1-4: التفاعلات و المعادلات

التفاعلات الكيميائية

❖ التفاعل الكيميائي: عملية يعاد فيها ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة.

مؤشرات حدوث التفاعل الكيميائي

❖ يمكن من خلال بعض المؤشرات الفيزيائية المحسوسة معرفة حدوث تفاعل كيميائي و منها:

أ – التغير في درجة الحرارة ب – تغير اللون ج – تصاعد غاز د – خروج رائحة.

التوزيع الإلكتروني

❖ كل مستوى n من مستويات الطاقة يسع عددا محددا من الإلكترونات.

❖ يمكن حساب عدد الإلكترونات الأقصى الذي يمكن أن يستوعبة المستوى من خلال العلاقة:

$$e = 2n^2$$

تابع التوزيع الإلكتروني

- فمثلا : من خلال العلاقة: $e = 2n^2$ فإن المستوى (1) يتسع لإلكترونين و المستوى الثاني 8 إلكترونات و المستوى الثالث 18 إلكترون.
- تختلف طاقات الإلكترونات ضمن المستوى الواحد ، حيث أن الإلكترونات تتوزع ضمن مستويات طاقة ثانوية و التي يشار إليها بالأحرف f,d,p,s ، حيث تزداد طاقة الإلكترونات في المستويات الثانوية حسب الترتيب التالي:

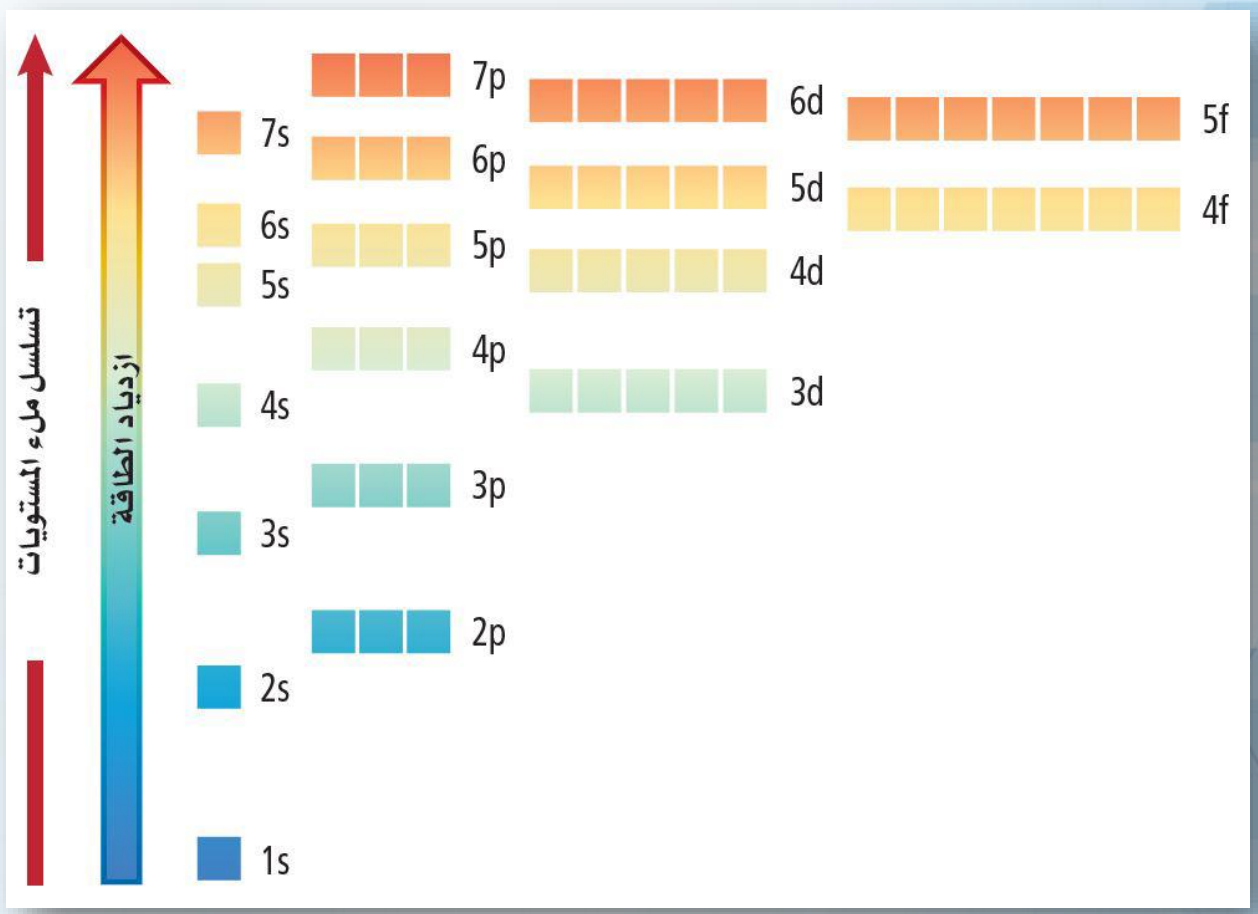
- أقصى سعة من الإلكترونات لمستوى الطاقة الثانوية كما يلي:

