وزارة التعليم
Ministry of Education

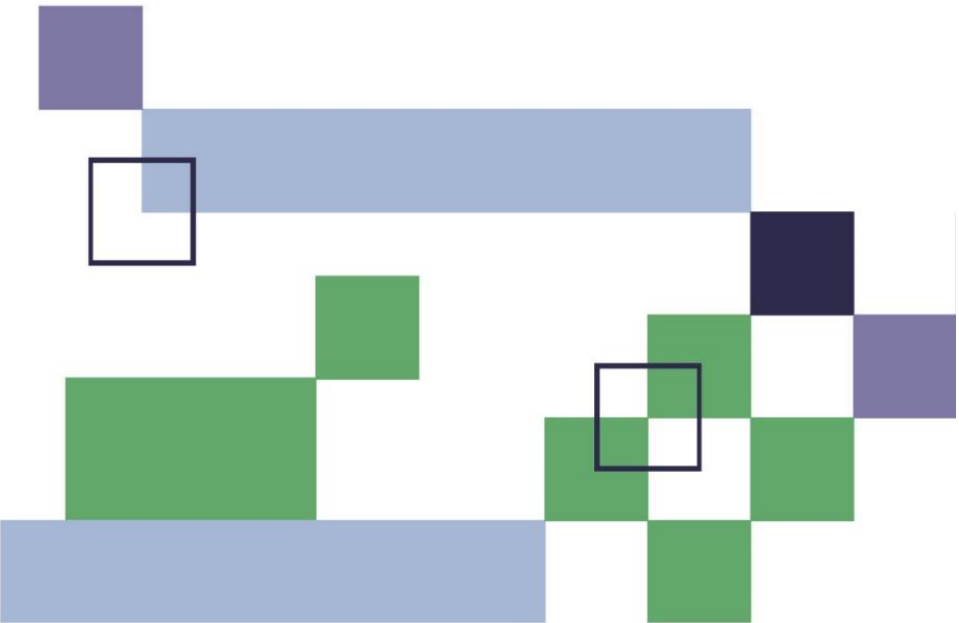
موهبة
Mawhiba

نسمو
NSMO

Chemistry

"حقيبة الكيمياء"

المرحلة الثانية



فهرس الموضوعات

م	الموضوع	المكونات	الصفحات
1	مبادئ أولية Elementary principles	• الأرقام المعنوية Significant Figures • التدوين العلمي Scientific notation • الوحدات الأساسية والمشتقة للقياس Fundamental and derived units of measurement • البادئات المستخدمة في نظام الوحدات الدولي • Prefixes Used in the SI System	3 - 18
2	التفاعلات الكيميائية Chemical Reactions	• تمثيل التفاعلات الكيميائية Representing chemical reactions • المعادلات الكيميائية اللفظية Word chemical equations • المعادلات الكيميائية الرمزية Symbolic chemical equations • أنواع التفاعلات الكيميائية Types of Chemical Reactions • التفاعلات في المحاليل المائية Reactions in aqueous solutions • ذوبان المركبات الأيونية في المحاليل Dissolution of ionic compounds in solutions	19 - 51
3	قياس المادة Measuring Matter	• الكتلة والمول Mass and mole • العلاقات التي تربط المول بالصيغة الكيميائية للمركبات Relationships between the mole and the chemical formula of compounds • الصيغة الأولية Empirical formula • الصيغة الجزيئية Molecular formula • صيغ الأملاح المائية Formulas of Hydrates • تسمية الأملاح المائية Naming of Hydrates	52 - 79

01 Elementary principles مبادئ أولية (1)

Significant Figures الأرقام المعنوية

الرقم غير الدقيق يتم تدوينه بطريقة تشير إلى عدم اليقين في قيمته، ويتم ذلك باستخدام أرقام معنوية. الأرقام المعنوية هي الأرقام ذات المعنى في الرقم المدون.

An inexact number must be reported in such a way as to indicate the uncertainty in its value, this is done using significant figures. Significant figures are the meaningful digits in a reported number.

إذا أخذنا بالاعتبار قياس بطاقة الذاكرة "في الشكل المجاور" باستخدام المسطرة التي فوقها، يتراوح عرض البطاقة بين 2 و 3 cm. يمكننا تسجيل العرض على أنه 2.5 cm ، ولكن نظرًا لعدم وجود تدرجات بين 2 و 3 cmعلى هذه المسطرة، فإننا نقدّر الرقم الثاني. على الرغم من أننا متأكدين من الرقم 2 في 2.5 ، إلا أننا لسنا متأكدين من الرقم 5 .

Consider the measurement of the memory card "in the adjacent figure" using the ruler above it, The card's width is between 2 and 3 cm. We may record the width as 2.5 cm, but because there are no gradations between 2 and 3 cm on this ruler, we are estimating the second digit. Although we are certain about the number 2 in 2.5, we are not certain about the number 5.

يُشار إلى الرقم الأخير في الرقم المُقاس بالرقم غير المؤكد؛ ويعتبر عدم اليقين المرتبط بالرقم المُقاس عمومًا ± 1 في المنزلة العشرية للرقم الأخير المسجل. وبالتالي، عندما نقول أن عرض بطاقة الذاكرة يبلغ 2.5 cm ، فإننا نعني ضمنًا أن عرضها هو 2.5 ± 0.1 cm ، وأن عرضها الفعلي قد يصل إلى 2.4 cm أو يصل إلى 2.6 cm . كل رقم في العدد المُقاس، بما في ذلك الرقم غير المؤكد، هو رقم معنوي. يحتوي العرض المدون لبطاقة الذاكرة، وهو 2.5 cm ، على رقمين معنويين.

The last digit in a measured number is referred to as the uncertain digit; and the uncertainty associated with a measured number is generally considered to be ± 1 in the decimal place of the last recorded digit. Thus, when we report the width of the memory card to be 2.5 cm, we are implying that its width is 2.5 ± 0.1 cm, and that its actual width may be as low as 2.4 cm or as high as 2.6 cm. Each of the digits in a measured number, including the uncertain digit, is a significant figure. The reported width of the memory card, 2.5 cm, contains two significant figures.

ستمكننا المسطرة ذات التدرجات المليمترية من التأكد من الرقم الثاني في هذا القياس وتقدير الرقم الثالث. الآن فكِّر في قياس بطاقة الذاكرة باستخدام المسطرة الموجودة أسفلها. يمكننا تسجيل العرض بـ 2.45 cm.

مرة أخرى، نُقدِّر رقمًا واحدًا إضافةً للذي يمكننا قراءته. يحتوي العرض المُقاس وهو 2.45 cm على ثلاثة أرقام معنوية. تدوين العرض بـ 2.45 يعني أن العرض هو 2.45 ± 0.01 cm .

A ruler with millimeter gradations would enable us to be certain about the second digit in this measurement and to estimate a third digit. Now consider the measurement of the memory card using the ruler below it. We may record the width as 2.45 cm. Again, we estimate one digit beyond those we can read. The reported width of 2.45 cm contains three significant figures. Reporting the width as 2.45 cm implies that the width is 2.45 ± 0.01 cm.

قواعد الأرقام المعنوية Rules of significant figures

(أ) قواعد حساب عدد الأرقام المعنوية في عدد معين:

(1) الأرقام غير الصفرية (1 – 9) والأصفار الموجودة بين رقمين غير الصفر تكون دائمًا معنوية.

(2) الأصفار البادئة ليست معنوية أبدًا.

(3) تكون الأصفار الزائدة معنوية "فقط" في حالة وجود علامة عشرية في الرقم.

(A) Rules for determining how many significant figures are in a number:

(1) Non-Zero digits (1 – 9) and Zeros that are in between two non-zero digits are always significant.

(2) Leading zeroes are never significant.

(3) Trailing zeroes are only significant if a decimal point is present in the number.

* أمثلة Examples

	a. 809,231	b. 0.00456	c. 2300	d. 130.00
التفسير The explanation	الصفر بين الأرقام محسوب كرقم معنوي Zero in between DOES count	الأصفار البادئة غير محسوبة Leading zeroes do NOT count	الأصفار الزائدة غير محسوبة Trailing zeros do NOT count	الأصفار الزائدة تحسب قبل العلامة العشرية Trailing zeros DO count befor the decimal
عدد الأرقام المعنوية The number of significant figures	6	3	2	5

(ب) قواعد إجراء عمليات الجمع والطرح:

تتم كتابة الإجابة النهائية بحيث تحتوي على نفس عدد المنازل العشرية للعدد ذو الأعداد العشرية الأقل.

(B) Rules for performing Addition / Subtraction:

The final answer is written so that it has the same number of decimal places as the measurement that has the fewest decimal places.

* أمثلة Examples

	a. 420.03 + 299.270 + 99.068	b. 504.09 - 246.8 - 119.32
التفسير The explanation	هذا الرقم هو الأقل دقة (منزلتان عشريتان). لذلك يجب تقريب الإجابة إلى منزلتين عشريتين. This number is the least precise (2 decimal places). So the answer MUST BE rounded to 2 decimal places.	الأقل دقة Least Precise
الإجابة Answer	818.37	138.0

(ج) قواعد إجراء عمليات الضرب والقسمة:

تتم كتابة الإجابة النهائية بحيث تحتوي على نفس عدد الأرقام المعنوية للعدد ذو الأرقام المعنوية الأقل.

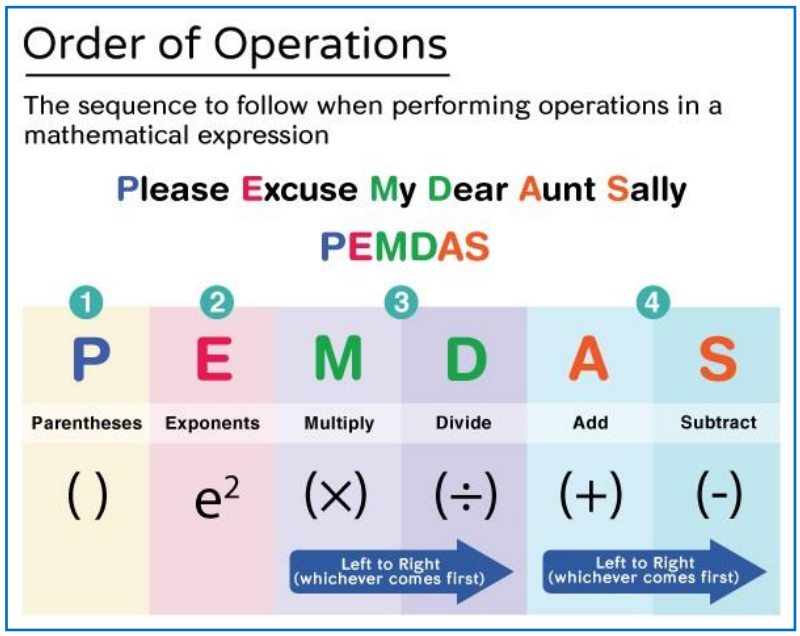
(C) Rules for performing Multiplication / Division:

The final answer is written so that it has the same number of Significant Figures as the measurement with the fewest Significant Figures.

* أمثلة Examples

	a. (2400)(3.45)(16.21)	b. 0.9935 × 10.48 × 13.4
التفسير The explanation	يحتوي هذا الرقم على رقمين معنويين فقط، لذلك يجب تقريب الإجابة إلى رقمين معنويين . This number only has 2 Significant Figures , so the answer must be rounded to 2 Significant Figures .	يحتوي هذا الرقم على 3 أرقام معنوية، لذلك يجب تقريب الإجابة إلى 3 أرقام معنوية . Only has 3 Significant Figures, so answer needs rounded to 3 Significant Figures.
الإجابة Answer	130000 Or 1.3×10^5	140. Or 1.40×10^2

(د) قواعد إجراء عمليات مختلطة:



نستخدم نفس القواعد السابقة (جمع / طرح) و (ضرب / قسمة) مع تضمين قواعد ترتيب العمليات (PEMDAS). ومع ذلك، كن حذرًا من عدم تقريب الإجابة مبكرًا.

(D) Rules for Performing a Combination of Operations:

The previous rules listed for A/S and M/D still apply along with incorporating the rules for order of operations (PEMDAS). Be cautious, however, that you do not round the answer too early.

* مثال Example

$1.4 \times 2.639 + 117.25$

الخطوة الأولى : الضرب
Multiply

Step 1:

$(\ 1.4 \times 2.639\ ) + 117.25$

$(\ 3.6946\ ) + 117.25$

نظرًا لأن العملية ضرب، فإن إجابة هذا الجزء يمكن أن تحتوي على رقمين معنويين فقط (3.7). قم بتدوين هذا، لكن لا تقم بالتقريب بعد.

Because this is multiplication, the answer to this part can only have 2 Significant Figures (3.7). Make note of this, but do NOT round yet.

$(\ 1.4 \times 2.639\ ) + 117.25$

$(\ 3.7\ ) + 117.25$

تم تقريبه مبكرًا وهذا خطأ، كان ينبغي تركه عند 3.6946

Rounded too early. Should have been left as 3.6946

الخطوة الثانية : الجمع
Addition

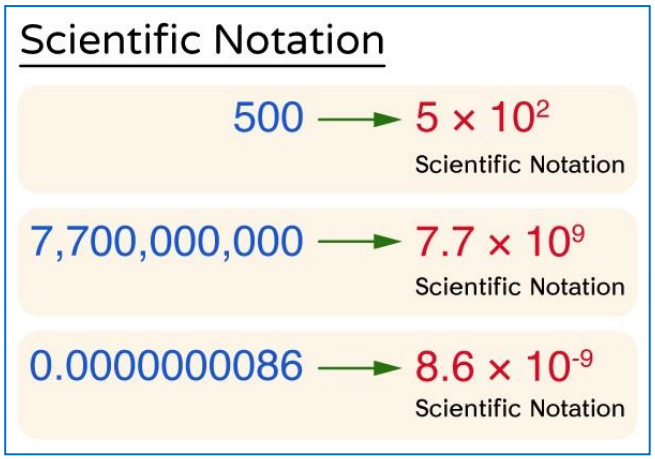
Step 2:

$3.6946 + 117.25 = 120.9446 = 120.9$

1 2 decimal place المنازل العشرية

Scientific notation التدوين العلمي

يتعامل الكيميائيون غالبًا مع أرقام كبيرة جدًا أو صغيرة جدًا. على سبيل المثال، في 1 g من عنصر الهيدروجين يوجد ما يقرب من 602,200,000,000,000,000,000,000 ذرة هيدروجين. تبلغ كتلة كل ذرة هيدروجين 0.000000000000000000000000166 g فقط. من الصعب التعامل مع هذه الأرقام، ومن السهل ارتكاب الأخطاء عند استخدامها في العمليات الحسابية. وبالتالي، عند التعامل مع أعداد كبيرة جدًا وصغيرة جدًا، نستخدم نظامًا يسمى التدوين العلمي. بغض النظر عن حجم الأرقام، يمكن التعبير عنها باستخدام الصيغة : $N \cdot 10^n$



Chemists often deal with numbers that are either extremely large or extremely small. For example, in 1 g of the element hydrogen there are roughly 602,200,000,000,000,000,000,000 hydrogen atoms. Each hydrogen atom has a mass of only 0.000000000000000000000000166 g. These numbers are cumbersome to handle, and it is easy to make mistakes when using them in arithmetic computations. Consequently, when working with very large and very small numbers, we use a system called scientific notation. Regardless of their magnitude, all numbers can be expressed in the form: $N \cdot 10^n$

Rounding Off التقريب

عادةً يكون من الضروري تقريب الإجابة النهائية بحيث تحتوي على العدد المناسب من الأرقام المعنوية. لتقريب رقم، اتبع الإجراء الموضح أدناه.

It is usually necessary to round off the final answer so that it has the proper number of significant figures. To round off a number, follow the procedure below.

حدد العدد المطلوب من بين الأرقام المعنوية للتقريب إليه
Determine the desired number of significant figures

↓

انظر إلى الرقم الأول بعد آخر رقم معنوي (على يمين الرقم المختار)
Look at the first digit after the last significant figure

↓

إذا كان هذا الرقم أكبر من 5، فسيتم إسقاط كافة الأرقام الموجودة بعد آخر رقم معنوي ويتم زيادة الرقم المعنوي الأخير بمقدار واحد

If this digit is greater than 5, all the numbers after the last significant figure are dropped and the last significant figure is increased by one

5.7 ≈5.6801

إذا كان هذا الرقم يساوي 5

If this digit is equal to 5

5.6501

إذا كان هذا الرقم أقل من 5، فسيتم إسقاط كافة الأرقام الموجودة بعد الرقم المعنوي الأخير

If this digit is less than 5, all the numbers after the last significant figure are dropped

5.6 ≈5.6201

إذا تبعته أرقام إضافية (1-9) ، تتم زيادة الرقم المعنوي الأخير بمقدار واحد

If it is followed by additional digits (1-9), the last significant figure is increased by one

5.7 ≈5.6541

إذا كان الرقم المعنوي الأخير هو رقم زوجي، فسيتم ترك الرقم المعنوي الأخير دون تغيير.
(ملاحظة: الصفر يعتبر رقمًا زوجيًا)

If the last significant figure is an even number, the last significant figure is left unchanged. (Note that zero is considered to be an even number)

5.6 ≈5.6501

إذا كان الرقم المعنوي الأخير رقمًا فرديًا، تتم زيادة الرقم المعنوي الأخير بمقدار واحد

If the last significant figureis an odd number, the lastsignificant figureis increased by one

5.8 ≈5.7501

Fundamental and derived units of measurement الوحدات الأساسية والمشتقة للقياس

النظام العالمي أو الدولي للوحدات International System of Units (SI) هو نظام وحدات القياس الأوسع انتشارًا في العالم.

The International System of Units (SI) is the most widely used system of measurement units in the world.

* أمثلة على وحدات القياس الأساسية Examples of Fundamental Units

Symbol الرمز	SI unit الوحدة	Quantity	الكمية
m	meter	Length	الطول
kg	kilogram	Mass	الكتلة
s	second	Time	الزمن
K	kelvin	Temperature	درجة الحرارة
A	ampere	Electric current	التيار الكهربائي
mol	mole	Amount of substance	كمية المادة
cd	candela	Luminous intensity	شدة الإضاءة

* أمثلة على وحدات القياس المشتقة Examples of Derived Units

Symbol الرمز	SI unit الوحدة	Quantity	الكمية
m^2	square meter	Area	المساحة
m^3	cubic meter	Volume	الحجم
kg/m^3	kilogram per cubic meter	Density	الكثافة
$N = kg.m/s^2$	newton	Force	القوة
J = N.m	joule	Energy	الطاقة

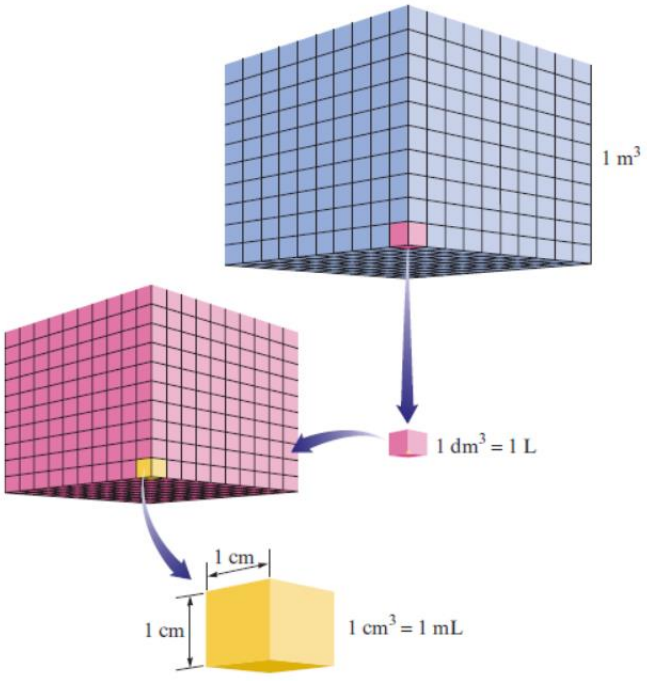
Prefixes Used in the SI System — البادئات المستخدمة في نظام الوحدات الدولي

Prefix	Symbol	Meaning	Exponential Notation*
exa	E	1,000,000,000,000,000,000	10^{18}
peta	P	1,000,000,000,000,000	10^{15}
tera	T	1,000,000,000,000	10^{12}
giga	G	1,000,000,000	10^{9}
mega	M	1,000,000	10^{6}
kilo	k	1,000	10^{3}
hecto	h	100	10^{2}
deka	da	10	10^{1}
—	—	1	10^{0}
deci	d	0.1	10^{-1}
centi	c	0.01	10^{-2}
milli	m	0.001	10^{-3}
micro	μ	0.000001	10^{-6}
nano	n	0.000000001	10^{-9}
pico	p	0.000000000001	10^{-12}
femto	f	0.000000000000001	10^{-15}
atto	a	0.000000000000000001	10^{-18}

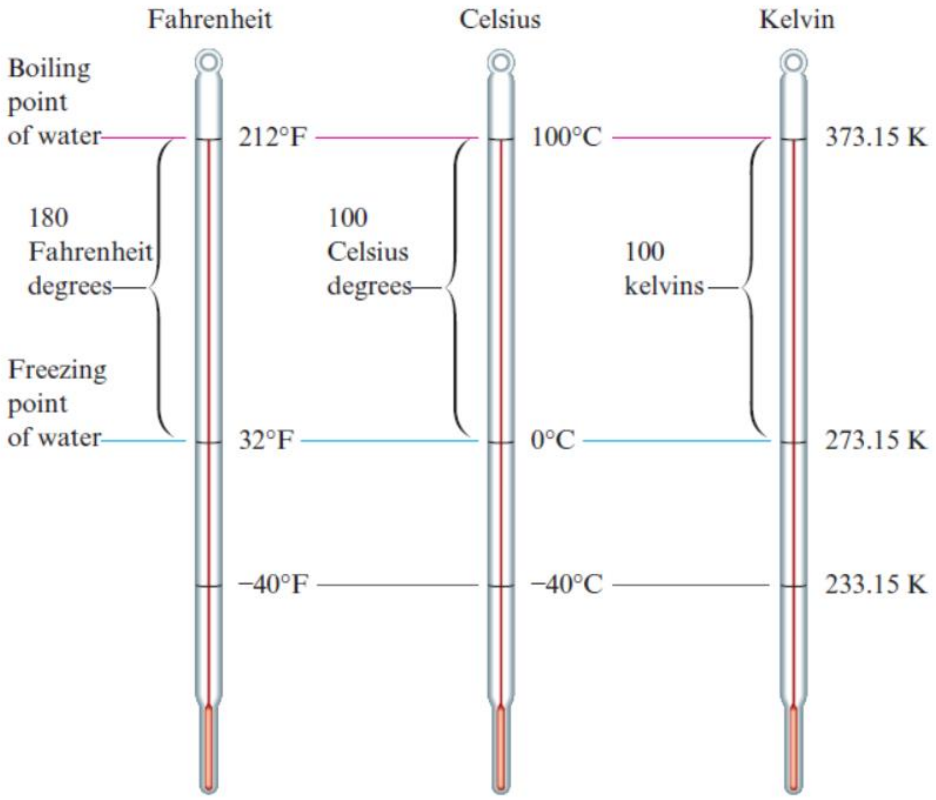
البادئات الأكثر شيوعًا تظهر باللون الأزرق

The most commonly encountered prefixes are shown in blue

$1\ L = 1\ (dm)^3 = (10\ cm)^3 = 1000\ cm^3$



$$K = {}^{\circ}C + 273.15$$



*** أمثلة Examples :**

مثال 1-1: حوّل $2.3\ cm^3$ إلى وحدة m^3 .

