالة الغازية تحت الظروف الاعتيادية، إلا أن الغازات تُعدّ ذات أهمية كبيرة، ولحسن الحظ فإننا نعيش في قاع محيط شاسع من الهواء، تمسكه جاذبية الأرض. نستنشق قدرًا كبيرًا من هذا الهواء كل بضع ثوانٍ، ونحتفظ ببعض الجزيئات لاستخدام أجسامنا، ثم نزفر بعض الجزيئات التي لم تعد أجسامنا بحاجة إليها مرة أخرى إلى الهواء المحيط بنا.

Human beings can survive for weeks without food, for days without water, but only for a few minutes without air. Although relatively few substances exist in the gaseous state under normal conditions, gases are of great importance. Fortunately, we live at the bottom of a vast ocean of air held to Earth by gravity. We inhale a large amount of this air every few seconds, keep some of the molecules for our bodily needs, and then exhale other molecules that our bodies no longer require back into the surrounding air.

إن الحالة الغازية مثلها مثل الحالتين السائلة والصلبة ليست سوى حالة فيزيائية يمكن للمادة أن توجد بها في ظل ظروف معينة، فالماء على سبيل المثال يعتبر سائلاً، إلا أن هذا الاعتبار لا يلغي في نفس الوقت إمكانية وجود الماء بحالة غازية (بخار ماء) أو بحالة صلبة (ثلج). إذا كان الأمر كذلك فلماذا حينما تريد أن تشرب ماءً سائلاً تقول أريد ماءً، ولكن حينما تريد أن تستخدم ثلجاً لا تقول أريد ماءً، بل ثلجاً؟ أليس سبب ذلك أن الماء في حياتنا الاعتيادية يوجد عادة بحالته السائلة؟ وكذلك الأمر حينما يرد ذكر الأكسجين مثلاً فانه لا يخطر على بالنا إلا أنه غاز ولا نتصور أننا سنشتريه كسائل في زجاجات، بل كغاز في أسطوانات خاصة. أليس سبب ذلك أيضاً هو أن الأكسجين في حياتنا الاعتيادية يوجد عادة بحالته الغازية؟

The gaseous state, like the liquid and solid states, is merely a physical state in which matter can exist under certain conditions. Water, for example, is considered a liquid, but this does not preclude the possibility of water existing in a gaseous state (water vapor) or a solid state (ice). If this is the case, why is it that when you want to drink liquid water, you say, "I want water," but when you want to use ice, you don't say, "I want water," but rather, "I want ice"? Isn't this because water, in our normal lives, usually exists in its liquid state? Similarly, when oxygen is mentioned, for example, the only thing that comes to mind is that it is a gas, and we don't imagine we would buy it as a liquid in bottles, but rather as a gas in specialized cylinders. Isn't this also because oxygen, in our normal lives, usually exists in its gaseous state?

لا يقودنا ما سبق إلا إلى نتيجة واحدة وهي أن المادة ليست وقفاً على حالة فيزيائية معينة بل يمكن أن تكون بأي حالة من الحالات المعروفة، وذلك بناء على الظروف المحيطة بها.

The above leads us to only one conclusion: matter is not limited to a specific physical state, but can be in any of the known states, depending on the surrounding conditions.

يمكن - مما سبق - استنتاج أهمية تحديد الظروف والشروط التي توجد عندها المادة وهنا يجب التفريق بين مصطلحين هامين كثيراً ما يحدث بينهما خلط كبير. الأول هو اصطلاح **الحالة القياسية للمادة** ويقصد به حالة المادة حينما تكون عند ضغط يساوي 1 atm، والثاني هو اصطلاح **الظروف القياسية**، ويقصد به أن تكون درجة الحرارة تساوي 0 °C والضغط 1 atm ويُرمز لها بالرمز STP.

From the above, we can deduce the importance of defining the conditions under which matter exists. Here, we must distinguish between two important terms that

are often confused. The first is the term "standard state of matter" which refers to the state of matter when it is at a pressure of 1 atm. The second is the term "standard conditions" which refers to a temperature of 0°C and a pressure of 1atm, symbolized by the symbol STP.

وأخيراً تجدر الإشارة إلى أنه اصطلح على اتخاذ درجة الحرارة 25°C على أنها درجة حرارة الغرفة.

Finally, it is worth noting that 25°C is commonly used as room temperature.

الهواء من حولنا هو مادة في الحالة الغازية. فما الخصائص الأساسية لهذه الغازات؟ وما القوانين التي تصف سلوكها؟ وما النظرية التي تشرح هذه الخصائص والقوانين؟

The air around us is matter in the gaseous state. What are the fundamental properties of these gases? What laws describe their behavior? And what theory explains these properties and laws?

إن الحالة الغازية هي أبسط حالات للمادة وأفضلها فهمًا. وفي هذا الفصل، سنقوم بدراسة هذه الحالة عن قرب.

The gaseous state is the simplest and best-understood state of matter. In this chapter, we will examine this state closely.

The Kinetic-Molecular Theory نظرية الحركة الجزيئية

اقترح الكيميائيان بولتزمان وماكسويل - كل منهما على حدة - نموذجًا لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج **بنظرية الحركة الجزيئية** التي تصف سلوك المادة بناءً على حركة جسيماتها. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات تتعلق بحجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقتها، وتستند النظرية الحركية للغازات إلى الفرضيات الآتية:

The chemists Boltzmann and Maxwell, each independently, proposed a model to explain the properties of gases. This model is known as the kinetic molecular theory, which describes the behavior of matter based on the motion of its particles. This model makes several assumptions about the size, motion, and energy of gas particles. The kinetic theory of gases is based on the following assumptions:

1. تتكون الغازات من جسيمات ذات حجوم صغيرة جدًّا مقارنة بحجوم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر فيما بينها.

1. Gases consist of particles with very small volumes compared to the volume of the spaces separating them. They are also widely separated, so the forces of attraction and repulsion between them are absent.

2. جسيمات الغاز في حالة حركة مستمرة وعشوائية في الاتجاهات جميعها، وتصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الذي توجد فيه، وتُعد التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة. وفي التصادم المرن لا تُفقد الطاقة الحركية، ولكنها تنتقل بين الجسيمات المتصادمة.

2. Gas particles are in constant, random motion in all directions, colliding with other particles or with the walls of the container in which they are located. Collisions between gas particles are elastic. In elastic collisions, kinetic energy is not lost but is transferred between the colliding particles.

3. ينتج عن حركة الجسيمات طاقة حركية يحددها عاملان هما: كتلة الجسيم، وسرعته. ويمكن التعبير عن الطاقة الحركية للجسيم بالعلاقة الآتية:

3. The motion of particles produces kinetic energy, which is determined by two factors: the particle's mass and its speed. The kinetic energy of a particle can be expressed by the following relationship:

$$KE = ½mv^2$$

حيث: KE = الطاقة الحركية، m = كتلة الجسيم، v = سرعة الجسيم المتجهة

Where: KE = kinetic energy, m = mass of the particle, v = velocity of the particle.

نجد أن جسيمات عينة من غاز ما لها الكتلة نفسها، إلاّ أنه ليس لها السرعة نفسها، لذلك تختلف كمية الطاقة الحركية لها. ولذا، تستخدم درجة الحرارة مقياسًا لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة. فنجد أن أيّ غازين عند درجة الحرارة نفسها سوف يمتلكان متوسط الطاقة الحركية ذاته.

The particles in a sample of a gas have the same mass, but not the same speed, so their kinetic energy varies. Temperature is therefore used as a measure of the average kinetic energy of the particles of a substance. Any two gases at the same temperature will have the same average kinetic energy.

General Properties of Gases الخواص العامة للغازات

تتميز الغازات بعدد من الخواص، ومنها:

Gases have several properties, such as:

- **التمدد:**

لا تمتلك الغازات شكلًا أو حجمًا ثابتًا، لذلك هي تملأ شكل الوعاء الذي توضع فيه لأنها قادرة على التمدد.

- Expansion:

Gases have no definite shape or volume. They take the shape of their container because they can expand to fill any available space.

- **القابلية للانضغاط:**

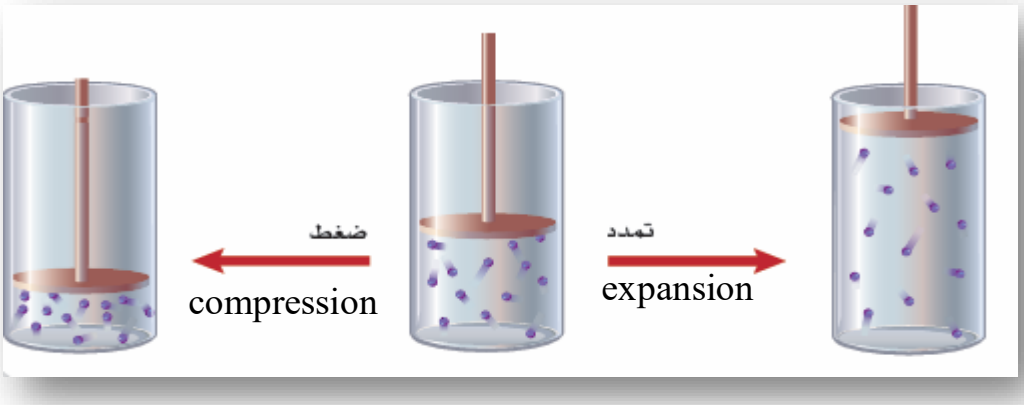
جسيمات الغازات متباعدة وكثافتها منخفضة لذا فهي قابلة للانضغاط.

- Compressibility:

Because gas particles are widely spaced and have low density, gases are highly compressible.

والشكل 5-1 يوضح ما يحدث لكثافة الغاز الموجودة في الوعاء أثناء انضغاطه وتمدده.

Figure 5-1 shows what happens to the density of a gas in a container as it compresses and expands.



الشكل 5-1: إن تمدد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.

Figure 5-1: The expansion and compression of a gas in a closed container change.

- **الميوعة:**

جسيمات الغازات تتحرك بحرية وسرعة في جميع الاتجاهات، مما يجعلها تنتشر بسهولة، ولهذا تُعد الغازات من الموائع.

- Fluidity:

Gas particles move freely and quickly in all directions, which makes them spread easily, and for this reason gases are considered fluids.

- **انخفاض الكثافة:**

جسيمات الغازات متباعدة عن بعضها وهذا ما يفسر انخفاض كثافتها، إلا أنه يمكن خفض كثافتها بشكل أكبر أو زيادتها بمجرد تغيير الحجم الذي يشغله الغاز بواسطة التحكم في الضغط مثلاً أو درجة الحرارة أو كلاهما. فنجد أن كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 20 °C تساوي (2.95×10^{-3}g/mL)، وكثافة الذهب الصلب تساوي (19.3 g/mL) لذا، فإن كثافة الذهب تزيد على كثافة الكلور 6500 مرة تقريبًا. ولا يعود هذا الفرق الكبير بين الكثافتين إلى الاختلاف بين كتلة ذرات الذهب وجسيمات الكلور فقط، بل على وجود فراغات كبيرة بين جسيمات الغاز أيضًا، لذلك يكون عدد جسيمات الكلور أقل من عدد ذرات الذهب في الحجم نفسه كما تنص على ذلك نظرية الحركة الجزيئية.

- Low density:

Gas particles are far apart from each other, which explains their low density. However, their density can be decreased or increased simply by changing the volume the gas occupies—by adjusting the pressure, the temperature, or both. The density of chlorine gas at 20°C is 2.95×10^{-3} g/mL, and the density of solid gold is 19.3 g/mL. Therefore, the density of gold is approximately 6,500 times greater than that of chlorine. This large difference between the two densities is due not only to the difference in the masses of the gold atoms and the chlorine particles, but also to the presence of large spaces between the gas particles. Therefore, the number of chlorine particles is less than the number of gold atoms in the same volume, as stated by the kinetic molecular theory.

- **القابلية للامتزاج:**

جميع الغازات قابلة للاختلاط والامتزاج مع بعضها البعض بشكلٍ تام لتكوين محلول متجانس، بغضّ النظر عن نوع الغاز، ويرجع ذلك إلى أن الجزيئات الغازية متباعدة جدًّا وتتحرك بحرية عالية، مما يسمح لها بالامتزاج الكامل دون وجود حدود فاصلة بين المكونات.

- Miscibility:

All gases can mix completely with one another to form a homogeneous mixture, regardless of the type of gas. This occurs because gas molecules are very far apart and move freely, allowing complete mixing without any boundaries between components.

- **الانتشار والتدفق:**

وفقًا لنظرية الحركة الجزيئية، ونظرًا لأن المسافة كبيرة بين الجسيمات، فإن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز تكاد تكون منعدمة. ولهذا تنتشر هذه الجسيمات سهولة، ويكون المكان الذي ينتشر فيه الغاز في كثير من الأحيان مشغولاً بغاز آخر، وتتسبب الحركة العشوائية لجسيمات الغازات باختلاط بعضها ببعض، حتى يصبح توزيع الغازات المختلطة متساويًا.

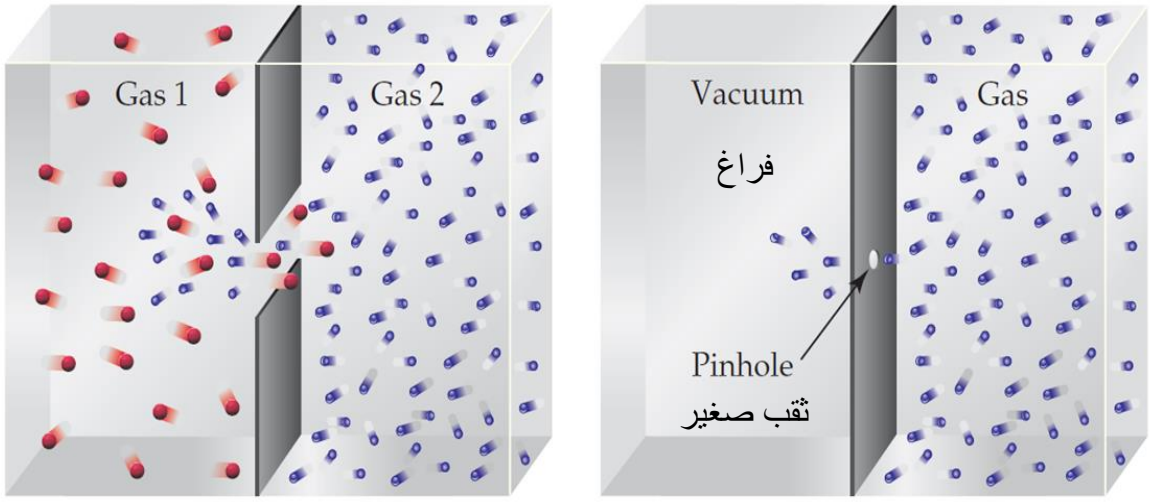
يصف **الانتشار** حركة تداخل المواد معًا، وقد يكون هذا المصطلح حديثًا، ولكن عملية الانتشار مألوفة لك. فأنت تشم رائحة الطعام عند طهيه في أرجاء المنزل كلها؛ بسبب انتشار جسيمات الغاز من منطقة ذات تركيز عالٍ (وهي في هذه الحالة المطبخ) إلى منطقة ذات تركيز منخفض (باقي أرجاء المنزل).
أما **التدفق** فهو عملية ذات صلة بالانتشار، ويحدث التدفق عندما يخرج الغاز من خلال ثقب صغير، كما هو موضح في الشكل 2-5.

- Diffusion and Effusion:

According to the kinetic-molecular theory, there are no significant forces of attraction between gas particles. Thus, gas particles can flow easily past each other. Often, the space into which a gas flows is already occupied by another gas. The random motion of the gas particles causes the gases to mix until they are evenly distributed.

Diffusion is the term used to describe the movement of one material through another. The term might be new, but you are probably familiar with the process. If food is cooking in the kitchen, you can smell it throughout the house because the gas particles diffuse. Particles diffuse from an area of high concentration (the kitchen) to one of low concentration (the other rooms in the house).

Effusion is a process related to diffusion. During effusion, a gas escapes through a tiny opening, as shown in Figure 5-2.



Diffusion الانتشار

Effusion التدفق

الشكل 2-5: الانتشار والتدفق

Figure 5-2: Diffusion and Effusion

من هذه الصفات يمكن لنا أن ندرك أن خواص الغازات ذات علاقة وثيقة بأربعة متغيرات هامة هي: الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، والكمية، وهذا ما سيتضح بشكل مفصل لاحقاً.

From these characteristics, we can realize that the properties of gases are closely related to four important variables: pressure, temperature, volume, and quantity, which will be explained in detail later.

Graham's Law قانون جراهام

قام توماس جراهام بإجراء تجربة لقياس معدل سرعة تدفق غازات مختلفة عند درجة الحرارة نفسها، وقد صمم تجربته بحيث تتدفق الغازات إلى مكان لا توجد فيه مادة. وقد اكتشف وجود علاقة عكسية بين معدل سرعة التدفق والكتلة المولية للغاز.

Thomas Graham conducted an experiment to measure the rate of flow of different gases at the same temperature. He designed his experiment to flow the gases to a location where there was no substance. He discovered an inverse relationship between the rate of flow and the molar mass of the gas.

قانون جراهام للتدفق ينص على أن معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب عكسيًّا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية.

Graham's Law of Effusion states that the rate of flow of a gas is inversely proportional to the square root of the molar mass.

تعتمد سرعة الانتشار بالدرجة الأولى على كتلة الجسيمات؛ حيث تنتشر الجسيمات الخفيفة أسرع من الثقيلة. ويمكن وصف متوسط الطاقة الحركية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفسها بالمعادلة:

The rate of diffusion depends primarily on the mass of the particles; lighter particles diffuse faster than heavier particles. The average kinetic energy of different gases at the same temperature can be described by the equation:

$$KE = ½mv^2$$

ومع ذلك فإن كتلة جسيمات الغاز تختلف من غاز إلى آخر. ولكي تمتلك الجسيمات الخفيفة متوسط الطاقة الحركية نفسه للجسيمات الثقيلة يجب أن تكون سرعتها المتجهة المتوسطة أكبر.

However, the mass of gas particles varies from one gas to another. For lighter particles to have the same average kinetic energy as heavier particles, their average velocity must be greater.

وينطبق قانون جراهام أيضًا على معدل الانتشار وهذا منطقي؛ إذ تنتشر الجسيمات الثقيلة أبطأ من الجسيمات الخفيفة عند درجة الحرارة نفسها. يمكنك باستخدام قانون جراهام كتابة نسبة رياضية للمقارنة بين معدل انتشار غازين.

Graham's law also applies to the rate of diffusion, which makes sense; heavier particles diffuse more slowly than lighter particles at the same temperature. Using Graham's law, you can write a mathematical ratio to compare the rates of diffusion of two gases:

$$\frac{Rate\ A}{Rate\ B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

تدريب 5-1: اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

Exercise 5-1: Choose the correct answer from the following:

1. يتسرب غاز بروميد الهيدروجين خلال فتحة صغيرة بمعدل 4 mL/s فما معدل تسرب غاز الميثان خلال نفس الفتحة؟

1. Hydrogen bromide gas leaks through a small opening at a rate of 4 mL/s. What is the rate of methane gas leaking through the same opening?

   a. 1.78 mL/s
   b. 9 mL/s
   c. 18 mL/s
   d. 24 mL/s

2. غاز تبلغ سرعة انتشاره 1.414مرة مقارنة بسرعة انتشار غاز ثاني أكسيد الكبريت احسب الكتلة المولية الغاز المجهول؟

2. A gas whose diffusion speed is 1.414 times that of sulfur dioxide. Calculate the molar mass of the unknown gas?

a. 16 g/mol
b. 32 g/mol
c. 64 g/mol
d. 128 g/mol

Pressure الضغط

يمكن للهواء أن يحمل طائرةً ضخمة أو يُسقط مبنى. فكيف يحدث ذلك؟

Air can lift a huge airplane or bring down a building. How does that happen?

كما نعلم، أن الهواء يحتوي على ذرات وجزيئات غازية في حركة مستمرة. تصطدم هذه الجسيمات مع بعضها البعض ومع الأسطح المحيطة بها. كل تصادم يولّد قوة صغيرة، ولكن مجموع قوى جميع الجسيمات ينتج تأثيرًا كبيرًا.

As we know, air contains gas atoms and molecules in constant motion. These particles collide with each other and with surrounding surfaces. Each collision produces a very small force, but when the forces of all these particles are combined, they quickly add up to produce a large effect.

إن النتيجة المترتبة على التصادمات المستمرة بين ذرات أو جزيئات الغاز والأسطح المحيطة هي ما نُسميه الضغط، الذي بسببه يمكننا أن نشرب باستخدام الماصة، وأن ننفخ كرات السلة، وأن نتنفس. كما أن اختلاف الضغط في الغلاف الجوي للأرض هو ما يُولّد الرياح، في حين تساعدنا تغيرات الضغط على التنبؤ بحالة الطقس.

The result of the constant collisions between gas atoms or molecules and surrounding surfaces is what we call pressure. This pressure enables us to drink through a straw, inflate basketballs, and breathe. Pressure differences in Earth's atmosphere also generate wind, while pressure changes help us predict the weather.

أما الضغط (P) الذي يؤثر به الغاز فيُعرَّف بأنه القوة (F) الناتجة عن تصادم جسيمات الغاز مقسومة على مساحة السطح (A) الذي تصطدم به:

The pressure (P) exerted by a gas is defined as the force(F) resulting from the collision of the gas particles divided by the area (A) of the surface they collide with:

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

وبالتالي، يعتمد الضغط الذي تمارسه عينة غاز على عدد جسيمات الغاز في حجم معين، فكلما قلَّ عدد جسيمات الغاز، انخفضت القوة لكل وحدة مساحة وانخفض الضغط.

Therefore, the pressure exerted by a gas sample depends on the number of gas particles in a given volume, the fewer the gas particles, the lower the force per unit area, and the lower the pressure.

بشكلٍ عام، ينخفض الضغط الجوي بزيادة الارتفاع. فعلى سبيل المثال، على ارتفاع يزيد عن 30,000 قدم — وهو الارتفاع الذي تحلّق عنده معظم الطائرات التجارية — يكون الضغط منخفضًا جدًا لدرجة أن الشخص قد يُصاب بالإغماء بسبب نقص الأكسجين. ولهذا السبب تُضغط مقصورات الطائرات صناعيًا للحفاظ على مستوى مناسب من الضغط.

In general, atmospheric pressure decreases with increasing altitude. For example, above 30,000 feet—the altitude at which most commercial aircraft fly—the

pressure is so low that a person could faint from lack of oxygen. This is why airplane cabins are artificially pressurized to maintain a suitable pressure level.

قد تشعر أحيانًا بتأثير انخفاض الضغط في صورة ألمٍ مؤقت في أذنيك. ينشأ هذا الألم داخل التجاويف الهوائية في الأذن. فعندما ترتفع إلى ارتفاعٍ أعلى، ينخفض الضغط الخارجي (أي الضغط المحيط بك)، بينما يبقى الضغط الداخلي داخل تجاويف الأذن كما هو. يؤدي ذلك إلى اختلالٍ في التوازن حيث يدفع الضغط الداخلي الأعلى طبلة الأذن إلى الخارج، مما يسبب الألم.