$s = 2$ $p = 6$ $d = 10$ $f = 14$

تابع التوزيع الإلكتروني

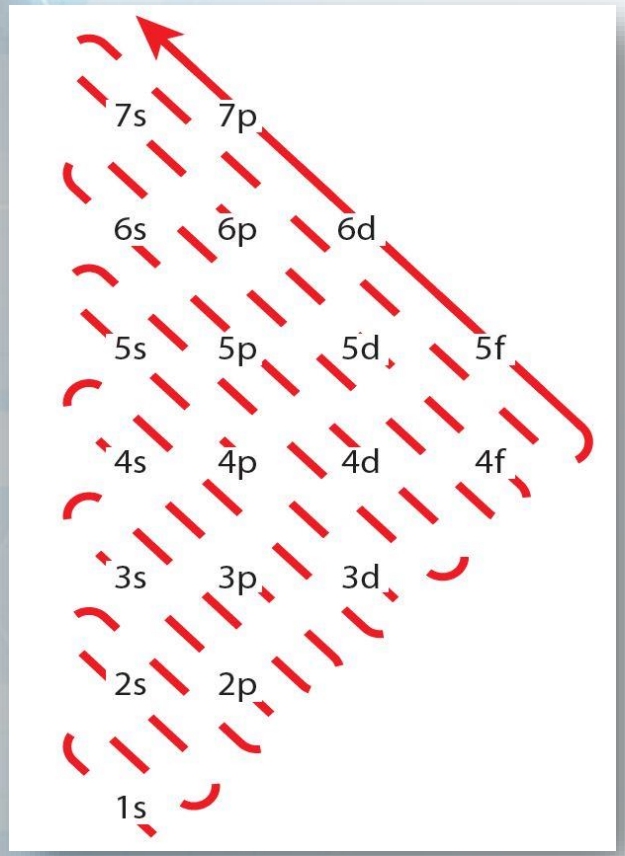
❖ الجدول التالي يوضح مستويات الطاقة الثانوية في مستوى الطاقة الرئيس.

الجدول 1–4	مستويات الطاقة الثانوية في مستوى الطاقة الرئيس
مستوى الطاقة الرئيس	مستويات الطاقة الثانوية في مستوى الطاقة الرئيس
1	s
2	S ، p
3	S ، p ، d
4	S ، p ، d ، f



❖ لكل مستوى ثانوي طاقة خاصة به تختلف عن المستويات الأخرى و تتوزع حسب التزايد في مستوى الطاقة.

تابع التوزيع الإلكتروني



❖ عند كتابة التوزيع الإلكتروني يراعي الازدياد في طاقة المستويات الثانوية ، و يتم كتابة التوزيع الإلكتروني حسب المخطط المبين جانبا.

الجدول 2 – 4 التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر

العنصر/رمزه	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الليثيوم Li	3	$1s^2\ 2s^1$
البورون B	5	$1s^2\ 2s^2\ 2p^1$
النيون Ne	10	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$
الكلور Cl	17	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$
الحديد Fe	26	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$
التيتانيوم Ti	22	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$
الكروم Cr	24	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$
النحاس Cu	29	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$
الخارصين Zn	30	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$

تابع التوزيع الإلكتروني

❖ هناك استثناءات عند كتابة التوزيع الإكتروني لعنصري النحاس Cu و الكروم Cr .و هي كما يلي:

❖ التوزيع الإلكتروني للكروم Cr و النحاس Cu مختلف عن بقية العناصر الانتقالية. ففي حالة الكروم تكون الذرة مستقرة عندما يكون الغلافان الفرعيان 4s و 3d نصف ممتلئين ، أما في حالة النحاس فإن الغلاف الفرعي 4s يكون نصف ممتلئ و الغلاف الفرعي 3d ممتلئ بالإلكترونات.

خطأ $_{24}Cr : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^4$

صح $: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$

خطأ $_{29}Cu : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^9$

صح $: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$

كتابة الصيغ الكيميائية

- لكتابة الصيغ الكيميائية لا بد من معرفة عدد تأكسد (تكافؤ) العنصر.
- عدد التأكسد هو عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تشارك بها ذرة العنصر في أثناء التفاعل.