Example 1-1: convert $2.3\ cm^3$ to m^3 unit.

$$2.3\ cm^3 = 2.3\ (cm)^3 = 2.3\ (10^{-2}\ m)^3 = 2.3 \times 10^{-6}\ m^3$$

مثال 1-2: حوّل $5000\ \mu s^{-1}$ إلى وحدة s^{-1} .

Example 1-2: convert $5000\ \mu s^{-1}$ to s^{-1} unit.

$$5000\ \mu s^{-1} = 5000\ (\mu s)^{-1} = 5000\ (10^{-6}\ s)^{-1} = 5 \times 10^{9}\ s^{-1}$$

مثال 1-3: سرعة الصوت تساوي 330 m/s ، حولها إلى وحدة km/h

Example 1-3: Speed of sound = 330 m/s, convert the unit to km/h.

$$330\ m/s = 330\ \frac{\cancel{m}}{\cancel{s}} \times \frac{1\ km}{1000\ \cancel{m}} \times \frac{3600\ \cancel{s}}{1\ h} = 1188\ km/h$$

تدريبات exercises

(1-1)

حدد عدد الأرقام المعنوية في كل قياس مما يلي:

State the number of significant digits in each measurement:

1) 2804 m ……

2) 2.84 km ……

3) 5.029 m ……

4) 0.003068 m ……

5) 4.6×10^{5} m ……

6) 4.06×10^{-5} m ……

7) 750 m ……

8) 75 m ……

9) 75,000 m ……

10) 75.00 m ……

11) 75,000.0 m ……

12) 10 cm ……

(1-2)

قم بتقريب الأرقام التالية كما هو موضح:

Round the following numbers as indicated:

(a) To four figures: (أ) إلى أربعة أرقام معنوية:

3.682417 …… 21.860051 …… 375.6523 …… 112.511 …… 45.4673 ……

(b) To one decimal place: (ب) إلى منزلة عشرية واحدة:

1.3511 …… 2.473 …… 5.687524 …… 7.555 …… 8.235 ……

(c) To two decimal places: (ج) إلى منزلتين عشريتين:

22.494 …… 79.2588 …… 0.03062 …… 3.4125 …… 41.86632 ……

(1-3)

حل المسائل التالية وسجِّل الإجابات بالعدد المناسب من الأرقام المعنوية.

Solve the following problems and report answers with appropriate number of Significant Figures.

1) 6.201 cm + 7.4 cm + 0.68 cm + 12.0 cm = ……

2) 1.6 km + 1.62 m + 1200.0 cm = ……

3) 8.264 g - 7.8 g = ...

4) 10.4168 m - 6.0 m = ...

5) 12.00 m + 15.001 kg = ...

6) 1.31 cm × 2.3 cm = ...

7) 5.7621 m × 6.201 m = ...

8) 20.2 cm : 7.410 s = ...

9) 40.002 g / 13.000005 g = ...

(1-4)

عبِّر عن الأعداد الآتية بالتدوين العلمي المكافئ لها:

Express the following numbers in their equivalent scientific notation:

1) 123,876.3
.....

2) 1,236,840
.....

3) 422000
.....

4) 0.000000000000211
.....

5) 0.000238
.....

6) 0.0000205
.....

(1-5)

قم بإجراء العمليات الحسابية التالية، وعبِّر عن النتيجة بالعدد الصحيح من الأرقام المعنوية.

Perform the following mathematical operations and express the result to the correct number of Significant Figures.

1) $\dfrac{(1.00866 - 1.00728)}{6.02205 \times 10^{23}}$ = ...

2) $\dfrac{(14.86 + 13.7) \times (65.346 - 4.10)}{(43.888 - 32.888)}$ = ...

(1-6)

مساحة سطح مختبر العلوم تبلغ $60\ m^2$. أوجد مساحة السطح بوحدة cm^2 و mm^2 .

The floor area of a science laboratory is $60\ m^2$. Find the area in cm^2 and mm^2.

(الحل)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(1-7)

كثافة الزئبق $13.6\ g/cm^3$. حول الكثافة إلى وحدة Mg/mm^3 .

The density of Mercury is $13.6\ g/cm^3$. Convert its unit to Mg/mm^3.

(الحل)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(1-8)

كثافة ماء البحر $1024\ kg.m^{-3}$. أوجد الكثافة بوحدة $g.cm^{-3}$.

The density of sea water is $1024\ k.gm^{-3}$. Find the density in $g.cm^{-3}$.

(الحل)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(1-9)

في عملية لقياس تلوث الهواء، تم سحب الهواء من خلال مرشح بمعدل 26.2 لترًا في الدقيقة لمدة 48.0 ساعة. اكتسب المرشح 0.0241 جرامًا من الكتلة بسبب الجزيئات الصلبة المحبوسة. عبِّر عن تركيز الملوثات الصلبة في الهواء بوحدات ميكروجرام لكل متر مكعب.

In a measurement of air pollution, air was drawn through a filter at the rate of 26.2 liters per minute for 48.0 hours. The filter gained 0.0241 grams in mass because of entrapped solid particles. Express the concentration of solid contaminants in the air in units of micrograms per cubic meter.

(الحل)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(1-10)

في عام 1978، كان سكان مدينة نيويورك البالغ عددهم 7.9 مليون نسمة يستهلكون 656 لترًا من الماء يوميًا للفرد. كم عدد الأطنان المترية (10^3 kg) من فلوريد الصوديوم (45% فلور بالكتلة) التي ستكون مطلوبة سنويًا لإعطاء هذا الماء جرعة مناسبة لتقوية الأسنان مكونة من جزء واحد (بالكتلة) من الفلور لكل مليون جزء من الماء ؟ (كثافة الماء 1.000 g/cm^3 أو 1.000 kg/L).

NewYork City's 7.9 million people in 1978 had a daily per capita consumption of 656 liters of water. How many metric tons (10^3 kg) of sodium fluoride (45% fluorine by mass) would be required per year to give this water a tooth strengthening dose of 1 part (by mass) fluorine per million parts water ?
(The density of water is 1.000 g/cm^3 or 1.000 kg/L).

(الحل)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Exercise answers — إجابات التدريبات

(1-1)

1) 2804 m ……4……..
2) 2.84 km ……3……..
3) 5.029 m ……4……..
4) 0.003068 m ……4……..
5) 4.6×10^5 m ……2……..
6) 4.06×10^{-5} m ……3……..
7) 750 m ……2 or 3……..
8) 75 m ……2……..
9) 75,000 m ……2, 3, 4, or 5……..
10) 75.00 m ……4……..
11) 75,000.0 m ……6……..
12) 10 cm ……1 or 2……..

(1-2)

(a) To four figures: (أ) إلى أربعة أرقام معنوية:

3.682417	21.860051	375.6523	112.511	45.4673
3.682	21.86	375.7	112.5	45.47

(b) To one decimal place: (ب) إلى منزلة عشرية واحدة:

1.3511	2.473	5.687524	7.555	8.235
1.4	2.5	5.7	7.6	8.2

(c) To two decimal places: (ج) إلى منزلتين عشريتين:

22.494	79.2588	0.03062	3.4125	41.86632
22.49	79.26	0.03	3.41	41.87

(1-3)

1) 6.201 cm + 7.4 cm + 0.68 cm + 12.0 cm = 26.3 cm
2) 1.6 km + 1.62 m + 1200.0 cm = 1.6 km or 1613.6 m or 161362.0 cm
3) 8.264 g - 7.8 g = 0.5 g
4) 10.4168 m - 6.0 m = 4.4 m
5) 12.00 m + 15.001 kg = can't add m and kg لا يمكن إضافة الكيلوجرام مع المتر
6) 1.31 cm × 2.3 cm = 3.0 cm^2
7) 5.7621 m × 6.201 m = 35.73 m^2
8) 20.2 cm : 7.410 s = 2.73 cm/s
9) 40.002 g / 13.000005 g = 3.0771

(1-4)

1) 123,876.3
1.238763×10^{5}

2) 1,236,840
1.23684×10^{6}

3) 422000
4.22×10^{5}

4) 0.000000000000211
2.11×10^{-13}

5) 0.000238
2.38×10^{-4}

6) 0.0000205
2.05×10^{-5}

(1-5)

1) $\dfrac{(1.00866 - 1.00728)}{6.02205 \times 10^{23}} = 2.29 \times 10^{-27}$

2) $\dfrac{(14.86 + 13.7) \times (65.346 - 4.10)}{(43.888 - 32.888)} = 159$

(1-6)

$1\ m = 10^{2}\ cm\ (100\ cm)$

$1\ m^{2} = (10^{2}\ cm)^{2} = 10^{4}\ cm^{2}$

$60\ m^{2} = 60\ \cancel{m}^{2} \times \dfrac{10^{4}\ cm^{2}}{1\ \cancel{m}^{2}} = 60 \times 10^{4}\ cm^{2} = 6 \times 10^{5}\ cm^{2}$

and $1\ cm = 10\ mm$
$1\ cm^{2} = (10\ mm)^{2} = 10^{2}\ mm^{2}$

$60\ m^{2} = 6 \times 10^{5}\ \cancel{cm}^{2} \times \dfrac{10^{2}\ mm^{2}}{1\ \cancel{cm}^{2}} = 6 \times 10^{7}\ mm^{2}$

(1-7)

$1\ Mg = 10^6\ g\ ,\ 1\ cm^3 = (10\ mm)^3 = 10^3\ mm^3$

$$13.6\ g/cm^3 = 13.6\ \frac{g}{cm^3} \times \frac{1\ Mg}{10^6\ g} \times \frac{1\ cm^3}{10^3\ mm^3} = 13.6 \times 10^{-9}\ Mg/mm^3$$

(1-8)

$1\ kg = 10^3\ g\ ,\ 1\ m^3 = (10^2\ cm)^3 = 10^6\ cm^3$

$$1024\ kgm^{-3} = 1024\ \frac{kg}{m^3} \times \frac{10^3\ g}{1\ kg} \times \frac{1\ m^3}{10^6\ cm^3} = 1.024\ gcm^{-3}$$

(1-9)

$$\frac{(0.0241\ g)\ (10^6 \mu g/1\ g)}{(48.0\ h)(60\ min/h)(\ 26.2\ L/1\ min)(1\ dm^3/1\ L)(1\ m^3/10^3\ dm^3)} = 319\ \mu g/m^3$$

(1-10)

البداية الجيدة هي حساب كتلة الماء المطلوبة سنويًا بالطن.

A good start is to calculate the mass of water, in tons, required per year.

(7.9 × 10^6 persons) (656 L water /1 person · day) (365 days/year) (1 kg water/1 L water) (1 metric ton/1000 kg) = 1.89 × 10^9 metric tons water / year .

لاحظ أن جميع الوحدات تُلغى باستثناء الأطنان المترية من الماء/السنة ؛ فهي ضرورية للخطوة التالية.
الآن، قم بإعداد وحساب الكتلة الإجمالية لفلوريد الصوديوم، بالطن، المطلوبة كل عام.

Note that all units cancel except metric tons of water/yr; it is needed for the next step.
Now, set up and calculate the total mass of sodium fluoride, in tons, required each year.

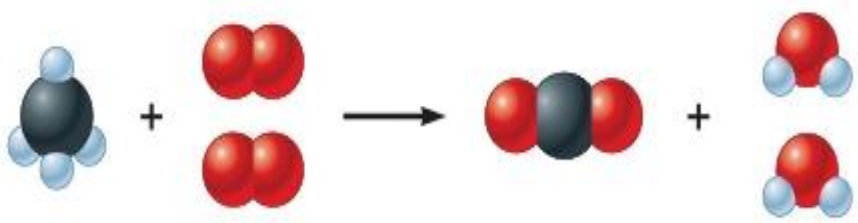
(1.89 × 10^9 metric tons water / year) (1 ton fluorine/10^6 tons of water) (1 ton sodium fluoride/0.45 ton of fluorine) = 4.2 × 10^3 tons of sodium fluoride / year .

التفاعل الكيميائي هو عملية يتم فيها تحويل مجموعة من المواد الأولية (المواد المتفاعلة) إلى مواد جديدة (النواتج) تختلف كلياً في خصائصها الكيميائية والفيزيائية عن المواد الأصلية.

A chemical reaction is a process in which a set of starting materials (reactants) is converted into new materials (products) that are completely different in their chemical and physical properties from the original materials.

فعلى سبيل المثال عند احتراق الميثان يتم كسر الروابط الكيميائية الموجودة بين جزيئات المواد المتفاعلة، وتكوين روابط كيميائية جديدة لإعادة ترتيب الذرات وتشكيل جزيئات المواد الناتجة. المهم هنا أن نوع الذرات لا يتغير (فذرة الكربون تبقى كربون، وذرة الهيدروجين تبقى هيدروجين)، لكن ما يتغير هو طريقة ارتباطها مع بعضها.

For example, when methane burns, the chemical bonds in the reactant molecules are broken, and new chemical bonds are formed to rearrange the atoms and produce the product molecules. The key point is that the types of atoms do not change (a carbon atom remains carbon, and a hydrogen atom remains hydrogen); what changes is how they are bonded to one another.



أهمية التفاعلات الكيميائية في حياتنا
The Importance of Chemical Reactions in Our Lives

التفاعلات الكيميائية جزء لا يتجزأ من حياتنا اليومية والكون، ومن أهميتها:

Chemical reactions are an integral part of our daily lives and the universe. Their importance includes:

- **العمليات الحيوية:** مثل عملية التمثيل الضوئي (البناء الضوئي) في النباتات لإنتاج الغذاء والأكسجين، وعملية الهضم في أجسامنا لتحويل الطعام إلى طاقة، وعملية التنفس الخلوي لإنتاج الطاقة.
- **biological processes:** such as photosynthesis in plants to produce food and oxygen, the digestive process in our bodies to convert food into energy, and cellular respiration to produce energy.
- **الصناعة والتقنية:** إنتاج الأدوية، الوقود (احتراق الجازولين في محركات السيارات)، البلاستيك، الأسمدة، والمنظفات.
- **Industry and technology:** production of medicines, fuels (combustion of gasoline in car engines), plastics, fertilizers, and detergents.

- **البيئة:** مثل تفاعل تكوين الصدأ (تفاعل الحديد مع الأكسجين)، ودورات العناصر الطبيعية مثل دورة الكربون والماء.
- **Environment:** such as the rusting reaction (the reaction of iron with oxygen), and natural element cycles such as the carbon and water cycles.

Signs of a Chemical Reaction: دلائل حدوث التفاعل الكيميائي:

1) دلائل نوعية (مرصودة بالحواس أو تجارب بسيطة).

1) Qualitative evidence (observed by the senses or simple experiments).

a) تغير اللون.

- مثال: عند خلط محلول برمنجنات البوتاسيوم مع بعض المواد المختزلة يزول اللون البنفسجي.
- التفسير: تغير في تركيب الأيونات/الجزيئات يؤدي إلى اختلاف امتصاص الضوء.

a) Color change.

- Example: When potassium permanganate solution is mixed with some reducing agents, the purple color disappears.
- Explanation: A change in the composition of ions/molecules results in a difference in light absorption.

b) تكون رائحة جديدة أو اختلاف الرائحة.

- مثال: رائحة الكبريت الناتجة عن تفاعل بعض الكبريتيدات مع الأحماض (H_2S).
- التفسير: إنتاج غازات أو مركبات طيّارة ذات رائحة مميزة.

b) It smells new or different.

- Example: The sulfurous smell resulting from the reaction of some sulfides with acids (H_2S).
- Explanation: Production of gases or volatile compounds with a distinctive odor.

c) تكون غاز (تحرر غاز).

- مثال: حدوث فوران عند خلط بيكربونات الصوديوم مع حمض يتكوّن CO_2. الذي يمكن الكشف عنه بتمرير الغاز في ماء الجير $Ca(OH)_2$ حيث يتكوّن عكارة بيضاء دليل على وجود CO_2.
- التفسير: تكوّن جزيئات غازية ناتجة عن إعادة ترتيب الذرات.

c) gas formation (gas release).

- Example: Effervescence occurs when sodium bicarbonate is mixed with acid, forming CO_2. This can be detected by passing the gas through limewater ($Ca(OH)_2$), where a white turbidity is formed, indicating the presence of CO_2.
- Explanation: The formation of gaseous molecules resulting from the rearrangement of atoms.

d) تكون راسب (مادة صلبة تترسب).

- مثال: مزج محلول كبريتات الصوديوم مع محلول كلوريد الصوديوم لا يعطي راسب، لكن مزج كبريتات الصوديوم مع نترات الباريوم يعطي راسب أبيض ($BaSO_4$).
- التفسير: تكون مركب جديد ذو ذوبانية منخفضة.

d) Precipitate (a solid that settles out).

- Example: Mixing sodium sulfate solution with sodium chloride solution does not produce a precipitate, but mixing sodium sulfate with barium nitrate produces a white precipitate ($BaSO_4$).
- Explanation: Formation of a new compound with low solubility.

e) تغير في الطاقة (تغير في الحرارة، ضوء، صوت).

- مثال: انبعاث ضوء أو شرار: احتراق أو تفاعلات تأكسد قوية.
- التفسير: تغير في طاقة الروابط — تكوين روابط جديدة يطلق طاقة أو امتصاص طاقة لكسر روابط.

e) Change in energy (change in heat, light, sound).

- Example: Emission of light or sparks: Combustion or strong oxidation reactions.
- Explanation: Change in bond energy — forming new bonds releases energy or absorbing energy to break bonds.

f) تغير في الموصلية الكهربائية.

- مثال: إذابة حمض أو قاعدة أو تفاعل يؤدّي إلى تكوّن أيونات يزيد أو ينقص توصيل المحلول للكهرباء.
- التفسير: عدد الأيونات في المحلول يتغير.

f) Change in electrical conductivity.

- Example: Dissolving an acid or base or a reaction that results in the formation of ions increases or decreases the electrical conductivity of the solution.
- Explanation: The number of Ions in the solution changes.

2) دلائل كمية.

2) Quantitative evidence.

a) قياس التغيّر الكتلي.