You may sometimes feel the effect of the pressure drop as a brief pain in your ears. This pain originates within the air cavities in your ear. As you ascend to a higher altitude, the external pressure (i.e., the pressure around you) decreases, while the internal pressure inside the ear cavities remains the same. This creates an imbalance where the higher internal pressure pushes the eardrum outward, causing pain.

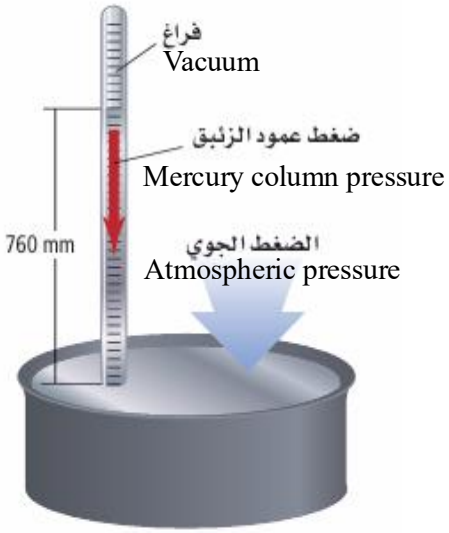
ومع مرور الوقت، وبمساعدة التثاؤب أو البلع، يخرج الهواء الزائد من تجاويف الأذن، مما يؤدي إلى تساوي الضغط الداخلي والخارجي ويزيل الشعور بالألم.

Over time, with the help of yawning or swallowing, excess air is expelled from the ear cavities, equalizing the internal and external pressure and eliminating the feeling of pain.

Measuring Atmospheric Pressure قياس الضغط الجوي

يقاس الضغط الجوي بالبارومتر، وهو أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء، يُغمر طرفه في حوض من الزئبق (Hg) كما هو موضح في الشكل 3-5. يدفع الضغط الجوي على سطح الزئبق السائل إلى الأعلى داخل الأنبوب المفرَّغ. ونظرا لكثافة الزئبق العالية (أكثر كثافة من الماء بـ 13.5 مرة)، فإن الضغط الجوي قادر على رفع عمود الزئبق إلى ارتفاع يقارب 0.760 m أو 760 mm . وبالمقابل، يمكن للضغط الجوي رفع عمود من الماء يصل ارتفاعه إلى حوالي 10.3 m. ولهذا السبب، يُعد عمود الزئبق وسيلة مناسبة وسهلة لقياس الضغط.

Atmospheric pressure is measured by a barometer. A barometer is an evacuated glass tube, the end of which is immersed in a pool of mercury (Hg) as shown in Figure 5-3. The atmospheric pressure on the surface of the liquid mercury pushes the mercury upwards inside the evacuated tube. Because mercury is very dense (13.5 times denser than water), atmospheric pressure supports a column of mercury about 0.760 m or 760 mm high. By contrast, atmospheric pressure supports a column of water about 10.3 m high. This makes a mercury column a convenient way to measure pressure.



الشكل 5-3: البارومتر الزئبقي

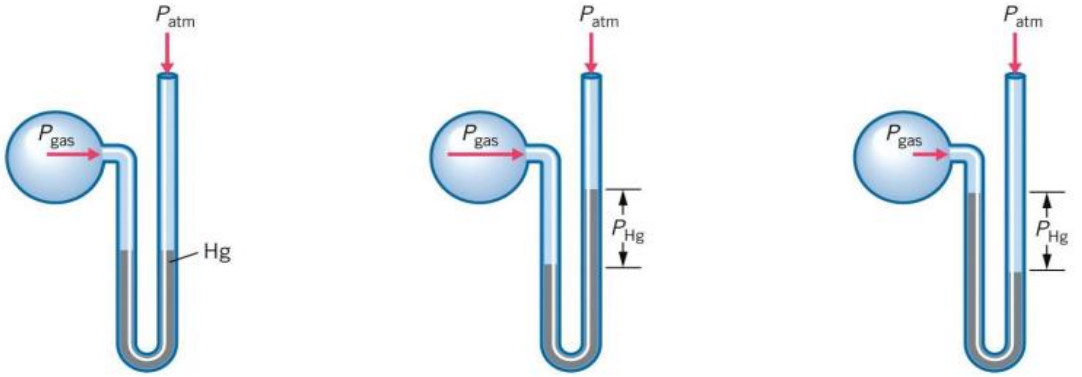
Figure 5-3: Mercury barometer

ويحدّد ارتفاع الزئبق قوتين، إحداهما الجاذبية الأرضية المؤثرة في الزئبق بقوة ثابتة إلى أسفل، والأخرى القوة المعاكسة لها التي تدفع الزئبق إلى الأعلى، وتكون بفعل الهواء الضاغط على سطح الزئبق إلى أسفل. ويتغير ضغط الهواء بتغير درجة حرارة ورطوبة الجو.

The height of mercury is determined by two forces: gravity, which exerts a constant downward force on the mercury, and the opposing force, exerted by the air pressure on the mercury's surface, which pushes it upwards. Air pressure varies with changes in temperature and humidity.

المانومتر أداة تُستخدم لقياس ضغط الغاز المحصور، ويتكون من دورق متصل بأنبوب على شكل **U** مملوء بالزئبق كما هو موضح في الشكل 5-4.

A manometer is an instrument used to measure the pressure of a confined gas. It consists of a flask connected to a **U**-shaped tube filled with mercury, as shown in Figure 5-4.



$P_{gas} = P_{atm}$

(a)

ضغط الغاز يساوي الضغط الجوي.

The gas pressure is equal to atmospheric pressure.

$P_{gas} > P_{atm}$

$P_{gas} = P_{atm} + P_{Hg}$

(b)

ضغط الغاز أكبر من الضغط الجوي.

The gas pressure is greater than atmospheric pressure.

$P_{gas} < P_{atm}$

$P_{gas} = P_{atm} - P_{Hg}$

(c)

ضغط الغاز أقل من الضغط الجوي.

The gas pressure is less than atmospheric pressure

الشكل 5-4: قياس ضغط الغاز باستخدام المانومتر مفتوح الطرف

Figure 5-4: Measuring gas pressure using an open-ended manometer

وحدات قياس الضغط إن وحدة قياس الضغط هي باسكال (Pa) . وقد اشتقت وحدة باسكال من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة باسكال مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع ($1Pa=1N/m^2$). وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية لقياس الضغط.
فعلى سبيل المثال، يسجل المهندسون الضغط على أنه عدد الأرطال لكل بوصة مربعة (psi) ، ويسجل الضغط المُقاس باستخدام البارومترات أو المانومترات بالملمترات الزئبقية (mmHg) وهناك وحدتان أخريان تعرف إحداهما تور (torr) والأخرى بار (bar).

Pressure Units: The unit of pressure is the pascal (Pa). The pascal is derived from the international unit of force, the newton (N). The pascal is equal to one newton per square meter ($1Pa = 1N/m^2$). Many fields of science still use traditional units of pressure.
For example, engineers record pressure as pounds per square inch (psi), and pressure measured using barometers or manometers is recorded in millimeters of mercury (mmHg). Two other units are known as torr and bar.

Converting between pressure units التحويل بين وحدات الضغط

1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg =760 torr =1.01325 bar = 101325 Pa = 101.325 kPa

Real Versus Ideal Gases الغاز الحقيقي مقابل الغاز المثالي

تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية التي درستها سابقًا. فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدومًا، كما أن هذه الجسيمات لا تشغل حيزًا، ولا توجد قوى تجاذب أو تنافر بينها، ولا تتجاذب أو تتنافر مع جدران الوعاء الموجودة فيه. وتتحرك هذه الجسيمات حركة عشوائية دائمة في خطوط مستقيمة حتى يصطدم بعضها ببعض أو بجدار الوعاء الذي يحتويها، وهذه التصادمات مرنة، مما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير، ويتبع الغاز المثالي قوانين الغاز تحت كل الظروف من الضغط ودرجة الحرارة.
Ideal gases follow the assumptions of the kinetic molecular theory you studied earlier. The particles of an ideal gas have almost no volume, occupy no space, and there are no forces of attraction or repulsion between them. They do not attract or repel each other with the walls of the container they are in. These particles move randomly in straight lines until they collide with each other or with the walls of the container they contain. These collisions are elastic, meaning the kinetic energy of the system does not change. An ideal gas follows the gas laws under all conditions of pressure and temperature.

ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيرًا، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تمامًا. وعلى الرغم من ذلك تسلك معظم الغازات سلوك الغاز المثالي في نطاقات واسعة من الضغط ودرجة الحرارة. كما أن الحسابات التي تجري باستخدام قانون الغاز المثالي تقارب القياسات التجريبية.
However, in reality, there is no such thing as an ideal gas. Gas particles have small volumes, but they do have attractive forces between them, and collisions between them and the container are not perfectly elastic. Nevertheless, most gases behave like an ideal gas over wide ranges of pressure and temperature. Calculations using the ideal gas law approximate experimental measurements.

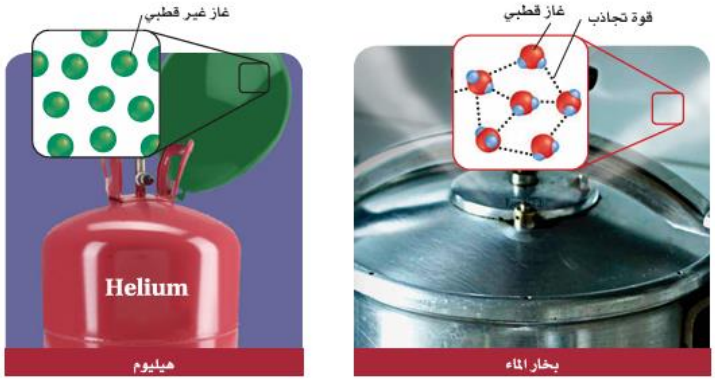
متى يكون قانون الغاز المثالي غير مناسب للاستخدام مع الغاز الحقيقي؟ تحيد معظم الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة. فعلى سبيل المثال يسلك غاز النيتروجين سلوك الغاز الحقيقي وعند انخفاض درجات حرارة غاز النيتروجين تنخفض طاقة جسيماته الحركية، وهذا يعني أن قوى التجاذب بين هذه الجسيمات قوية، مما يجعلها تؤثر في سلوكها. وعندما

تنخفض درجة الحرارة بقدر كاف يتكاثف الغاز الحقيقي مكوّنًا سائلاً. ويسلك غاز البروبان أيضًا سلوكَ الغاز الحقيقي. وتعمل زيادة الضغط على الغاز على إجبار جسيماته على الاقتراب بعضها من بعض، حتى يصبح من غير الممكن إهمال الحجم الذي تشغله الجسيمات، وتتحول الغازات الحقيقية - ومنها البروبان - إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافي.

When is the ideal gas law not suitable for use with real gases? Most real gases deviate from the ideal gas behavior at high pressure and low temperature. For example, Nitrogen gas behaves like a real gas. As the temperature of nitrogen gas decreases, the kinetic energy of its particles decreases. This means that the attractive forces between these particles are strong, affecting their behavior. When the temperature drops sufficiently, the real gas condenses into a liquid. Propane also behaves like a real gas. Increasing the pressure on the gas forces its particles closer together, until the volume occupied by the particles becomes negligible. Real gases, including propane, turn into a liquid if subjected to sufficient pressure.

تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلا يوجد بين جسيمات الغاز القطبية كما في بخار الماء قوى تجاذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير القطبية كالهيليوم. فتنجذب الأطراف المختلفة للجسيمات القطبية بعضها نحو بعض بقوى تجاذب كهروستاتيكية، كما في الشكل 5-5، لذا لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان (C_4H_{10}) حيزًا أكبر من الحيز الذي يشغله عدد مماثل من جسيمات غاز صغيرة الحجم كالهيليوم (He). ولهذا السبب تميل جسيمات الغاز الكبيرة إلى الابتعاد عن السلوك المثالي أكثر من جسيمات الغاز الصغيرة.

The nature of the particles that make up a gas influences its behavior in an ideal way. For example, the attractive forces between the particles of polar gases, such as water vapor, are stronger than those between the particles of nonpolar gases, such as helium. The opposite ends of the polar particles are attracted to each other by electrostatic forces, as shown in Figure 5-5. Therefore, polar gases do not behave like an ideal gas. Large, nonpolar gas particles, such as butane (C_4H_{10}), occupy more space than an equal number of small gas particles, such as helium (He). For this reason, large gas particles tend to deviate from ideal behavior more than small gas particles.

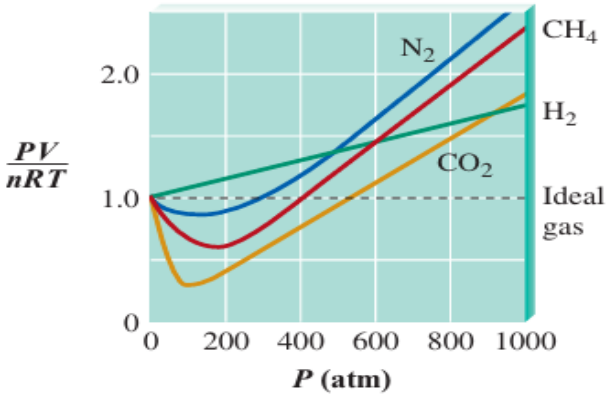


الشكل 5-5: التجاذب بين جسيمات الغازات غير القطبية ضعيف بينما يكون التجاذب بين جسيمات الغازات القطبية مثل بخار الماء قويًّا.

Figure 5-5: The attractive forces between nonpolar gas particles are weak, whereas the attraction between polar gas particles, such as water vapor, is strong.

تُظهر الرسوم البيانية لـ PV/nRT مقابل P لعدة غازات في الشكل 5-6 أنه في حالة الغاز المثالي تكون PV/nRT=1 في جميع الظروف، لكن لاحظ أن الغازات الحقيقية تقترب من هذه القيمة فقط عند ضغوط منخفضة جدًا (عادة أقل من 1atm).

The graphs of PV/nRT versus P for several gases in Figure 5-6 show that for an ideal gas, PV/nRT = 1 under all conditions, but note that real gases approach this value only at very low pressures (usually less than 1 atm).

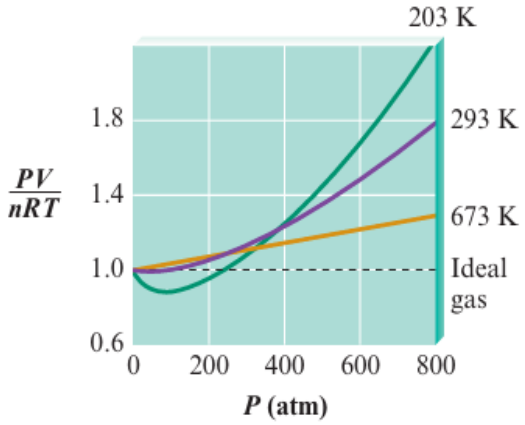


الشكل5-6: منحنيات PV/nRT مقابل P لعدة غازات (200 K). لاحظ الانحرافات الكبيرة عن السلوك المثالي (PV/nRT = 1). يكون السلوك قريبًا من المثالي فقط عند ضغوط منخفضة (أقل من 1 atm).

Figure 5-6: Plots of PV/nRT versus P for several gases (200 K) .Note the significant deviations from ideal behavior (PV/nRT =1). The behavior is close to ideal only at low pressures (less than 1 atm).

ولتوضيح تأثير درجة الحرارة، تم رسم PV/nRT مقابل الضغط لغاز النيتروجين عند درجات حرارة مختلفة في الشكل 5-7، لاحظ أن سلوك الغاز يقترب أكثر من السلوك المثالي كلما ارتفعت درجة الحرارة.

To illustrate the effect of temperature, PV/nRT versus pressure for nitrogen gas at various temperatures is plotted in Figure 5-7. Note that the gas's behavior approaches the ideal as the temperature increases.



الشكل5-7: منحنيات PV/nRT مقابل P لغاز النيتروجين عند ثلاث درجات حرارة. يُلاحظ أنه على الرغم من وضوح السلوك غير المثالي في كل حالة، إلا أن الانحرافات تكون أصغر عند درجات الحرارة الأعلى.

Figure 5-7: Plots of PV/nRT versus P for nitrogen gas at three temperatures. Note that although nonideal behavior is evident in each case, the deviations are smaller at the higher temperatures.

وأهم استنتاج يمكن استخلاصه من هذه الرسوم هو أن الغاز الحقيقي يُظهر سلوكًا أقرب إلى المثالي عند الضغوط المنخفضة ودرجات الحرارة العالية.

The most important conclusion that can be drawn from these graphs is that real gases exhibit behavior closer to the ideal at low pressures and high temperatures.

The Gas Laws قوانين الغازات

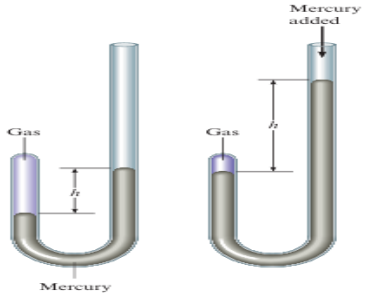
في هذا القسم، سنستعرض عدداً من القوانين الرياضية التي تربط بين خصائص الغازات. تستند هذه القوانين إلى تجارب أُجريت بعناية لقياس خصائص الغازات ذات الصلة، ومن خلال نتائج هذه التجارب، يمكن اكتشاف العلاقات الرياضية بين تلك الخصائص، وغالباً ما تُعرض هذه العلاقات بطريقة تصويرية باستخدام الرسوم البيانية (المنحنيات).

In this section we will consider several mathematical laws that relate the properties of gases. These laws derive from experiments involving careful measurements of the relevant gas properties. From these experimental results, the mathematical relationships among the properties can be discovered. These relationships are often represented pictorially by means of graphs (plots).

Boyle's law قانون بويل

أجرى الكيميائي الأيرلندي روبرت بويل أولى التجارب الكمية على الغازات. باستخدام أنبوب على شكل حرف J مغلق من أحد طرفيه (الشكل 8-5).

Irish chemist Robert Boyle conducted the first quantitative experiments on gases using a J-shaped tube closed at one end (Figure 5-8).



الشكل 8-5: أنبوب على شكل حرف J، مشابه لأنبوب بويل. عند إضافة الزئبق إلى الأنبوب، يزداد الضغط على الغاز المحصور، مما يؤدي إلى انخفاض حجمه.

Figure 5-8: A J-tube similar to the one used by Boyle. When mercury is added to the tube, pressure on the trapped gas is increased, resulting in a decreased volume.

درس بويل العلاقة بين ضغط الغاز المحصور وحجمه. ترد القيم التمثيلية لتجارب بويل في الجدول أدناه. تُظهر هذه البيانات أن حاصل ضرب الضغط في الحجم لعينة الهواء المحصور ثابتة.

Boyle studied the relationship between the pressure and volume of a trapped gas. Representative values of Boyle's experiments are shown in the table below. These data show that the product of pressure and volume for a trapped air sample is constant.

الضغط Pressure (in Hg)	الحجم Volume (in^3)	الحجم × الضغط Pressure × Volume (in Hg × in^3)
117.5	12.0	14.1×10^2
87.2	16.0	14.0×10^2
70.7	20.0	14.1×10^2
58.8	24.0	14.1×10^2
44.2	32.0	14.1×10^2
35.3	40.0	14.1×10^2
29.1	48.0	14.0×10^2

يمكن تمثيل هذا السلوك بالمعادلة:

This behavior can be represented by the equation:

$$PV = k$$

وهو ما يُسمى قانون بويل، حيث k ثابت لعينة مُعينة من الهواء عند درجة حرارة مُحددة.

This is called Boyle's Law, where k is a constant for a given sample of air at a given temperature.

من المُلائم تمثيل البيانات في الجدول السابق باستخدام رسمين بيانيين مُختلفين. يُشكل النوع الأول من الرسم البياني، P مقابل V، منحنى يُسمى القطع الزائد (الشكل 5-9). بالنظر إلى هذا الرسم البياني لاحظ أنه مع انخفاض الضغط بمقدار النصف تقريبًا (من 58.8 إلى 29.1)، يتضاعف الحجم (من 24.0 إلى 48.0). بعبارة أخرى، هناك علاقة عكسية بين الضغط والحجم.

It is convenient to represent the data in the previous table using two different graphs. The first type of graph, P versus V, forms a curve called a hyperbola (Figure 5-9). Looking at this graph, note that as the pressure decreases by about half (from 58.8 to 29.1), the volume doubles (from 24.0 to 48.0). In other words, there is an inverse relationship between pressure and volume.

ينص **قانون بويل** على أن حجم (V) كمية محددة من الغاز يتناسب عكسيا مع الضغط (P) الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته.

Boyle's Law states that the volume (V) of a given quantity of gas is inversely proportional to the pressure (P) exerted on it at a constant temperature.

يُمكن الحصول على النوع الثاني من الرسم البياني بإعادة ترتيب قانون بويل للحصول على:

The second type of graph can be obtained by rearranging Boyle's Law to get:

$$V = \frac{k}{P} = k\frac{1}{P}$$

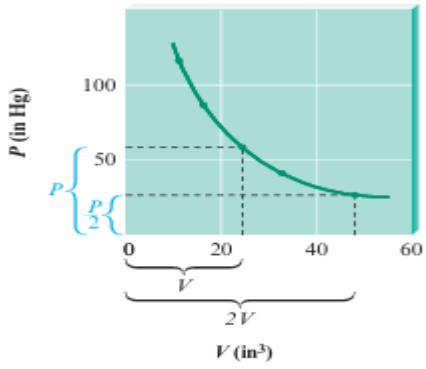
وهي معادلة الخط المستقيم من النوع:

It is the equation of a straight line of the type:

$$y = mx + b$$

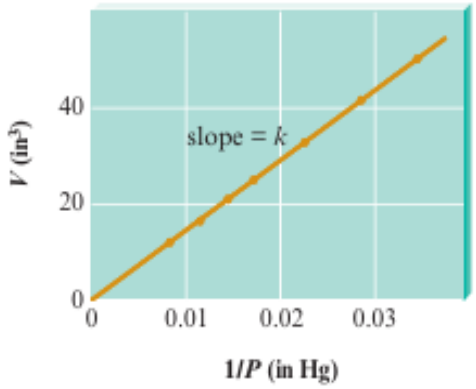
حيث يمثل m الميل، وb نقطة تقاطع الخط المستقيم. في هذه الحالة، $y = V$، و$x = 1/P$، و$m = k$ و$b = 0$. وبالتالي فإن رسم V مقابل $1/P$ باستخدام بيانات بويل يُعطي خطًا مستقيمًا نقطة تقاطعه صفر كما في (الشكل 5-10).

where m represents the slope, and b represents the intercept of the line. In this case, $y = V, x = 1/P, m = k$, and $b = 0$. Thus, plotting V versus 1/P using Boyle's data gives a straight line with a zero intercept as in (Figure 5-10).



الشكل 5-9: يُظهر الرسم البياني لـ P مقابل V أن الحجم يتضاعف مع انخفاض الضغط إلى النصف.

Figure 5-9: A plot of P versus V shows that the volume doubles as the pressure is halved.



الشكل 5-10: يُعطي الرسم البياني لـ V مقابل 1/P خطًا مستقيمًا. ميل هذا الخط يساوي قيمة الثابت k.

Figure 5-10: A plot of V versus 1/P gives a straight line. The slope of this line equals the value of the constant k.