- في تفاعل مغلق كليًا، الكتلة الإجمالية لا تتغير (قانون حفظ الكتلة).
- في تجارب مفتوحة: فقدان كتلة يدل على تحرير غاز؛ زيادة كتلة قد تدل على امتصاص غاز (مثال: معدن يمتص أكسجين من الهواء في تفاعل أكسدة).

a) Mass change measurement.

- In a mass-closed reaction, the total mass does not change (law of conservation of mass).

- In open experiments: a loss of mass indicates the release of a gas; a gain in mass may indicate the absorption of a gas (e.g., a metal absorbing oxygen from the air in an oxidation reaction).

b) قياسات حرارة التفاعل.

- باستخدام المسعر يمكن قياس الحرارة المنطلقة أو الممتصة بدقة، ما يؤكد حدوث تحول في الطاقة مرتبط بتكوين الروابط أو كسرها.

b) Heat of reaction measurements.

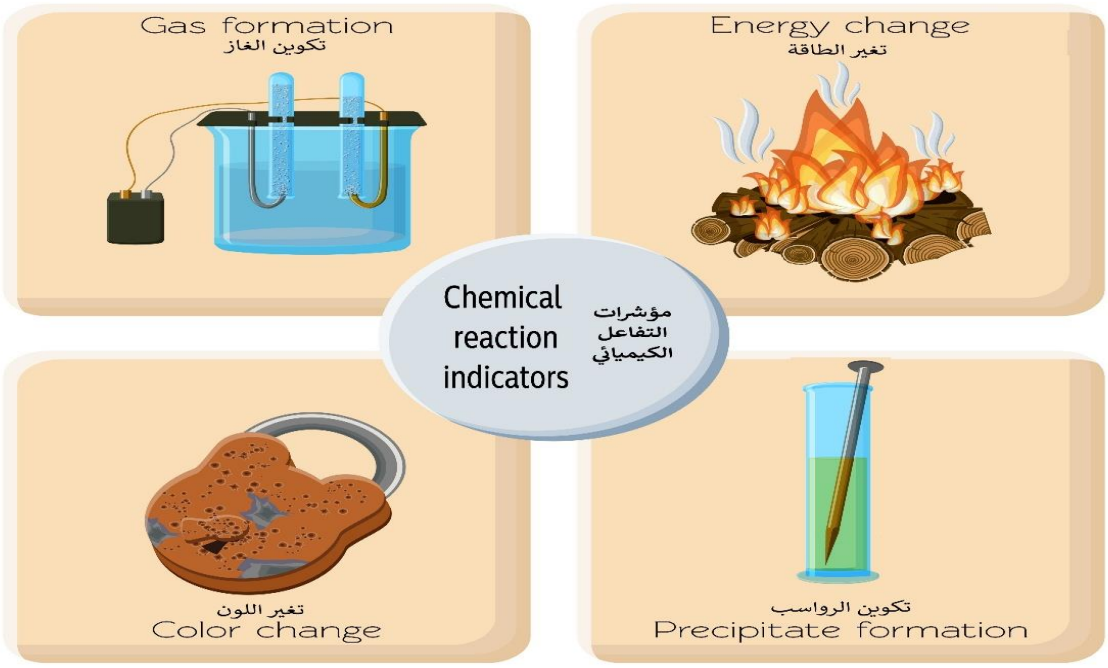
- Using a calorimeter, the heat released or absorbed can be accurately measured, confirming that an energy transfer has occurred associated with the formation or breaking of bonds.

c) قياسات التركيز.

- تتبع انخفاض تركيز مادة وتكوّن مادة أخرى باستخدام التحليل الطيفي أو الكروماتوجرافيا أو قياس الموصلية الكهربائية يقدّم دليلًا قويًا على حدوث تفاعل، ويبين كمية المادة الناتجة وسرعة التفاعل.

c) Concentration measurements.

- Tracking the decrease in concentration of one substance and the formation of another using spectroscopy, chromatography, or electrical conductivity measurement provides strong evidence that a reaction has occurred, showing the amount of product produced and the rate of the reaction.



الشكل 2-1: بعض الأمثلة للتفاعلات الكيميائية

Figure 2-1: Some examples of chemical reactions

تُعد المعادلات الكيميائية الأداة الأساسية والأكثر فعالية لتمثيل التفاعلات الكيميائية. إنها لغة عالمية ومختصرة يستخدمها الكيميائيون لوصف ما يحدث على المستوى الجزيئي أثناء التفاعل.

Chemical equations are the basic and most effective tool for representing chemical reactions. They are a universal and concise language used by chemists to describe what happens at the molecular level during a reaction.

المقصود من تمثيل التفاعل الكيميائي:

The purpose of representing a chemical reaction is:

تمثيل التفاعل الكيميائي هو كتابة وصف رمزي لما يحدث أثناء التفاعل، باستخدام رموز العناصر والصيغ الكيميائية والأسهم بدلًا من كتابة التفاعل بالكلمات.

Representing a chemical reaction is writing a symbolic description of what happens during a reaction, using element symbols, chemical formulas, and arrows instead of writing the reaction out in words.

المكونات الأساسية للمعادلة الكيميائية

The basic components of a chemical equation

1) المتفاعلات

وهي المواد الأولية التي تبدأ التفاعل. تُكتب على الجانب الأيسر من السهم (أو على يسار علامة المساواة في بعض الحالات).

1) **Reactants**

These are the starting materials that start the reaction. They are written to the left of the arrow (or to the left of the equal sign in some cases).

2) النواتج

وهي المواد الجديدة التي تنتج عن التفاعل. تُكتب على الجانب الأيمن من السهم (أو على يمين علامة المساواة في بعض الحالات).

2) **Products**

The new substances that result from the reaction. They are written on the right side of the arrow (or to the right of the equal sign in some cases).

3) السهم

يُشير السهم (⟶) من المتفاعلات إلى النواتج، ويُقرأ عادةً على أنه "تُنتج" أو "تتفاعل لتُعطي".

3) **Arrow**

The arrow (⟶) points from reactants to products, and is usually read as "produces" or "reacts to give."

Symbols used in equations — رموز تُستخدم في المعادلات

مثال Example	المعنى Meaning	الرمز The symbol
$A + B \longrightarrow C$	ينتج أو يُعطي. يفصل بين المتفاعلات والنواتج، ويشير إلى تفاعل غير عكسي (يسير في اتجاه واحد). Produces or gives. Separates reactants from products, indicating an irreversible (one-way) reaction.	→
$A + B \rightleftharpoons C + D$	تفاعل عكوس. يشير إلى أن التفاعل يصل إلى حالة اتزان ويحدث في كلا الاتجاهين (الأمامي والعكسي). Reversible reaction. Indicates that the reaction reaches equilibrium and occurs in both directions (forward and reverse).	⇌
$H_2 + O_2$	يتفاعل مع أو بالإضافة إلى. يفصل بين المواد المتفاعلة و/أو المواد الناتجة. Reacts with or in addition to. Separates reactants and/or products.	+
$NaCl_{(s)}$	يشير إلى الحالة الصلبة. Refers to solid state.	(s)
$H_2O_{(l)}$	يشير إلى الحالة السائلة. Refers to the liquid state.	(l)
$CO_{2(g)}$	يشير إلى الحالة الغازية. Refers to the gaseous state.	(g)
$HCl_{(aq)}$	يشير إلى المحلول المائي. Refers to aqueous solution.	(aq)
$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$	يُوضع فوق السهم. يشير إلى أن التفاعل يتطلب تسخينًا (حرارة) لحدوثه. Placed above the arrow. Indicates that the reaction requires heating (heat) to occur.	Δ أو الحرارة
$N_2+3H \xrightarrow{2200\ atm} 2NH_3$	يُوضع فوق السهم. يشير إلى أن التفاعل يتطلب ضغطًا محددًا. Placed above the arrow. Indicates that the reaction requires a specific pressure.	الضغط أو رقم الضغط pressure or pressure number

العامل الحفاز (مثل Pt) catalyst (such as Pt)	يُوضع فوق السهم. يشير إلى استخدام عامل حفاز لتسريع التفاعل دون أن يستهلك فيه. Placed above the arrow. Indicates the use of a catalyst to speed up the reaction without being consumed in it.	$C_2H_4 + H_2 \xrightarrow{Pt} C_2H_6$
↓ (راسب) (Precipitate) ↓	يُوضع بعد الصيغة الكيميائية. يشير إلى تكوّن راسب (مادة صلبة غير ذائبة) في النواتج. Placed after a chemical formula. It indicates the formation of a precipitate (an insoluble solid) in the products.	$AgCl\downarrow$
↑(غاز متصاعد) gas)↑ (evaporation	يُوضع بعد الصيغة الكيميائية. يشير إلى تصاعد غاز في النواتج. Placed after a chemical formula. Indicates the evolution of a gas in the products.	$CO_2\uparrow$

Word chemical equations المعادلات الكيميائية اللفظية

المعادلة اللفظية هي تعبير يكتب بالكلمات ليوضح المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل الكيميائي دون استخدام رموز أو صيغ كيميائية.

A word equation is an expression written in words to show the reactants and products of a chemical reaction without using chemical symbols or formulas.

المتفاعل(1) + المتفاعل (2) ⟶ الناتج(1) + الناتج(2)

مثال 1:

يتفاعل الميثان مع الأكسجين لينتج الماء وثاني أكسيد الكربون.

Example 1:

Methane reacts with oxygen to produce water and carbon dioxide.

ميثان + أكسجين ⟶ ماء + ثاني أكسيد الكربون

تدريب (2-1): **Exercise (2-1):**

اكتب المعادلة اللفظية لتفاعل غاز البروم مع الهيدروجين لينتج غاز بروميد الهيدروجين.

Write the word equation for the reaction of bromine gas with hydrogen to produce hydrogen bromide gas.

.....

تدريب (2-2): **Exercise (2-2):**

اكتب المعادلة اللفظية لتحلل نترات الأمونيوم بالحرارة لتكوين أكسيد النيتروز (الغاز المضحك) وبخار الماء.

Write the word equation for the heat decomposition of ammonium nitrate to form nitrous oxide (laughing gas) and water vapor.

.....

Exercise (2-3): **تدريب (2-3):**

عند تسخين نترات الأمونيوم الصلبة، تتحلل إلى غازات مختلفة. ينتج من هذا التحلل أكسيد النيتروز (الغاز المضحك) وبخار الماء.

بعد ذلك يُمرَّر غاز أكسيد ثنائي النيتروجين فوق شريط من الماغنيسيوم الساخن، فيحدث تفاعل ينتج عنه أكسيد الماغنيسيوم وغاز النيتروجين.

أي من المعادلات اللفظية التالية تمثل السلسلة الكاملة للتفاعلين بشكل صحيح؟

When solid ammonium nitrate is heated, it decomposes into various gases. This decomposition produces nitrous oxide (laughing gas) and water vapor.

The dinitrogen oxide gas is then passed over a hot magnesium ribbon, producing magnesium oxide and nitrogen gas.

Which of the following word equations correctly represents the complete series of these two reactions?

	المعادلة The equation
(a	بخار الماء + أكسيد ثنائي النيتروجين → نترات الأمونيوم ثم بخار الماء + نيتريد الماغنيسيوم → ماغنيسيوم + أكسيد ثنائي النيتروجين ammonium nitrate ⟶ dinitrogen oxide + water vapor Then dinitrogen oxide + magnesium ⟶ magnesium nitride + water vapor
(b	أكسجين + أكسيد النيتريك → نترات الأمونيوم ثم نيتروجين + أكسيد الماغنيسيوم → الماغنيسيوم + أكسيد النيتريك ammonium nitrate ⟶ nitric oxide + oxygen Then nitric oxide + magnesium ⟶ magnesium oxide + nitrogen
(c	بخار الماء + أكسيد ثنائي النيتروجين → نترات الأمونيوم ثم نيتروجين + أكسيد الماغنيسيوم ⟶ الماغنيسيوم + أكسيد ثنائي النيتروجين Ammonium nitrate ⟶ dinitrogen oxide + water vapor Then dinitrogen oxide + magnesium ⟶ magnesium oxide + nitrogen
(d	ماء + ثاني أكسيد النيتروجين ⟶ نترات الأمونيوم ثم أكسجين + نيتريد الماغنيسيوم ⟶ ماغنيسيوم + ثاني أكسيد النيتروجين ammonium nitrate ⟶ nitrogen dioxide + water Then nitrogen dioxide + magnesium ⟶ magnesium nitride + oxygen

Symbolic chemical equations المعادلات الكيميائية الرمزية

المعادلات الكيميائية الرمزية هي الطريقة الأدق والأكثر علمية لتمثيل التفاعلات الكيميائية. تستخدم هذه المعادلات رموز وصيغ العناصر والمركبات وأرقام تكتب قبلها تسمى (المعاملات) لإظهار ما يحدث على المستوى الجزيئي.

Symbolic chemical equations are the most accurate and scientific way to represent chemical reactions. These equations use symbols and formulas for elements and compounds, along with numbers written before them called coefficients, to show what is happening at the molecular level.

المعامل: هو العدد الذي يكتب قبل المادة المتفاعلة أو الناتجة. وتكون المعاملات عادة أعداداً صحيحة، ولا تكتب إذا كانت القيمة واحداً. وتصف المعاملات أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.

Coefficient: The number written before a reactant or product. Coefficients are usually integers and are not written if the value is one. Coefficients describe the simplest whole number ratio of the quantities of the reactants and products.

Balancing chemical equations وزن المعادلات الكيميائية

وزن المعادلات الكيميائية يعني جعل عدد الذرات من كل عنصر متساويًا في طرفي المعادلة (المتفاعلات والنواتج)، حتى يتحقق قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أن الكتلة لا تفنى ولا تُستحدث، بل تتحول من شكل إلى آخر.

Balancing chemical equations means making the number of atoms of each element equal on both sides of the equation (reactants and products), so that the law of conservation of mass is achieved, which states that mass can neither be created nor destroyed, but rather is transformed from one form to another.

The importance of balancing أهمية الموازنة

الخاصية الأكثر أهمية للمعادلة الرمزية هي أنها يجب أن تكون موزونة. يبين شكل 2-2 خطوات وزن المعادلات الكيميائية.

The most important property of a symbolic equation is that it must be balanced. Figure 2-2 shows the steps for balancing chemical equations.

- **التعريف:** موازنة المعادلة تعني ضبط المعاملات للتأكد من أن عدد ذرات كل عنصر متساوي في طرفي المعادلة (المتفاعلات والنواتج).
- **Definition:** Balancing an equation means adjusting the coefficients to ensure that the number of atoms of each element is equal on both sides of the equation (the reactants and the products).
- **الهدف:** تحقيق قانون حفظ الكتلة، الذي ينص على أن الكتلة لا تفنى ولا تُستحدث من العدم في التفاعل الكيميائي.
- **Goal:** To achieve the law of conservation of mass, which states that mass is neither created nor destroyed in a chemical reaction.
- **الطريقة:** يتم تغيير المعاملات فقط، ولا يجوز تغيير الأرقام السفلية في الصيغة، لأن ذلك يغير من هوية المادة.

- **Method:** Only the coefficients are changed; subscripts in the formula must not be changed, as this changes the identity of the substance.

Steps for balancing chemical equations خطوات وزن المعادلات الكيميائية

خطوات وزن المعادلات

الخطوات	العملية	مثال
1	**اكتب معادلة كيميائية غير موزونة.** تأكد أن الصيغ الكيميائية للمتفاعلات والنواتج صحيحة، وأن الأسهم تفصل المتفاعلات عن النواتج، وإشارة (+) تفصل بين كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، ووجود الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow HCl_{(g)}$ ذرتا هيدروجين + ذرتا كلور → ذرة هيدروجين وذرة كلور
2	**عدّ ذرات العناصر في المتفاعلات.** تتفاعل ذرتا هيدرجين وذرتا كلور.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow$ 2 ذرة هيدرجين، 2 ذرة كلور
3	عدّ ذرات العناصر في النواتج. تنتج ذرة هيدروجين وذرة كلور.	HCl 1 ذرة هيدروجين + 1 ذرة كلور
4	**غيّر المعاملات لتجعل عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.** ولا تغير أبدًا أي رقم ضمن الصيغة الكيميائية لتزن معادلة؛ لأن ذلك يغير نوع المادة.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ 2 ذرة هيدروجين، 2 ذرة كلور → 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور
5	**اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة،** بحيث تكون المعاملات أصغر أعداد صحيحة ممكنة. فالنسبة $(2:1:1)$ $2HCl : 1\ Cl_2 : 1\ H_2$ هي أصغر نسبة ممكنة، لأنه لا يمكن اختصارها أكثر من ذلك وتظل أعدادًا صحيحة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ $1H_2 : 1\ Cl_2 : 2\ HCl$ $1:1:2$
6	**تأكد من عملك تأكد** أن الصيغ الكيميائية مكتوبة بشكل صحيح، وأن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ 2 ذرة هيدروجين، 2 ذرة كلور → 2 ذرة هيدروجين، 2 ذرة كلور يوجد ذرتا هيدروجين وذرتا كلور في كل من طرفي المعادلة.

الشكل 2-2: خطوات وزن المعادلات الكيميائية

Figure 2-2: Steps for balancing chemical equations

مثال 2 :

اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة لتفاعل كلوريد الحديد III مع هيدروكسيد الصوديوم في الماء لإنتاج هيدروكسيد الحديد III الصلب وكلوريد الصوديوم.

Example 2:

Write the balanced chemical symbol equation for the reaction of iron III chloride with sodium hydroxide in water to produce solid iron III hydroxide and sodium chloride.

الحل:

المعطيات نصيًا: Textual data:

كلوريد الصوديوم + هيدروكسيد الحديد (III) الصلب ← هيدروكسيد الصوديوم + كلوريد الحديد (III)

كتابة الصيغ الكيميائية الصحيحة للمواد:

Writing the correct chemical formulas for substances:

المادة The Substance	الصيغة الكيميائية Chemical Formula
كلوريد الحديد (III) Iron (III) chloride	$FeCl_3$
هيدروكسيد الصوديوم sodium hydroxide	NaOH
هيدروكسيد الحديد (III) Iron (III) hydroxide	$Fe(OH)_3$
كلوريد الصوديوم sodium chloride	NaCl

كتابة المعادلة غير الموزونة: Writing the unbalanced equation:

$$FeCl_3 + NaOH \rightarrow Fe(OH)_3 + NaCl$$

موازنة المعادلة: Balancing the equation:

1) الحديد (Fe):

1. Iron (Fe):

1 في المتفاعلات و1 في النواتج ← ✔ متوازن.

1 in reactants and 1 in products → ✔ Balanced.

2) الكلور (Cl):

2. Chlorine (Cl):

3 في $FeCl_3$ ← نحتاج 3 في NaCl ← نضع 3 أمام NaCl.

3 in $FeCl_3$ → We need 3 in NaCl → We put 3 in front of NaCl.

3) الصوديوم (Na):

3. Sodium (Na):

3 في NaCl ← إذًا نضع 3 أمام NaOH في المتفاعلات.

3 in NaCl → So we put 3 in front of NaOH in the reactants.

4) الهيدروكسيد (OH):

3) Hydroxide (OH):

لدينا الآن 3×(OH) في المتفاعلات = 3 في $Fe(OH)_3$ ← ✔ متوازن.

We now have $3\times(OH)_3$ in the reactants = $3\times Fe(OH)_3$ → ✔ balanced.

Final balanced equation: المعادلة الموزونة النهائية:

$$FeCl_{3(aq)} + 3NaOH_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{3(s)} + 3NaCl_{(aq)}$$

Exercise (2-4): **تدريب (2-4):**

اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين.

Write the word equation and the symbol chemical equation for the following reaction: When solid potassium chlorate is heated, solid potassium chloride and oxygen gas are produced.

الحل:

……

……

Exercise (2-5): **تدريب (2-5):**

عبر عن المعادلات اللفظية التالية بمعادلات رمزية موزونة:

Express the following word equations as balanced symbolic equations:

كربونات الكالسيوم + حمض الهيدروكلوريك → كلوريد الكالسيوم + ماء + CO_2 calcium carbonate + hydrochloric acid → calcium chloride + water + CO_2 ……
كبريتات البوتاسيوم + حمض الكبريتيك → هيدروكسيد البوتاسيوم + ماء potassium hydroxide + sulfuric acid → potassium sulfate + water ……
فوسفات البوتاسيوم + كبريتات القصدير Ⅱ → فوسفات القصدير Ⅱ + كبريتات البوتاسيوم tin (Ⅱ) sulfate + potassium phosphate → tin (Ⅱ) phosphate + potassium sulfate ……
كلوريد الألومنيوم + حمض الهيدروكلوريك → الألومنيوم الصلب + غاز الهيدروجين aluminum + hydrochloric acid → aluminum chloride + hydrogen gas ……

Exercise (2-6): **تدريب (2-6):**

حدد المعادلة الموزونة من الخيارات التالية:

Select the balanced equation from the following options:

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

(b $Ba(ClO_3)_2 \rightarrow BaCl_2 + 2O_2$

(c $2Li_3PO_4 + 3CaCl_2 \rightarrow 6LiCl + Ca_3(PO_4)_2$

(d $C_5H_{12} + 6O_2 \rightarrow 3CO_2 + 5H_2O$

Exercise (2-7): **تدريب (2-7):**

وازن المعادلات التالية:

Balance the following equations:

……ZnS + ……HCl → ……$ZnCl_2$ + ……H_2S				
العنصر Element	Zn	S	H	Cl
المتفاعلات Reactants				
النواتج Product				

……HCl + ……Cr → ……$CrCl_3$ + ……H_2			
العنصر Element			
المتفاعلات Reactants			
النواتج Product			

……$FeCl_3$ + ……Na_2CO_3 → ……$Fe_2(CO_3)_3$ + ……NaCl				
العنصر Element				
المتفاعلات Reactants				
النواتج Products				

……Na_2O + ……$(NH_4)_2SO_4$ → ……Na_2SO_4 + ……H_2O + ……NH_3					
العنصر Element					
المتفاعلات Reactants					
النواتج Products					

Exercise (2-8): **تدريب (2-8):**

وازن المعادلات التالية:

Balance the following equations:

1) .....$C_2H_4O_2$ + ...O_2 → .....CO_2 + ...H_2O
2) .....$Mn(NO_2)_2$ + ...$BeCl_2$ → .....$Be(NO_2)_2$ + ...$MnCl_2$
3) .....AgBr + ...$GaPO_4$ → .....Ag_3PO_4 + ...$GaBr_3$
4) .....H_2SO_4 + ...$B(OH)_3$ → .....$B_2(SO_4)_3$ + ...H_2O
5) .....$NaNO_3$ + ...PbO → .....$Pb(NO_3)_2$ + ...Na_2O

6) .....$Ca_3(PO_4)_2$ + ... H_2SO_4 → .....$CaSO_4$ + ...H_3PO_4
7) .....Al + ...H_2SO_4 → .....$Al_2(SO_4)_3$ + ... H_2
8) .....Al_4C_3 + ... H_2O → .....$Al(OH)_3$ + ... CH_4
9) .....Na + ... H_2O → ..... NaOH + ...H_2

Types of Chemical Reactions أنواع التفاعلات الكيميائية

تتنوع التفاعلات الكيميائية إلى عدة أنماط رئيسة، منها:

1) تفاعلات الاحتراق: هو نوع من التفاعلات الكيميائية السريعة التي تحدث بين مادة متفاعلة وعامل مؤكسد (عادةً ما يكون الأكسجين الجوي)، وينتج عنه طاقة.

Chemical reactions vary into several main types, including:

1) **Combustion reactions:** It is a type of rapid chemical reaction that occurs between a reactant and an oxidizing agent (usually atmospheric oxygen), producing energy.

مثال 3: الاحتراق التام للميثان (الغاز الطبيعي)

Example 3: the complete combustion of methane (natural gas)

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + \text{طاقة}$$

2) تفاعلات التكوين: اتحاد مادتين أو أكثر لتكوين مركب جديد.

الناتج دائمًا مركب واحد فقط. هذا هو المؤشر الأوضح على أن التفاعل هو تفاعل تكوين. وغالبًا ما تكون تفاعلات تطلق طاقة على شكل حرارة وضوء. وهذا منطقي لأن تكوين الروابط غالبًا ما يكون مصحوبًا بإطلاق طاقة.

2) **Formation reactions:** the combination of two or more substances to form a new compound.
The product is always just one compound. This is the clearest indication that a reaction is a synthesis reaction. These are often reactions that release energy in the form of heat and light. This makes sense because bond formation is often accompanied by the release of energy.

General form of the equation: الصورة العامة للمعادلة:

$$A + B \longrightarrow AB$$

تفاعلات التكوين يمكن أن تحدث بين:

Formation reactions can occur between:

- عنصرين لتكوين مركب:
- Two elements to form a compound:

مثال 4: تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء.

Example 4: Hydrogen reacts with oxygen to form water.

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

- عنصر ومركب لتكوين مركب جديد:
- Element and compound combine to form a new compound:

مثال 5: تفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الأكسجين لتكوين ثالث أكسيد الكبريت.

Example 5: Sulfur dioxide reacts with oxygen to form sulfur trioxide.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$$

- مركبين لتكوين مركب جديد وأكثر تعقيدًا.
- Two compounds combine to form a new, more complex compound.

مثال 6: تفاعل أكسيد الكالسيوم (الجير الحي) مع الماء لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ).

Example 6: Calcium oxide (quicklime) reacts with water to form calcium hydroxide (slaked lime).

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$$

3) تفاعلات التفكك: هو تفاعل كيميائي يتم فيه تكسير مركب واحد إلى مادتين أو أكثر أبسط منه (سواء كانت عناصر أو مركبات أبسط). ببساطة، هو تفاعل "تكسير" أو "تحلل".

3) **Decomposition reactions:** It is a chemical reaction in which one compound breaks down into two or more simpler substances (either elements or simpler compounds). Simply put, it is a "breaking" or "decomposition" reaction.

الصورة العامة للمعادلة: General form of the equation:

$$AB \longrightarrow A + B$$

نظرًا لأن تفاعلات التفكك تتضمن تكسير روابط كيميائية، فإنها غالبًا ما تتطلب إضافة طاقة لحدوثها. يمكن أن تكون هذه الطاقة في أشكال مختلفة كالحرارة أو الضوء أو الكهرباء.

Because decomposition reactions involve the breaking of chemical bonds, they often require the addition of energy. This energy can take various forms, such as heat, light, or electricity.

مثال 7: تفكك نترات الأمونيوم الى أكسيد النيتروز وماء.

Example 7: Ammonium nitrate decomposes into nitrous oxide and water.

$$NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

4) تفاعلات الإحلال البسيط: إحلال عنصر مكان عنصر آخر في مركب.

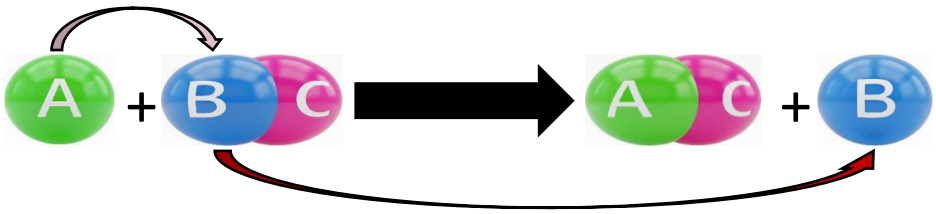
4) **Simple substitution reactions:** substitution of one element for another in a compound.

الصورة العامة للمعادلة: General form of the equation:

$$A + BC \longrightarrow AC + B$$

في هذا النوع من التفاعلات، يتفاعل عنصر نشط (أكثر نشاطاً) مع مركب، ليحل العنصر النشط محل أحد العناصر المكونة لذلك المركب (العنصر الأقل نشاطاً). والنتيجة هي تكوين مركب جديد وعنصر حر.

In this type of reaction, an active (more reactive) element reacts with a compound, replacing one of the components of that compound (the less reactive element). The result is the formation of a new compound and a free element.



Types of simple substitution reactions: أنواع تفاعلات الإحلال البسيط:

- **إحلال الفلز محل فلز آخر:**

يحدث عندما يكون الفلز الحر أكثر نشاطًا من الفلز الموجود في المركب.

- **Substitution of one metal for another:**

It occurs when the free metal is more reactive than the metal in the compound.

Example 8: **مثال 8:**

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

- **إحلال الهيدروجين من الأحماض بواسطة فلز:**

- **Substitution of hydrogen from acids by a metal:**

بعض الفلزات النشطة تحل محل الهيدروجين في الأحماض.

Some active metals displace hydrogen in acids.

Example 9: **مثال 9:**

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

- **إحلال اللافلز محل لافلز آخر:**

- **Substitution of a nonmetal for another nonmetal:**

غالبًا يحدث بين الهالوجينات (مثل F_2، Cl_2، Br_2، I_2).

It often occurs among halogens (e.g., F_2, Cl_2, Br_2, I_2).

Example 10: **مثال 10:**

$$Cl_2 + 2NaBr \rightarrow 2NaCl + Br_2$$

يحدث التفاعل فقط إذا كان العنصر الحر أكثر نشاطًا من العنصر الذي سيحل محله. ترتيب النشاط يُعرف باسم سلسلة النشاط الكيميائي. كما هو مبيّن في شكل 2-3.

A reaction only occurs if the free element is more reactive than the element it will replace. The order of reactivity is known as the chemical activity series. As shown in Figure 2-3.

Metal activity series																				سلسلة نشاط الفلزات	
الأدنى The lowest		←																		الأعلى The highest	
Au	Ag	Cu	Pb	Sn	Ni	Co	Fe	Cr	Zn	Mn	Ti	Al	Mg	Na	Ca	Sr	Ba	Cs	K	Rb	Li
Nonmetal activity series																				سلسلة نشاط اللافلزات	
الأدنى The lowest		←																		الأعلى The highest	
																	I_2	Br_2	Cl_2	F_2	

الشكل 2-3: سلسلة نشاط بعض العناصر

Figure 2-3: Activity sequence of some elements

تدريب (2-9): **Exercise (2-9):**

أي التفاعلات الآتية تحدث بين الهالوجينات وأملاح الهاليدات؟

Which of the following reactions occur between halogens and halide salts?

(a) $F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \rightarrow FeF_{2(aq)} + I_{2(s)}$

(b) $I_{2(s)} + MnBr_{2(aq)} \rightarrow MnI_{2(aq)} + Br_{2(l)}$

(c) $Cl_{2(s)} + SrF_{2(aq)} \rightarrow SrCl_{2(aq)} + F_{2(g)}$

(d) $Br_{2(l)} + CoCl_{2(aq)} \rightarrow CoBr_{2(aq)} + Cl_{2(g)}$

تدريب (2-10): **Exercise (2-10):**

توقع هل ستحدث كل من التفاعلات الآتية، وبين النواتج المتكوّنة، ثم زنها:

Predict whether each of the following reactions will occur, indicate the products formed, and then weigh them:

1)	$Mg_{(s)} + ZnCl_{2(aq)} \rightarrow$
2)	$F_{2(l)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow$
3)	$Al_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow$
4)	$Fe_{(s)} + Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow$
5)	$2Al_{(s)} + 3Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

تدريب (2-11): **Exercise (2-11):**

في سلسلة من التجارب المعملية، أُجريت التفاعلات التالية باستخدام ثلاث فلزات مجهولة: X، Y، Z ومحاليل لأملاحه: XCl_2، YCl_2، ZCl_2.

التفاعل الأول: عند وضع الفلز X في المحلول YCl_2 ، لوحظ تكون طبقة لامعة على الفلز X وتغير لون المحلول.

التفاعل الثاني: عند وضع الفلز Y في محلول ZCl_2 ، لم يحدث أي تغيير ملحوظ بعد مرور فترة زمنية كافية.

التفاعل الثالث: عند وضع الفلز Z في محلول XCl_2 ، لوحظ تكون راسب وتغير واضح في المحلول.

بناءً على هذه الملاحظات، أي العبارات التالية صحيحة؟

In a series of laboratory experiments, the following reactions were conducted using three unknown metals: X, Y, and Z, and solutions of their salts: XCl_2, YCl_2, and ZCl_2.

Reaction 1: When metal X was placed in the YCl_2 solution, a shiny layer was observed on metal X and a color change was observed in the solution.

Reaction 2: When metal Y was placed in the ZCl_2 solution, no noticeable change occurred after a sufficient period of time.

Reaction 3: When metal Z was placed in the XCl_2 solution, a precipitate was observed and a clear change was observed in the solution.

Based on these observations, which of the following statements is true?

	العبارة statement
(a	الفلز X هو الأنشط كيميائياً، وقدرته على فقد الإلكترونات هي الأقل بين الفلزات الثلاثة. Metal X is the most chemically active, and its ability to lose electrons is the least among the three metals.
(b	الفلز Y هو الأنشط كيميائياً، والمعادلة الكيميائية للتفاعل الثالث هي: $Y_{(s)} + XCl_{2(aq)} \rightarrow YCl_{2(aq)} + X_{(s)}$ Metal Y is the most chemically reactive, and the chemical equation for the third reaction is: $Y_{(s)} + XCl_{2(aq)} \rightarrow YCl_{2(aq)} + X_{(s)}$
(c	ترتيب الفلزات من الأقل نشاطاً إلى الأنشط هو: $Y < X < Z$ The order of metals from least reactive to most reactive is: $Y < X < Z$
(d	تفاعل الإحلال البسيط لا يمكن أن يحدث إلا إذا كان الفلز في المحلول (على شكل أيون) أنشط من الفلز الحر. A simple substitution reaction can only occur if the metal in solution (in the form of an ion) is more reactive than the free metal.

5) تفاعلات الإحلال المزدوج: تبادل الأيونات بين مركبين لتكوين مركبين جديدين.

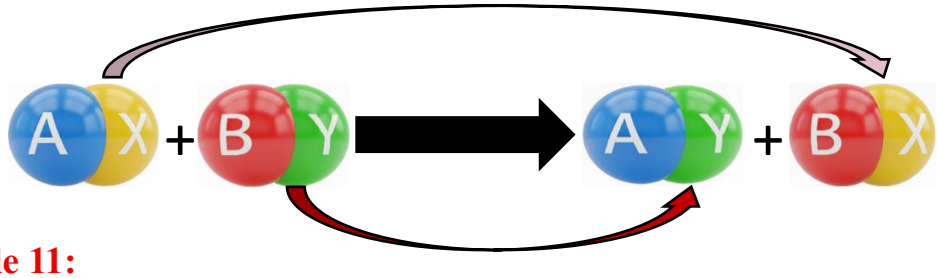
5) **Double replacement reactions:** the exchange of ions between two compounds to form two new compounds.

الصورة العامة للمعادلة: General form of the equation:

$$AX + BY \rightarrow AY + BX$$

حيث A و B هي الكاتيونات (الأيونات الموجبة) و X و Y هي الأنيونات (الأيونات السالبة). في هذا التفاعل، يتبادل كل من الكاتيونين أماكنهما مع الأنيونات المقابلة لتكوين مركبات جديدة.

Where A and B are cations (positive ions) and X and Y are anions (negative ions). In this reaction, both cations exchange places with the corresponding anions to form new compounds.



مثال 11: **Example 11:**

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

تفاعلات الإحلال المزدوج هي عملية تبادل أيوني بسيطة ومنظمة (الكاتيونات والأنيونات)، لكنها أساسية في العديد من العمليات الكيميائية، بدءًا من تكوين الرواسب في المختبرات، مرورًا بتفاعلات التعادل التي تضبط حموضة المحاليل، وانتهاءً بإنتاج الغازات في تطبيقات مختلفة. المفتاح دائمًا هو تكوين ناتج مستقر

يدفع التفاعل للاكتمال. وفي شكل 2-4 خطوات كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج.

Double replacement reactions are simple and orderly ion exchange processes (cations and anions), yet they are essential in many chemical processes, from the formation of precipitates in laboratories to neutralization reactions that adjust the acidity of solutions to the production of gases in various applications. The key is always to create a stable product that drives the reaction to completion. Figure 2-4 shows the steps for writing a balanced chemical equation for double displacement reactions.

الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج:

Basic steps for writing balanced chemical equations for double replacement reactions:

	الخطوات Steps	المثال Example
(1	اكتب الصيغة الكيميائية للمتفاعلات. Write the chemical formula for the reactants.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4$
(2	عيّن الأيونات الموجبة والسالبة في كل مركب. Identify the positive and negative ions in each compound.	$Al(NO_3)_3$ فيه Al^{3+} و NO_3^- H_2SO_4 فيه H^+ و SO_4^{2-}
(3	اربط بين كل أيون موجب والأيون السالب في المركب الآخر. Match each positive ion to the negative ion in the other compound.	Al^{3+} يرتبط مع SO_4^{2-} H^+ يرتبط مع NO_3^-
(4	اكتب الصيغ الكيميائية للنواتج مستعيناً بالخطوة الثالثة. Write the chemical formulas of the products using step 3.	$Al_2(SO_4)_3$ HNO_3
(5	اكتب المعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الإحلال المزدوج. Write the complete chemical equation for the double replacement reaction.	$Al(NO_3)_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + HNO_{3(aq)}$
(6	زن المعادلة. Balance the equation.	$2Al(NO_3)_{3(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + 6HNO_{3(aq)}$

الشكل 2-4: خطوات كتابة معادلات الاحلال المزدوج

Figure 2-4: Steps for writing double replacement equations

تدريب (2-12): **Exercise (2-12):**

تم إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى كأسين، إحداهما يحتوي على محلول كلوريد الصوديوم، وفي الآخر محلول نترات الفضة. الإضافة تؤدي إلى ترسب مادة بيضاء في إحدى الكأسين.

Hydrochloric acid is added to two beakers, one containing sodium chloride solution and the other silver nitrate solution. The addition results in a white precipitate in one of the beakers.

1) أي الكأسين يحتوي على راسب؟

1) Which of the beakers contains the precipitate?

.....

2) ما الراسب المتكون؟

2) What is the precipitate formed?

.....

3) اكتب معادلة كيميائية توضح التفاعل.

3) Write a chemical equation to show the reaction.

.....

4) صنف هذا التفاعل.

4) Classify this reaction.

.....

تدريب (2-13): **Exercise (2-13):**

صنّف التفاعلات التالية وفقاً للأنواع التي درستها:

Classify the following reactions according to the types you have studied:

	المعادلة The equation	التصنيف Classification
(1	حمض الكبريتيك ← ماء + ثالث أكسيد الكبريت sulfur trioxide + water → Sulfuric acid	
(2	كلوريد الحديد III + ماغنسيوم ← حديد + كلوريد الماغنسيوم Magnesium Chloride + Iron → Magnesium + Iron III Chloride	
(3	عند تسخين غاز فلوريد الأكسجين ينتج غاز الأكسجين و غاز الفلور When oxygen fluoride gas is heated, oxygen gas and fluorine gas are produced.	
(4	الحصول على الهيدروجين والأكسجين من الماء بواسطة عملية التحليل الكهربائي. Obtaining hydrogen and oxygen from water by electrolysis.	
(5	نحصل على ملح الطعام من تفاعل الصوديوم والكلور We get table salt from the reaction of sodium and chlorine.	

تدريب (2-14): **Exercise (2-14):**

صنّف التفاعلات التالية وفقاً للأنواع التي درستها:

Classify the following reactions according to the types you have studied:

1) $Q + XZ \rightarrow X + QZ$ (.....)

2) $Q + Z \rightarrow QZ$ (.....)

3) $RX + TW \rightarrow RW + TX$ (.....)

تدريب (2-15): **Exercise (2-15):**

الجدول التالي يمثل نتائج تجربة حصل عليها باحث كيميائي تم فيها إضافة فلزات (معادن) مختلفة إلى محاليل مائية لأيونات مختلفة من تلك الفلزات، حيث تمثل الإشارة الموجبة (+) حدوث تفاعل وتمثل الإشارة السالبة (-) عدم حدوث تفاعل.

The following table represents the results of an experiment conducted by a chemist researcher in which different metals (minerals) were added to aqueous solutions of different ions of those metals, where the positive sign (+) represents

the occurrence of a reaction and the negative sign (-) represents the non-occurrence of a reaction.

الفلز / المحلول	Al	Cd	Co	Mn	Ni	Pb
$AlCl_3$		-	-	-	-	-
$CdCl_2$	+		-	+	-	-
$CoCl_2$	+	+		+	-	-
$MnCl_2$	+	-	-		-	-
$NiCl_2$	+	+	+	+		-
$PbCl_2$	+	+	+	+	+	

ادرس الجدول أعلاه جيدا ثم أجب عن الأسئلة التالية:

Study the table above carefully and then answer the following questions:

i. أي الفلزات أكثر نشاطا؟ .....

i. Which metal is more active? .....

ii. وأيها أقل نشاطا؟ .....

ii. Which one is less active?.....

iii. هل يمكن حفظ محلول كلوريد الكوبالت في وعاء مصنوع من المنجنيز؟ لماذا؟

iii. Can a cobalt chloride solution be stored in a container made of manganese? Why?

.....

iv. هل يمكن حفظ محلول كلوريد الألومينيوم في وعاء مصنوع من الرصاص؟ لماذا؟

iv. Can aluminum chloride solution be stored in a lead container? Why?

.....

v. لو طلب منك صناعة أوعية لحفظ جميع المحاليل في الجدول أعلاه كل على حدة ما الفلز الذي ستختاره من بين الفلزات السابقة لصنع الأوعية؟

v. If you were asked to make containers to store all the solutions in the table above individually, what metal would you choose from among the previous metals to make the containers?