وعلى الرغم من أن القيم المنفردة لكل من الضغط والحجم تتغير بشكل كبير بثبوت درجة الحرارة وبقاء كمية الغاز ثابتة، لكن حاصل الضرب P في V يساوي دائما كمية ثابتة؛ لذا فإنه لعينة من غاز تحت ظرفين مختلفين بثبوت درجة الحرارة، يكون:

Although the individual values of pressure and volume change significantly at constant temperature and constant gas volume, the product of P and V always equals a constant quantity. Therefore, for a sample of gas under two different conditions at constant temperature, it is:

$$P_1V_1 = k$$
$$P_2V_2 = k$$

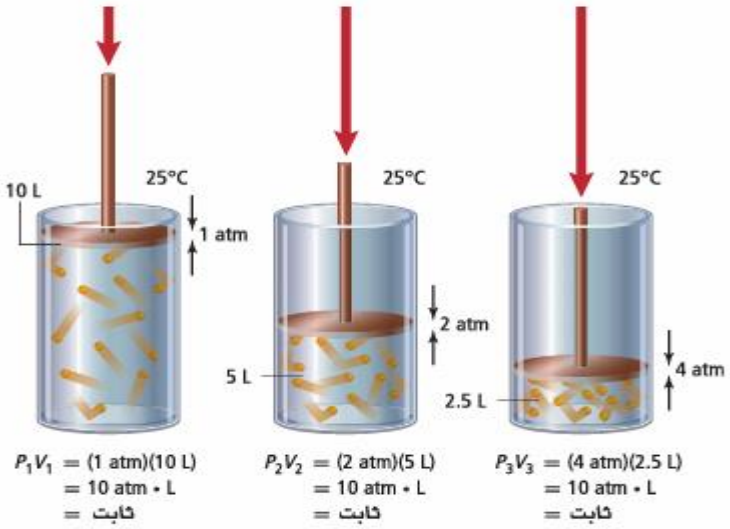
لذا يمكن التعبير عن قانون بويل رياضيا على النحو الآتي:

Therefore, Boyle's law can be expressed mathematically as follows:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

يبين الشكل 11-5 العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.

Figure 5-11 shows the inverse relationship between pressure and volume.



الشكل 11-5: عندما يزيد الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يقل حجم الغاز داخل الأسطوانة.

Figure 5-11: When the external pressure on the piston of the cylinder increases, the volume of the gas inside the cylinder decreases.

تدريب 5-2:

عينة من غاز مثالي مجهول الحجم وضع في دورق له صمام وتحت ضغط جوي واحد، عند فتح الصمام سمح للغاز بالتمدد داخل دورق فارغ حجمه 0.5 L موصول بالدورق الأول بوصله مهملة الحجم، وُجد أن درجة الحرارة ثابتة وأصبح الضغط 532 mmHg، احسب حجم الدورق الأول؟

Exercise 5-2:

A sample of an ideal gas of unknown volume was placed in a flask with a valve and under one atmosphere of pressure. When the valve was opened, the gas was allowed to expand into an empty flask with a volume of 0.5 L connected to the first flask by a non-volume connector. The temperature was found to be constant and the pressure became 532 mmHg. Calculate the volume of the first flask?

.....

.....

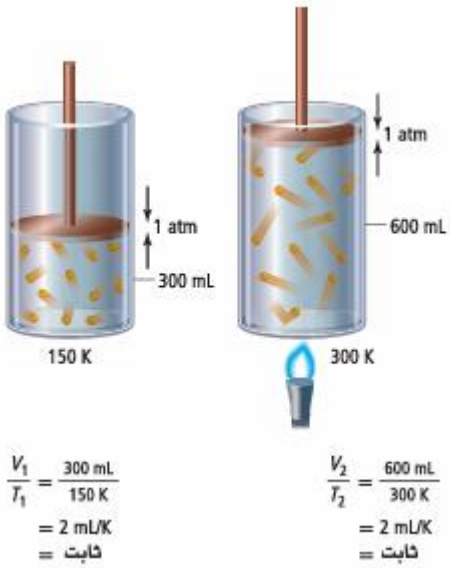
.....

.....

Charles's Law — قانون شارل

درس العالم شارل العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته، حيث لاحظ أن حجم الغاز يزداد بزيادة درجة الحرارة عند ثبوت كمية الغاز والضغط. توضح الأسطوانات في الشكل 5-12 كيفية تغير حجم كمية محددة من الغاز بتسخينه.

The scientist Charles studied the relationship between gas volume and temperature, noting that gas volume increases with increasing temperature when the gas quantity and pressure are constant. The cylinders in Figure 5-12 illustrate how the volume of a specific amount of gas changes when it is heated.

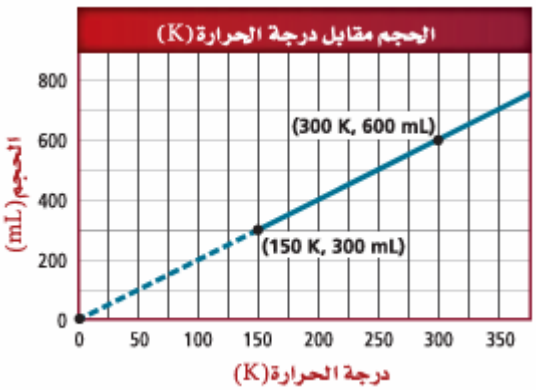


الشكل 5-12: عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، فتدفع المكبس للأعلى

Figure 5-12: When the cylinder is heated, the kinetic energy of the gas particles increases, pushing the piston upward

ينص **قانون شارل** على أن حجم (V) كمية محددة من الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته بالكلفن (T) عند ثبوت الضغط، ويلاحظ من الشكل 5-13 العلاقة الطردية والتناسب المباشر بين الحجم ودرجة الحرارة بالكلفن.

Charles's law states that the volume (V) of a given quantity of gas is directly proportional to its temperature in Kelvin (T) at constant pressure. Figure 5-13 shows the direct relationship between volume and temperature in Kelvin.



شكل 5-13: العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة بالكلفن.

Figure 5-13: The relationship between volume and temperature in Kelvin.

يمكن التعبير عن قانون شارل بالعلاقة الرياضية التالية:

Charles's law can be expressed by the following mathematical relationship:

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

تدريب 5-3:

يشغل غاز حجما مقداره 0.67 L عند درجة حرارة 350 K . ما درجة الحرارة اللازمة لخفض الحجم بمقدار 45%؟

Exercise 5-3:

A gas occupies a volume of 0.67 L at a temperature of 350 K. What temperature is required to reduce the volume by 45%?

.....

.....

.....

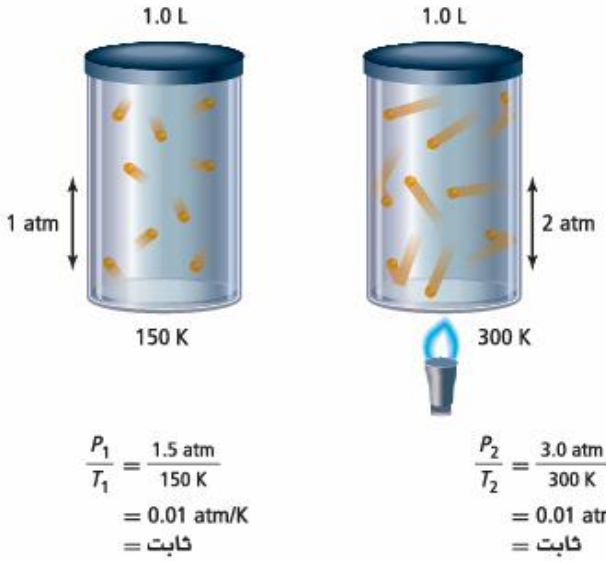
Gay-Lussac's law قانون جاي- لوساك

ينتج الضغط عن اصطدام جسيمات الغاز بجدران الوعاء؛ فكلما ارتفعت درجة الحرارة زاد عدد الاصطدامات وطاقتها؛ لذا تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة الضغط إذا لم يتغير الحجم.

Pressure results from the collision of gas particles with the walls of the container. The higher the temperature, the greater the number and energy of collisions. Therefore, increasing temperature leads to an increase in pressure if the volume remains unchanged.

وقد وجد جاي لوساك أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طرديًا مع الضغط، كما هو موضح في الشكل 5-14.

Gay-Lussac found that absolute temperature is directly proportional to pressure, as shown in Figure 5-14.

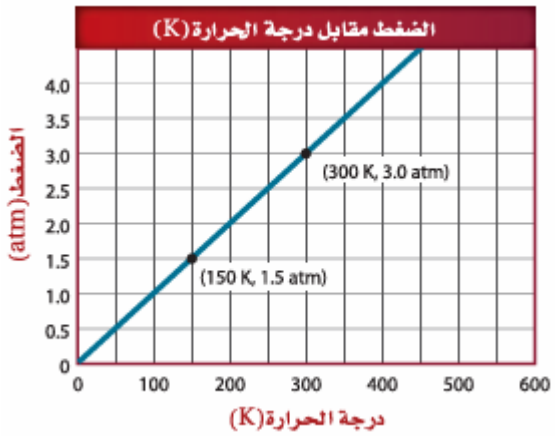


الشكل 5-14: عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، مما يؤدي إلى زيادة اصطداماتها بجدار الإناء، ولأن حجم الأسطوانة ثابت يزداد ضغط الغاز.

Figure 5-14: When the cylinder is heated, the kinetic energy of the gas particles increases, leading to an increase in their collisions with the vessel wall. Because the volume of the cylinder is constant, the gas pressure increases.

وينص **قانون جاي لوساك** على أن ضغط (P) مقدار محدّد من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة الحرارة بالكلفن(T) له، عند ثبوت الحجم. ويلاحظ من الشكل 5-15 العلاقة الطردية والتناسب المباشر بين الضغط ودرجة الحرارة بالكلفن.

Gay-Lussac's law states that the pressure (P) of a given volume of gas is directly proportional to its temperature in Kelvin (T), given constant volume. Figure 5-15 shows the direct and proportional relationship between pressure and temperature in Kelvin.



الشكل 5-15: العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة بالكلفن.

Figure 5-15: The relationship between pressure and temperature in Kelvin.

يمكن التعبير عن قانون جاي - لوساك بالعلاقة الرياضية التالية:

Gay-Lussac's law can be expressed mathematically as follows:

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

تدريب 5-4:

إذا كان ضغط عينة من الغاز يساوي 30.7 kPa عند درجة حرارة 0.00°C، فكم ينبغي أن ترتفع درجة الحرارة السيليزية للعينة حتى يتضاعف ضغطها؟ عند ثبوت الحجم.

Exercise 5-4:

If the pressure of a sample of gas is 30.7 kPa at a temperature of 0.00°C, how much higher in Celsius must the temperature of the sample be for its pressure to double? At constant volume.

.....

.....

.....

The Combined Gas Law القانون العام للغازات

يمكن أن يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم في العديد من التطبيقات العملية للغازات، كما يمكن دمج قانون بويل وقانون شارل وقانون جاي- لوساك في قانون واحد يطلق عليه **القانون العام للغازات**، وهو يحدّد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محدّدة من الغاز. ويوجد بين المتغيرات الثلاثة نفس العلاقة الموجودة في القوانين الأخرى. فالضغط يتناسب عكسيًّا مع الحجم، وطرديًّا مع درجة الحرارة.

Pressure, temperature, and volume can all change in many practical applications of gases. Boyle's Law, Charles's Law, and Gay-Lussac's Law can be combined into a single law called the **Combined gas law**, which defines the relationship

between pressure, temperature, and volume for a given quantity of gas. The three variables share the same relationship as in the other laws. Pressure is inversely proportional to volume and directly proportional to temperature.

ويمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضيًّا على النحو الآتي:

The Combined gas law can be expressed mathematically as follows:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

يساعدك القانون العام للغازات على حل المسائل التي تتضمن أكثر من متغير واحد، كما يقدم لك طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى دون تذكر معادلاتها، يمكننا القانون العام للغازات من اشتقاق القوانين الأخرى من خلال تذكر المتغير الثابت في كل حالة.

The Combined gas law helps you solve problems involving more than one variable. It also provides a way to remember the other three laws without remembering their equations. The Combined gas law allows us to derive the other laws by remembering the constant variable in each case.

مثلا إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة بينما تغير الضغط والحجم فإن: $T_1 = T_2$. وبعد تبسيط قانون الغاز العام تحت هذه الظروف ستحصل على قانون بويل:

For example, if the temperature remains constant while the pressure and volume change, then: $T_1 = T_2$. After simplifying the Combined gas law under these conditions, you get Boyle's law:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

إذا بقي الضغط ثابتا بينما تغير الحجم ودرجة الحرارة بالكلفن فإن: $P_1 = P_2$. وبعد تبسيط قانون الغاز العام تحت هذه الظروف ستحصل على قانون شارل:

If the pressure remains constant while the volume and temperature in Kelvin change, then: $P_1 = P_2$. After simplifying the Combined gas law under these conditions, you get Charles's law:

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

إذا بقي الحجم ثابتا بينما تغير الضغط ودرجة الحرارة بالكلفن فإن: $V_1 = V_2$. وبعد تبسيط قانون الغاز العام تحت هذه الظروف ستحصل على قانون جاي لوساك:

If the volume remains constant while the pressure and temperature in Kelvin change, then: $V_1 = V_2$. After simplifying the Combined gas law under these conditions, you get Gay-Lussac's law:

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

تدريب 5-5:

ما درجة الحرارة اللازمة لكي يتضاعف ضغط عينة من غاز النيون إذا انخفض الحجم الأصلي للغاز عند -40°C إلى الربع.

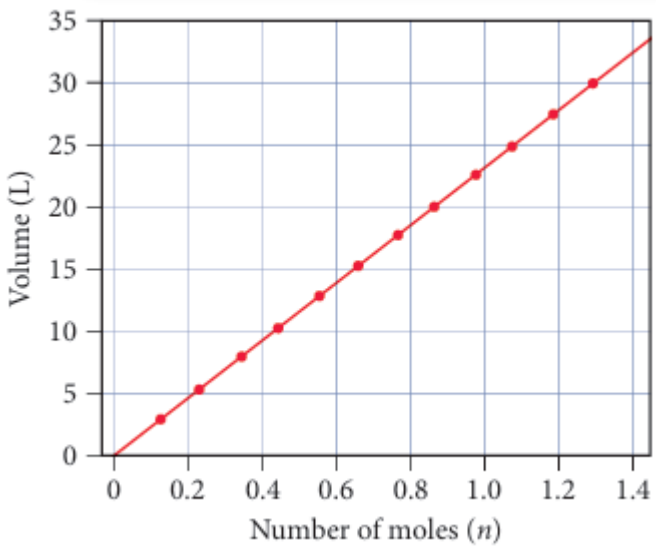
Exercise 5-5:

What temperature is needed for the pressure of a sample of neon gas to double if the original volume of the gas at -40°C was reduced to a quarter?

a. 116.5 °C
b. -20 °C
c. -156.5°C
d. 389.5 °C

يوضح الشكل 5-16 حجم عينة غاز (عند ثبوت درجة حرارة والضغط) كدالة لكمية الغاز (بالمول) في العينة. يمكننا أن نرى أن العلاقة الخطية بين الحجم والكمية.

Figure 5-16 shows the volume of a gas sample (at constant temperature and pressure) as a function of the amount of gas (in moles) in the sample. We can see that the relationship between volume and amount is linear.



الشكل 5-16: العلاقة بين الحجم وعدد المولات.

Figure 5-16: Relationship between volume and number of moles.

اقترح **أفوجادرو فرضية** تنص على أنه عند ثبوت كل من الضغط ودرجة الحرارة فإن الحجوم المتساوية من الغازات تمتلك العدد نفسه من الجزيئات (أو العدد نفسه من الذرات في حالة الغازات أحادية الذرة). ويتبع ذلك أن حجم (V)غاز معين يجب أن يتناسب طرديًا مع عدد مولات جزيئات الغاز الموجودة (n).

Avogadro proposed that, at constant pressure and temperature, equal volumes of gases contain the same number of molecules (or the same number of atoms in the case of monatomic gases). It follows that the volume (V) of a given gas must be directly proportional to the number of moles of gas molecules present (n)

ويمكن التعبير عن قانون أفوجادرو رياضيًا على النحو الآتي:

Avogadro's law can be expressed mathematically as follows:

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

وحسب قانون أفوجادرو، نرى أنه عند تفاعل غازين مع بعضهما، فإن النسبة تكون بينهما بسيطة. وعندما يكون الناتج غازاً يرتبط حجمه مع حجوم المواد المتفاعلة بنسب بسيطة أيضا.

According to Avogadro's law, when two gases react with each other, they are in a simple ratio. When the product is a gas, its volume is also related to the volumes of the reactants in simple ratios.

وعلى سبيل المثال، لنفترض تحضير الأمونيا من تفاعل جزيئات الهيدروجين مع جزيئات النيتروجين:

For example, suppose ammonia is prepared from the reaction of hydrogen molecules with nitrogen molecules:

$$3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$
$$3\ \text{mol} \quad 1\ \text{mol} \quad 2\ \text{mol}$$

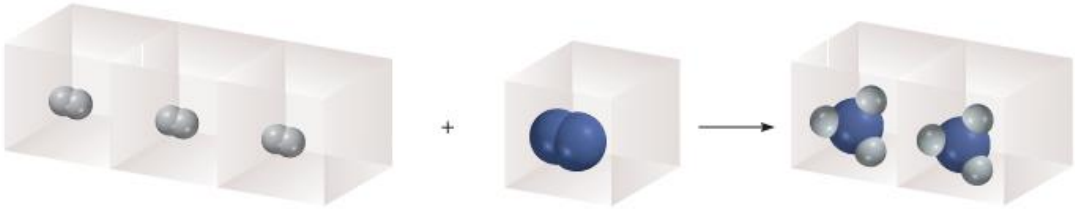
ولأنه عند ثبوت درجة الحرارة والضغط، تتناسب حجوم الغازات طرديًا مع عدد مولات الغازات الموجودة. يمكننا الآن كتابة:

Because at constant temperature and pressure, the volumes of gases are directly proportional to the number of moles of gases present. We can now write:

$$3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$
$$3 \text{ volume} \quad 1 \text{volume} \quad 2 \text{ volume}$$

نسبة حجم الهيدروجين إلى النيتروجين هي 3:1، ونسبة الأمونيا (الناتج) إلى الهيدروجين والنيتروجين المتحدة (المتفاعلات) هي: 4:2 أو 2:1 كما هو موضح في الشكل 5-17.

The ratio of the volume of hydrogen to nitrogen is 3:1, and the ratio of ammonia (the product) to combined hydrogen and nitrogen (the reactants) is 2:4, or 1:2, as shown in Figure 5-17.



$3H_2(g)$	+	$N_2(g)$	⟶	$2NH_3(g)$
3 molecules	+	1 molecule	⟶	2 molecules
3 moles	+	1 mole	⟶	2 moles
3 volumes	+	1 volume	⟶	2 volumes

الشكل 5-17: العلاقة بين حجم الغازات في التفاعل الكيميائي.

Figure 5-17: The relationship between the volume of gases in a chemical reaction.

The Ideal Gas Law قانون الغاز المثالي

دعنا نلخص قوانين الغازات التي تعرفنا عليها:

Let's summarize the gas laws we've learned:

قانون بويل: عند ثبوت n و T

Boyle's Law: When n and T are constant

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

قانون شارل: عند ثبوت n و P

Charles' Law: When n and P are constant

$$V \propto T$$

قانون أفوجادرو: عند ثبوت P و T

Avogadro's Law: When P and T are constant

$$V \propto n$$

يمكننا دمج هذه التعابير لنحصل على معادلة رئيسة تصف سلوك الغازات:

We can combine all three expressions to form a single master equation for the behavior of gases:

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

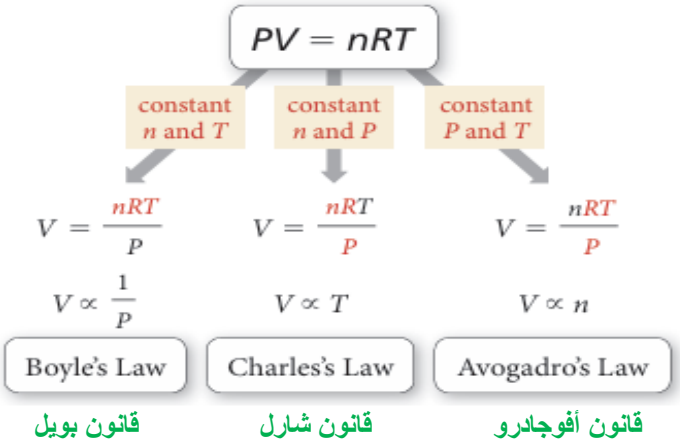
حيث R هو ثابت التناسب، ويدعى ثابت الغاز. وتسمى المعادلة السابقة بمعادلة الغاز المثالي التي تصف العلاقة بين المتغيرات الأربعة: P و V و T و n . ويبين الجدول التالي القيم الرقمية لـ R بوحدات مختلفة للضغط:

where R is a constant of proportionality, also called the gas constant. The previous equation is called the ideal gas equation, which describes the relationship between the four variables: P, V, T, and n. The following table shows the numerical values of R in different pressure units:

وحدات R R- units	قيمة R R-value
$\frac{L.atm}{mol.K}$	**0.0821**
$\frac{L.kPa}{mol.K}$	**8.314**
$\frac{L.mmHg}{mol.K}$	**62.4**

لاحظ أن قانون الغاز المثالي يحتوي على قوانين الغاز البسيطة التي تم مناقشتها كما موضح في الشكل التالي:

Note that the ideal gas law contains the simple gas laws discussed as shown in the following figure:



تدريب 5-6:

غازان A وB محصوران في وعاء حجمه لتر واحد عند درجة حرارة 70.0°C وضغط كلي 6.0 atm فإذا كان عدد مولات الغاز A ضعف عدد مولات الغاز B فاحسب:

a. عدد مولات كل من الغازين A و B.
b. الضغط الجزئي لكل غاز من الغازين في الخليط.

Exercise 5-6:

Two gases A and B are confined in a container with a volume of one liter at a temperature of 70.0°C and a total pressure of 6.0 atm. If the number of moles of gas A is twice the number of moles of gas B, calculate:

a. The number of moles of gases A and B.
b. The partial pressure of each of the two gases in the mixture.

.....

.....

.....

.....

قانون الغاز المثالي ـ الكتلة المولية والكثافة

The Ideal Gas Law - Molar Mass and Density

يمكن أن يستخدم قانون الغاز المثالي في إيجاد أي من قيم المتغيرات الأربعة P وV وT و n ، إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معروفة. كما يمكن إعادة ترتيب المعادلة PV = nRT لحساب الكتلة المولية والكثافة لعينة من الغاز.

The ideal gas law can be used to find any of the four variables P, V, T, and n, if the other three values are known. The equation PV = nRT can also be rearranged to calculate the molar mass and density of a gas sample.

الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي: لإيجاد الكتلة المولية (M) لعينة غاز نستخدم القانون:

Molar Mass and the Ideal Gas Law: To find the molar mass (M) of a gas sample, use the following law:

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

الكثافة وقانون الغاز المثالي: لإيجاد الكثافة (D) لعينة غاز نستخدم القانون:

Density and the Ideal Gas Law: To find the density (D) of a gas sample, use the following law:

$$D = \frac{MP}{RT}$$

قانون دالتون للضغوط الجزئية — Dalton's law of partial pressures

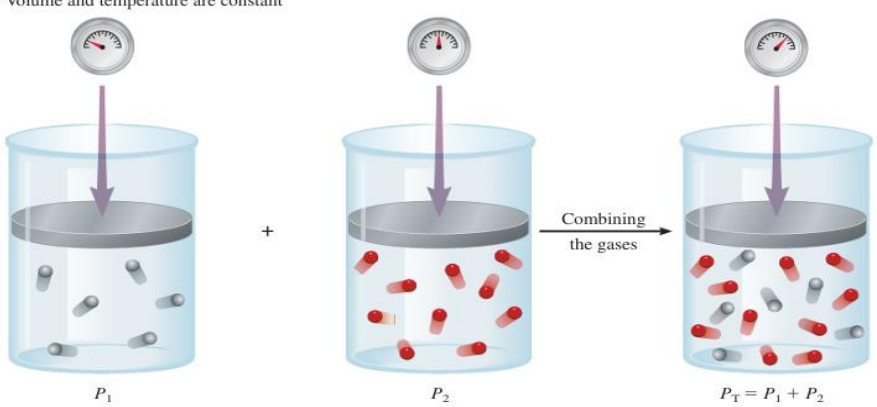
حتى الآن، ركزنا في دراستنا على سلوك المواد الغازية النقية. ولكن غالباً ما تشتمل التجارب العملية على دراسات مزيج من الغازات. فعلى سبيل المثال، عند دراسة تلوث الهواء، قد نهتم بدراسة علاقات الضغط ـ الحجم ـ درجة الحرارة لنموذج من الهواء المحتوي على عدد من الغازات. في هذه الحالة والحالات جميعها التي تشتمل على مزيج من الغازات، يرتبط الضغط الكلي مع الضغوط الجزئية المنفردة لكل مكون غازي في المزيج.

So far, we have focused our study on the behavior of pure gases. However, practical experiments often involve studies of mixtures of gases. For example, when studying air pollution, we might be interested in studying the pressure-volume-temperature relationships of a sample of air containing several gases. In this case, and in all cases involving a mixture of gases, the total pressure is related to the individual partial pressures of each gaseous component in the mixture.

قام دالتون بصياغة قانون سمي **بقانون دالتون للضغوط الجزئية** الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز في الخليط شرط عدم حدوث تفاعل بينهما.

Dalton formulated a law called **Dalton's Law of Partial Pressures**: The total pressure of a mixture of gases equals the sum of the partial pressures of each gas in the mixture, provided there is no chemical reaction between them.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots$$



الشكل 18-5: توضيح تخطيطي لقانون دالتون للضغوط الجزئية.

Figure 5-18: Schematic illustration of Dalton's law of partial pressures.

ويمكن إيجاد الضغط الجزئي P_i لكل غاز بمعلومية الضغط الكلي P_T والكسر المولي للغاز X_i من العلاقة:
The partial pressure P_i of each gas can be found by knowing the total pressure P_T and the mole fraction of the gas X_i from the relationship:

$$P_i = X_i P_T$$

تدريب 7-5:

عينة من الغاز الطبيعي تحتوي على 8.24 mol من CH_4 و0.421 mol من C_2H_6 و 0.116 mol من C_3H_8 إذا كان الضغط الكلي لخليط الغازات يساوي 1.37 atm فما هي قيمة الضغط الجزئي لغاز البروبان C_3H_8؟

Exercise 5-7:

A sample of natural gas contains 8.24 mol of CH_4, 0.421 mol of C_2H_6, and 0.116mol of C_3H_8. If the total pressure of the gas mixture is 1.37 atm, what is the partial pressure of propane gas C_3H_8?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Collecting Gases over Water جمع الغازات فوق الماء

عندما يكون ناتج التفاعل الكيميائي غازًا، يُجمع الغاز فوق الماء. على سبيل المثال، لنفترض أننا نستخدم تفاعل الزنك مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج غاز الهيدروجين:

When the product of a chemical reaction is a gas, the gas is collected above water. For example, suppose we use the reaction of zinc with hydrochloric acid to produce hydrogen gas:

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

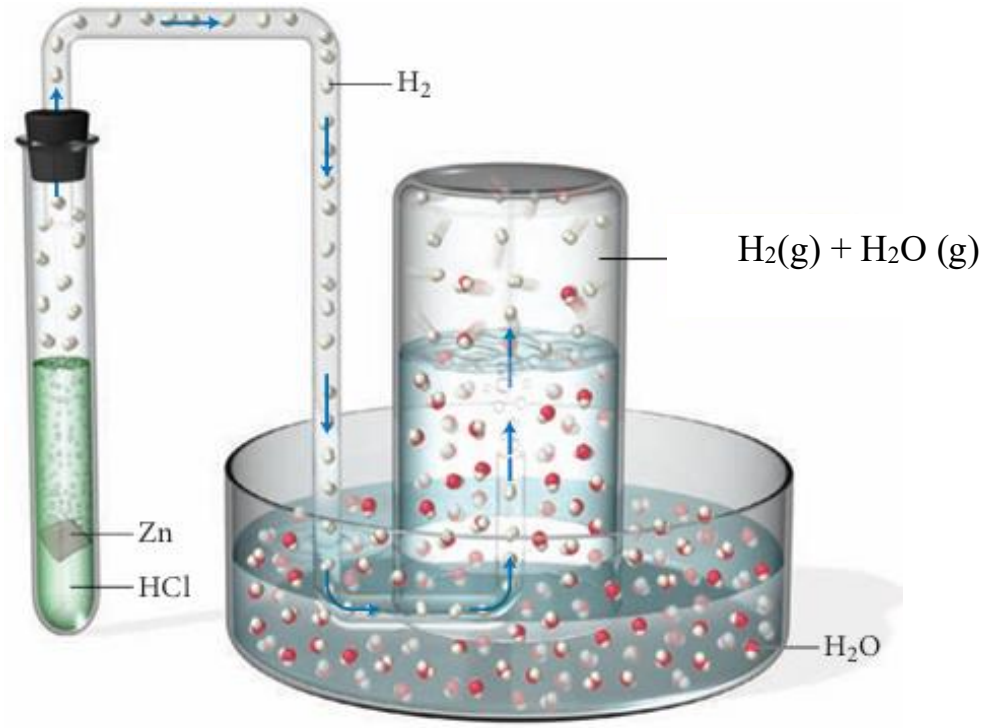
لتجميع الغاز، يُمكننا تركيب جهاز مثل الموضح في الشكل 5-19. عند تكوّن غاز الهيدروجين، يتدفق عبر الماء ويتجمع في قارورة التجميع وتعتمد هذه الطريقة على افتراض أن الغاز المُجمع لا يتفاعل مع الماء ولا تذوب أي كمية منه في الماء. ولا يكون غاز الهيدروجين المُجمع بهذه الطريقة نقيًا، بل يمتزج ببخار الماء، لذلك فإن الضغط الكلي يساوي مجموع الضغط الممارس عن طريق الهيدروجين وبخار الماء:

To collect the gas, we can set up a device like the one shown in Figure 5-19. As the hydrogen gas is formed, it flows through the water and collects in a collecting flask. This method assumes that the collected gas does not react with the water and that no amount of it dissolves in the water. The hydrogen gas collected in this way is not pure; it mixes with water vapor, so the total pressure equals the sum of the pressures exerted by the hydrogen and the water vapor:

$$P_T = P_{H_2} + P_{H_2O}$$

وبناء على ذلك، لابد أن نأخذ بالحسبان الضغط الناتج عن بخار الماء عند حساب كمية الأكسجين الناتجة.

Therefore, we must take into account the pressure exerted by the water vapor when calculating the amount of oxygen produced.



الشكل 19-5: جمع الغاز فوق الماء

Figure 5-19: Collecting a Gas over Water

تدريب 8-5:

تم جمع غاز الأكسجين الناتج عن تفكك كلورات البوتاسيوم فوق الماء. كان حجم غاز الأكسجين الناتج عند 24°C وضغط جوي 762 mmHg مساويا 128 mL . احسب كتلة الأكسجين التي تم جمعها؟ علمًا أن ضغط بخار الماء عند 24°C يساوي 22.4 mmHg

Exercise 5-8:

Oxygen gas produced by the decomposition of potassium chlorate was collected over water. The volume of oxygen gas produced at 24°C and an atmospheric pressure of 762 mmHg was 128 mL. Calculate the mass of oxygen collected. Consider that the vapor pressure of water at 24°C is 22.4 mmHg.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

استخدمنا في الأجزاء السابقة العلاقات بين الكميات (بالمول) والكتل (بالجرامات) للمتفاعلات والنواتج لحل أسئلة الحسابات التكافؤية. وعندما تكون المتفاعلات و/ أو النواتج في حالتها الغازية، يمكننا استخدام العلاقات بين الكميات بالمولات (n) والحجم (V) أيضاً لحل هذا النوع من الأسئلة كما هو موضح في المخطط التالي:

In the previous sections, we used the relationships between the quantities (in moles) and masses (in grams) of reactants and products to solve stoichiometric calculations questions. When the reactants and/or products are in their gaseous state, we can also use the relationships between the quantities in moles (n) and volume (V) to solve this type of question, as shown in the following diagram:

كمية المتفاعل (جرامات أو حجم) Amount of reactant (grams or volume)	→	مولات المتفاعل Moles of reactant	→	مولات الناتج Moles of product	→	كمية الناتج (جرامات أو حجم) Amount of product (grams or volume)

تدريب 5-9:

Exercise 5-9:

يستخدم أزيد الصوديوم (NaN_3) في الأكياس الهوائية للسيارات. ويؤدي اصطدام السيارة إلى تفكك NaN_3 كالآتي:

Sodium azide (NaN_3) is used in car airbags. A car collision causes the NaN_3 to disintegrate as follows:

$$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$$

ينفخ غاز النيتروجين المتحرر الأكياس الهوائية لتفصل بين السائق من جهة وزجاج ولوحة العدادات في السيارة من جهة أخرى. احسب حجم غاز N_2 عند 80°C، و 823 mmHg الناتج من تفكك 60.0 g من NaN_3.

The released nitrogen gas inflates the airbags, separating the driver from the car's windshield and dashboard. Calculate the volume of N_2 gas produced at 80°C, 823 mmHg, from the disintegration of 60.0 g of NaN_3.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Problems مسائل

(5-1)

في عام 2013، ذكرت الصحف أن العلماء كانوا يطلبون من الحكومة البريطانية حظر بيع بالونات الحفلات المملوءة بالهيليوم، لأن استخدامه في التطبيقات العلمية مثل المغناطيس فائق التوصيل يعني أنه ذات قيمة كبيرة جدًا بحيث لا يمكن إهداره على حفلات الأطفال.

In 2013, newspapers reported that scientists were asking the British government to ban the sale of helium-filled party balloons, because their use in scientific applications such as superconducting magnets meant they were too valuable to waste on children's parties.

يتواجد الهيليوم في الغلاف الجوي للأرض بمتوسط تركيز $0.916\ mg\ m^{-3}$ ويبلغ حجم الغلاف الجوي للأرض حوالي $4.2\times10^{9}\ km^{3}$.

Helium is present in the Earth's atmosphere at an average concentration of 0.916 mg m^{-3} and the volume of the Earth's atmosphere is approximately $4.2\times10^{9}\ km^{3}$.

(a) احسب عدد مولات الهيليوم الموجودة في الغلاف الجوي للأرض؟

(a) Calculate the number of moles of helium in the Earth's atmosphere?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) افترض أن بالونات الحفلة كروية ونصف قطرها 14 cm، فاحسب عدد البالونات التي يمكن ملؤها بالهيليوم من الغلاف الجوي للأرض عند درجة حرارة وضغط الغرفة.

(b) Assuming party balloons are spherical and have a radius of 14 cm, calculate the number of balloons that can be filled with helium from the Earth's atmosphere at room temperature and pressure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(5-2)

ما التأثير على حجم الغاز المثالي إذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة المطلقة إلى النصف؟

What will be the effect on the volume of an ideal gas if the pressure is doubled and the absolute temperature is halved?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

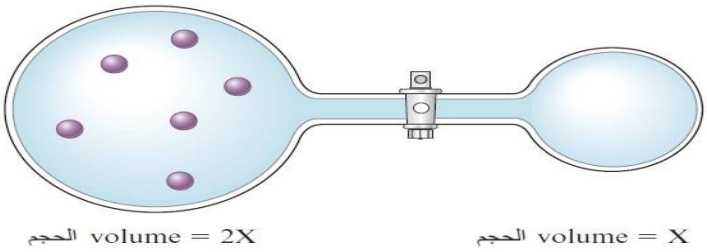
.....

.....

.....

.....

.....



(a) بافتراض أن حجم أنبوب التوصيل مهمل، حدد طريقة انتشار الجزيئات في الدورقين بعد فتح الصمام وأوجد الضغط النهائي بدلالة الضغط الأصلي. افترض أن درجة الحرارة ثابتة.

(a) Assuming that the volume of the connecting tube is negligible, determine the mode of dispersion of molecules in the two flasks after opening the valve and find the final pressure as a function of the original pressure. Assume the temperature is constant.

.....

.....

.....

.....

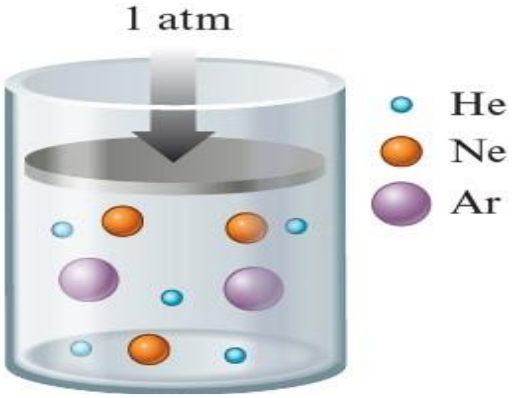
.....

.....

.....

(b) حدد الضغط الجزئي لكل غاز كما هو موضح في الشكل الجانبي. ملاحظة: الأرقام النسبية لكل نوع من الغاز موضحة في الشكل.

(b) Determine the partial pressure of each gas as shown in the side diagram. Note: The relative numbers of each type of gas are depicted in the figure.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(5-4)

لنفترض أنه سيتم ملء خزانين سعة 200.0 L بشكل منفصل بغازي الهيليوم والهيدروجين. ما كتلة كل غاز اللازمة لإنتاج ضغط قدره 2.70 atm في الخزان الخاص به عند درجة حرارة 24°C؟

Suppose two 200.0L tanks are to be filled separately with the gases helium and hydrogen. What mass of each gas is needed to produce a pressure of 2.70 atm in its respective tank at 24 ˚C?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(5-5)

يستخدم الفريون-12 كمبرد في مكيفات الهواء المنزلية المركزية. معدل تدفق الفريون-12 إلى الفريون-11 (الكتلة المولية = 137.4 g/mol) هو 1.066:1. صيغة الفريون-12 هي واحدة مما يلي: CF_4، CF_3Cl، CF_2Cl_2، $CFCl_3$، أو CCl_4. ما هي الصيغة الصحيحة للفريون-12؟

Freon-12 is used as a refrigerant in central home air conditioners. The rate of effusion of Freon-12 to Freon-11 (molar mass = 137.4 g/mol) is 1.066:1. The formula of Freon-12 is one of the following: CF_4, CF_3Cl, CF_2Cl_2, $CFCl_3$, or CCl_4. Which formula is correct for Freon-12?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(5-6)

عند تحليل الهواء يتم أولاً تركيز المركبات العضوية النادرة في الغلاف الجوي ثم يتم قياسها بواسطة التحليل اللوني للغاز. في خطوة التركيز، يتم ضخ عدة لترات من الهواء عبر أنبوب يحتوي على مادة مسامية تحبس المركبات العضوية. يتم بعد ذلك توصيل الأنبوب بجهاز كروماتوجرافيا الغاز وتسخينه لتحرير المركبات المحتبسة. يتم فصل المركبات العضوية في العمود وقياس الكميات. في تحليل للبنزين والتولوين في الهواء، تم تمرير عينة من الهواء سعة 3L عند 748 torr و238°C عبر الجهاز. أظهر التحليل اللوني للغاز أن عينة الهواء هذه تحتوي على 89.6 نانوجرام بنزين (C_6H_6) و153 نانوجرام تولوين (C_7H_8). احسب نسبة الخلط وعدد الجزيئات لكل سنتيمتر مكعب لكل من البنزين والتولوين. غالبًا ما يتم التعبير عن نسب الخلط بـ ppmv (أجزاء لكل مليون حجم):

$$\text{ppmv of X} = \frac{\text{vol of X}}{\text{total vol of air}} \times 10^6$$

When analyzing the air trace organic compounds in the atmosphere are first concentrated and then measured by gas chromatography. In the concentration step, several liters of air are pumped through a tube containing a porous substance that traps organic compounds. The tube is then connected to a gas chromatograph and heated to release the trapped compounds. The organic compounds are separated in the column and the amounts are measured. In an analysis for benzene and toluene in air, a 3.00 L sample of air at 748 torr and 238°C was passed through the trap. The gas chromatography analysis showed that this air sample contained 89.6 ng benzene (C_6H_6) and 153 ng toluene (C_7H_8). Calculate the mixing ratio and number of molecules per cubic centimeter for both benzene and toluene. Mixing ratios are often expressed in ppmv (parts per million volume) as shown in the formula above.

(5-7)

تم تفاعل عينة من فلز المنجنيز كتلتها 2.747 g مع كمية زائده من غاز HCl لإنتاج 3.22 L من غاز H_2 عند درجة حرارة 373 K و 0.951 atm ومركب كلوريد المنجنيز ($MnCl_x$). ما صيغة مركب كلوريد المنجنيز الناتج في التفاعل؟

A 2.747 g sample of manganese metal is reacted with excess HCl gas to produce 3.22 L $H_{2(g)}$ at 373 K and 0.951 atm and a manganese chloride compound ($MnCl_x$). What is the formula of the manganese chloride compound produced in the reaction?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(5-8)

تم شحن حاوية من الفولاذ المقاوم للصدأ سعة 20.0 L ودرجة حرارة 25 °C بـ 2.00 atm من غاز الهيدروجين و 3.00 atm من غاز الأكسجين. أشعلت شرارة الخليط وأنتج الماء. ما هو الضغط في الخزان عند 25 °C ؟ إذا تم إجراء نفس التجربة بالضبط، ولكن درجة الحرارة كانت 125 °C بدلاً من 25 °C ، فما هو الضغط في الخزان؟

A 20.0 L stainless steel container at 25 °C was charged with 2.00 atm of hydrogen gas and 3.00 atm of oxygen gas. A spark ignited the mixture, producing water. What is the pressure in the tank at 25 °C? If the exact same experiment were performed, but the temperature was 125 °C instead of 25 °C, what would be the pressure in the tank?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(5-9)

يحتوي المركب على C وH وN فقط. ويتكون من 58.51% من C و 7.37% من H بالكتلة. يتدفق الهيليوم من خلال مادة مرشحة مسامية بسرعة 3.20 مرة أسرع من سرعة مرور المركب. حدد الصيغة التجريبية والصيغة الجزيئية لهذا المركب.

A compound contains only C, H, and N. It is 58.51% C and 7.37% H by mass. Helium effuses through a porous frit 3.20 times as fast as the compound does. Determine the empirical and molecular formulas of this compound.

(5-10)

لدينا عينة من الهيدروكربون (مركب يتكون من الكربون والهيدروجين فقط) عند 0.959 atm و 298 K. عند احتراق العينة بأكملها في الأكسجين يتم تجميع خليط من ثاني أكسيد الكربون الغازي وبخار الماء عند 1.51 atm و 375 K. تبلغ كثافة الخليط 1.391 g/L ويشغل حجمًا أكبر بأربعة أضعاف من حجم الهيدروكربون النقي. حدد الصيغة الجزيئية للهيدروكربون.

Consider a sample of a hydrocarbon (a compound consisting of only carbon and hydrogen) at 0.959 atm and 298 K. Upon combusting the entire sample in oxygen, you collect a mixture of gaseous carbon dioxide and water vapor at 1.51 atm and 375 K. This mixture has a density of 1.391 g/L and occupies a volume four times as large as that of the pure hydrocarbon. Determine the molecular formula of the hydrocarbon.

تدريب 5-1:
Exercise 5-1:

1. b

2. b

تدريب 5-2:
Exercise 5-2:

$V_1 = 1.17$ L

تدريب 5-3:
Exercise 5-3:

$T_2 = 192.5$ K

تدريب 5-4:
Exercise 5-4:

$T_2 = 273$ ˚C

تدريب 5-5:
Exercise 5-5:

-156.5 ˚C

تدريب 5-6:
Exercise 5-6:

a. n(A) = 0.142 mol and n(B) = 0.071 mol

b. $P_A = 4.0$ atm and $P_B = 2.0$ atm

تدريب 5-7:
Exercise 5-7:

$P_{propane} = 0.0181$ atm

تدريب 5-8:
Exercise 5-8:

$m(O_2) = 0.164$ g

تدريب 5-9:
Exercise 5-9:

$V(N_2) = 37.0$ L

(5-1)

(a)

Volume of atmosphere = 4.2×10^{9} km^3 = 4.2×10^{18} m^3

Mass of He in atmosphere = 0.916 mg m^{-3} × 4.2×10^{18} m^3

= 3.85×10^{18} mg = 3.85×10^{15} g

Moles He = 3.85×10^{15} g / 4.003 g mol^{-1} = 9.61×10^{14} mol

(b)

Radius of balloon = 14 cm = 1.4 dm

Volume = 4/3 × π × (1.4 dm)^3 = 11.5 dm^3

Moles in one balloon = 11.5 dm^3/ 24.5 dm^3 mol^{-1} = 0.469 mol

Number of balloons = 9.61×10^{14} mol / 0.479 mol = 2.05×10^{15} balloon

(5-2)

يتم مضاعفة الضغط بحيث يكون $P_2 = 2P_1$ وتنخفض درجة الحرارة المطلقة إلى النصف بحيث تكون $T_2 = ½T_1$ (أو $T_1 = 2T_2$). لم تتغير مولات الغاز، إذًا $n_2 = n_1$. التأثير الحجمي لهذه التغييرات هو:

The pressure is doubled so $P_2 = 2P_1$ and the absolute temperature is halved so $T_2 = ½T_1$ (or $T_1 = 2T_2$). The moles of gas did not change, so $n_2 = n_1$. The volume effect of these changes is:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1V_1}{2T_2} = \frac{2P_1V_2}{T_2}$$

$$V_1 = 4V_2$$

(5-3)

(a) الحجم الإجمالي قدره 3X بعد فتح الصمام. سيتم توزيع إجمالي جزيئات الغاز الستة بالتساوي على الحجم بأكمله (3X). إذن، لكل حجم X، سيكون هناك جزيئين من الغاز. يجب أن يحتوي الدورق ذو الحجم 2X على أربعة جزيئات غاز وجزيئين غاز في الدورق ذو الحجم X.

For the first diagram, there is a total volume of 3X after the stopcock is open. The six total gas particles will be equally distributed over the entire volume (3X). So per X volume, there will be two gas particles. Your 2X volume flask should have four gas particles and two gas particles in the X volume flask.