.....

vi. اكتب معادلة كيميائية لتفاعل الكوبالت مع كلوريد النيكل؟ مبينًا نوع التفاعل؟

vi. Write a chemical equation for the reaction of cobalt with nickel chloride? Indicating the type of interaction?

.....

.....

Reactions in aqueous solutions التفاعلات في المحاليل المائية

تفاعلات المحاليل المائية هي التفاعلات الكيميائية التي تحدث عندما تكون المواد المتفاعلة (المذاب) مذابة في الماء. في هذه التفاعلات يعمل الماء كمذيب وهو الأكثر كمية في المحلول.

Aqueous solution reactions are chemical reactions that occur when the reactants (solutes) are dissolved in water. In these reactions, water acts as the solvent and is the largest component of the solution.

Classification of substances in water: تصنيف المواد في الماء:

تُصنَّف المركبات المذابة في الماء بناءً على قدرتها على التفكك إلى أيونات (توصيل الكهرباء).

Compounds dissolved in water are classified based on their ability to dissociate into ions (conductivity of electricity).

النوع Type	الخصائص Properties	مثال Example
الإلكتروليتات القوية strong electrolytes	تتفكك أو تتأين بشكل كامل في الماء لتكوين عدد كبير من الأيونات. تشمل معظم المركبات الأيونية الذائبة والأحماض والقواعد القوية. They dissociate or ionize completely in water to form a large number of ions. Most ionic compounds include solute compounds, strong acids, and strong bases.	NaCl (ملح الطعام) (salt)، HCl (حمض الهيدروكلوريك) (hydrochloric acid)
الإلكتروليتات الضعيفة weak electrolytes	تتأين جزئياً في الماء لتكوين عدد قليل من الأيونات. تشمل الأحماض والقواعد الضعيفة. Partially ionize in water to form a small number of ions. Includes weak acids and bases.	CH_3COOH (حمض الأسيتيك) (acetic acid)
لاإلكتروليتات non-electrolytes	تذوب في الماء لكنها لا تتأين أو تتفكك إلى أيونات، وتبقى على شكل جزيئات. It dissolves in water but does not ionize or dissociate into ions, and remains in the form of molecules.	$C_{12}H_{22}O_{11}$ (سكر المائدة)

Dissolution of Molecular Compounds in Aqueous Solutions: ذوبان المركبات الجزيئية في المحاليل المائية:

تُعد المركبات الجزيئية (أو التساهمية) مواد تتكون من ذرات مرتبطة بروابط تساهمية. عندما تذوب هذه المركبات في محلول مائي، فإنها تتصرف بإحدى طريقتين رئيسيتين:

Molecular (or covalent) compounds are substances composed of atoms held together by covalent bonds. When these compounds dissolve in an aqueous solution, they behave in one of two main ways:

1) الذوبان دون تأين (تكوين اللاإلكتروليتات):

1) Dissolving without ionization (formation of non-electrolytes):

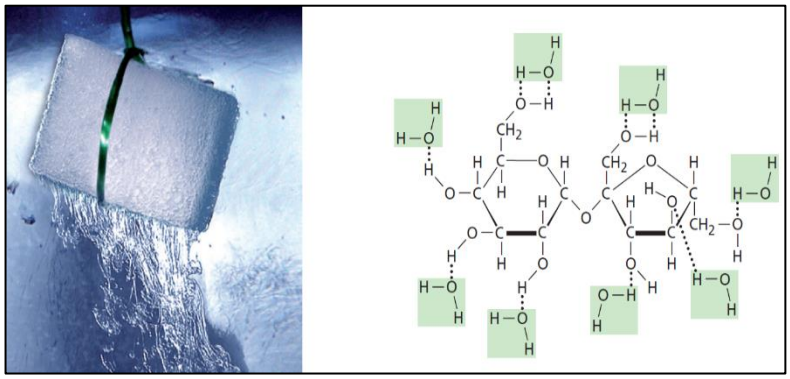
هذا هو السلوك الأكثر شيوعًا للمركبات الجزيئية العادية، خاصة تلك غير المصنفة كأحماض أو قواعد قوية. كما هو مبيّن في شكل 5-2.

This is the most common behavior of ordinary molecular compounds, especially those not classified as strong acids or bases. As shown in Figure 2-5.

Example 12: **مثال 12:**

Sugar (sucrose): السكر (السكروز):

$$C_{12}H_{22}O_{11(s)} \xrightarrow{H_2O} C_{12}H_{22}O_{11(aq)}$$



الشكل 5-2: ذوبان السكر في الماء

Figure 2-5: Dissolving sugar in water

2) الذوبان مع التأين (تكوين إلكتروليتات):

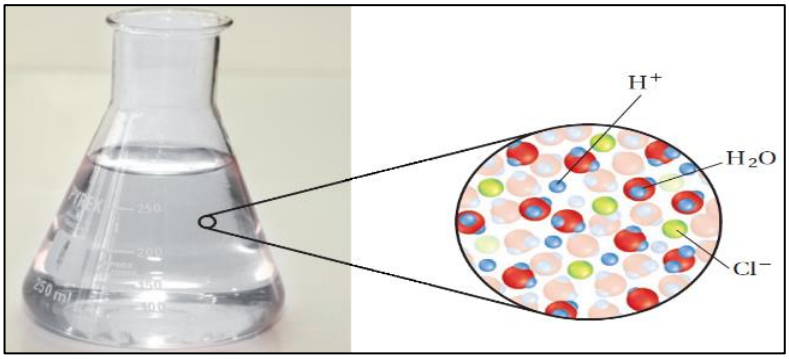
2) Dissolution with ionization (formation of electrolytes):

في حالات خاصة، تتفاعل بعض المركبات الجزيئية القطبية مع جزيئات الماء لتكوين أيونات. تسمى هذه العملية التأين. كما هو مبيّن في شكل 6-2.

In special cases, some polar molecules react with water molecules to form ions. This process is called ionization. As shown in Figure 2-6.

Example 13: **مثال 13:**

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$



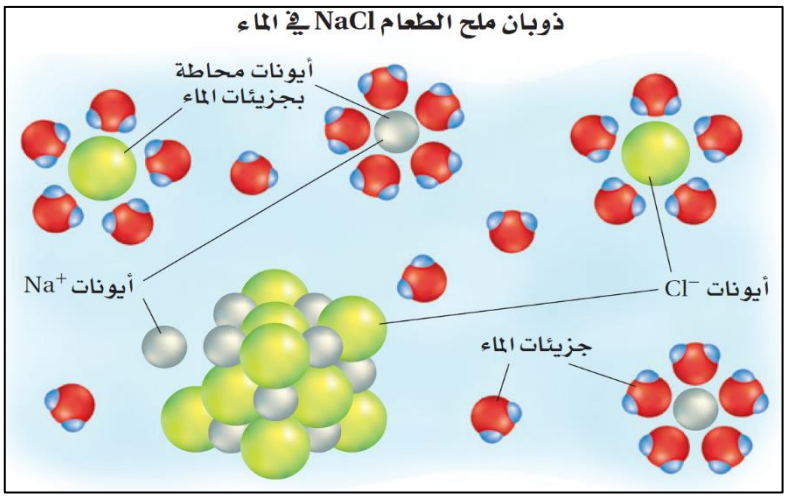
الشكل 6-2: ذوبان الالكتروليت في الماء

Figure 2-6: Electrolyte solubility in water

ذوبان المركبات الأيونية في المحاليل المائية
Dissolution of Ionic Compounds in Aqueous Solutions

تذوب المركبات الأيونية في المحاليل القطبية (مثل الماء) عن طريق تفككها إلى أيونات موجبة وسالبة حرة الحركة. تُعرف هذه العملية باسم الذوبان أو الإماهة (Hydration) عندما يكون المذيب هو الماء. يبيّن شكل 2-7 عملية ذوبان ملح الطعام في الماء.

Ionic compounds dissolve in polar solutions (such as water) by dissociating into freely moving positive and negative ions. This process is known as dissolution or hydration when the solvent is water. Figure 2-7 shows the process of dissolving table salt in water.



الشكل 2-7: ذوبان المركبات الأيونية في الماء

Figure 2-7: Dissolution of ionic compounds in water

Describing reactions with ionic equations: وصف التفاعلات بالمعادلات الأيونية:

تُستخدم المعادلات الأيونية لوصف التفاعلات في المحاليل المائية بشكل أكثر دقة، خاصة بالنسبة للإلكتروليتات القوية.

Ionic equations are used to describe reactions in aqueous solutions more accurately, especially for strong electrolytes.

1) المعادلة الأيونية الكاملة (الكلية): تُظهر جميع الإلكتروليتات القوية المذابة في الماء على شكل أيونات متفككة، بينما يُكتب الراسب أو الماء أو الغاز (أو الإلكتروليت الضعيف) بصيغته الجزيئية.

1) **Complete (overall) ionic equation:** All strong electrolytes dissolved in water are shown as dissociated ions, while the precipitate, water, or gas (or weak electrolyte) is written in its molecular formula.

Example 14: **مثال 14:**

$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

كتابة المعادلة الايونية الكاملة لهذا التفاعل كالتالي:

Write the complete ionic equation for this reaction as follows:

$$Ag^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} + Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + Na^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)}$$

2) المعادلة الأيونية الصافية (النهائية): يتم الحصول عليها بحذف الأيونات المتفرجة، وهي الأيونات التي تظهر دون تغيير في جانبي المتفاعلات والنواتج، ولا تشارك فعليًا في التفاعل الكيميائي.

2) **Net (final) ionic equation:** It is obtained by eliminating spectator ions, which are ions that appear unchanged on both the reactant and product sides and do not actually participate in the chemical reaction.

Example 15: **مثال 15:**

$$Ag^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} + Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + Na^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)}$$

لكتابة المعادلة الأيونية الصافية لهذا التفاعل تحذف الأيونات المتفرجة:

To write the net ionic equation for this reaction, remove the spectator ions:

$$Ag^{+}_{(aq)} + \cancel{NO_3^{-}{}_{(aq)}} + \cancel{Na^{+}_{(aq)}} + Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + \cancel{Na^{+}_{(aq)}} + \cancel{NO_3^{-}{}_{(aq)}}$$

Final result: النتيجة النهائية:

$$Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$$

الأيونات المتفرجة: هي أيونات موجودة في طرفي المعادلة الأيونية (المتفاعلات والنواتج) دون أن يطرأ عليها أي تغيير في حالتها الكيميائية أو الفيزيائية.

Spectator ions: ions present on both sides of an ionic equation (reactants and products) without undergoing any change in their chemical or physical state.

Types of reactions in aqueous solutions: أنواع التفاعلات في المحاليل المائية:

يحدث تفاعل الإحلال المزدوج ويُعتبر مكتملًا فقط إذا تم سحب بعض الأيونات من المحلول لتكوين أحد النواتج التالية:

A double replacement reaction occurs and is considered complete only if some of the ions are removed from the solution to form one of the following products:

1) تكوين راسب (تفاعلات الترسيب):

1) Precipitate formation (Precipitation reactions):

هو النوع الأكثر شيوعًا. يتحد الأيون الموجب والسالب ليكونا مركبًا أيونيًا غير ذائب (مادة صلبة) ينفصل عن المحلول. يبيّن شكل 2-8 عملية ترّسب هيدروكسيد النحاس الثنائي.

This is the most common type. The positive and negative ions combine to form an insoluble ionic compound (solid) that separates from the solution. Figure 2-8 shows the process of precipitation of copper(II) hydroxide.

Example 16: **مثال 16:**

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

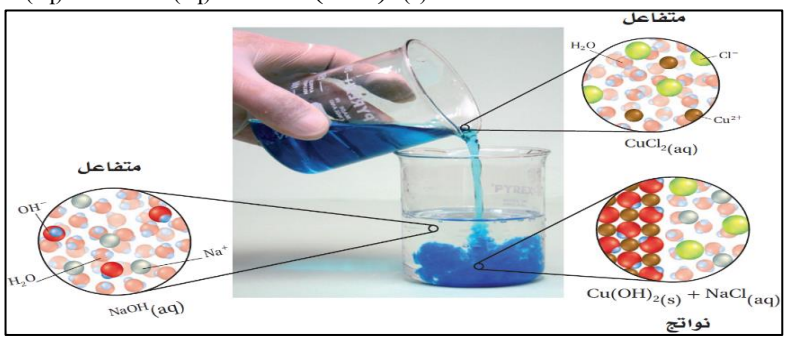
The complete ionic equation: المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2Na^{+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

Net ionic equation: المعادلة الأيونية الصافية:

$$2Na^{+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

$$2OH^{-}_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu(OH)_{2(s)}$$



الشكل 2-8:
تفاعلات الترسيب
Figure 2-8:
Precipitation Reactions

2) تكوين جزيء ماء (تفاعلات التعادل):

2) Formation of a water molecule (neutralization reactions):

يحدث بين حمض وقاعدة. يتحد أيون الهيدروجين الموجب (H^+) من الحمض مع أيون الهيدروكسيد السالب (OH^-) من القاعدة لتكوين جزيء ماء (H_2O) متعادل. يبيّن شكل 2-9 عملية تكون الماء.

It occurs between an acid and a base. The positive hydrogen ion (H^+) from the acid combines with the negative hydroxide ion (OH^-) from the base to form a neutral water molecule (H_2O). Figure 2-9 shows the process of water formation.

Example 17: **مثال 17:**

$$HBr_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

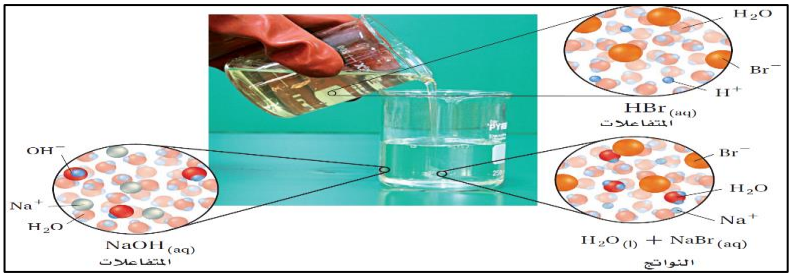
The complete ionic equation: المعادلة الأيونية الكاملة:

$$H^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} + Na^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow Na^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

Net ionic equation: المعادلة الأيونية الصافية:

$$H^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} + Na^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow Na^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$H^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$



الشكل 9-2:
تفاعلات التعادل
Figure 2-9:
Neutralization reactions

3) تكوين غاز:

3) Gas formation:

أحد النواتج غازًا يغادر المحلول. غالبًا ما ينتج هذا الغاز من تحلل مركب وسيط غير مستقر، مثل حمض الهيدروكلوريك مع صودا الخبز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية)، ليتصاعد غاز CO_2.

One of the products is a gas that leaves the solution. This gas often results from the decomposition of an unstable intermediate compound, such as acetic acid with baking soda (sodium hydrogen carbonate), to produce CO_2 gas.

مثال 18: **Example 18:**

المعادلة الكيميائية: Chemical equation:

$$NaHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

يتم التفاعل على مرحلتين: The reaction takes place in two stages:

1. $NaHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2CO_{3(g)}$
2. $\underline{H_2CO_{3(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}}$

$$NaHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} + \cancel{H_2CO_{3(g)}} \rightarrow \cancel{H_2CO_{3(g)}} + NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة: The complete ionic equation:

$$Na^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

المعادلة الأيونية الصافية: Net ionic equation:

$$\cancel{Na^+_{(aq)}} + HCO_3^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} \rightarrow \cancel{Na^+_{(aq)}} + \cancel{Cl^-_{(aq)}} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

$$HCO_3^-{}_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

تدريب (2-16): **Exercise (2-16):**

اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية، عندما يتفاعل محلول يوديد البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص لتكوين يوديد الرصاص الصلب.

Write the balanced, fully ionic, and final ionic chemical equations when potassium iodide solution reacts with lead nitrate solution to form solid lead iodide.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

تدريب (2-17): **Exercise (2-17):**

يُعدّ بيروفوسفات الحديد الثلاثي، الذي يُباع تحت الاسم التجاري ثلاثي الفوسفات (Triphosphate)، منتجًا دوائيًا بديلًا للحديد يُستخدم للحفاظ على مستوى الهيموجلوبين في دم البالغين.

ويُحضَّر هذا المركّب من خلال تفاعل محلول بيروفوسفات الكالسيوم ($Ca_2P_2O_7$) مع محلول كلوريد الحديد الثلاثي ($FeCl_3$)، مما ينتج محلول كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) ورواسب صلبة من بيروفوسفات الحديد الثلاثي

Iron(III) pyrophosphate, sold under the trade name Triphosphate, is an iron substitute medical product used for the maintenance of hemoglobin in the blood of adults. It is prepared by reacting a solution of calcium pyrophosphate ($Ca_2P_2O_7$) with a solution of ferric chloride ($FeCl_3$) to produce a solution of calcium chloride ($CaCl_2$) and a solid of iron(III) pyrophosphate.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

تدريب (2-18): **Exercise (2-18):**

اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية، عند خلط محلولي كربونات الصوديوم وكلوريد المنجنيز الخماسي يتكون راسب يحتوي على المنجنيز.

Write the balanced, fully ionic, and final ionic chemical equations for the chemical reaction that occurs when sodium carbonate and manganese chloride solutions are mixed to form a precipitate containing manganese.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercise (2-19): **تدريب (2-19):**

عند دراسة الناتج من تفاعل أسيتات الباريوم مع كبريتيت الصوديوم تبين بأن طاقة الشبكة لمركب كبريتيت الباريوم عالية جدا. وبعد ترشيح التفاعل تم خلط الراسب مع محلول حمض الهيدروكلوريك.
اكتب المعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصافية للتفاعل الاخير؟

When studying the product of the reaction of barium acetate with sodium sulfite, it was found that the lattice energy of the barium sulfite compound was very high. After filtering the reaction, the precipitate was mixed with a hydrochloric acid solution.
Write the complete ionic equation and the net ionic equation for the latter reaction.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercise (2-20): **تدريب (2-20):**

أُجريت أربع تجارب في مختبر كيميائي بخلط محاليل مائية لأملاح مختلفة، وكانت الملاحظات كالتالي:

Four experiments were conducted in a chemistry laboratory by mixing aqueous solutions of different salts, and the observations were as follows:

الملاحظة بعد الخلط Note after mixing	المحاليل المائية المُضافة Added aqueous solutions	التجربة Experiment
لم يحدث أي تغيير ملحوظ، وبقي المحلول شفافاً. No noticeable change occurred, and the solution remained clear.	بروميد البوتاسيوم + نترات الصوديوم Potassium bromide + sodium nitrate	(1
تكون راسب أزرق كثيف. A thick blue precipitate is formed.	كبريتات النحاس + هيدروكسيد الصوديوم Copper sulfate + sodium hydroxide	(2
انطلاق غاز له رائحة نفاذة. The release of a gas with a pungent odor.	كلوريد الأمونيوم + هيدروكسيد البوتاسيوم Ammonium chloride + potassium hydroxide	(3
تكون راسب أبيض وازدياد ملحوظ في درجة حرارة المحلول. Formation of a white precipitate and a significant increase in the temperature of the solution.	حمض الكبريتيك + هيدروكسيد الباريوم sulfuric acid + barium hydroxide	(4

بناءً على مبادئ تفاعلات الإحلال المزدوج، أيّ العبارات التالية غير صحيحة؟

Based on the principles of double replacement reactions, which of the following statements is true?

	العبارة phrase
(a	تفاعلات الإحلال المزدوج تحدث دائمًا ما لم تنتج جميع النواتج في شكل محاليل مائية ذائبة. Double replacement reactions always occur unless all products are produced as soluble aqueous solutions.
(b	التفاعل في التجربة (2) نتج عنه تكوين كبريتات الصوديوم وراسب هيدروكسيد النحاس. The reaction in experiment (2) resulted in the formation of sodium sulfate and a precipitate of copper hydroxide.
(c	التفاعل في التجربة (4) هو تفاعل ترسب فقط، حيث أن حرارة التفاعل لا ترتبط بشروط حدوث الإحلال المزدوج. The reaction in experiment (4) is a precipitation reaction only, as the heat of reaction is not related to the conditions for the occurrence of double replacement.
(d	التفاعل الذي لم يحدث في التجربة (1) كان سيحدث لو استبدلنا $NaNO_3$ بمركب $AgNO_3$. The reaction that did not occur in experiment (1) would have occurred if we had replaced $NaNO_3$ with $AgNO_3$.

Exercise answers — إجابات التدريبات

Exercise (2-1): **تدريب (2-1):**

بروميد الهيدروجين ⟶ هيدروجين + بروم

Exercise (2-2): **تدريب (2-2):**

ماء + أكسيد النيتروز $\xrightarrow{\Delta}$ نترات الأمونيوم

Exercise (2-3): **تدريب (2-3):**

C

Exercise (2-4): **تدريب (2-4):**

غاز الأكسجين + كلوريد البوتاسيوم الصلب ⟶ كلورات البوتاسيوم الصلبة

$$2KClO_{3(s)} \rightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

Exercise (2-5): **تدريب (2-5):**

كلوريد الكالسيوم + ماء + CO_2 ⟶ حمض الهيدروكلوريك + كربونات الكالسيوم calcium carbonate + hydrochloric acid ⟶ calcium chloride + water + CO_2 $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$
ماء + كبريتات البوتاسيوم ⟶ حمض الكبريتيك + هيدروكسيد البوتاسيوم potassium hydroxide + sulfuric acid ⟶ potassium sulfate + water $2KOH + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$
كبريتات البوتاسيوم + فوسفات القصدير Ⅱ ⟶ فوسفات البوتاسيوم + كبريتات القصدير Ⅱ tin (Ⅱ) sulfate + potassium phosphate ⟶ tin (Ⅱ) phosphate + potassium sulfate $3SnSO_4 + 2K_3PO_4 \rightarrow Sn_3(PO_4)_2 + 3K_2SO_4$
غاز الهيدروجين + كلوريد الألومنيوم ⟶ حمض الهيدروكلوريك + الألومنيوم الصلب Solid aluminum + hydrochloric acid ⟶ aluminum chloride + hydrogen gas $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

Exercise (2-6): **تدريب (2-6):**

$2Li_3PO_4 + 3CaCl_2 \rightarrow 6LiCl + Ca_3(PO_4)_2$ (c

Exercise (2-7): **تدريب (2-7):**

$ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S$

العنصر Element	Zn	S	H	Cl
المتفاعلات Reactants	1	1	2	2
النواتج Products	1	1	2	2

$6HCl + 2Cr \rightarrow 2CrCl_3 + 3H_2$			
العنصر Element	H	Cl	Cr
المتفاعلات Reactants	6	6	2
النواتج Products	6	6	2

$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 \rightarrow Fe_2(CO_3)_3 + 6NaCl$				
العنصر Element	Fe	Cl	Na	CO_3
المتفاعلات Reactants	2	6	6	3
النواتج Products	2	6	6	3

$Na_2O + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + 2NH_3$					
العنصر Element	Na	O	N	H	S
المتفاعلات Reactants	2	5	2	8	1
النواتج Products	2	5	2	8	1

Exercise (2-8): **تدريب (2-8):**

1) $C_2H_4O_2 + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$
2) $Mn(NO_2)_2 + BeCl_2 \rightarrow Be(NO_2)_2 + MnCl_2$
3) $3AgBr + GaPO_4 \rightarrow Ag_3PO_4 + GaBr_3$
4) $3H_2SO_4 + 2B(OH)_3 \rightarrow B_2(SO_4)_3 + 6H_2O$
5) $2NaNO_3 + PbO \rightarrow Pb(NO_3)_2 + Na_2O$
6) $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$
7) $2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$
8) $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4$
9) $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$

Exercise (2-9): **تدريب (2-9):**

a) $F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \rightarrow FeF_{2(aq)} + I_{2(s)}$

Exercise (2-10): **تدريب (2-10):**

1)	$Mg_{(s)} + ZnCl_{2(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + Zn_{(s)}$
2)	$F_{2(l)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2HF_{(aq)}$
3)	$Al_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow NR$
4)	$Fe_{(s)} + Na_3PO_{4aq)} \rightarrow NR$
5)	$2Al_{(s)} + 3Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 3Pb_{(s)} + 2Al(NO_3)_{3(aq)}$

Exercise (2-11): **تدريب (2-11):**

b

Exercise (2-12): **تدريب (2-12):**

1) كأس نترات الفضة
2) كلوريد الفضة
3) $AgNO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + HNO_{3(aq)}$
4) تفاعل إحلال مزدوج

Exercise (2-13): **تدريب (2-13):**

	المعادلة The equation	التصنيف Classification
(1	حمض الكبريتيك ← ماء + ثالث أكسيد الكبريت sulfur trioxide + water → Sulfuric acid	تكوين
(2	كلوريد الحديد III + ماغنسيوم ← حديد + كلوريد الماغنسيوم Magnesium Chloride + Iron → Magnesium + Iron III Chloride	إحلال بسيط
(3	عند تسخين غاز فلوريد الأكسجين ينتج غاز الأكسجين وغاز الفلور. When oxygen fluoride gas is heated, oxygen gas and fluorine gas are produced.	تفكك
(4	الحصول على الهيدروجين والأكسجين من الماء بواسطة عملية التحليل الكهربائي. Obtaining hydrogen and oxygen from water by electrolysis.	تفكك
(5	نحصل على ملح الطعام من تفاعل الصوديوم والكلور. We get table salt from the reaction of sodium and chlorine.	تكوين

Exercise (2-14): **تدريب (2-14):**

1) $Q + XZ \rightarrow X + QZ$ (إحلال بسيط)
2) $Q + Z \rightarrow QZ$ (تكوين)
3) $RX + TW \rightarrow RW + TX$ (إحلال مزدوج)

Exercise (2-15): **تدريب (2-15):**

i. Al
ii. Pb
iii. لا، لأنه يحدث تفاعل بين كلوريد الكوبالت والمنجنيز.
iv. نعم، لعدم حدوث تفاعل بين كلوريد الألومينيوم والرصاص.
v. الرصاص.
vi. $Co + Ni^{2+} \rightarrow Co^{2+} + Ni$
نوع التفاعل: إحلال بسيط

Exercise (2-16): **تدريب (2-16):**

Chemical equation: المعادلة الكيميائية:

$$2KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbI_{2(s)}$$

The complete ionic equation: المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2K^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^{3-}_{(aq)} \rightarrow 2K^+_{(aq)} + 2NO^{3-}_{(aq)} + PbI_{2(s)}$$

Final ionic equation: المعادلة الأيونية النهائية:

$$2I^-_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)}$$

Exercise (2-17): **تدريب (2-17):**

Chemical equation: المعادلة الكيميائية:

$$3Ca_2P_2O_{7(aq)} + 4FeCl_{3(aq)} \rightarrow 6CaCl_{2(aq)} + Fe_4(P_2O_7)_{3(s)}$$

The complete ionic equation: المعادلة الأيونية الكاملة:

$$6Ca^{2+}_{(aq)} + 3P_2O_7^{4-}{}_{(aq)} + 4Fe^{3+}_{(aq)} + 12Cl^-_{(aq)} \rightarrow 6Ca^{2+}_{(aq)} + 12Cl^-_{(aq)} + Fe_4(P_2O_7)_{3(s)}$$

Final ionic equation: المعادلة الأيونية النهائية:

$$3P_2O_7^{4-}{}_{(aq)} + 4Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow Fe_4(P_2O_7)_{3(s)}$$

Exercise (2-18): **تدريب (2-18):**

Chemical equation: المعادلة الكيميائية:

$$5Na_2CO_{3(aq)} + 2MnCl_{5(aq)} \rightarrow 10NaCl_{(aq)} + Mn_2(CO_3)_{5(s)}$$

The complete ionic equation: المعادلة الأيونية الكاملة:

$$10Na^+_{(aq)} + 5CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2Mn^{5+}_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)} \rightarrow 10Na^+_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)} + Mn_2(CO_3)_{5(s)}$$

Final ionic equation: المعادلة الأيونية النهائية:

$$5CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2Mn^{5+}_{(aq)} \rightarrow Mn_2(CO_3)_{5(s)}$$

Exercise (2-19): **تدريب (2-19):**

Chemical equation: المعادلة الكيميائية:

$$BaSO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow BaCl_{2(aq)} + SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

The complete ionic equation: المعادلة الأيونية الكاملة:

$$BaSO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

Net ionic equation: المعادلة الأيونية الصافية:

$$BaSO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$$BaSO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

Exercise (2-20): **تدريب (2-20):**

c

03 Measuring Matter

3- قياس المادة

يشير مصطلح قياس المادة في الكيمياء إلى تحديد كمية المادة بدقة، خاصة عند التعامل مع التفاعلات الكيميائية التي تتطلب نسبًا محددة من المتفاعلات والنواتج. ولأن الذرات والجزيئات متناهية في الصغر ولا يمكن عدّها بشكل فردي، فقد اعتمد الكيميائيون المول (Mole) كوحدة قياس أساسية لـ "كمية المادة" في النظام الدولي للوحدات (SI).

In chemistry, the term "measurement of matter" refers to the precise determination of the amount of a substance, especially when dealing with chemical reactions that require specific ratios of reactants and products. Because atoms and molecules are so small that they cannot be counted individually, chemists adopted the mole as the basic unit of measurement for "amount of matter" in the International System of Units (SI).

المول: هو الوحدة القياسية لعد الجسيمات (الذرات، الجزيئات، الأيونات، أو وحدات الصيغة الكيميائية) في الكيمياء.

Mole: The standard unit for counting particles (atoms, molecules, ions, or chemical formula units) in chemistry.

الجسيمات Particles	مثال Example
الذرات Atoms	ذرات العناصر (Fe، Cu، Ag، وهكذا) Atoms of elements (Fe, Cu, Ag, etc.)
الجزيئات Molecules	جزيئات العناصر(O_2،F_2،P_4، وهكذا) ، وجزيئات المركبات (H_2O، CO_2، وهكذا) Elemental molecules (O_2, F_2, P_4, etc.), and compound molecules (H_2O, CO_2, etc.)
الأيونات Ions	الأيونات الأحادية (Cl^-، Cr^{2+}، وهكذا)، الأيونات عديدة الذرات (OH^-، NH_4^+، وهكذا) Monatomic ions (Cl^-, Cr^{2+}, etc.), polyatomic ions (OH^-, NH_4^+, etc.)
وحدات الصيغة الكيميائية Chemical formula units	مركبات جزيئية شبكية (SiO_2)، مركبات أيونية (Al_2O_3،NaCl) Covalent network compounds (SiO_2), Ionic compounds (NaCl, Al_2O_3)

ويُعرف أيضاً المول بأنه كمية المادة التي تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات الموجودة في 12 g من نظير الكربون-12. هذا العدد الثابت يسمى عدد أفوجادرو (N_A).

A mole is also defined as the amount of a substance that contains the same number of particles as 12 g of the carbon-12 isotope. This constant is called Avogadro's number (N_A).

عدد أفوجادرو (N_A) = 6.02×10^{23} جسيم

العلاقة بين المولات وعدد الجسيمات

The relationship between moles and the number of particles

يمكن استخدام عدد أفوجادرو للتحويل بين المولات وعدد الجسيمات بحسب العلاقة التالية:

Avogadro's number can be used to convert between moles and the number of particles according to the following relationship:

العلاقة الرياضية:

Mathematical relationship:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{عدد أفوجادرو}}$$

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

مثال 1: **Example 1:**

ما عدد مولات $5.75x10^{24}$ ذرة من الألومنيوم؟

How many moles are there in $5.75x10^{24}$ atoms of aluminum?

الحل:

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

$$n = \frac{5.75x10^{24}}{6.02x10^{23}}$$

$$n = 9.55 \text{ mol}$$

تدريب (3-1): **Exercise (3-1):**

أي الخيارات التالية يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين؟

Which of the following options contains the largest number of oxygen atoms?

(a) 10.0 mol O_3

(b) 3.0 mol O_2

(c) 16.0 mol O_2

(d) 16.0 mol H_2O

تدريب (3-2): **Exercise (3-2):**

لدينا عينة مجهولة من غاز الأوزون (O_3) تم توزيعها على ثلاث حاويات مختلفة:

- الحاوية الأولى: تحتوي على 0.75 مول من جزيئات غاز الأوزون (O_3).
- الحاوية الثانية: تحتوي على عدد من الجزيئات يعادل نصف عدد جزيئات الحاوية الأولى.
- الحاوية الثالثة: تحتوي على عدد من الجزيئات أكبر من الحاوية الثانية بمقدار 3.011×10^{23} جزيء.

ما العدد الكلي لمولات جزيئات الأوزون (O_3) الموجود في الحاويات الثلاث معاً؟

We have an unknown sample of ozone gas (O_3) distributed among three different containers:

- The first container contains 0.75 moles of ozone gas (O_3) molecules.

- The second container contains half the number of molecules in the first container.
- The third container contains 3.011×10^{23} molecules more than the second container.

What is the total number of moles of ozone (O_3) molecules present in the three containers together?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Mass and mole الكتلة والمول

كتلة المول الواحد هي كتلة مول واحد من المادة، أي كتلة عينة تحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.

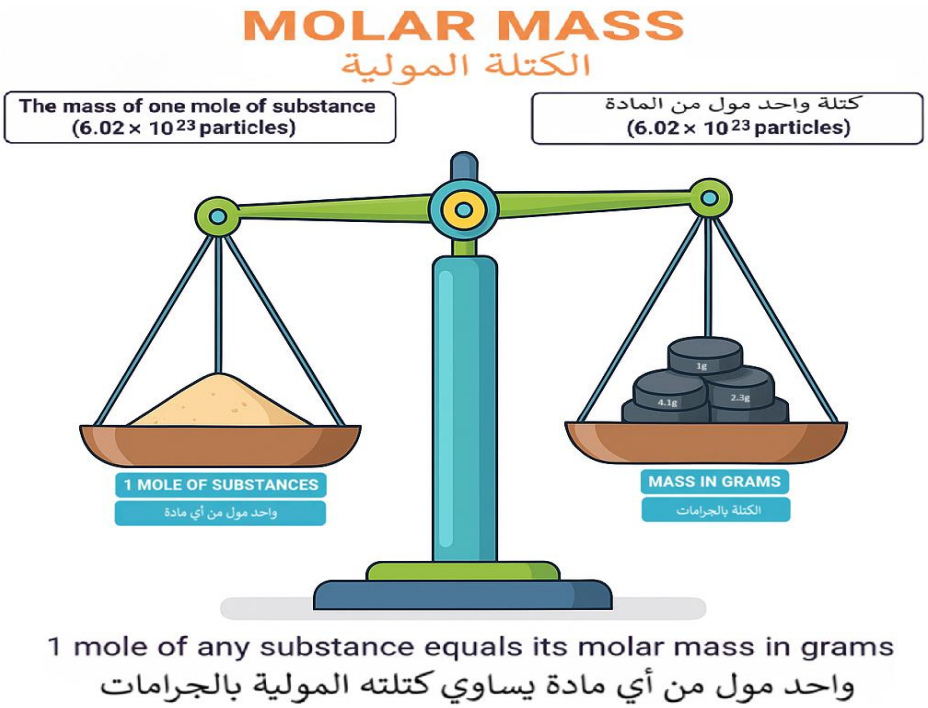
The mass of one mole is the mass of one mole of a substance, that is, the mass of a sample containing Avogadro's number of particles.

الكتلة المولية (M_m)

الكتلة المولية للعنصر هي كتلة مول واحد من ذرات هذا العنصر (g/mol).

Molar mass (M_m)

The molar mass of an element is the mass of one mole of atoms of that element (g/mol).



الشكل 1-3: تمثيل الكتلة المولية

Figure 3-1: Molar mass representation

الكتلة المولية للعنصر تساوي الكتلة الذرية النسبية لذلك العنصر (الموجودة في الجدول الدوري)، ولكن بوحدة g/mol بدلاً من وحدة الكتلة الذرية (amu).

The molar mass of an element is equal to the relative atomic mass of that element (as found in the periodic table), but in g/mol rather than atomic mass units (amu).

Example 2: **مثال 2:**

الكتلة المولية للأكسجين (O_2):

O : 2×16.00 g/mol = 32.00 g/mol

الكتلة المولية (M) = 32.00 g/mol

Exercise (3-3): **تدريب (3-3):**

أي من الخيارات التالية لا يمكن اعتبارها مول واحد؟

Which of the following cannot be considered one mole?

(a) 65.34 g Zn

(b) 26.0 g Fe

(c) 6.02×10^{23} ذرة Ag

(d) 6.02×10^{23} جزئ O_2

العلاقة الرياضية:

Mathematical relationship:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

Example 3: **مثال 3:**

احسب الكتلة بالجرامات للألومنيوم Al الذي له عدد مولات 3.75 mol؟

Calculate the mass in grams of aluminum Al which has 3.75 mol?

الحل:

$m = n \times M$

$m = 3.75mol \times 27g/mol$

$m = 101.25g$

Exercise (3-4): **تدريب (3-4):**

ما الكتلة المولية للجزئ $C_8H_9NO_2$ ؟

What is the molar mass of $C_8H_9NO_2$?

(a) 162 g/mol
(b) 76 g/mol
(c) 151 g/mol
(d) 70 g/mol

Exercise (3-5): **تدريب (3-5):**

لدينا عينة من مركب كبريتات الألومنيوم $(Al_2(SO_4)_3)$، وقد لوحظ ما يلي:

- الجزء الذي يمثل ثلث الكتلة الكلية للعينة يحتوي على 0.87 مول من مجموعة الكبريتات (SO_4^{2-})
- تم استخدام جزء آخر من العينة يحتوي على 1.2044×10^{24} أيون ألومنيوم (Al^{3+}).

ما هي الكتلة الكلية (بالجرامات) للعينة الأصلية من كبريتات الألومنيوم؟

We have a sample of aluminum sulfate $(Al_2(SO_4)_3)$, and the following was observed:

The portion representing one-third of the total mass of the sample contains 0.87 moles of the sulfate group (SO_4^{2-}).

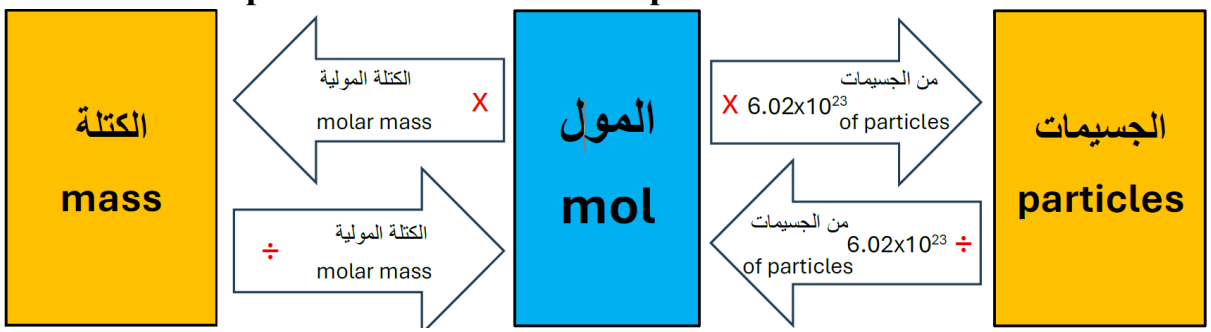
Another portion of the sample was used and contains 1.2044×10^{24} aluminum ions (Al^{3+}).

What is the total mass (in grams) of the original sample of aluminum sulfate?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

The relationship between the number of particles and mass



الشكل 2-3: بعض العلاقات المولية

Figure 3-2: Some moles relationships

Example 4: **مثال 4:**

ما عدد الذرات في 11.5 g من الزئبق Hg؟

How many atoms are in 11.5 g of mercury Hg?

الحل:

$$N = \frac{m}{M} \times 6.02\times10^{23}$$

$$N = \frac{11.5}{200.6} \times 6.02\times10^{23}$$

$$N = 3.45\times10^{22} \text{ ذرة}$$

Exercise (3-6): **تدريب (3-6):**

كم عدد مولات الأيونات الموجودة في 2 mol من فلوريد الصوديوم NaF ؟

How many moles of ions are present in 2 mol of sodium fluoride NaF?

(a) 2 mol
(b) 0.5 mol
(c) 4 mol
(d) 1 mol

Exercise (3-7): **تدريب (3-7):**

لدينا خليط صلب يتكون من مركبين نقيين هما: كلوريد الصوديوم (NaCl) وكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$). الكتلة الكلية للخليط هي 55.7 g، عند إذابة الخليط بالكامل في الماء؛ وجد أن المحلول الناتج يحتوي على 6.022×10^{23} أيون كلوريد (Cl^-).

ما عدد وحدات الصيغة لكلوريد الصوديوم (NaCl) في هذا الخليط؟

We have a solid mixture consisting of two pure compounds: sodium chloride (NaCl) and calcium chloride ($CaCl_2$). The total mass of the mixture is 55.7 g. When the mixture is completely dissolved in water, the resulting solution is found to contain 6.022×10^{23} chloride ions (Cl^-).

How many formula units of sodium chloride (NaCl) are in this mixture?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

العلاقات التي تربط المول بالصيغة الكيميائية للمركبات
Relationships between the mole and the chemical formula of compounds

تربط العلاقات بين المول والصيغة الكيميائية للمركبات بثلاث مفاهيم أساسية.

The relationship between the mole and the chemical formula of compounds is based on three basic concepts.

- **الكتلة المولية وعلاقتها بالصيغة الكيميائية للمركبات**
- **Molar mass and its relationship to the chemical formula of compounds**

تُستخدم الصيغة الكيميائية للمركب لتحديد عدد الذرات من كل عنصر، ومن ثم تُحسب الكتلة المولية للمركب بجمع الكتل الذرية لجميع الذرات المكونة له كما تظهر في الصيغة.