وبتطبيق قانون بويل، فإن الضغط في الدورقين بعد فتح الصمام هو:

Applying Boyle's law, the pressure in the two flasks after the stopcock is opened is:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 2X}{3X} = \frac{2}{3}P_1$$

(b) تحتوي الحاوية على 5 ذرات He و3 ذرات Ne وذرتين Ar ليصبح المجموع 10 ذرات. ستكون الكسور المولية للغازات المختلفة مساوية لأجزاء الجزيء.

The container has 5 He atoms, 3 Ne atoms, and 2 Ar atoms for a total of 10 atoms. The mole fractions of the various gases will be equal to the molecule fractions.

$$X_{He} = \frac{5He\ atoms}{10total} = 0.50$$

$$X_{Ne} = \frac{3He\ atoms}{10total} = 0.30$$

$$X_{Ar} = 1.00 - 0.50 - 0.30 = 0.20$$

$$P_{He} = X_{He} \times P_{total} = 0.50(1.00atm) = 0.50atm$$

$$P_{Ne} = X_{Ne} \times P_{total} = 0.30(1.00atm) = 0.30atm$$

$$P_{Ar} = 1.00atm - 0.50atm - 0.30atm = 0.20atm$$

(5-4)

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{2.70atm \times 200.0L}{0.08206\frac{L.atm}{mol.K} \times (273+24)K} = 22.2\ mol$$

$$For He: 22.2\ mol \times \frac{4.003gHe}{mol} = 88.9g\ He$$

$$For H_2: 22.2\ mol \times \frac{2.016gH_2}{mol} = 44.8g\ H_2$$

(5-5)

Graham's law of effusion:

$$\frac{\text{Rate1}}{\text{Rate2}} = \left(\frac{\text{M2}}{\text{M1}}\right)^{1/2}$$

Let Freon-12 = gas 1 and Freon-11 = gas 2:

$$\frac{1.066}{1} = \left(\frac{137.4}{M1}\right)^{1/2}$$

$$1.14 = \frac{137.4}{\text{M1}}$$

M1 = 121g/mol

The molar mass of CF_2Cl_2 is equal to 121 g/mol, so Freon-12 is CF_2Cl_2.

(5-6)

For benzene:

$$89.6 \times 10^{-9} g \times \frac{1 mol}{78.11 g} = 1.15 \times 10^{-9} mol$$

$$V_b = \frac{n_b RT}{P} = \frac{1.15 \times 10^{-9} \times \frac{0.08206 L.atm}{K.mol} \times 296K}{748\ torr \times \frac{1\ atm}{760\ torr}} = 2.84 \times 10^{-8} L$$

$$Mixing\ ratio = \frac{2.84 \times 10^{-8} L}{3.00 L} \times 10^6 = 9.47 \times 10^{-3} ppmv$$

$$\frac{1.15 \times 10^{-9} mol}{3.00 L} \times \frac{1 L}{1000 cm^3} \times \frac{6.022 \times 10^{23}}{mol} = 2.31 \times 10^{11} molecules$$

For toluene:

$$153 \times 10^{-9} g \times \frac{1\ mol}{92.13 g} = 1.66 \times 10^{-9} mol$$

$$V_t = \frac{n_t RT}{P} = \frac{1.66 \times 10^{-9} \times \frac{0.08206\ L.atm}{K.mol} \times 296K}{748\ torr \times \frac{1\ atm}{760\ torr}} = 4.10 \times 10^{-8} L$$

$$Mixing\ ratio = \frac{4.10 \times 10^{-8} L}{3.00 L} \times 10^6 = 1.37 \times 10^{-2} ppmv$$

$$\frac{1.66 \times 10^{-9} mol}{3.00 L} \times \frac{1 L}{1000 cm^3} \times \frac{6.022 \times 10^{23}}{mol} = 3.33 \times 10^{11} molecules$$

(5-7)

$$Mn + xHCl \rightarrow MnCl_x + \frac{x}{2}H_2$$

$$n_{H_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{0.951atm \times 3.22L}{\frac{0.08206L\ atm}{K\ mol} \times 373K} = 0.100mol$$

$$mol\ Cl\ in\ compound = mol\ HCl = 0.100\ mol \times \frac{x\ mol\ Cl}{\frac{x}{2} mol\ H_2} = 0.2mol$$

$$\frac{mol\ Cl}{mol\ Mn} = \frac{0.200mol\ Cl}{2.747g\ Mn \times \frac{1mol\ Mn}{54.94g\ Mn}} = \frac{0.200mol\ Cl}{0.05000mol\ Mn} = 4.00$$

$$The\ formula\ of\ compound\ is\ MnCl_4$$

(5-8)

$$PV = nRT, V\ and\ T\ are\ constant. \frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2}\ or \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

عندما يكون V وT ثابتين، فإن الضغط يتناسب طرديًا مع عدد مولات الغاز الموجود، ونسب الضغط مطابقة لنسب المول.

$$At\ 25°C: 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

تتطلب المعادلة الموزونة 2 مول H_2 لكل مول O_2 متفاعل. ونفس النسبة (2 : 1) تنطبق على وحدات الضغط. لذا، إذا تفاعل كل 2 atm من H_2، فإن 1 atm فقط من O_2 سوف يتفاعل معه. نظرًا لوجود 3 atm من O_2، يكون الأكسجين زائدًا والهيدروجين هو المادة المتفاعلة المحددة. الغاز الوحيد الموجود عند 25 °C بعد انتهاء التفاعل هو O_2 الزائد.

$$P_{O_2}(reacted) = 2.00\ atm\ H_2 \times \frac{1atm\ O_2}{2atm\ H_2} = 1.00atm\ O_2$$

$$P_{O_2}(excess) = P_{O_2}(initial) - P_{O_2}(reacted) = 3.00 - 1.00 = 2.00atm\ O_2 = P_{total}$$

$$at\ 125°C: 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}\ is\ produced\ at\ 125°C$$

الفرق الرئيسي في المسألة عند 125 °C مقابل 25 °C هو أن بخار الماء أصبح الآن ناتجا (بدلاً من الماء السائل)، مما سيؤدي إلى زيادة الضغط الإجمالي بسبب وجود غاز إضافي. ملحوظة: بالنسبة لهذه المسألة، من المفترض أن يتم تفاعل 2 atm من H_2 و 3 atm من O_2 عند درجة حرارة 125 °C بدلاً من 25 °C.

$$P_{H_2O}(produced) = 2.00atm\ H_2 \times \frac{2atm\ H_2O}{2atm\ H_2} = 2.00atm\ H_2O$$

$$P_{total} = P_{O_2}(excess) - P_{O_2}(produced) = 2.00 + 2.00 = 4.00atm$$

(5-9)

نفترض أن لدينا 100.0 g من المركب:

Assume we have 100.0 g of the compound:

$$58.51g\ C\ \times\frac{1molC}{12.01gC}=4.872mol\ C,\frac{4.872}{2.435}=2.001$$

$$7.37g\ H\ \times\frac{1molH}{1.008gH}=7.31mol\ H,\frac{7.31}{2.435}=3.00$$

$$34.12g\ N\ \times\frac{1molN}{14.01gN}=2.435mol\ N,\frac{2.435}{2.435}=1.00$$

الصيغة التجريبية هي C_2H_3N.

الكتلة المولية للصيغة التجريبية:

$$C_2H_3N \approx 2(12.0) + 3(1.0) + 1(14.0) = 41.0\ g/mol.$$

الكتلة المولية للصيغة الجزيئية:

$$\frac{Rate_1}{Rate_2}=\left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{1/2},let\ gas\ (1)=He,3.20=\left(\frac{M_2}{4.003}\right)^{1/2},M_2=41.0\ g/mol$$

إذاً الصيغة التجريبية هي نفس الصيغة الجزيئية.

(5-10)

بافتراض أنه لدينا 1 L من الهيدروكربون (C_xH_y) سيكون حجم النواتج 4 L وستكون كتلة النواتج ($H_2O + CO_2$) كما يلي:

1.391 g/L × 4.000 L = 5.564 g products

$$n_{C_xH_y}=\frac{PV}{RT}=\frac{0.959atm\times1.00L}{\frac{0.08206L\ atm}{K\ mol}\times298K}=0.0392\ mol$$

$$n_{products}=\frac{PV}{RT}=\frac{1.51atm\times4.00L}{\frac{0.08206L\ atm}{K\ mol}\times375K}=0.196\ mol$$

C_xH_y + oxygen → x CO_2 + $y/2$ H_2O

نعد معادلتين:

$$(0.0392)x+0.0392\left(\frac{y}{2}\right)=0.196\ (mol\ of\ products)$$

$$(0.0392)\times(\frac{44.01g}{mol})+0.0392\left(\frac{y}{2}\right)(\frac{18.02g}{mol})=5.564g\ (mass\ of\ products)$$

$$Solving: x=2\ and\ y=6, so\ the\ formula\ of\ the\ hydrocarbon\ is\ C_2H_6$$

القوى بين الجزيئات Intermolecular forces

القوى بين الجزيئية هي قوى التجاذب بين الجزيئات، وهي المسؤولة عن التصرف غير المثالي للغازات، وأثر هذه القوى أكبر في الحالتين (السائلة والصلبة). عندما تنخفض درجة الحرارة، تقل الطاقة الحركية للجزيئات، فتقترب من بعضها أكثر وتتجاذب. ومع تجمع الجزيئات مع بعضها تتكون قطرات صغيرة من السائل. هذه الحالة الانتقالية من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة تعرف باسم التكاثف.
وهناك قوى أخرى تدعى قوى الترابط الجزيئية التي تربط بين جسيمات المادة بروابط أيونية أو تساهمية أو فلزية. إن قوى الترابط الجزيئية هي التي تثبت الذرات في الجزيء الواحد، في حين أن القوى بين الجزيئية هي المسؤولة عن الصفات العامة والفيزيائية للمادة (كدرجتي الانصهار والغليان).

Intermolecular forces are the forces of attraction between molecules. They are responsible for the non-ideal behavior of gases, and their effect is stronger in the liquid and solid states.

When the temperature decreases, the kinetic energy of the molecules also decreases, so the molecules move closer together and attract one another. As the molecules gather, small drops of liquid begin to form.

This transition from the gaseous state to the liquid state is called condensation.

There are also other forces called intramolecular forces, which hold the particles of a substance together through ionic, covalent, or metallic bonds.

Intramolecular forces keep the atoms bonded within a single molecule, while intermolecular forces are responsible for the general and physical properties of a substance, such as its melting and boiling points

وبشكل عام، فإن القوى بين الجزيئية أضعف من قوى الترابط الجزيئية. فنجد أن الطاقة اللازمة لتبخير السائل أقل من الطاقة اللازمة لكسر الروابط داخل جزيئاته. فمثلا، 41 kJ كافية لتبخير مول من الماء عند درجة الغليان، ولكن لكسر اثنين من روابط O-H فإننا نحتاج إلى 930 kJ للمول الواحد من الماء. إن درجات غليان المواد تعكس مدى قوة القوى بين الجزيئية. وعند درجة الغليان، يجب إمداد المادة بالطاقة اللازمة للتغلب على القوى بين الجزيئية قبل أن تحول المادة إلى الحالة الغازية. فمثلاً، إذا كانت قيمة القوى بين الجزيئية للمادة A أكبر من قيمة القوى بين الجزيئية للمادة B فهذا يعني أن درجة غليان المادة A أعلى من درجة غليان المادة B. وهذا ينطبق أيضا على درجة الانصهار؛ فكلما كانت هناك صعوبة لإبعاد الجزيئات عن بعضها، زادت درجة الانصهار. وغالباً، تزداد درجة الانصهار للمادة بزيادة قيمة القوى بين الجزيئية.

In general, intermolecular forces are weaker than intramolecular forces.

The energy required to vaporize a liquid is therefore much less than the energy needed to break the bonds within its molecules.

For example, about 41 kJ of energy is enough to vaporize one mole of water at its boiling point, but breaking the two O–H bonds in one mole of water requires about 930 kJ.

The boiling points of substances reflect the strength of their intermolecular forces. At the boiling point, a substance must be supplied with enough energy to overcome the intermolecular forces before it can change into the gaseous state.

For instance, if substance A has stronger intermolecular forces than substance B, then the boiling point of A will be higher than that of B.

The same idea applies to the melting point: the harder it is to separate the molecules from one another, the higher the melting point.
In general, the melting point of a substance increases as the intermolecular forces become stronger

ولمعرفة خواص المواد سواء كانت في حالة السيولة أم في حالة الصلابة، يجب علينا دراسة الأنواع المختلفة من القوى بين الجزيئية، وهي: القوي ثنائية القطب، وقوى التشتت وأحيانا يطلق الكيميائيون عليها قوى فان ديرفال، والرابطة الهيدروجينية وهي أقوى أنواع القوى بين الجزيئية؛ لأن بعض العناصر فقط تشارك فيها.

To know the properties of materials, whether they are in a fluid state or in a rigid state, we must study the different types of intermolecular forces, which are: dipole, dispersion forces, sometimes called van der Waal forces, and hydrogen bonds, which are the strongest types of intermolecular forces, because only some elements are involved in them.

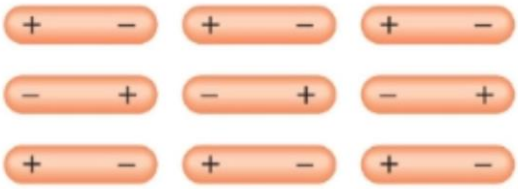
Dipole Forces قوى ثنائية القطب

إن القوى ثنائية القطب هي قوى التجاذب الموجودة بين الجزيئات القطبية، أي بين الجزيئات التي تحمل عزماً قطبيّا وأساس هذه القوى إلكتروستاتيكي.

Dipole forces are the forces of attraction that exist between polar molecules, that is, between molecules that carry polar momentum, and the basis of these forces is electrostatic.

وكلما زاد العزم القطبي، زادت قيمة هذه القوة. يظهر الشكل 6-1 اتجاه الجزيئات القطبية في المادة الصلبة، أما في السوائل فإنه لا يكون بشكل متماسك كما هو في الصلبة، والمهم هو أن يتم الوصول إلى أكبر تجاذب بين الجزيئات من خلال اصطفافها بطريقة ما.

The greater the polar momentum, the greater the value of that force. Figure 6-1 shows the orientation of the polar molecules in the solid, but in liquids it is not as coherent as in solids, and the important thing is that the greatest attraction between the molecules is reached by aligning them in some way.



الشكل 6-1:اصطفاف الجزيئات ثنائية القطب

Figure 6-1:Alignment of dipole molecules

Dispersion Forces قوى التشتت

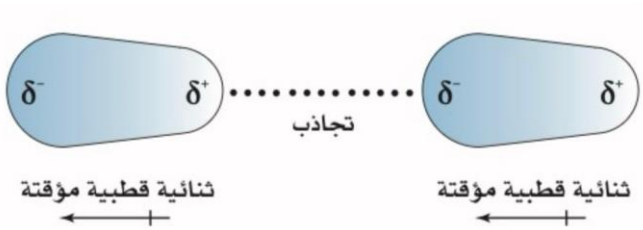
هي قوى تجاذب ضعيفة تنشأ بين الجزيئات غير القطبية، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التشتت أحيانًا بقوى (لندن)؛ نسبة إلى الفيزيائي الألماني-الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصف هذه القوى.

These are weak gravitational forces that arise between nonpolar molecules, and these weak forces are caused by a temporary displacement in the density of electrons in electronic clouds, and the scattering forces are sometimes known as

the London forces, after the German-American physicist Fritz London, who was the first to describe these forces.

وحيث أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحب الإلكترونية؛ فعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر- ولا سيما عند تصادمهما- فإن السحب الإلكترونية لأحدهما تتنافر مع السحب الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكتروناتِ حول كل نواة - ولو للحظة - لكل سحابة إلكترونية أكبر في جهة عن الأخرى، فيشكل كل جزيء ثنائية قطبية مؤقتة. وعند اقتراب ثنائيات الأقطاب المؤقتة بعضها من بعض تنشأ قوى تشتت ضعيفة بين مناطق الشحنات المختلفة لثنائية الأقطاب.

Since the electrons are always moving within the electron clouds, when two molecules come close to each other, especially when they collide, the electron clouds of one of them repulsively with the electron clouds of the other, so that the density of electrons around each nucleus becomes even momentarily greater than the other, forming a temporary dipole. When the temporary dipoles come close to each other, weak scattering forces are created between the different charge regions of the dipoles.



الشكل 2-6: التجاذب في قوى التشتت نتيجة القطبية المؤقتة

Figure 6-2: Attraction in the scattering forces due to temporary polarity

تنشأ قوى التشتت بين جميع الجسيمات، ولكنها تتاثر بحجم الجسيمات فهي ضعيفة في الجسيمات الصغيرة، لذلك كلما زاد حجم الجسيم تصبح قوى التشتت أكثر قوة، كما ويزداد تأثيرها مع زيادة الكتلة المولية وبالتالي ازدياد عدد الإلكترونات. مثالًا على ذلك نجد أن قوى التشتت بين جزيئات اليود أقوى من قوى التشتت بين جزيئات البروم في مجموعة الهالوجينات.

The scattering forces arise between all the particles, but they are affected by the size of the particles, as they are weak in small particles, so the larger the particle size, the stronger the scattering forces become, and their effect increases with the increase in the molar weight and thus the number of electrons. For example, the dispersion forces between iodine molecules are stronger than the dispersion forces between bromine molecules in the halogen group.

مثال 6-1

ما نوع (أنواع) القوى بين الجزيئات الموجودة بين أزواج المركبات الآتية:

Example 6-1

What are the type(s) of intermolecular forces between the following pairs of compounds:

(a) HBr، H_2S (b) Cl_2، CBr_4 (c) I_2 , NO_3^- (d) NH_3، C_6H_6

طريقة الحل: يجب تصنيف المواد إلى ثلاث فئات هي: أيونية، وقطبية (لها عزم قطبي) وغير قطبية. لنأخذ في الحسبان أن قوى التشتت موجودة بين المواد جميعها.

Method of solution: Materials should be classified into three categories: ionic, polar (with polar moment) and nonpolar.

Let's take into account that the dispersion forces exist among all the materials.

الحل:

(a) HBr و H_2S مركبان قطبيان. لذلك، فإن قوى التجاذب الموجودة بن الجزيئات عبارة عن ثنائيات الأقطاب إضافة إلى قوى التشتت.

(b) Cl_2 و CBr_4 مركبان غير قطبيين. لذا، فالقوى الموجودة بين الجزيئات عبارة عن قوى تشتت.

(c) I_2 و NO_3^- اليود جزيء ثنائي الذرة متماثل. لذا، فهو جزيء غير قطبي، استناداً إلى ذلك، فإن القوى الموجودة بين I_2 وأيون NO_3^- عبارة عن قوى تشتت.

(d) NH_3 قطبي، وC_6H_6 غير قطبي. إذن، فستكون القوى بين الجزيئية قوى تشتت فقط.

مثال 6-2: اذكر نوع (أنواع) القوى بين الجزيئية في المواد الآتية:

Example 6-2: Mention the type(s) of intermolecular forces in the following materials:

(a) LiF (b) CH_4 (c) SO_2

.....

Hydrogen bond الرابطة الهيدروجينية

تزداد درجة غليان المركبات المتشابهة في المجموعة الواحدة في الجدول الدوري بزيادة الكتلة المولية عادة، ويعود سبب هذه الزيادة في درجة الغليان إلى الزيادة في عدد الإلكترونات التي تؤدي إلى زيادة قوى التشتت.

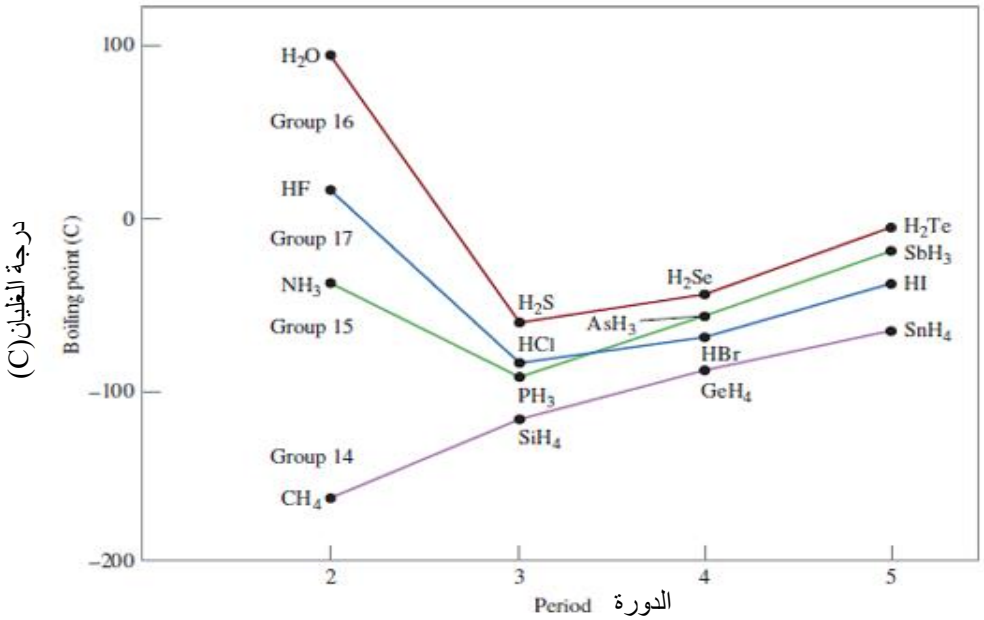
The boiling point of similar compounds in a single group in the periodic table usually increases with an increase in molar mass, and this increase in boiling point is due to an increase in the number of electrons that increase the dispersion forces.

إن مركبات الهيدروجين في المجموعة 14 تتبع هذه الزيادة، كما هو موضح في الشكل 3-6، في حين لا تتبع مركبات الهيدروجين من عناصر المجموعات: 15،16،17 هذا المسار.

The hydrogen compounds in group 14 follow this increase, as shown in Figure 6-3, while the hydrogen compounds of group elements: 15,16,17 do not follow this pathway.

في كل سلسلة من هذه المجموعات، تكون درجة الغليان الأعلى للمركبات الأخف (NH_3،H_2O ،HF) على عكس مما هو متوقع، وهذا يعود إلى قوى التجاذب بين هذه المركبات مقارنةً مع المركبات الأخرى في المجموعة نفسها. وتدعى هذه القوى الرابطة الهيدروجينية: وهي حالة خاصة من قوى ثنائي القطب التي تحدث مع ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة صغيرة ذات كهروسالبية عالية، كما في الرابطة القطبية مثل N-H أو O-H أو F-H. وكما نعلم، فإن ذرات N ، O ، F لها أعلى كهروسالبية في الجدول الدوري.

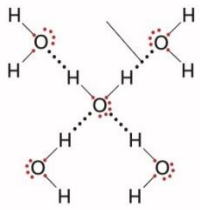
In each of these groups, the higher boiling point of the lighter compounds (HF, H_2O, NH_3) is the opposite of what would be expected, and this is due to the forces of attraction between these compounds compared to other compounds in the same group. These forces are called hydrogen bonds: it is a special case of dipole forces that occur with a hydrogen atom bonded to a small atom with a high electronegativity, as in a polar bond such as N-H, O-H or F-H. As we know, the atoms N, 0, F have the highest electronegativity in the periodic table.