The chemical formula of a compound is used to determine the number of atoms of each element, and then the molar mass of the compound is calculated by adding the atomic masses of all the atoms that make it up as they appear in the formula.

مثال 5: **Example 5:**

لحساب الكتلة المولية للماء (H_2O). To calculate the molar mass of water (H_2O).

$$H : 2\times1.008 = 2.016 \text{ g/mol}$$
$$O : 1\times16.00 = 16.00 \text{ g/mol}$$
$$\text{الكتلة المولية } M = 2.016 + 16.00 = 18.016 \text{ g/mol}$$

تدريب (3-8): **Exercise (3-8):**

احسب الكتلة المولية لمركب كلوريد سداسي أمين الكوبالت (III) الذي صيغته الكيميائية هي: $[Co(NH_3)_6]Cl_3$؟

Calculate the molar mass of Hexaammine cobalt(III) chloride, whose chemical formula is $[Co(NH_3)_6]Cl_3$?

(a 184.35 g/mol
(b 267.52 g/mol
(c 496.93 g/mol
(d 189.44 g/mol

- **عدد أفوجادرو وعلاقته بالصيغة الكيميائية للمركبات**

- **Avogadro's number and its relationship to the chemical formula of compounds**

تمثل الصيغة الكيميائية نسبة عدد الجسيمات (أو المولات) من العناصر المكونة للمركب.

A chemical formula represents the ratio of the number of particles (or moles) of the elements that make up a compound.

مثال 6: **Example 6:**

1 مول من غاز الميثان (CH_4) يحتوي على 6.02×10^{23} جزيء من الميثان. وبناءً على الصيغة، فإن هذا المول يحتوي أيضاً على:

1 mole of methane gas (CH_4) contains 6.02×10^{23} molecules of methane. Based on the formula, this mole also contains:

1 مول من ذرات الكربون (C) (6.02×10^{23} ذرة). لأنه يوجد ذرة واحدة فقط من الكربون في الصيغة.

1 mole of carbon (C) atoms (6.02×10^{23} atoms). Because there is only one carbon atom in the formula.

4 مول من ذرات الهيدروجين (H) ($4\times6.02\times10^{23}$ ذرة). لأنه يوجد أربع ذرات فقط من الهيدروجين في الصيغة.

4 moles of hydrogen atoms (H) ($4\times6.02\times10^{23}$ atoms). Because there are only four hydrogen atoms in the formula.

تدريب (3-9): **Exercise (3-9):**

يُعد مركب الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ من السكريات الهامة. إذا كان لديك عينة من الجلوكوز كتلتها 180.16g ، فاحسب العدد الكلي لذرات الأكسجين الموجودة في هذه العينة؟

Glucose ($C_6H_{12}O_6$) is an important sugar. If you have a sample of glucose with a mass of 180.16 g, calculate the total number of oxygen atoms in this sample?

(a 6.02×10^{23} ذرة أكسجين
(b 3.61×10^{24} ذرة أكسجين
(c 1.82×10^{23} ذرة أكسجين
(d 2.97×10^{22} ذرة أكسجين

- **النسب المولية وعلاقتها بالصيغة الكيميائية للمركبات**

- **Molar ratios and their relationship to the chemical formula of compounds**

تُشير الأرقام السفلية في الصيغة الكيميائية إلى عدد مولات الذرات لكل مول من المركب.

The subscripts in a chemical formula indicate the number of moles of atoms per mole of the compound.

Example 7: **مثال 7:**

ما هي النسبة المولية في ثاني أكسيد الكربون (CO_2)؟

What is the molar ratio of carbon dioxide (CO_2)?

الحل:

النسبة المولية بين الكربون والأكسجين هي 1 مول إلى 2 مول لكل 1 مول من CO_2.

The mole ratio of carbon to oxygen is 1 mole to 2 moles per 1 mole of CO_2.

التركيب النسبي المئوي للصيغة الكيميائية

Relative percentage composition of the chemical formula

التركيب النسبي المئوي هو النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب أو العينة. هذه النسبة تكون ثابتة للمركب النقي، بغض النظر عن حجم العينة.

Percent composition is the percentage by mass of each element in a compound or sample. This percentage is constant for a pure compound, regardless of the sample size.

العلاقة الرياضية:

Mathematical relationship:

$$\text{النسبة المئوية الكتلية للعنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر في المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

أو

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{عدد ذرات العنصر} \times \text{الكتلة الذرية للعنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

$$\text{Mass percentage of an element} = \frac{\text{Mass of element in compound}}{\text{Molar mass of the compound}} \times 100$$

or

$$\text{Percentage by mass} = \frac{\text{Number of atoms of the element} \times \text{Molar mass of the element}}{\text{Molar mass of the compound}} \times 100$$

ملاحظة هامة: يجب أن يكون مجموع النسب المئوية الكتلية لجميع العناصر المكونة للمركب مساويًا أو قريبًا جدًا من 100%.

Important Note: The sum of the mass percentages of all the elements in a compound must be equal to or very close to 100%.

Example 8: **مثال 8:**

حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2؟

Determine the percentage composition of carbon dioxide CO_2?

الحل:

$$M = (1\times C) + (2\times O)$$
$$M = (1\times 12.01) + (2\times 16.00)$$
$$M = 44.01\,g/mol$$

$$C\% = \frac{\text{كتلة العنصر في المركب}}{\text{الكتلية المولية للمركب}} \times 100$$

$$C\% = \frac{12.01}{44.01} \times 100$$
$$C\% = 27.29\%$$

$$O\% = \frac{\text{كتلة العنصر في المركب}}{\text{الكتلية المولية للمركب}} \times 100$$

$$O\% = \frac{2\times 16.00}{44.01} \times 100$$
$$O\% = 72.71\%$$

Exercise (3-10): **تدريب (3-10):**

مركب أيوني لا مائي يتكون من الكروم (Cr) ومجموعة الكبريتات (SO_4^{2-}). إذا كانت الصيغة الكيميائية لهذا المركب هي $Cr_2(SO_4)_3$ (كبريتات الكروم الثلاثي)، فما النسبة المئوية الكتلية للأكسجين (O) في المركب؟

An anhydrous ionic compound consists of chromium (Cr) and a sulfate group (SO_4^{2-}). If the chemical formula of the compound is $Cr_2(SO_4)_3$ (chromium(III) sulfate), what is the mass percentage of oxygen (O) in the compound?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercise (3-11): **تدريب (3-11):**

لدينا مركب كيميائي مجهول يُرمز له بالصيغة $X(OH)_2$، حيث X هو عنصر فلزي مجهول. تبلغ نسبة الأكسجين (O) بالكتلة في هذا المركب 37.20% . ما العدد الكلي لمولات ذرات الأكسجين (O) الموجودة في هذه العينة التي كتلتها 15.0 g؟ وما هو هذا العنصر؟

We have an unknown chemical compound with the formula $X(OH)_2$, where X is an unknown metallic element. The mass percentage of oxygen (O) in this compound is 37.20%. What is the total number of moles of oxygen (O) atoms present in this 15.0 g sample? What element is this?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Empirical formula الصيغة الأولية

هي صيغة كيميائية تُعبّر عن أبسط نسبة عددية صحيحة لذرات العناصر المكوّنة للمركب. ولا تمثل العدد الفعلي للذرات في الجزيء. وغالبًا ما تُشتق من البيانات التجريبية (الملاحظة أو التجربة). وقد تكون الصيغة الأولية هي نفسها الصيغة الجزيئية لبعض المركبات، مثل الماء (H_2O) وثاني أكسيد الكربون (CO_2). يبيّن شكل 3-3 خطوات مختصرة لعملية إيجاد الصيغة الأولية.

It is a chemical formula that expresses the simplest whole number ratio of the atoms of the elements that make up a compound. It does not represent the actual number of atoms in a molecule. It is often derived from empirical data (observation or experiment). The empirical formula may be the same as the

molecular formula of some compounds, such as water (H_2O) and carbon dioxide (CO_2). Figure 3-3 shows a simplified step in the process of finding the initial formula.

Steps to find the empirical formula **خطوات إيجاد الصيغة الأولية**

	Steps الخطوات
1	إذا كانت المعطيات هي نسب مئوية كتلية، افترض أن لديك عينة كتلتها 100 g . هذا التحويل يبسط الحسابات، حيث تصبح النسبة المئوية للعنصر مساوية لكتلته بالجرام. If the data are mass percentages, assume you have a sample with a mass of 100 g. This conversion simplifies the calculations, as the percentage of an element becomes equal to its mass in grams.
2	تحويل كتل العناصر بعد الحصول عليها (سواء من المعطيات المباشرة أو بعد التحويل في الخطوة 1) إلى مولات. باستخدام الكتلة الذرية للعنصر لتحويل كتلته إلى عدد المولات. Convert the masses of elements obtained (either from direct data or after conversion in step 1) to moles. Use the atomic mass of the element to convert its mass to the number of moles.
3	تحديد أبسط نسبة مولية عن طريق تقسيم عدد مولات كل عنصر (التي حصلت عليها في الخطوة 2) على أصغر عدد مولات بينها. Determine the simplest mole ratio by dividing the number of moles of each element (which you obtained in step 2) by the smallest number of moles between them.
4	إذا كانت النتائج في الخطوة 3 أعدادًا صحيحة، فتجاوز هذه الخطوة. أما إذا كانت تحتوي على كسور عشرية، فيجب تحويلها إلى أعداد صحيحة عن طريق ضرب جميع القيم في أصغر عدد صحيح يجعلها كلها أعدادًا صحيحة. If the results in step 3 are integers, skip this step. If they contain decimals, convert them to integers by multiplying all values by the smallest integer that makes them all integers.
5	كتابة الصيغة الأولية باستخدام الأعداد الصحيحة الناتجة من الخطوة 3 أو 4 كأرقام سفلية للعناصر في الصيغة الكيميائية بالترتيب. Writing the empirical formula using the integers from steps 3 or 4 as subscripts for the elements in the chemical formula in order.

الشكل3-3: خطوات إيجاد الصيغة الأولية

Figure 3-3: Steps to find the empirical formula

Example 9: **مثال 9:**

مركب عضوي يتكون من 40.0% كربون (C) و6.7% هيدروجين (H) و53.3% أكسجين (O). (الكتل الذرية: C =12.0، H =1.0، O =16.0).

An organic compound consisting of 40.0% carbon (C), 6.7% hydrogen (H), and 53.3% oxygen (O). (Atomic masses: C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0).

الحل:

العنصر Element	الكتلة (الخطوة 1) Mass (step 1)	عدد المولات (الخطوة 2) Number of moles (step 2)	النسبة المولية (الخطوة 3) Mole ratio (step 3)	الأعداد الصحيحة (الخطوة 4) Integers (Step 4)
C	40.0 g	40.0/12.0 = 3.33	3.33/3.33 = 1.0	1
H	6.7 g	6.7/1.0 = 6.7	6.7/3.33 = 2.01	2
O	53.3 g	53.3/16.0 = 3.33	3.33/3.33 = 1.0	1

بما أن الأعداد الصحيحة هي C = 1، H = 2، O = 1، فإن الصيغة الأولية هي CH_2O.

Since the integers are C = 1, H = 2, O = 1, the empirical formula is CH_2O.

تدريب (3-12): **Exercise (3-12):**

هناك مركبان ثنائيان من الزئبق والأكسجين. يؤدي تسخين كل منهما إلى تحلل المركب مع انطلاق غاز الأكسجين إلى الغلاف الجوي تاركًا بقايا من الزئبق النقي. تسخين 0.6498 g من أحد المركبين يترك بقايا مقدارها 0.6018 g وتسخين 0.4172 g من المركب الآخر يؤدي إلى فقدان كتلة مقدارها 0.016 g . حدد الصيغة الأولية لكل مركب.

There are two binary compounds of mercury and oxygen. Heating each compound causes the compound to decompose, releasing oxygen gas into the atmosphere and leaving a residue of pure mercury. Heating 0.6498 g of one compound leaves a residue of 0.6018 g, and heating 0.4172 g of the other compound results in a mass loss of 0.016 g. Determine the empirical formula for each compound.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercise (3-13): **تدريب (3-13):**

مركب عضوي مجهول يتكون من الكربون (C)، والهيدروجين (H)، والأكسجين (O)، والكبريت (S). تم حرق عينة كتلتها 5.000 g من المركب بالكامل، فنتج 6.600 g من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) و 2.700 g من الماء (H_2O). أظهر تحليل منفصل أن المركب يحتوي على 25.66% من كتلته كبريت (S). أوجد الصيغة الأولية لهذا المركب؟

An unknown organic compound consists of carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), and sulfur (S).
A 5.000 g sample of the compound was completely combusted, producing 6.600 g of carbon dioxide (CO_2) and 2.700 g of water (H_2O). A separate analysis showed that the compound contains 25.66% sulfur (S) by mass. Find the empirical formula for this compound.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Molecular formula الصيغة الجزيئية

هي الصيغة التي تُظهر التركيب الحقيقي للمركب، أي عدد ذرات كل عنصر في الجزيء، وليس النسبة البسيطة بينها.

It is the formula that shows the true composition of the compound, i.e. the number of atoms of each element in the molecule, not the simple ratio between them.

الفرق بين الصيغة الجزيئية والصيغة الأولية

The difference between molecular formula and empirical formula

المقارنة Comparison	الصيغة الأولية Empirical formula	الصيغة الجزيئية Molecular formula
التعريف Definition	تبين أبسط نسبة عددية صحيحة بين الذرات Show the simplest integer ratio between atoms.	تبين العدد الحقيقي للذرات في الجزيء Shows the actual number of atoms in a molecule.
مثال Example	CH_2O	$C_6H_{12}O_6$
العلاقة بينهما The relationship between them	الصيغة الجزيئية = (n × الصيغة الأولية) Molecular formula = (n × empirical formula)	

كيفية إيجاد الصيغة الجزيئية: How to find the molecular formula:

a) احسب الصيغة الأولية للمركب.

a) Calculate the empirical formula of the compound.

b) احسب الكتلة المولية للصيغة الأولية.

b) Calculate the molar mass of the empirical formula.

c) احسب النسبة التالية:

c) Calculate the following ratio:

$$n = \frac{\text{الكتلة المولية الحقيقية للمركب}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}}$$

d) اضرب رموز الصيغة الأولية في n لتحصل على الصيغة الجزيئية.

d) Multiply the empirical formula symbols by n to get the molecular formula.

مثال 10: Example 10:

مركب صيغته الأولية CH_2 وكتلته المولية تساوي 56.12 g/mol . ما صيغته الجزيئية؟

A compound has the empirical formula CH_2 and a molar mass of 56.12 g/mol. What is its molecular formula?

a) الكتلة المولية للصيغة الأولية CH_2:

a) Molar mass of the empirical formula CH_2:

$$(1\times12.01) + (2\times1.01) = 14.03 \text{ g/mol}$$

b) عدد وحدات التكرار n:

b) Number of repetition units n:

$$n = \frac{56.12}{14.03} \approx 4$$

c) الصيغة الجزيئية:

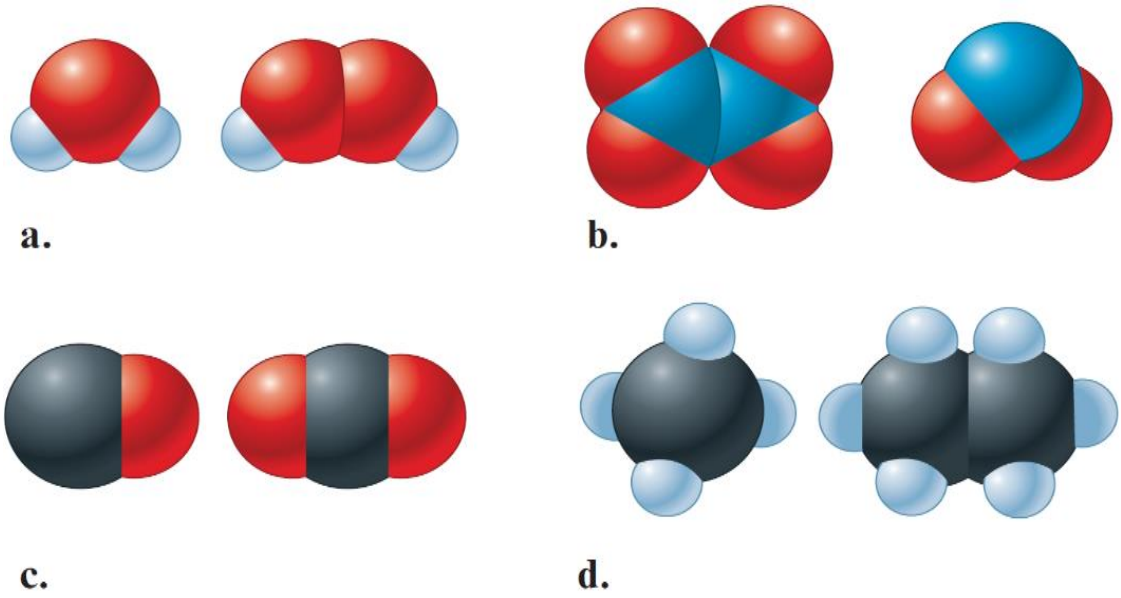
c) Molecular formula:

$$(CH_2)\times4 = C_4H_8$$

Exercise (3-14): **تدريب (3-14):**

أي من المركبات التالية لها نفس الصيغ الأولية؟

Which of the following compounds have the same empirical formulas?



Exercise (3-15): **تدريب (3-15):**

الكومين مركب يحتوي فقط على الكربون والهيدروجين، ويُستخدم في إنتاج الأسيتون والفينول في الصناعات الكيميائية. ينتج عن احتراق 47.6 mg من الكومين كمية من ثاني أكسيد الكربون و 42.8mg من الماء. تتراوح الكتلة المولية للكيومين بين 115 و 125 g/mol. حدد الصيغتين الأولية والجزيئية.

Cumene is a compound containing only carbon and hydrogen that is used in the production of acetone and phenol in the chemical industry. Combustion of 47.6 mg cumene produces some CO_2 and 42.8 mg water. The molar mass of cumene is between 115 and 125 g/mol. Determine the empirical and molecular formulas.

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

تدريب (3-16): **Exercise (3-16):**

فيتامين C (كتلته المولية 176.12g/mol) مركب من C وH وO، يوجد في العديد من المصادر الطبيعية، وخاصةً الحمضيات. عند حرق عينة من فيتامين C كتلتها 1.000 g في جهاز احتراق، نحصل على البيانات التالية:

كتلة ثاني أكسيد الكربون الممتصة بعد الاحتراق: 85.35 g

كتلة ثاني أكسيد الكربون الممتصة قبل الاحتراق: 83.85 g

كتلة الماء الممتصة بعد الاحتراق: 37.96 g

كتلة الماء الممتصة قبل الاحتراق: 37.55 g

ما الصيغة الجزيئية لفيتامين C؟

Vitamin C (molar mass 176.12 g/mol) is a compound of C, H, and O, found in many natural sources, especially citrus fruits. When a 1.000 g sample of vitamin C is burned in a combustion device, we obtain the following data:

Mass of carbon dioxide absorbed after combustion: 85.35 g

Mass of carbon dioxide absorbed before combustion: 83.85 g

Mass of water absorbed after combustion: 37.96 g

Mass of water absorbed before combustion: 37.55 g

What is the molecular formula for vitamin C?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Formulas of Hydrates صيغ الأملاح المائية

الملح المائي هو مركب أيوني صلب يحتوي على عدد معين ومحدد من جزيئات الماء محتجزة داخل شبكته البلورية. تُسمى جزيئات الماء هذه بـ "ماء التبلور".

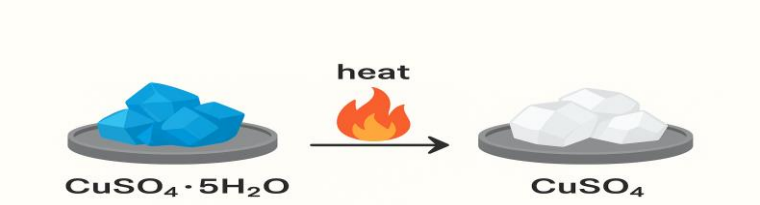
A hydrated salt is a solid ionic compound that contains a specific, definite number of water molecules trapped within its crystal lattice. These water molecules are called "water of crystallization."

الملح اللامائي هو نفس الملح، ولكن بعد إزالة جميع جزيئات ماء التبلور منه (عادة عن طريق التسخين).

An anhydrous salt is the same salt but with all of the water of crystallization molecules removed from it (usually by heating).

يؤدي وجود ماء التبلور إلى إعطاء الملح المائي خصائص مختلفة عن الملح اللامائي، بما في ذلك اللون (مثل تحول كبريتات النحاس من الأزرق المائي إلى الأبيض اللامائي كما هو مبيّن في الشكل 4-3).