الشكل 3-6: درجات الغليان لمركبات الهيدروجين

Figure 6-3: Boiling Points of Hydrogen Compounds

This attraction can be written as follows: ويمكن أن يكتب هذا التجاذب على الشكل الآتي:



مثال 3-6

أي من المركبات الآتية يمكن أن يكوّن رابطة هيدروجينية مع الماء؟

Example 6-3

Which of the following compounds can have a hydrogen bond with water?

Na^+ ،HCOOH ،F^- ، CH_4 ، CH_3OCH_3

طريقة الحل: لكي يُكوّن أيّ مركّب رابطة هيدروجينية مع الماء، يجب أن يحتوي على أحد العناصر ذات السالبية الكهربائية العالية (النيتروجين أو الأكسجين أو الفلور) أو على ذرة هيدروجين مرتبطة بأحد هذه العناصر.

Method of solution: To form a hydrogen bond with water, a substance must contain one of the atoms that has a high electronegativity (N, O , F) or a hydrogen atom bonded with one of these atoms.

الحل: لا يمكن أن يكون أي من CH_4 و Na^+ رابطة هيدروجينية مع الماء. ولكن قد يكون كل من CH_3OCH_3 ، F^-، HCOOH رابطة هيدروجينية مع الماء

Solution: Neither CH_4 or Na^+ can have a hydrogen bond with water. But both CH_3OCH_3 ، F^- ،HCOOH may have a hydrogen bond with water

مثال6-4: أي من المركبات الآتية يمكن أن يكوّن رابطة هيدروجينية مع نفسه:

Example 6-4: Which of the following compounds can have a hydrogen bond with the same:

(a) CH_3OH (b) C_6H_6 (c) H_2S .....

Properties of Liquids خواص السوائل

القوى بين الجزيئات تؤدي إلى خواص معينة للسوائل.

Intermolecular forces lead to certain properties of liquids.

من أهم خواص السوائل:

The most important properties of fluids are:

1- الكثافة Density

كثافة السوائل أعلى من كثافة أبخرتها، كما أن كثافة المواد الصلبة أعلى من كثافة السوائل إلا في حالة الماء الذي يتميز بأن كثافته في حالة الصلابة أقل من كثافته في حالة السيولة حيث يطفو الثلج على الماء، وقد يعود ذلك إلى البناء المرتب للثلج ذي الأبعاد الثلاثة والذي يمنع تقارب الجزيئات من بعضها.

The density of liquids is higher than the density of their vapors, and the density of solids is higher than the density of liquids, except in the case of water, which is characterized by its density in the case of hardness is lower than its density in the case of liquidity, where ice floats on the water, and this may be due to the orderly construction of the three-dimensional ice, which prevents the convergence of the molecules from each other.

2- التوتر السطحي Surface Tension

يُعرَّف بأنه جذبُ الجزيئات داخل السائل بفعل القوى الجزيئية البينية في الاتجاهات جميعها، لذا، فإن محصلة القوى تكون صفراً. وعندها، فإن الجزيئات لا تتحرك، وتقوم هذه القوى بجذب الجزيئات التي على السطح نحو الأسفل ما يؤدي إلى انضغاط السطح وكأنه غشاء مرن.

It is defined as the attraction of molecules inside a liquid by intermolecular forces in all directions, so the sum of the forces is zero. The molecules do not move, and these forces attract the molecules on the surface downwards, causing the surface to compress like a flexible membrane.

الشكل 4-6: التوتر السطحي

Figure 6-4: Surface tension

3- التماسك والتلاصق Cohesion and adhesion

قوى التماسك، وهي التجاذب بين الجزيئات المتشابهة (الماء والماء)

قوى التلاصق، وهي عبارة عن التجاذب بين الجزيئات غير المتشابهة (الماء والزجاج)

Coherent forces, which are the attraction between similar molecules (water and water)

The forces of adhesion, which is the attraction between dissimilar molecules (water and glass)

وإذا كانت قوى التلاصق أكبر من قوى التماسك كما في الماء، فإن السائل سيرتفع في الأنبوب كما هو وسيصبح سطح السائل مقعرًا.
أما إذا كانت قوى التماسك أكبر من قوى التلاصق كما في الزئبق، فإن مستوى الزئبق في الأنبوب سيكون أقل من المستوى في الوعاء، وسيصبح سطح السائل محدبًا.

If the adhesion forces are greater than the cohesive forces as in water, the liquid will rise in the pipe as it is and the surface of the liquid will become concave.
If the cohesive forces are greater than the bonding forces as in mercury, the level of mercury in the tube will be lower than the level in the vessel, and the surface of the liquid will become convex.

الشكل 5-6: قوى التماسك والتلاصق

Figure 6-5: Cohesion and adhesion

4- اللزوجة Viscosity

هي مقاومة المائع للجريان. حيث كلما زادت اللزوجة، أصبح جريان السائل أكثر صعوبة. وكلما زادت درجة الحرارة قلت اللزوجة. كما تتأثر اللزوجة بالقوى الجزيئية البينية وأشكال الجزيئات.

It is the resistance of the fluid to flow. The higher the viscosity, the harder the fluid becomes. The higher the temperature, the lower the viscosity. The viscosity is also affected by the intermolecular forces and the shapes of molecules.

5- الميوعة fluidity

تصنف الغازات والسوائل على أنها موائع، بسبب قابليتها للانتشار والانسياب. وتنساب السوائل عادة أبطأ من انتشار الغازات عند درجة الحرارة نفسها، وذلك نتيجة تدخل القوى بين الجزيئات في عملية الانسياب، ولهذا تكون السوائل أقل ميوعة من الغازات.

Gases and liquids are classified as fluids because of their ability to diffuse and flow. Liquids typically flow more slowly than gases at the same temperature due to the intermolecular forces involved in the flow process; therefore, liquids are less fluid than gases.

Solids المواد الصلبة

تصنف المواد الصلبة إلى: بلورية وغير بلورية. فالثلج عبارة عن صلب بلوري، مرتب كثيراً، صلد، أيوناته أو جزيئاته أو ذراته لها مواقع محددة، مرتبة بشكل هندسي منتظم. أما الصلب غير البلوري مثل الزجاج، فإنه يفتقر إلى الترتيب المحدد والانتظام بعيد المدى كذلك.

Solids are classified into: crystalline and non-crystalline. Ice is a crystalline solid, highly arranged, solid, and its ions, molecules, or atoms have specific locations, arranged in a regular geometrical order. Amorphous steel, like glass, lacks a definite arrangement and long-term regularity as well.

Crystalline solids المواد الصلبة البلورية

في البلورة الصلبة، تترتب الجسيمات داخل الشبكة البلورية لتكوين مكعب بثلاثة طرق مختلفة، وتمثل وحدة البناء أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية يحمل التماثل نفسه، حيث تمثل نموذج مصغر من البناء الأكبر.

In a solid crystal, the particles within the crystal lattice are arranged to form a cube in three different ways, and the unit cell represents the smallest arrangement of atoms in the crystal lattice that bears the same symmetry, as it represents a miniature model of the larger construction.

إن التركيب البنائي، وخواص المواد البلورية مثل درجة الانصهار، والكثافة، والقساوة، تحدد جميعها بناءً على قوى التجاذب التي بين الجسيمات الصغيرة. ويتم تصنيف البلورة تبعاً لنوع قوى التجاذب، سواءً أكانت؛ ذرية، أو أيونية، أو جزيئية، أو تساهمية، أو فلزية.

The structure and properties of crystalline materials such as melting point, density, and hardness are all determined by the forces of attraction between small particles. A crystal is classified according to the type of bonding/attractive forces, whether they are atomic, ionic, molecular, covalent, or metallic.

أنواع المواد الصلبة البلورية
Types of Crystalline Solids

النوع Type	وحدة الجسيمات Particle Unit	خصائص الحالة الصلبة Solid-state properties	أمثلة Examples
ذرية atomic	الذرات Atoms	لينة إلى لينة جدًا رديئة التوصيل، درجة انصهار منخفضة. Soft to very soft, poor conductivity, low melting point.	عناصر المجموعة Group Elements 18
أيونية Ionic	أيونات Ions	صلبة، هشة، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل. Hard, brittle, high melting point, poor conductivity.	NaCl, KBr
جزيئية Molecular	جسيمات Particles	متوسطة اللين، متفاوتة في درجة الانصهار، رديئة التوصيل Medium soft, varying in melting point, poor conductivity	I_2 , H_2O ,CO_2
تساهمية شبكية Network covalent	ترتبط الذرات بروابط تساهمية Atoms are bonded by covalent bonds	صلبة جدًا، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل. Very hard, high melting point, poor conductivity.	الألماس C الكوارتز SiO_2
فلزية Metallic	الذرات يحيط بها إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة Atoms are surrounded by free-moving valence electrons	لينة إلى صلبة، درجة انصهار متفاوتة، قابلة للطرق والسحب، ممتازة التوصيل Soft to hard, varying melting point, malleable and ductile, excellent conductivity	جميع العناصر الفلزية

المواد الصلبة تكون أكثر استقراراً في حالة التبلور. ولكن إذا تمَّ تكوُّن المادة الصلبة بسرعة (على سبيل المثال تبريد السائل بسرعة)، فإن الذرات أو الجزيئات لا يكون لها الوقت الكافي لترتيب بعضها، ومن الممكن عندها أن تثبت في مواقع تختلف عن مواقعها المحددة. ويطلق على المادة الصلبة الناتجة غير بلورية. إن هذه المواد الصلبة غير البلورية، مثل الزجاج والمطاط والكثير من المواد البلاستيكية، تفتقر إلى الترتيب المعتاد في الأبعاد الثلاثة.

Solids are more stable when crystallized. But if a solid is formed quickly (e.g. a liquid cools rapidly), atoms or molecules don't have enough time to arrange each other, and then they can be fixed in locations different from their specific locations. The resulting solid is called an amorphous solid. These non-crystalline solids, such as glass, rubber, and a lot of plastics, lack the usual arrangement in all three dimensions.

Crystalline Structure البناء البلوري

حينما تتجمد المادة الصلبة وتتحول إلى بلورات فإن ذلك يتم بطريقة منتظمة ودقيقة للغاية تسمى بالتبلور حيث تنتظم جسيمات المادة الصلبة في أوضاع محددة في الفراغ ذات علاقة ثابتة ببعضها البعض، ولا تختلف لنفس المادة مهما كانت طريقة التبلور ولكنها تختلف من مادة لأخرى.

When a solid substance freezes and forms crystals, this occurs in a highly orderly and precise process called crystallization. During this process, the particles of the solid arrange themselves in fixed positions in space that maintain a constant relationship with one another. This arrangement remains the same for a given substance regardless of how crystallization occurs, but it differs from one substance to another.

فالمادة الصلبة البلورية مادة ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها مرتبة في شكل هندسي منتظم، ويمكن تمثيل مواقع الجسيمات في البلورة في صورة نقاط ضمن إطار يسمى الشبكة البلورية. وهناك ثلاث طرائق تترتب من خلالها الجسيمات داخل الشبكة البلورية لتكوين مكعب، كما هو موضح في الشكل 6-6

A crystalline solid is a substance whose atoms, ions, or molecules are arranged in a regular geometric pattern. The positions of these particles in the crystal can be represented as points within a framework called the crystal lattice. There are three ways in which the particles can be arranged within the crystal lattice to form a cube, as illustrated in Figure 6-6.

1) المكعب البسيط Simple Cubic

تتوزع نقاط الشبكة البلورية في المكعب البسيط عند الأركان فقط، وتشترك كل نقطة (ذرة أو أيون أو جزيء) في ثماني خلايا متجاورة، لذا تُمثل كل زاوية ⅛ من الذرة داخل الخلية الواحدة، وبذلك تحتوي الخلية المكعبة البسيطة على ذرة واحدة فقط فعليًا.

In a simple cubic structure, the lattice points are located only at the corners of the cube. Each point (representing an atom, ion, or molecule) is shared by eight neighboring unit cells, so each corner contributes ⅛ of an atom to a single cell. Therefore, a simple cubic unit cell contains one atom in total.

2) المكعب مركزي الجسم Body - Centered Cubic

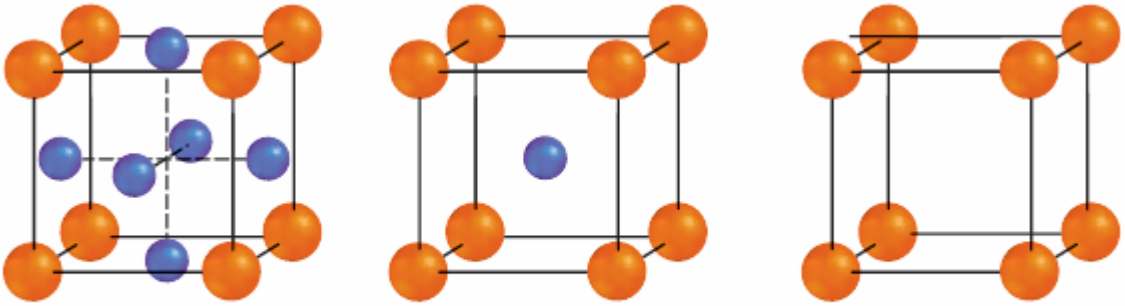
يتميز هذا النظام بوجود نقطة شبكة في مركز المكعب بالإضافة إلى النقاط الثمانية عند الأركان، وبذلك تحتوي الخلية الواحدة على ذرة واحدة من الأركان (8 × ⅛) وذرة كاملة في المركز، أي ما مجموعه ذرتان فعليًا في الخلية.

The body-centered cubic (BCC) structure has a lattice point at the center of the cube in addition to the eight corner points. Thus, each unit cell contains one atom from the corners (8 × ⅛) and one whole atom at the center, giving a total of two atoms per unit cell.

3) المكعب مركزي الوجه Face - Centered Cubic

توجد في هذا النظام نقاط شبكة عند الأركان الثمانية وعند مراكز الأوجه الستة، وكل نقطة في مركز كل وجه تشترك بين خليتين، لذا تسهم كل منها بنصف ذرة، وبذلك تحتوي الخلية الواحدة على ذرة واحدة من الأركان (⅛ × 8) وثلاث ذرات من الأوجه (½ × 6) ، أي ما مجموعه أربع ذرات فعليًا في الخلية.

In this lattice, there are lattice points at the eight corners and at the centers of the six faces. Each face-centered point is shared between two unit cells, so it contributes half an atom. Therefore, one unit cell contains one atom from the corners (8 × ⅛) and three atoms from the faces (6 × ½), giving a total of four atoms per unit cell.



الشكل 6-6: الأنواع المختلفة للخلايا المكعبة

Figure 6-6: Different types of cubic cells

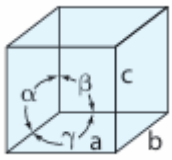
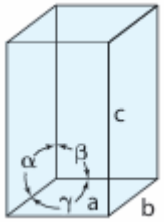
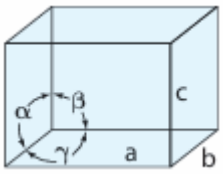
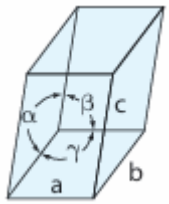
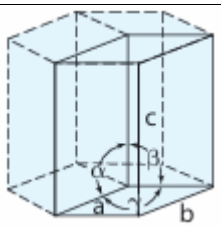
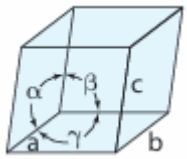
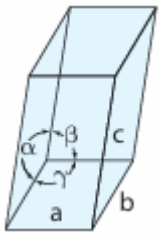
وحدة البناء: هي أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية يحمل التماثل نفسه، كما في البلورة ككل. وهي نموذج مصغر من البناء الأكبر الكامل، ويمكن النظر إلى وحدة البناء على أنَّ شكلها يحدد شكل البلورة كاملة.

Unit Cell: The **unit cell** is the smallest repeating arrangement of atoms in a crystal lattice that possesses the same symmetry as the entire crystal. It is essentially a miniature model of the larger crystal structure, and the shape of the unit cell determines the overall shape of the crystal.

يوضح الجدول التالي سبع تصنيفات للبلورات بناءً على الشكل، وتختلف أشكال البلورات بسبب أوجه أو سطوح وحدات البناء، التي لا تلتقي دائمًا في زوايا قائمة. كما أن أطراف تلك السطوح مختلفة في الطول. وقد استخدمت الحروف a وb وc في الجدول؛ لبيان الأطراف، واستخدمت الرموز α وβ وγ لبيان الزوايا التي تلتقي عندها السطوح معًا.

The following table shows seven classifications of crystals based on their shapes. The different crystal shapes arise from the faces (or surfaces) of their unit cells, which do not always meet at right angles. In addition, the edges of these faces may differ in length.

In the table, the letters a, b, and c represent the edge lengths, while the symbols α , β , and γ represent the angles formed where the faces meet.

الأنظمة البلورية السبعة والفرق بينها من حيث طول الوحدة والزاوية The seven crystal systems and the differences between them in terms of unit length and angles			
الشكل Shape	الزوايا Angles	طول الوحدة Unit Lengths	النظام System
	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	$a = b = c$	المكعب Cubic
	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	$a = b \neq c$	رباعي الأوجه Tetragonal
	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	$a \neq b \neq c$	متوازي المستطيلات Orthorhombic
	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	$a \neq b \neq c$	ثلاثي الميل Triclinic
	$\alpha = \beta = 90°$ $\gamma = 120°$	$a = b \neq c$	سداسي الأوجه Hexagonal
	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	$a = b = c$	معيني Rhombohedral
	$\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$	$a \neq b \neq c$	أحادي الميل Monoclinic

Phase Diagram مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)

يتحكم متغيران معًا في حالة المادة، هما: الضغط ودرجة الحرارة. ولهذين المتغيرين تأثيرات عكسية على المادة. حيث تعمل زيادة درجة الحرارة مثلاً على رفع معدل تبخر الماء، بينما تعمل زيادة الضغط على رفع معدل تكاثف البخار. ومُخَطَّط الحالة الفيزيائية (الطور) رسم بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يوضح حالة المادة تحت ظروف مختلفة من درجة الحرارة والضغط.

Two variables together determine the state of matter: pressure and temperature. These two variables have opposite effects on a substance. For example, increasing the temperature raises the rate of water evaporation, while increasing the pressure raises the rate of vapor condensation.

A phase diagram (or state diagram) is a graph of pressure versus temperature that shows the state of a substance under different temperature and pressure conditions.

يبين الشكل 7-6 مخطط الطور للماء، حيث يمكن استخدامه لتخمين حالة الماء عند أي درجة حرارة وضغط. لاحظ وجود ثلاث مناطق تمثل الحالة الفيزيائية: صلب وسائل وغاز، وإضافة إلى وجود ثلاث منحنيات تفصل هذه المناطق بعضها عن بعض. يوجد عند أي نقطة على امتداد خط المنحنى حالتان فيزيائيتان معًا للماء.

- يوضح المنحنى الأصفر القصير ظروف الضغط والحرارة التي يوجد عندها بخار وثلج معًا.
- أما المنحنى الأزرق الطويل فيوضح ظروف الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة سائل وبخار معًا.
- يوضح المنحنى الأحمر الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة ثلج وسائل معًا.

Figure 6-7 shows the phase diagram of water, which can be used to predict the state of water at any given temperature and pressure. Notice that there are three regions representing the three physical states—solid, liquid, and gas—as well as three curves separating these regions. Any point along one of these curves represents conditions where two phases of water coexist.

- The short yellow curve shows the pressure and temperature at which ice and vapor coexist.
- The long blue curve shows where liquid water and vapor coexist.
- The red curve shows where ice and liquid water coexist.

تسمى النقطة (A) التي تتقاطع عندها المنحنيات الحمراء والزرقاء والصفراء النقطة الثلاثية للماء، والنقطة الثلاثية نقطة على الرسم البياني تمثل درجة الحرارة والضغط؛ حيث يوجد عندها الماء في حالاته الثلاث معًا.

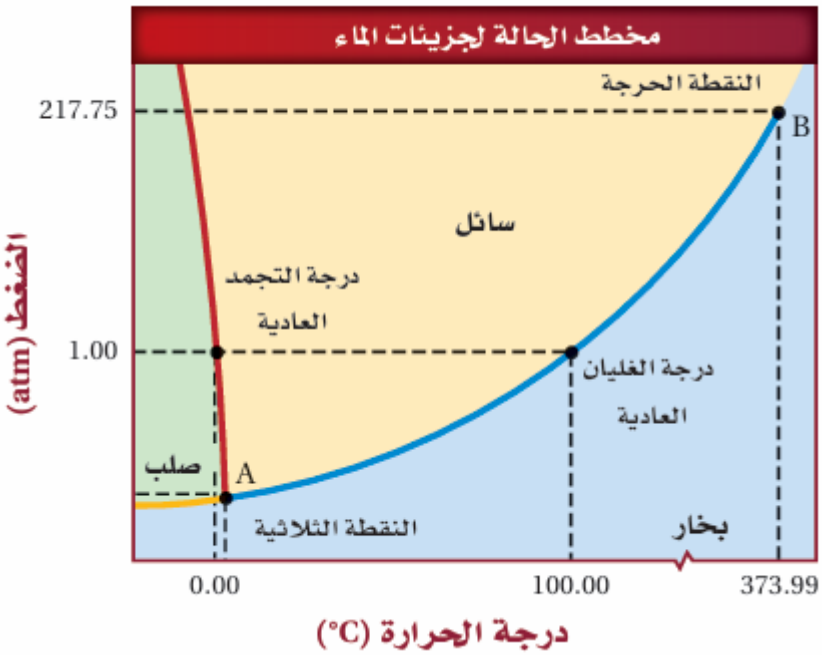
The point (A), where the red, blue, and yellow curves intersect, is called the triple point of water. The triple point represents the specific temperature and pressure at which all three phases—solid, liquid, and gas—exist simultaneously.

ويمكن للتغيرات الستة كلها أن تحدث عند النقطة الثلاثية: التجمد والانصهار والتبخر والتكاثف والتسامي والترسب. وتُعرَف النقطة (B) بالنقطة الحرجة، وهي النقطة التي تمثل كلاً من الضغط ودرجة الحرارة التي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة. وإذا وُجِدَ بخار الماء عند درجة الحرارة الحرجة فلا يمكن لزيادة الضغط أن تحول بخار الماء إلى سائل.

At the triple point, all six phase changes can occur: freezing, melting, evaporation, condensation, sublimation, and deposition.

The point (B) is known as the critical point, which represents the temperature and pressure beyond which water can no longer exist as a liquid. If water vapor is at

the critical temperature, increasing the pressure will not cause it to condense into a liquid.



الشكل 7-6: مخطط الطور للماء عند درجات حرارة وضغوط مختلفة

Figure 6-7: Phase diagram of water at different temperatures and pressures

المخاليط والمحاليل Mixtures & Solutions

المخلوط: هو مزيج من مادتين أو أكثر، تحتفظ فيه كل مادة شاركت بتكوينه بخصائصها الكيميائية.

Mixture: It is a mixture of two or more substances, in which the material that was involved in its formation retains its chemical properties.

أنواع المخاليط: **Types of mixtures:**

أولاً: المخلوط المتجانس:

هو مخلوط تمتزج مكوناته امتزاجًا تامًا بحيث لا يمكن التمييز بين مكوناته، تعرف المخاليط بالمحاليل.

المحاليل هي مخاليط متجانسة تتكون من مادتين أو أكثر تعرف بالمذيب والمذاب، المذيب هو وسط الانتشار، أما المذاب فهو المادة الصلبة التي تذوب (المادة التي تذوب مادة ذائبة والمادة التي لا تذوب مادة غير ذائبة)،

وهناك أنواع متعددة من المحاليل فمنها الصلبة والسائلة والغازية؛ اعتمادًا على الحالة الفيزيائية للمذيب.

First: Homogeneous Mixture:

It is a mixture whose components are so thoroughly mixed that its components cannot be distinguished, mixtures are known as solutions.

Solutions are homogeneous mixtures consisting of two or more substances known as solvent and solute, the solvent is the diffuse medium, while the solute is the solid substance that dissolves (the substance that dissolves is a soluble substance and the substance that does not dissolve is an insoluble substance).

There are several types of solutions, including solid, liquid, and gaseous, depending on the physical state of the solvent.

ثانيًا: المخلوط غير المتجانس:

هو مخلوط لا تمتزج مكوناته معًا، بحيث يمكن التمييز بين مكوناته، وهناك نوعان من المخاليط غير المتجانسة:

Second: Heterogeneous Mixture:

It is a mixture whose components do not mix together, so that its components can be distinguished, and there are two types of heterogeneous mixtures:

1- المخلوط المعلق: جسيمات المخلوط أكبر من جسيمات الوسط، بالتالي من الممكن فصل المعلقات باستخدام الترشيح والترسيب والطرد المركزي، وتنفصل إلى طبقتين واضحتين إذا تركت دون تحريك، مثال: الوحل.

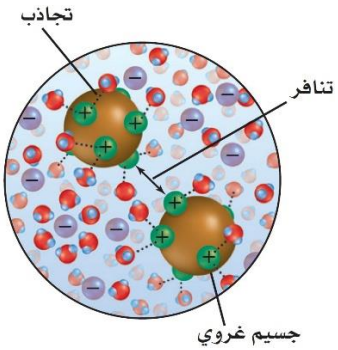
1- **Suspension mixture:** The particles of the mixture are larger than those of the medium; therefore, suspensions can be separated by filtration, sedimentation, or centrifugation. They separate into two distinct layers if left undisturbed. Example: mud.

2- المخلوط الغروي: جسيماته متوسطة، لا تترسب ولا يمكن فصل مكوناته بالترويق أو الترشيح. المادة الأكثر توافرًا في المخلوط تعرف بوسط الانتشار، وهناك عدة أنواع من المخاليط الغروية تصنف تبعًا للحالة الفيزيائية لوسط الانتشار.

تتميز المخاليط الغروية بوجود قوى تجاذب كهروستاتيكية فيما بينها، كما تتصادم جسيمات الوسط مع الجسيمات المنتشرة مسببة ما يعرف بالحركة البراونية وهي حركة عشوائية عنيفة تقوم بها الجسيمات المنتشرة مما يمنع ترسيبها.

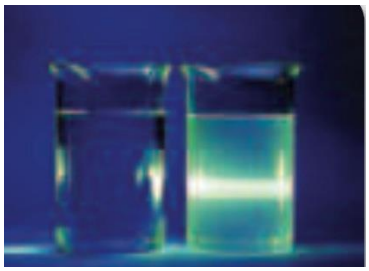
2- Colloidal mixture: Its particles are medium, they do not precipitate and its components cannot be separated by marinating or filtration. The most abundant substance in the mixture is known as the diffusion medium, and there are several types of colloidal mixtures that are classified according to the physical condition of the diffusion medium.

Colloidal mixtures are characterized by the presence of electrostatic forces of attraction between them, and the particles of the medium collide with the scattered particles, causing what is known as Brownian motion, which is a violent random movement made by the scattered particles, which prevents their deposition.



تأثير تندال: هي ظاهرة تشتت الضوء عند مروره خلال المخلوط الغروي، كمرور أشعة الشمس خلال الهواء المشبع بالدخان، كما تظهر المخاليط المعلقة ظاهرة تندال لكن بشكل أقل، أما المحاليل (المخاليط المتجانسة) لا تظهر فيها ظاهرة تندال.

Tyndall effect: It is the phenomenon of light scattering as it passes through the colloidal mixture, such as the passage of sunlight through smoke-saturated air, suspended mixtures show the Tindal phenomenon but to a lesser extent, while solutions (homogeneous mixtures) do not exhibit the Tindal phenomenon.



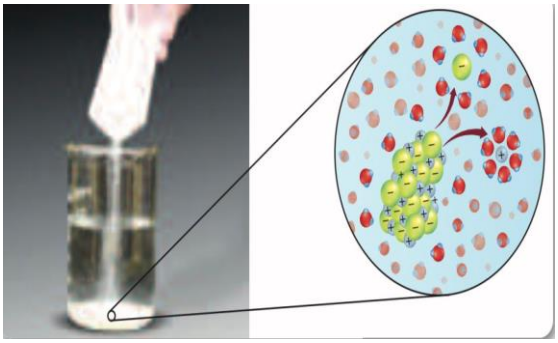
العوامل المؤثرة في الذوبان Factors Affecting Solvation

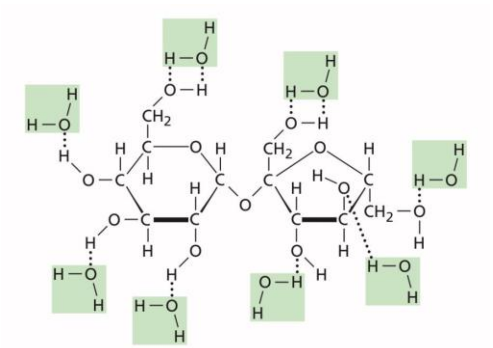
الذوبان: هي عملية إحاطة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب.

Solubility: It is the process of surrounding the particles of a solvent with the particles of a solvent.

من أهم القواعد في عملية الذوبان أن المذيبات تذيب أشباهها، لذلك نجد أن المركبات القطبية والأيونية تذوب في الماء، عن طريق اصطدام جزيئات الماء بسطح البلورة ثم تجذب أقطاب جزيئات الماء المشحونة أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد، باستثناء الجبس؛ وقد يعود ذلك إلى قوة قوى التجاذب بين أيونات الجبس والتي لا تستطيع قوى التجاذب بين جزيئات الماء والأيونات التغلب عليها، وفيما يخص المركبات الجزيئية كالسكروز لا يحدث هذا التجاذب، فعندما تصطدم جزيئات الماء بسطح البلورة يتم تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء ومجموعة الهيدروكسيل في الجزيء. أما الزيت فلا يذوب في الماء ويفسر ذلك القاعدة السابقة؛ حيث أن الماء قطبي والزيت غير قطبي.

One of the most important rules in the process of dissolving is that solvents dissolve their resembles, so we find that polar and ionic compounds dissolve in water, by colliding water molecules with the surface of the crystal and then the electrodes of the charged water molecules attract sodium ions and chloride ions, except for gypsum, and this may be due to the strength of the forces of attraction between the gypsum ions, which the attractive forces between water molecules and ions cannot overcome, and in the case of molecular compounds such as sucrose, this attraction does not occur, so when the water molecules collide with the surface crystal hydrogen bonds are formed between the water molecules and the hydroxyl group in the molecule. As for oil, it does not dissolve in water, and this explains the previous rule, since water is polar and oil is non-polar.





الشكل 8-6: عملية الذوبان في المركبات الأيونية والجزيئية
Figure 6-8: The process of solubilization in ionic and molecular compounds

حرارة الذوبان: التغير الكلي للطاقة الذي يحدث خلال عملية تكون المحلول.

Dissolution heat: The total change in energy that occurs during the process of solution formation.

هناك ثلاث عمليات تحدث خلال عملية الذوبان:

1- تكسير للروابط بين جسيمات المذاب وهي عملية ماصة للطاقة.
2- توسيع المسافات بين جسيمات المذيب، وهي عملية ماصة للطاقة أيضًا (وتعرف العمليتين 1،2 بأنها طاقة الشبكة البلورية، ويرمز لها بالرمز (U_0)).
3- حدوث تداخل بين جسيمات المذاب والمذيب وهي عملية طاردة للطاقة وتعرف بطاقة التميه يرمز لها بالرمز (H_{hyd}).

إذا كانت الطاقة الممتصة (U_0) أكبر من طاقة التميه المنطلقة (H_{hyd}) انخفضت درجة حرارة المحلول وأصبح التغير الكلي ماصًا، أما إذا كانت الطاقة الممتصة (U_0) أقل من الطاقة المنطلقة (H_{hyd}) ارتفعت درجة حرارة المحلول وأصبح التغير الكلي طاردًا.

There are three processes that occur during the dissolution process:

1-Breaking the bonds between the particles of the solute is an energy-absorbing process.
2-Expanding the distances between the solvent particles is also an energy-absorbing process (processes 1,2 are known as the energy of the crystal lattice and are symbolized by the symbol (U_0)).
3-The occurrence of interference between the particles of the solvent and the solvent, which is a process of energy and is known as the hydropower card, symbolized by the symbol (H_{hyd}).

If the absorbed energy (U_0) is greater than the energy released (H_{hyd}), the temperature of the solution decreases and the total change becomes absorbent, but if the absorbed energy (U_0) is less than the energy released (H_{hyd}), the temperature of the solution rises and the total change becomes repellent.

العوامل المؤثرة في الذوبان:

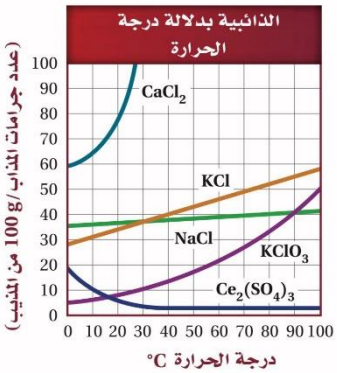
1- التحريك: تسمح عملية التحريك بإبعاد الجسيمات عن بعضها البعض مما يسرع من حدوث التصادمات بين جسيمات المذاب والمذيب.
2- مساحة السطح: الزيادة في مساحة السطح تزيد من عدد التصادمات بين الجسيمات.
3- درجة الحرارة: غالبًا ما تزداد سرعة الذوبان بزيادة درجة الحرارة بسبب زيادة الطاقة الحركية للجسيمات مما يزيد من سرعة حدوث التصادمات، إلا أن ذوبان بعض المواد الأخرى، ومنها الغازات، يقل بزيادة درجة الحرارة.

Factors affecting solubility:

1-Stirring: The stirring process allows particles to be moved away from each other, which speeds up collisions between solute particles and solvent.
2-Surface area: The increase in surface area increases the number of collisions between particles.
3-Temperature: The rate of dissolution usually increases with rising temperature because the particles gain more kinetic energy, which leads to more frequent collisions. However, the solubility of some substances, including gases, decreases as the temperature increases.

الذائبية: هي أقصى كمية من المذاب يمكن أن تذوب في كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة معينة.

Solubility: The maximum amount of solute that can be dissolved in a specific amount of solvent over a given temperature.



الشكل 9-6: منحنى الذائبية لعدد من المواد عند درجات حرارة مختلفة

Figure 6-9: Solubility curve of a number of materials at different temperatures

اعتمادًا على كمية المذاب المتواجدة في المحلول تظهر لدينا ثلاثة أنواع من المحاليل:

المحلول غير المشبع: يحتوي على كمية أقل من المذاب

المحلول المشبع: يحتوي على أكبر كمية من المذاب ذائبة في كمية محددة من المذيب.

المحلول فوق المشبع: يحتوي على كمية أكبر من المادة المذابة مقارنة بمحلول مشبع.

يمكن إعداد المحلول الفوق مشبع عن طريق تحضير محلول مشبع عند درجات عالية ثم تركه يبرد تدريجيًا وببطء، المحاليل فوق المشبعة غير ثابتة فعند إضافة نواة تبلور إلى محلول فوق مشبع تترسب المادة المذابة الزائدة مكونة بلورات، كذلك يمكن حدوث التبلور من خلال كشط الجزء الداخلي للإناء.

Depending on the amount of solute present in the solution, we have three types of solutions:

Unsaturated solution: contains less solute

Saturated solution: It contains the largest amount of solute dissolved in a specific amount of solvent.

Supersaturated solution: It contains a greater amount of solute as compared to a saturated solution.

The supersaturated solution can be prepared by preparing a saturated solution at high degrees and then letting it cool gradually and slowly, the supersaturated solution is not stable, when a crystallization nucleus is added to a supersaturated solution, the excess solute is deposited forming crystals, as well as crystallization can occur by scraping the inside of the vessel.

Solubility of Gases ذائبية الغازات

تقل ذائبية غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون عند درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بدرجات الحرارة المنخفضة. وهذا سلوك متوقع لجميع المواد الغازية المذابة في المذيبات السائلة. هل تستطيع تفسير هذا السلوك؟ تذكر أن الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تسمح للجسيمات بالتحرر أو النفاد من المحلول بسهولة أكبر عند درجات الحرارة المرتفعة. ولذلك كلما زادت درجة حرارة المحلول قلت ذائبية المذاب الغازي.

The solubility of oxygen and carbon dioxide decreases at higher temperatures compared to lower temperatures. This is expected behavior for all gaseous substances dissolved in liquid solvents. Can you explain this behavior? Remember that the kinetic energy of gas particles allows them to escape or escape from the solution more easily at higher temperatures. Therefore, the higher the temperature of the solution, the lower the solubility of the gaseous solute.

Pressure and Henry's Law الضغط وقانون هنري

يؤثر الضغط في ذائبية المواد الغازية المذابة في المحاليل؛ فكلما ازداد الضغط فوق المحلول زادت ذائبية الغاز في أي مذيب. تعتمد المشروبات الغازية على هذا المبدأ؛ فهي تحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب في محلول مائي تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعند فتح علبة المشروب الغازي يكون ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون داخل العلبة أعلى من الضغط الواقع خارج العلبة.

Pressure affects the solubility of gaseous substances dissolved in solutions; the higher the pressure above the solution, the greater the solubility of the gas in any solvent. Carbonated drinks operate on this principle; they contain carbon dioxide dissolved in an aqueous solution under pressure higher than atmospheric pressure. When a can of carbonated drink is opened, the pressure of the carbon dioxide inside the can is higher than the pressure outside the can.

ونتيجة لذلك تتصاعد فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول إلى السطح وتتطاير. وتستمر هذه العملية حتى يفقد المحلول غاز ثاني أكسيد الكربون كله تقريبًا، ويصبح المحلول بلا طعم. ويمكن وصف انخفاض ذائبية غاز ثاني أكسيد الكربون في المشروب الغازي بعد فتح العبوة بقانون هنري.

As a result, carbon dioxide bubbles rise from the solution to the surface and evaporate. This process continues until the solution loses almost all of its carbon dioxide, and the solution becomes tasteless. The decrease in the solubility of carbon dioxide in a soft drink after opening the bottle can be described by Henry's Law.

ينص قانون هنري على " تتناسب ذائبية الغاز في سائل (S) تناسبًا طرديًا مع ضغط الغاز (P) الموجود فوق السائل عند ثبوت درجة الحرارة". فعندما تكون قارورة المشروب الغازي مغلقة، يعمل الضغط الواقع فوق المحلول على إبقاء غاز ثاني أكسيد الكربون ذائبًا في المحلول. ويمكن تمثيل هذه العلاقة كما يلي:

Henry's Law states that "the solubility of a gas in a liquid (S) is directly proportional to the pressure (P) of the gas above the liquid at a constant temperature." When the bottle of soft drink is closed, the pressure above the solution keeps the carbon dioxide dissolved. This relationship can be represented as:

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

يبقى ناتج قسمة الذائبية على الضغط ثابتًا عند درجة حرارة معينة.

The result of dividing solubility by pressure remains constant at a given temperature.

تركيز المحلول Solution Concentration

تركيز المحلول: مقياس يعبر عن كمية المذاب الذائبة في كمية محددة من المذيب أو المحلول.

Solution Concentration: A measure that expresses the amount of solute dissolved in a specific amount of solvent or solution

كيفية التعبير عن التركيز: يمكن التعبير عن التركيز وصفيًا (مركزًا أو مخففًا) أو كميًا باستخدام عدد من الطرق التي تُعبر عن التركيز كميًا ويمكن تحديد الطريقة المناسبة للاستخدام تبعًا لنوع المحلول.

How to express concentration: Concentration can be expressed descriptively (concentrated or diluted) or quantitatively using a number of methods that quantitatively express concentration and the appropriate method for use can be determined depending on the type of solution.

النسبة	وصف التركيز Focus Description
$\text{Percentage by mass} = \frac{\text{Mass of solute}}{\text{Mass of solution}} \times 100$ $\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$	النسبة المئوية بالكتلة %m/m Percentage in terms of mass
$\text{Percentage by volume} = \frac{\text{Volume of solute}}{\text{Volume of solution}} \times 100$ $\text{النسبة المئوية بالحجم} = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$	النسبة المئوية الحجمية %v/v Percentage in terms of volume
$M = \frac{\text{moles of solute}}{\text{liters of solution}}$ $\text{المولارية (التركيز المولاري)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$	المولارية (التركيز المولاري) M Molarity (molar concentration)
$m = \frac{\text{moles of solute}}{\text{mass of solvent (kg)}}$ $\text{المولالية (التركيز المولالي)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب بالكيلوجرام}}$	المولالية (التركيز المولالي) m Molality (molal concentration)
$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ $\text{الكسر المولي لمكوّن (A)} = \frac{\text{عدد مولات المكوّن (A)}}{\text{مجموع عدد المولات لجميع المكوّنات}}$	الكسر المولي Molar fraction

مثال6-5: **Example 6-5:**

خليط كتلته 5.00 g من كبريتيد البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم يحتوي على 2.80 g من البوتاسيوم. ما النسبة المئوية الكتلية لكبريتيد البوتاسيوم في هذا الخليط؟

A 5.00 g mixture of potassium sulfide and potassium chloride contains 2.80 g potassium. What percentage by mass of the mixture is potassium sulfide?

A	B	C	D
13.8%	19.2%	44.0%	96.1%

الحل

يمكننا إنشاء معادلات متعددة تتضمن الكتلة. يمثل m_1 كتلة K_2S، ويمثل m_2 كتلة KCl. المعادلتان اللتان يمكننا إعدادهما هما كما يلي:

We can set up multiple equations involving the mass. m_1 represent the mass of K_2S, and m_2 represent the mass of KCl. The two equations we can set up are as follows:

$$m_1 + m_2 = 5.00\ \text{g}$$

$$\frac{39.10 \times 2}{39.10 \times 2 + 32.06} m_1 + \frac{39.10}{74.55} m_2 = 2.80\ \text{g}$$

we get $m_1 = 0{:}99\ \text{g}$ and $m_2 = 4{:}01\ \text{g}$.

$$\frac{0.99\ \text{g}}{5.00\ \text{g}} \times 100.0\% = 19.2\%$$

Example 6-6: **مثال 6-6:**

ما حجم غاز الأمونيا بـوحدة dm^3 (عند الظروف العادية RTP) الذي يجب امتصاصه في $1.000\ dm^3$ من الماء المقطر لتحضير محلول 10 m/m%؟ ما حجم المحلول إذا كانت كثافته $0.957\ g/cm^3$؟

How many dm^3 ammonia gas (under RTP conditions) should be absorbed in $1.000\ dm^3$ distilled water so as to prepare a 10 m/m% solution? what will be the volume of the solution if its density is $0.957\ g/cm^3$?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Colligative Properties of Solutions الخواص الجامعة للمحاليل

الخواص الجامعة للمحاليل : خواص فيزيائية للمحاليل تتأثر بعدد جسيمات المذاب وليس بطبيعتها.

وتشمل: الانخفاض في الضغط البخاري، الارتفاع في درجة الغليان، الانخفاض في درجة التجمد، الضغط الأسموزي.

Aggregate properties of solutions: The physical properties of solutions are affected by the number of particles in the solution and not by their nature.

They include: decrease in vapor pressure, high boiling temperature, decrease in freezing, osmotic pressure.

ولنتذكر: هناك نوعان من المحاليل المائية كما تعرفنا سابقًا:

1- مواد متأينة إلكتروليتية (توصل التيار الكهربائي)، تتغير عدد جسيماته الناتجة في المحلول المائي، **مثال** كلوريد الصوديوم تنتج 2 mol من الجسيمات Na^+ و Cl^- بدلًا من 1 mol من NaCl.
2- مواد غير متأينة (لا توصل التيار الكهربائي) يبقى عدد المولات كما هو في المحلول المائي.

Let us remember: There are two types of aqueous solutions as we knew earlier:

1- Electrolytic ionized substances (conducting electric current), the number of particles produced in an aqueous solution change, e.g. sodium chloride produces 2 mol of Na+ and Cl^- particles instead of 1 mol of NaCl.
2- Non-ionized materials (do not conduct electricity) so that the number of moles remains the same in the aqueous solution.

أولًا: الانخفاض في الضغط البخاري

الضغط البخاري: هو الضغط الناتج عن بخار السائل عندما يكون في حالة اتزان ديناميكي مع سائله في وعاء مغلق عند درجة حرارة وضغط ثابتين، وعند هذه النقطة تتساوى سرعتي التبخر والتكثف.

الانخفاض في الضغط البخاري : عند ثبات كمية المذيب وتركيز المذاب، كلما ازداد عدد جسيمات المذاب في المحلول قلَّ الضغط البخاري للمذيب.

First: Decrease in vapor pressure

Vapor pressure: The pressure produced by the vapor of a liquid when it is in dynamic equilibrium with its liquid in a closed vessel at a constant temperature and pressure, at which point the velocities of evaporation and condensation are equal.

Vapor Pressure Lowering: Assuming the amount of solvent and the solute concentration are constant, the greater the number of solute particles in the solution, the lower the solvent's vapor pressure.

مثال6-7: رتب المركبات المتأينة التالية تصاعديًا حسب تأثيرها في الضغط البخاري:

Example 6-7 : Arrange the following ionized compounds in ascending order according to their effect on vapor pressure:

(a) Na_2SO_4 (b) $AlCl_3$ (c) NaCl

الحل: c ثم a ثم b

Solution: c , a, then b

ثانيًا: الارتفاع في درجة الغليان:

درجة الغليان: هي درجة الحرارة التي يتعادل فيها الضغط البخاري مع الضغط الجوي.

الارتفاع في درجة الغليان: هو الفرق بين درجة غليان المحلول ودرجة غليان المذيب النقي.

Second: Boiling Point Elevation:

Boiling Point : The temperature at which the vapor pressure is equivalent to the atmospheric pressure.

Boiling Point Elevation: It is the difference between the boiling point of a solution and the boiling point of a pure solvent.

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

ثالثًا: الانخفاض في درجة التجمد:

الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي.

Third: Freezing Point Depression:

The difference between the freezing point of the solution and the degree of freezing of the pure solvent.

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

مثال 6-8: يستعمل إيثيلين جلايكول EG, $CH_2(OH)CH_2(OH)$ ، عادة بوصفه مادة مانعة لتجمد الماء في السيارات، وهي ذائبة في الماء، وغير متطايرة إلى حد ما (درجة الغليان197°C). احسب درجة تجمد المحلول الذي يحوي 651 g من هذه المادة في 2505 g ماء. هل من المفيد الاحتفاظ بهذه المادة في سيارتك خلال فصل الصيف؟ الكتلة المولية للإيثلين جلايكول تساوي 62.01 g .