The presence of water of crystallization gives the hydrated salt different properties from the anhydrous salt, including color (e.g., copper sulfate changes from aqueous blue to anhydrous white as shown in Figure 3-4).



الشكل 4-3: تحول كبريتات النحاس من الأزرق المائي إلى الأبيض اللامائي

Figure 3-4: Copper sulfate changes from aqueous blue to anhydrous white

تُكتب صيغة الملح المائي بدمج صيغة الملح اللامائي مع جزيئات الماء، ويفصل بينهما نقطة (·).

The formula for a hydrated salt is written by combining the formula for the anhydrous salt with water molecules, separated by a dot (·).

General formula: **الصيغة العامة:**

الملح اللامائي.xH_2O

anhydrous salt. xH_2O

حيث:

where:

الملح المائي: هي الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني (الملح).

Hydrated salt: The chemical formula of an ionic compound (salt).

x: هو عدد صحيح (مولي) يمثل عدد مولات جزيئات الماء المرتبطة بكل مول واحد من الملح.

x: is an integer (molar) that represents the number of moles of water molecules associated with each mole of salt.

Example 11: **مثال 11:**

كبريتات النحاس الثنائي خماسي الماء $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

Naming of hydrates تسمية الأملاح المائية

1. تسمية الملح الأيوني (اللامائي) بالطريقة المعتادة (اسم الأنيون ثم اسم الكاتيون).
1. Naming an ionic (anhydrous) salt is the usual way (name the cation then name the anion).
2. إضافة مقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة به باستخدام البادئات اليونانية.
2. Add a syllable to indicate the number of water molecules associated with it using Greek prefixes.
3. إنهاء الاسم بكلمة "ماء" أو "هيدرات".
3. Ending the name with the word "water" or "hydrate".

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$	إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	$CaCl_2 . 2H_2O$	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	$NaC_2H_3O_2. 3H_2O$	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء
رباعي	4	$FePO_4. 4H_2O$	فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.
خماسي	5	$CuSO_4. 5H_2O$	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء
سداسي	6	$CoCl_2.6H_2O$	كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء
سباعي	7	$MgSO_4 . 7H_2O$	كبريتات الماغنسيوم سباعية الماء.
ثماني	8	$Ba(OH)_2. 8H_2O$	هيدروكسيد الباريوم ثماني الماء.
عشاري	10	$Na_2CO_3.10H_2O$	كربونات الصوديوم عشارية الماء

الشكل 5-3: أمثلة على الأملاح المائية
Figure 3-5: Examples of hydrated salts

كيفية تحديد صيغة الملح المائي:

How to determine the formula of hydrated salt:

1) يُقاس مقدار كتلة العينة الأصلية من الملح المائي.
1) The mass of the original sample of hydrated salt is measured.
2) التسخين: تسخين الملح المائي لإزالة ماء التبلور (تبخيره) والحصول على الملح اللامائي.
2) Heating: Heating the hydrated salt to remove the water of crystallization (evaporate it) and obtain the anhydrous salt.
3) يُقاس مقدار كتلة الملح اللامائي بعد إزالة الماء بالكامل.
3) The mass of anhydrous salt is measured after all the water has been removed.
4) حساب كتلة الماء: تُطرح كتلة الملح اللامائي من كتلة الملح المائي لتحديد كتلة ماء التبلور المفقود.

4) Calculating the mass of water: Subtract the mass of the anhydrous salt from the mass of the hydrated salt to determine the mass of the lost water of crystallization.

5) تحديد النسبة المولية (x):

- تحويل كتلة الماء المفقودة وكتلة الملح اللامائي المتبقي إلى مولات.
- تُقسم مولات الماء على مولات الملح اللامائي:

$$x = \frac{\text{عدد مولات الماء}}{\text{عدد مولات الملح اللامائي}}$$

5) Determine the molar ratio (x):

- Convert the mass of water lost and the mass of anhydrous salt remaining into moles.
- Moles of water are divided by moles of anhydrous salt:

$$x = \frac{\text{number of moles of water}}{\text{Number of moles of anhydrous salt}}$$

Example 12: **مثال 12 :**

وضعت عينة من كبريتات النحاس المائية الزرقاء $CuSO_4.xH_2O$ كتلتها 2.50 g في كأس وسخنت. وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء $CuSO_4$. ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

A 2.50 g sample of blue hydrated copper sulfate ($CuSO_4.xH_2O$) was placed in a beaker and heated. 1.59 g of white anhydrous copper sulfate ($CuSO_4$) remained after heating. What is the formula of the hydrated salt? What is its name?

الحل:

كتلة الماء المفقود = كتلة الملح المائي – كتلة الملح اللامائي

$m = 2.50\ g - 1.59\ g = 0.91\ g$

$$n_{(CuSO4)} = \frac{m}{M}$$

$$n_{(CuSO4)} = \frac{1.59}{159.6}$$

$$n_{(CuSO4)} = 0.00996 mol$$

$$n_{(H2O)} = \frac{m}{M}$$

$$n_{(H2O)} = \frac{0.91}{18.02}$$

$$n_{(H2O)} = 0.05 mol$$

$$X = \frac{\text{number of moles of water}}{\text{Number of moles of anhydrous salt}}$$

$$X = \frac{0.05}{0.00996} \approx 5$$

$CuSO_4.5H_2O$ كبريتات النحاس (Ⅱ) خماسية الماء

Exercise (3-17): **تدريب (3-17):**

يُستخدم مركب كبريتات الماغنيسيوم المائية ($MgSO_4.xH_2O$) كمليّن. تم تحليل عينة منه، ووُجِدَ أن النسبة المئوية الكتلية للماء (H_2O) فيه هي 51.22%. إذا كانت النسبة المئوية الكتلية لعنصر الماغنيسيوم (Mg) في هذا المركب هي 9.93% ، فما قيمة المعامل (x) (عدد جزيئات ماء التبلور) في الصيغة الكيميائية للمركب؟

Magnesium sulfate hydrate ($MgSO_4.xH_2O$) is used as a laxative. A sample of this hydrate was analyzed and found to be 51.22% water (H_2O) by mass. If the mass percentage of magnesium (Mg) in this hydrate is 9.93%, what is the value of the factor (x) (the number of water of crystallization molecules) in the chemical formula?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercise (3-18): **تدريب (3-18):**

ملح مائي غير معروف له الصيغة $Na_2CO_3.xH_2O$ (كربونات الصوديوم المائية) يحتوي على النيتروجين (N) كشوائب في كربونات الصوديوم اللامائية بنسبة 2.80% من كتلة الملح اللامائي (Na_2CO_3). عند تسخين 5.00 g من هذا الملح المائي حتى زوال جميع ماء التبلور، كانت كتلة المواد المتبقية هي 3.00 g. اوجد قيمة x ؟

An unknown hydrated salt with the formula $Na_2CO_3.xH_2O$ (hydrated sodium carbonate) contains nitrogen (N) as an impurity in the anhydrous sodium carbonate at a rate of 2.80% by mass of the anhydrous salt (Na_2CO_3). When 5.00 g of this hydrated salt was heated until all the water of crystallization had disappeared, the mass of the remaining material was 3.00 g. Find the value of x?

الحل:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Exercise (3-1): **تدريب (3-1):**

16.0 mol O_2 (c

Exercise (3-2): **تدريب (3-2):**

الحل:

$$N_1 = 0.75\text{mol} \times 6.022\times10^{23}\ \text{molecules/mol}$$
$$N_1 = 4.5165\times10^{23}\ \text{molecules}$$
$$N_2 = \frac{N_1}{2}$$
$$N_2 = \frac{4.5165\times10^{23}}{2}$$
$$N_2 = 2.25825\times10^{23}\ \text{molecules}$$
$$n_2 = \frac{N_2}{N_A}$$
$$n_2 = \frac{2.25825\times10^{23}}{6.022\times10^{23}} = 0.375\text{mol}$$
$$\Delta n = \frac{3.011\times10^{23}}{6.022\times10^{23}} = 0.50\text{mol}$$
$$n_3 = n_2 + \Delta n$$
$$n_3 = 0.375 + 0.50 = 0.875\text{mol}$$
$$\text{المولات الكلية} = n_1 + n_2 + n_3$$
$$\text{المولات الكلية} = 0.75 + 0.375 + 0.875 = 2.0\text{mol}$$

Exercise (3-3): **تدريب (3-3):**

26.0 g Fe (b

Exercise (3-4): **تدريب (3-4):**

151g (c

Exercise (3-5): **تدريب (3-5):**

الحل:

$$M = (2\times M_{Al}) + (3\times M_S) + (3\times4\times M_O)$$
$$M = (2\times27.0) + (3\times32.1) + (3\times4\times16.0) = 342.3\text{g/mol}$$
$$n_{(\text{الجزء})} = n(SO_4) \times \frac{1\ \text{mol}\ Al_2(SO_4)_3}{3\ \text{mol}\ SO_4}$$
$$n_{(\text{الجزء})} = 0.87\ \text{mol} \times \frac{1}{3} = 0.29\text{mol}$$
$$m_{(\text{الجزء})} = n_{(\text{الجزء})} \times M$$
$$m_{(\text{الجزء})} = 0.29\text{mol} \times 342.3\text{g/mol} = 99.267\text{g}$$
$$m_{(\text{الكلية})} = 3 \times m_{(\text{الجزء})} = 3 \times 99.267 = 297.80\text{g}$$

Exercise (3-6): **تدريب (3-6):**

4mol (c

Exercise (3-7): **تدريب (3-7):**

الحل:

$$n_{Cl^-} = \frac{\text{عدد أيونات } Cl^-}{N_A}$$

$$n_{Cl^-} = \frac{6.022\times10^{23}\text{ion}}{6.022\times10^{23}\text{ion/mol}} = 1.00\text{ mol}$$

$M_{NaCl} = 23.0 + 35.5 = 58.5$ g/mol

$M_{CaCl2} = 40.1 + (2\times35.5) = 111.1$ g/mol

$m_{Total} = n_1M_{NaCl} + n_2M_{CaCl2}$

$m_{Total} = 58.5n_1 + 111.1n_2$

$55.7 = 58.5n_1 + 111.1n_2$

$n_1 + 2n_2 = 1.00$ mol

$n_1 = 1.00 - 2n_2$

$55.7 = 58.5(1.00 - 2n_2) + 111.1n_2$

$55.7 = 58.5 - 117.0n_2 + 111.1n_2$

$55.7 - 58.5 = -5.9n_2$

$-2.8 = -5.9n_2$

$$n_2 = \frac{2.8}{5.9} = 0.475\text{ mol}$$

$n_1 = 1.00 - 2(0.475)$

$n_1 = 0.0508$ mol

$N_{NaCl} = n_1 \times N_A$

$N_{NaCl} = 0.0508 \times 6.022\times10^{23} = 3.06\times10^{22}$ Formula unit

Exercise (3-8): **تدريب (3-8):**

267.52 g/mol (b

Exercise (3-9): **تدريب (3-9):**

3.61×10^{24} ذرة أكسجين (b

Exercise (3-10): **تدريب (3-10):**

(الكتلة المولية) $M = (2xCr) + (3\times S) + (12\times O)$

(الكتلة المولية) $M = (2\times52.0) + (3\times32.1) + (12\times16.0)$

(الكتلة المولية) $M = 104 + 96.3 + 192$

(الكتلة المولية) $M = 392.3$ g/mol

(الكتلة المولية) (O) $M = 12 \times 16.0 = 192.0$ g/mol

$$O\% = \frac{\text{كتلة العنصر في المركب}}{\text{الكتلية المولية للمركب}} \times 100$$

$$O\% = \frac{192.0}{392.3} \times 100$$
$$O\% = 48.94\%$$

Exercise (3-11): **تدريب (3-11):**

الحل:

$$O\% = \frac{\text{كتلة O في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$
$$m_O = 2 \times 16.00 = 32.00\ g$$
$$37.20\% = \frac{32.00}{M_{X(OH)_2}} \times 100$$
$$M_{(X(OH)2)} = \frac{32.00}{0.3720} \times 100$$
$$M_{(X(OH)2)} = 86.02\ g/mol$$
$$n_{\text{المركب}} = \frac{m_{\text{العينة}}}{M_{\text{المركب}}} = \frac{15.0}{86.02} = 0.1744\ mol$$
$$n_O = n_{\text{المركب}} \times \frac{2mol\ O}{1mol\ \text{المركب}}$$
$$n_O = 0.1744\ mol \times 2 = 0.349\ mol$$
$$M_X = M_{X(OH)2} - M_{O2} - M_{H2}$$
$$M_X = 86.02 - 32.00 - (2\times1.00) = 52.02\ g/mol$$

هذه الكتلة قريبة من الكتلة الذرية لعنصر الكروم Cr.

This mass is close to the atomic mass of the element chromium Cr.

Exercise (3-12): **تدريب (3-12):**

Compound I: Mass O = 0.6498 g Hg*x*O*y* − 0.6018 g Hg = 0.0480 g O

$$0.6018\ g\ Hg \times \frac{1\ mol}{200.6\ g} = 3.000\times10^{-3}\ mol\ Hg$$

$$0.0480\ g\ O \times \frac{1\ mol}{16\ g} = 3.00\times10^{-3}\ mol\ O$$

The mole ratio between Hg and O is 1 : 1, so the empirical formula of compound I is HgO.

Compound II: Mass Hg = 0.4172 g HgxOy − 0.016 g O = 0.4012 g Hg

$$0.4012g\ Hg \times \frac{1\ mol}{200.6\ g} = 2.00\times10^{-3}\ mol\ Hg;\ 0.016g\ O\times \frac{1\ mol}{16\ g} = 1.0\times10^{-3}mol\ O$$

The mole ratio between Hg and O is 2 : 1, so the empirical formula is Hg_2O

Exercise (3-13): **تدريب (3-13):**

الحل:

$$m_C = 6.600\ g\ CO_2 \times \frac{12.01\ g\ C}{44.01\ g\ CO_2} = 1.800\ g$$

$$m_H = 2.700\ g \times \frac{2 \times 1.01\ g\ H}{18.02\ g\ H_2O} = 0.303\ g$$

$$m_S = \text{كتلة العينة الكلية} \times \frac{\text{النسبة المئوية للكبريت}}{100\%}$$

$$m_S = 5.000 \times 0.2566 = 1.283\ g$$

$$m_O = \text{الكتلة الكلية} - (m_C + m_H + m_S)$$

$$m_O = 5.000\ g - (1.800\ g + 0.303\ g + 1.283\ g) = 1.614\ g$$

الأعداد الصحيحة (الخطوة 4) Integers (step 4)	النسبة المولية (الخطوة 3) Mole ratio (step 3)	عدد المولات (الخطوة 2) Number of moles (step 2)	الكتلة (الخطوة 1) mass (step 1)	العنصر Element
3.747×4 = 15	0.1499/0.0400 = 3.747	1.800/12.0 = 0.1499	1.800 g	C
7.500×4 = 30	0.3030/0.0400 = 7.500	0.303/1.0 = 0.3030	0.303 g	H
1×4 = 4	0.0400/0.0400 = 1	1.283/32.07 = 0.0400	1.283 g	S
2.522×4 = 10	0.1009/0.0400 = 2.522	1.614/16 = 0.1009	1.614 g	O

الصيغة الأولية لهذا المركب المعقد هي:

The empirical formula of this complex compound is:

$$C_{15}H_{30}S_4O_{10}$$

Exercise (3-14): **تدريب (3-14):**

b.

Exercise (3-15): **تدريب (3-15):**

$$42.8\ mg\ H_2O \times \frac{1\ g}{1000\ mg} \times \frac{2.016\ gH}{18.02\ gH_2O} \times \frac{1000\ mg}{1\ g} = 4.79\ mg\ H$$

$$\text{Mass \% H} = \frac{4.79\ mg\ H}{47.6\ mg\ cumene} = \times 100 = 10.1\%\ H$$

$$\text{mass \% C} = 100.0 - 10.1 = 89.9\%\ C$$

Suppose we have 100 grams of the compound: نفرض أن لدينا 100 جرام من المركب:

$$89.9\ g\ C \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\ g\ C} = 7.49\ mol\ C$$

$$10.1\ g\ H \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\ g\ H} = 10.0\ mol\ H$$

$$\frac{10.0}{7.49} = 1.34 \approx \frac{4}{3}$$

النسبة المولية H إلى C هي 4: 3. الصيغة الأولية هي C_3H_4.

the mole H to C ratio is 4 : 3. The empirical formula is C_3H_4.

(الصيغة الأولية)Empirical formula mass ≈ 3(12) + 4(1) = 40 g/mol.

يجب أن تكون الصيغة الجزيئية $(C_3H_4)_3$ أو C_9H_{12} لأن الكتلة المولية لهذه الصيغة ستكون بين 115 و 125 g/mol (الكتلة المولية ≈ 3 × 40 g/mol = 120 g/mol).

The molecular formula must be $(C_3H_4)_3$ or C_9H_{12} because the molar mass of this formula will be between 115 and 125 g/mol (molar mass ≈ 3 × 40 g/mol = 120 g/mol).

Exercise (3-16): **تدريب (3-16):**

الحل:

$m_{CO2} = m(CO_2)(after) - m(CO_2)(before)$

$m_{CO2} = 85.35\ g - 83.85\ g = 1.50\ g\ CO_2$

$$m_C = 1.50\ g\ CO_2 \times \frac{12.01g\ C}{44.01g\ CO_2} = 0.409\ g\ C$$

$m_{H2O} = m(H_2O)(after) - m(H_2O)(before)$

$m_{H2O} = 37.96\ g - 37.55\ g = 0.41\ g\ H_2O$

$$m_H = 0.41\ g\ H_2O \times \frac{2\times1.01\ g\ H}{18.02\ g\ H_2O} = 0.046\ g\ H$$

m_O = الكتلة الكلية – $(m_C + m_H)$

$m_O = 1.000\ g - (0.409\ g + 0.046\ g) = 0.545\ g\ O$

الأعداد الصحيحة (الخطوة4) Integers (Step4)	النسبة المولية (الخطوة3) Mole ratio (step3)	عدد المولات (الخطوة2) Number of moles (step2)	الكتلة (الخطوة1) Mass (step1)	العنصر Element
1.0×3 = 3	0.034/0.034= 1.0	0.409/12.0 = 0.034	0.409 g	C
1.35×3 = 4	0.046/0.034= 1.35	0.046/1.0 = 0.046	0.046 g	H
1.0×3 = 3	0.034/0.034= 1.0	0.545/16 = 0.034	0.545 g	O

الصيغة الأولية لهذا المركب المعقد هي:

The empirical formula of this complex compound is:

$C_3H_4O_3$

$$n = \frac{\text{الكتلة المولية الحقيقية للمركب}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}} = \frac{176.12}{88.06} = 2$$

Molecular formula: الصيغة الجزيئية:

$$(C_3H_4O_3)\times 2 = C_6H_8O_6$$

Exercise (3-17): **تدريب (3-17):**

$\%(MgSO_4) = 100 - (H_2O)\%$

$\%(MgSO_4) = 100 - 51.22\%$

$\%(MgSO_4) = 48.78\%$

$$\%Mg = \frac{M_{Mg}}{M_{Total}} \times 100$$

$$9.93 = \frac{24.3}{M_{Total}} \times 100$$

$M_{Total} = 244.7$ g/mol

$M_{MgSO4} = 24.3 + 32.1 + (4\times 16.0) = 24.3 + 32.1 + 64.0 = 120.4$ g/mol

$m_{H2O} = M_{Total} - M_{MgSO4}$

$m_{H2O} = 244.7 - 120.4$

$m_{H2O} = 124.3$ g/mol

$$x = \frac{m_{H2O}}{M_{H2O}} = \frac{124.3}{18}$$

$x = 6.905 \approx 7$

$MgSO_4.7H_2O$

Exercise (3-18): **تدريب (3-18):**

الحل:

كتلة الماء المفقود = كتلة الملح المائي – كتلة الملح اللامائي

كتلة الماء المفقود = 5.00 g – 3.00 g = 2.00 g

$$\text{كتلة الشوائب} = 3.00 \times \frac{2.80}{100} = 0.084 \text{ g}$$

$m_{Na2CO3} = 3.00$ g – 0.084 g = 2.916 g

$M_{Na2CO3} = (2\times 23.0) + 12.0 + (3\times 16.0) = 106.0$ g/mol

$M_{H2O} = (2\times 1.0) + 16.0 = 18.0$ g/mol

$$n_{Na2CO3} = \frac{2.916 \text{ g}}{106.0 \text{ g/mol}} = 0.0275 \text{ mol}$$

$$n_{H2O} = \frac{2.00 \text{ g}}{18.0 \text{ g/mol}} = 0.1111 \text{ mol}$$

$$X = \frac{n_{H_2O}}{n_{Na_2CO_3}} = \frac{0.1111}{0.0275} = 4.0$$

$Na_2CO_3.4H_2O$ كربونات الصوديوم رباعية الماء

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 .