Example 6-8: Ethyleneglycol EG, $CH_2(OH)CH_2(OH)$, usually used as a water antifreeze agent in automobiles, is water-soluble, and is fairly non-volatile (boiling point 197°C). Calculate the freezing point of a solution containing 651 g of this substance in 2505 g water. Is it useful to keep this substance in your car during the summer? The molar mass of ethylene glycol is 62.01 g.

K_f = 1.86 °C/*m* , K_b = 0.52 °C/*m*

الحل:

يمكننا حساب الانخفاض في درجة التجمد للمحلول باستخدام

We can calculate the reduction in freezing of a solution using

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

لحساب مولالية المحلول نحتاج أن نحسب عدد مولات *EG* وكتلة المذيب بالكيلو جرامات.

نحسب الكتلة المولية للإيثلين جلايكول. ومن ثم يتم تحويل كتلة المذيب إلى الكيلو جرام 2.525 kg ويتم حساب المولالية كما يأتي:

To calculate the molar of the solution, we need to calculate the number of moles of EG and the mass of the solvent in kilograms.

We calculate the molar mass of ethylene glycol. The mass of the solvent is then converted to 2.525 kg and the molar is calculated as follows:

$$651\ g\ EG\ X\ \frac{1mol\ EG}{62.07\ g\ EG} = 10.5\ mol\ EG$$

المولالية = مولات المذاب/ كتلة المذيب kg

Molarity = Moles of Solute / Solvent Mass kg

$$\frac{10.5\ mol\ EG}{2.505\ Kg\ H2O} = 4.19\ m$$

$$\Delta T_f = K_f\, m = (1.86°C/m)(4.19\ m) = 7.79°C$$

ولكون الماء النقي يتجمد عند درجة 0 °C فسيتجمد المحلول عند -7.79°C

Since pure water freezes at 0°C , the solution will freeze at -7.79°C

و نستطيع حساب الارتفاع في درجة الغليان نفسها حسب المعادلة الآتية:

We can calculate the rise in the boiling point itself according to the following equation: $\Delta T_b = K_b\, m = (0.52°C/m)(4.19\ m) = 2.2°C$

ولأن المحلول سيغلي عند (100+2.2) أو102.2°C ، فمن الأفضل الاحتفاظ بالمادة المانعة للتجمد في السيارة خلال فصل الصيف لمنع الماء من الغليان.

Because the solution will boil at 100+2.2 or 102.2°C, it is best to keep the antifreeze in the car during the summer to prevent the water from boiling.

مثال9-6: احسب درجتي الغليان والتجمد لمحلول يحوي 478 g من الإيثلين جلايكول ($C_2H_6O_2$) في 3202 g ماء.

Exercise 6-9: Calculate the boiling and freezing of a solution containing 478 g of ethylene glycol ($C_2H_6O_2$) in 3202 g water.

K_f = 1.86 °C/*m* , K_b = 0.52 °C/*m*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

رابعًا: الضغط الأسموزي:

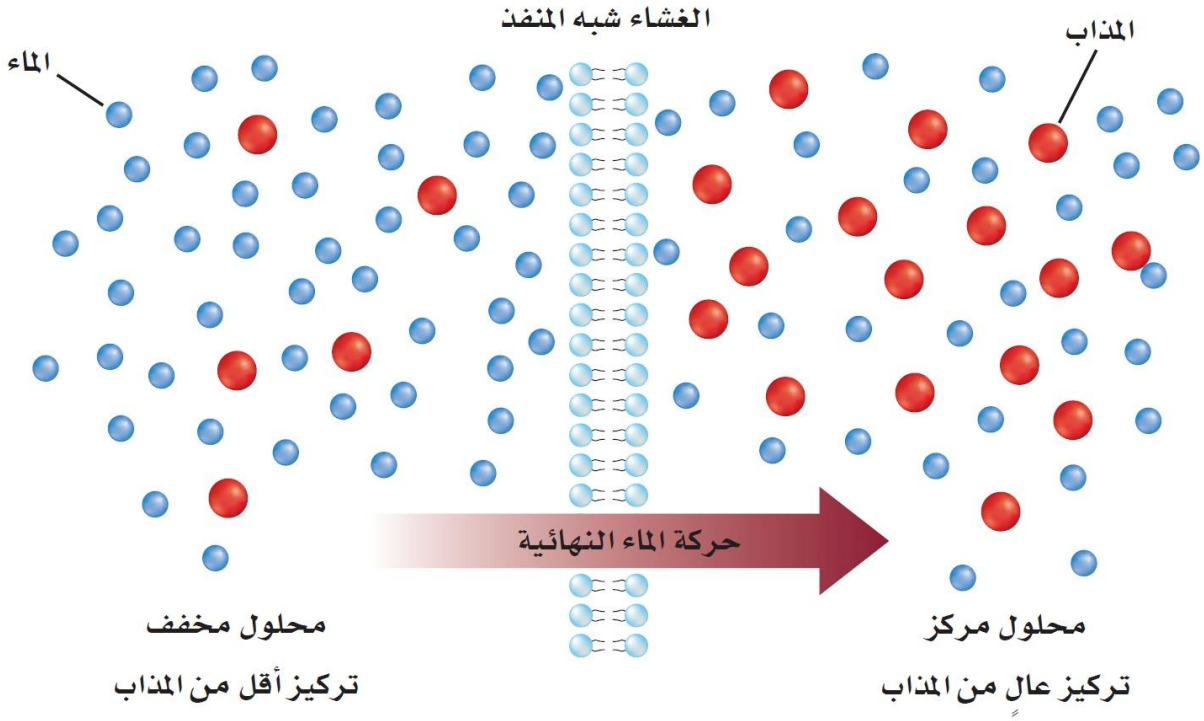
الخاصية الأسموزية: انتشار المذيب خلال غشاء شبه منفذ من المحلول الأقل تركيزًا إلى المحلول الأكثر تركيزًا.

الضغط الأسموزي: كمية الضغط الإضافي الناتج عن انتقال جزيئات الماء إلى المحلول المركز.

Fourth: Osmotic pressure:

Osmotic property: Diffusion of the solvent through a semi-permeable membrane from the less concentrated solution to the more concentrated solution.

Osmotic pressure: The amount of additional pressure resulting from the transfer of water molecules to the concentrated solution.



الشكل 10-6: انتقال المذيبات بسبب الخاصية الأسموزية

Figure 6-10: Solvent transport due to osmotic property

Exercise تدريبات

تدريب 6-1

ما تركيز H_2O_2 في المحلول الذي يحتوي على 30.0% من كتلة بيروكسيد الهيدروجين وكثافته $1.11 g/cm^3$.

What is the concentration of H_2O_2 in a solution that is 30.0% by mass hydrogen peroxide and has a density of 1.11 g cm^3?

A	B	C	D
9.79 M	12.6 M	18.5 M	32.6 M

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تدريب 6-2

تم خلط $100 cm^3$ من محلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه $0.100 mol/dm^3$ وكثافة تساوي $1.000 g/cm^3$ مع $100 cm^3$ من محلول نترات الفضة تركيزه $0.100 mol/dm^3$ وكثافة تساوي $1.010 g/cm^3$. تكون محلول من عملية الخلط كثافة $1.015 g/cm^3$. حدد مولارية هذا المحلول بعد تصفية المحلول من الراسب المتكون؟

$100 cm^3$ of a solution of hydrochloric acid with a concentration of $0.100 mol/dm^3$ and a density equal to $1.000 g/cm^3$ was mixed with $100 cm^3$ of a solution of silver nitrate with a concentration of $0.100 mol/dm^3$ and a density equal to $1.010 g/cm^3$. The mixing process formed a solution with a density of $1.015 g/cm^3$. Determine the molarity of this solution after filtering the solution from the precipitate?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تدريب 6-3

خليط من غازات هيدروكربونية (الميثان CH_4 ، والأسيتيلين $HC{\equiv}CH$ ، والبروبين $CH_3CH{=}CH_2$) حجمه $10\ cm^3$ أُضيف له $7.0\ cm^3$ من غاز الهيدروجين لإجراء الهدرجة الكاملة عند نفس الظروف. أثناء عملية الاحتراق الكامل لهذا الخليط تكون $18.0\ cm^3$ من غاز ثاني أكسيد الكربون عند نفس الظروف. حدد النسب الحجمية لمكونات الخليط الأصلي. (تلميح: المركبات الهيدروكربونية القابلة للهدرجة هي تلك التي تحتوي على رابطة ثنائية أو رابطة ثلاثية)

A mixture of hydrocarbon gases (methane CH_4, acetylene $HC{\equiv}CH$, and propene $CH_3CH{=}CH_2$) with a volume of 10 cm^3 is mixed with 7.0 cm^3 of hydrogen gas to undergo complete hydrogenation under the same conditions. During the complete combustion of this mixture, 18.0 cm^3 of carbon dioxide gas is formed under the same conditions. Determine the volumetric proportions of the components of the original mixture. (Hint: Hydrocarbon compounds that can be hydrogenated are those that contain a double or triple bond.)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Example
الأمثلة

6-2

a) قوى ثنائية القطب/ b) قوى تشتت c) قوى تشتت وقوى ثنائية القطب

(a) dipole forces/ (b) dispersion forces (c) dispersion forces and dipole forces

6-4

a

6-6

$$\text{the mass of the solution formed } m_s = 1000\ g + m(NH_3)$$

$$\frac{m(NH_3)}{m_s} = \frac{10}{100} = 0.1 = \frac{m(NH_3)}{1000 + m(NH_3)}$$

$$m(NH_3) = 111.1\ g$$

$$n_{NH_3} = \frac{111.1}{17.0} = 6.535\ mol$$

$$V_m = \frac{V}{n} \rightarrow V = n \times V_m = 6.535 mol \times \frac{24.5 dm^3}{mol} = 160.1 dm^3$$

$$m_s = 1000 + 111.1 = 1111.1\ g$$

$$V_s = \frac{1111.1 g}{\frac{0.957 g}{cm^3}} = 1161\ cm^3$$

6-9

محلول إيثيلين جلايكول غير متأين، غير متطاير: (i=1)

- الكتلة المولية للإيثيلين جلايكول $C_2H_6O_2 \approx 62.07\ g/mol$
- $n = \frac{478}{62.07} \approx 7.701\ mol$
- كتلة الماء $= 3.202\ kg$
- المولالية $m = \frac{7.701}{3.202} \approx 2.405\ m$
- الارتفاع في درجة الغليان

$$\Delta T_b = iK_b m = 0.512 \times 2.405 \approx 1.231\ °C$$
$$\Rightarrow T_b \approx 101.23\ °C$$

- الانخفاض في درجة التجمد

$$\Delta T_f = iK_f m = 1.86 \times 2.405 \approx 4.47\ °C$$
$$\Rightarrow T_f \approx -4.47\ °C$$

6-1

A

نوجد الكتلة الكلية لكل الحجم من بيروكسيد الهيدروجين في المحلول باستخدام النسبة المئوية بالكتلة.

We find the total mass of each volume of hydrogen peroxide in the solution using the percent by mass.

$$1.11\ \frac{g}{cm^3} \times \frac{30.0\%}{100\%} = 0.33 \frac{g}{mL}$$

يمكننا الآن استخدام هذا الناتج والكتلة المولية لإيجاد تركيز H_2O_2.

Now we can use this and the molar mass to find the concentration of H_2O_2.

$$0.333\ \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times \frac{1}{34.01} \times \frac{1000\text{mL}}{\text{L}} = 9.79\text{M}$$

6-2

The reaction : $HCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + HNO_3$

$$n_{AgNO_3} = M_{AgNO_3} \times V = \frac{0.1000\text{mol}}{\text{dm}^3} \times 0.1000\text{dm}^3 = 10^{-2}\text{mol}$$

$$n_{HCl} = M_{HCl} \times V = \frac{0.1000\text{mol}}{\text{dm}^3} \times 0.1000\text{dm}^3 = 10^{-2}\text{mol}$$

$$10^{-2}\ HCl + 10^{-2}\ AgNO_3 \rightarrow 10^{-2}\ AgCl + 10^{-2}\ HNO_3$$

$$m_{AgCl} = n_{AgCl} \times M_w = 10^{-2} \times 143.32 = 1.4332\text{g}$$

$$m_{AgNO_3} = D_{AgNO_3} \times V = \frac{1.010\text{g}}{\text{cm}^3} \times 100\text{cm}^3 = 101\text{g}$$

$$m_{HCl} = D_{HCl} \times V = \frac{1.000\text{g}}{\text{cm}^3} \times 100\text{cm}^3 = 100\text{g}$$

$$\text{the solution formed} = 100 + 101 - 1.4332 = 199.5668\ \text{g}$$

$$V_s = \frac{m_s}{D_s} = \frac{199.5668}{1.015} = 196.618\text{cm}^3$$

$$c_{HNO_3} = \frac{n_{HNO_3}}{V_{HNO_3}} = \frac{10^{-2}\text{mol}}{0.196618\ \text{dm}^3} = 0.051\text{M}$$

the occurring reactions:

$C_2H_2 + 2H_2 \rightarrow C_2H_6$ $\quad$ $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

$C_3H_6 + H_2 \rightarrow C_3H_8$ $\quad$ $C_2H_2 + 2.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$

$C_3H_6 + 4.5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$

	V_{H2} (7 cm^3)	V_{CO2} (18 cm^3)
X CH_4	0	X
Y C_2H_2	2Y	2Y
10-X-Y C_3H_6	10-X-Y	3(10-X-Y)
	10-X+Y	30-2X-Y

10-X+Y= 7

30-2X-Y= 18

$X(CH_4) = 5\ cm^3$, $Y(C_2H_2) = 2\ cm^3$, $C_3H_6 = 3\ cm^3$

$$CH_4 = \frac{V_{CH_4}}{V_T} \times 100 = \frac{5}{10} \times 100 = 50\%$$

$$C_2H_2 = \frac{V_{C_2H_2}}{V_T} \times 100 = \frac{2}{10} \times 100 = 20\%$$

$$C_3H_6 = \frac{V_{C_3H_6}}{V_T} \times 100 = \frac{3}{10} \times 100 = 30\%$$

PERIODIC TABLE

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
	I.A																	VIII. A
1.	2.1 **1** **H** 1.0	II. A											III. A	IV. A	V. A	VI. A	VII. A	**2** **He** 4.0
2.	1.0 **3** **Li** 6.9	1.5 **4** **Be** 9.0								EN* **atomic number** **Chem. symbol** relative atomic mass			2.0 **5** **B** 10.8	2.5 **6** **C** 12.0	3.0 **7** **N** 14.0	3.5 **8** **O** 16.0	4.0 **9** **F** 19.0	**10** **Ne** 20.2
3.	0.9 **11** **Na** 23.0	1.2 **12** **Mg** 24.3	III. B	IV. B	V. B	VI. B	VII. B	VIII. B			I. B	II. B	1.5 **13** **Al** 27.0	1.8 **14** **Si** 28.1	2.1 **15** **P** 31.0	2.5 **16** **S** 32.0	3.0 **17** **Cl** 35.5	**18** **Ar** 40.0
4.	0.8 **19** **K** 39.1	1.0 **20** **Ca** 40.1	1.3 **21** **Sc** 45.0	1.5 **22** **Ti** 47.9	1.6 **23** **V** 50.9	1.6 **24** **Cr** 52.0	1.5 **25** **Mn** 54.9	1.8 **26** **Fe** 55.8	1.8 **27** **Co** 58.9	1.8 **28** **Ni** 58.7	1.9 **29** **Cu** 63.5	1.6 **30** **Zn** 65.4	1.6 **31** **Ga** 69.7	1.8 **32** **Ge** 72.6	2.0 **33** **As** 74.9	2.4 **34** **Se** 79.0	2.8 **35** **Br** 79.9	**36** **Kr** 83.8
5.	0.8 **37** **Rb** 85.5	1.0 **38** **Sr** 87.6	1.3 **39** **Y** 88.9	1.4 **40** **Zr** 91.2	1.6 **41** **Nb** 92.9	1.8 **42** **Mo** 95.9	1.9 **43** **Tc** [98]	2.2 **44** **Ru** 101.1	2.2 **45** **Rh** 102.9	2.2 **46** **Pd** 106.4	1.9 **47** **Ag** 107.9	1.7 **48** **Cd** 112.4	1.7 **49** **In** 114.8	1.8 **50** **Sn** 118.7	1.9 **51** **Sb** 121.8	2.1 **52** **Te** 127.6	2.5 **53** **I** 126.9	**54** **Xe** 131.3
6.	0.7 **55** **Cs** 132.9	0.9 **56** **Ba** 137.3	1.1 **57** **La** 138.9	1.3 **72** **Hf** 178.5	1.5 **73** **Ta** 180.9	1.7 **74** **W** 183.8	1.9 **75** **Re** 186.2	2.2 **76** **Os** 190.2	2.2 **77** **Ir** 192.2	2.2 **78** **Pt** 195.1	2.4 **79** **Au** 197.0	1.9 **80** **Hg** 200.6	1.8 **81** **Tl** 204.4	1.8 **82** **Pb** 207.2	1.9 **83** **Bi** 209.0	2.0 **84** **Po** [209]	2.2 **85** **At** [210]	**86** **Rn** [222]
7.	0.7 **87** **Fr** [223]	0.9 **88** **Ra** [226]	1.1 **89** **Ac** [227]	**104** **Rf** [261]	**105** **Db** [262]	**106** **Sg** [266]	**107** **Bh** [264]	**108** **Hs** [269]	**109** **Mt** [268]	**110** **Ds** [271]	**111** **Rg** [272]	**112** **Cn** [285]	**113** **Nh** [284]	**114** **Fl** [289]	**115** **Mc** [289]	**116** **Lv** [293]	**117** **Ts** [294]	**118** **Og** [294]

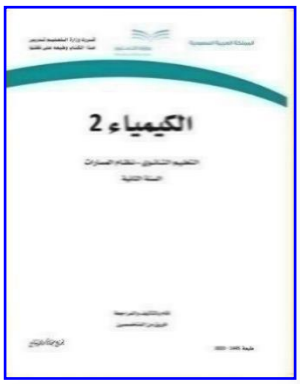
1.1 **58** **Ce** 140.1	1.1 **59** **Pr** 140.9	1.1 **60** **Nd** 144.2	1.1 **61** **Pm** [145]	1.2 **62** **Sm** 150.4	1.2 **63** **Eu** 152.0	1.2 **64** **Gd** 157.3	1.2 **65** **Tb** 158.9	1.2 **66** **Dy** 162.5	1.2 **67** **Ho** 164.9	1.2 **68** **Er** 167.3	1.2 **69** **Tm** 168.9	1.1 **70** **Yb** 173.0	1.2 **71** **Lu** 175.0
1.3 **90** **Th** 232.0	1.5 **91** **Pa** 231.0	1.4 **92** **U** 238.0	1.3 **93** **Np** [237]	1.3 **94** **Pu** [244]	1.3 **95** **Am** [243]	1.3 **96** **Cm** [247]	1.3 **97** **Bk** [247]	1.3 **98** **Cf** [251]	1.3 **99** **Es** [252]	1.3 **100** **Fm** [257]	1.3 **101** **Md** [258]	1.3 **102** **No** [259]	1.3 **103** **Lr** [262]

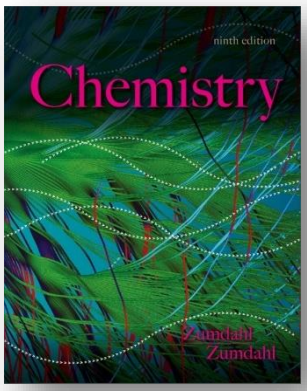
* EN: electronegativity

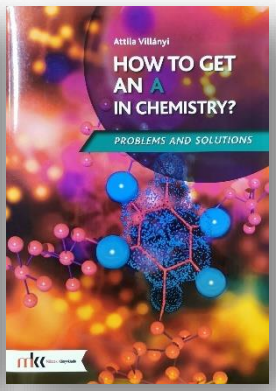
المصادر والمراجع العلمية

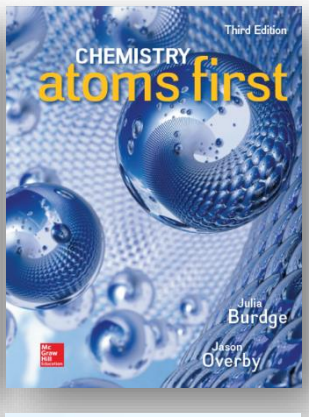
- وزارة التعليم . سلسلة مقررات الكيمياء في المرحلة الثانوية (نظام المسارات) ، المملكة العربية السعودية ، 2025 .

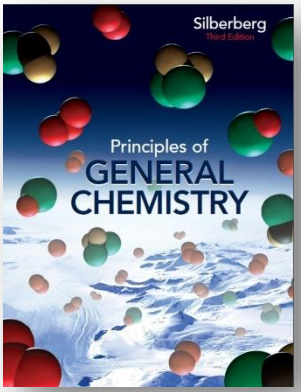
- Burdge , Julia and Jason Overby . Chemistry - atoms first , Third Edition . USA : McGraw-Hill , 2018 .
- Chang, Raymond. Chemistry, Tenth Edition. USA: McGraw-Hill, 2010.
- Ebbing , Darrell D and Steven D. Gammon . General Chemistry , Eleventh Edition . USA : Cengage Learning , 2015 .
- Rosenberg , Jerome L and Others . Schaum's Outline Theory and Problems of College Chemistry , Ninth Edition . USA : McGraw-Hill , 2007 .
- Silberberg , Martin S . Principles of General Chemistry , Third Edition . USA : McGraw-Hill , 2013 .
- Villanyi , Attila . How to Get an A in Chemistry ? , Budapest : Muszaki KonyvKiado , 2021 .
- Zumdahl , Steven S and Susan A. Zumdahl . Chemistry , Ninth Edition . USA : Brooks Cole , 2014 .

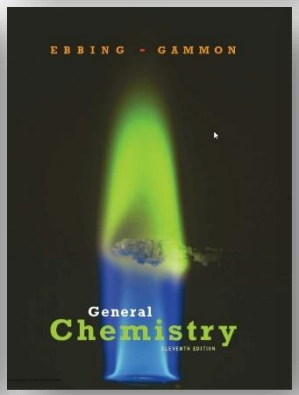


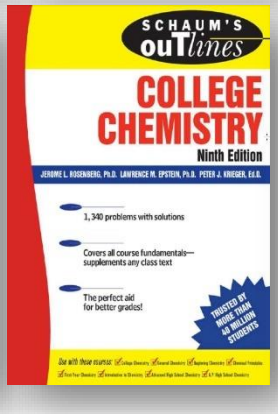


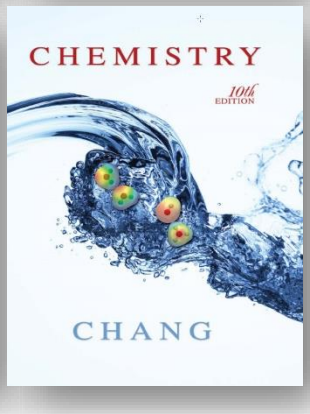












نسمو
NSMO
أولمبيـــاد العلوم
والرياضيات الوطني

موهبة
Mawhiba

وزارة التعليم
Ministry of Education