الجدول 3 – 4

أعداد تأكسد بعض مجموعات العناصر

المجموعة	بعض عناصر المجموعة	عدد التأكسد
1	H, Li, Na, K, Rb, Cs	+1
2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2
15	N, P, As	−3
16	O, S, Se, Te	−2
17	F, Cl, Br, I	−1

تابع كتابة الصيغ الكيميائية

❖ أعداد التأكسد لبعض الفلزات الإنتقالية كما يظهر في الجدول التالي:

الجدول 4 – 4 أيونات بعض العناصر	
المجموعة	الأيونات الشائعة
3	Sc^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}
4	Ti^{2+}, Ti^{3+}
5	V^{2+}, V^{3+}
6	Cr^{2+}, Cr^{3+}
7	$Mn^{2+}, Mn^{3+}, Tc^{2+}$
8	Fe^{2+}, Fe^{3+}
9	Co^{2+}, Co^{3+}
10	$Ni^{2+}, Pd^{2+}, Pt^{2+}, Pt^{4+}$
11	$Cu^{+}, Cu^{2+}, Ag^{+}, Au^{+}, Au^{3+}$
12	$Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg_2^{2+}$
13	$Al^{3+}, Ga^{2+}, Ga^{3+}, In^{+}, In^{2+}, In^{3+}, Tl^{+}, Tl^{3+}$
14	$Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+}$

تابع كتابة الصيغ الكيميائية

- أعداد التأكسد للأيونات العديدة الذرات

الجدول 5 – 4

الأيونات العديدة الذرات

الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البيرايودات	IO_4^-
النيتريت	NO_2^-	الأسيتات	CH_3COO^-
النترات	NO_3^-	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	$H_2PO_4^-$
الهيدروكسيد	OH^-	الكربونات	CO_3^{2-}
السيانيد	CN^-	الكبريتيت	SO_3^{2-}
البرمنجنات	MnO_4^-	الكبريتات	SO_4^{2-}
البيكربونات	HCO_3^-	الثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
الهيبوكلورايت	ClO^-	البيروكسيد	O_2^{2-}
الكلورايت	ClO_2^-	الكرومات	CrO_4^{2-}
الكلورات	ClO_3^-	ثنائي الكرومات	$Cr_2O_7^{2-}$
فوق الكلورات	ClO_4^-	الفوسفات الهيدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيودات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

تابع كتابة الصيغ الكيميائية

❖ لكتابة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني كلوريد المغنيسيوم نتبع الخطوات التالية:

نكتب رموز العناصر بحيث يكون الايون الموجب على اليسار و الأيون السالب على اليمين	Cl	Mg
نكتب أعداد التأكسد للعنصر أو الايون أسفل الرمز أو الصيغة	1	2
بدّل أعداد التأكسد بين شقّيْ المركّب، وإذا كان هناك عامل مشترك بين أعداد التأكسد فاقسم على هذا العامل حتى تصل إلى أبسط نسبة عددية. ويجب وضع صيغة الأيون العديد الذرات بين قوسين إذا وجد أكثر من أيون واحد منه في المركّب.	2	1
نكتب الصيغة النهائية	$MgCl_2$	

تابع كتابة الصيغ الكيميائية

❖ لكتابة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني هيدروكسيد الألومنيوم نتبع الخطوات التالية:

نكتب رموز العناصر بحيث يكون الايون الموجب على اليسار و الأيون السالب على اليمين	OH	Al
نكتب أعداد التأكسد للعنصر أو الايون أسفل الرمز أو الصيغة	1	3
بدّل أعداد التأكسد بين شقّيْ المركّب، وإذا كان هناك عامل مشترك بين أعداد التأكسد فاقسم على هذا العامل حتى تصل إلى أبسط نسبة عددية. ويجب وضع صيغة الأيون العديد الذرات بين قوسين إذا وجد أكثر من أيون واحد منه في المركّب.	3	1
نكتب الصيغة النهائية	$Al(OH)_3$	

تسمية المركبات الأيونية

- عند تسمية المركبات الأيونية اتبع القواعد الآتية:
- أولاً يسمى الأيون السالب أولاً متبوعًا باسم الأيون الموجب.
- في حالة الأيون السالب الأحادي الذرة يشتق الاسم من اسم العنصر مضافًا إليه المقطع(يد).
- وجود أكثر من عدد تأكسد للأيون الموجب يجب أن تشير إلى عدد التأكسد بالأرقام اللاتينية بعد اسم الأيون الموجب.
- عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسميته أولاً، ثم نسمي الأيون الموجب.
- مثال: كلوريد الصوديوم NaCl، بروميد الصوديوم NaBr ،
أكسيد الألومنيوم Al_2O_3، كلوريد الكوبلت II $CoCl_2$،
هيدروكسيد الصوديوم NaOH كرومات الفضة Ag_2CrO_4
نترات النحاس II $Cu(NO_3)_2$ أكسيد الحديدII FeO
أكسيد الحديدIII Fe_2O_3

تمثيل التفاعلات الكيميائية

- المعادلات الكيميائية هي وصف أو تمثيل للتفاعلات الكيميائية.
- عند كتابة التفاعل يتم استعمال سهم يدل على اتجاه التفاعل.
- المواد التي توجد في بداية التفاعل تسمى المتفاعلات و تكتب جهة يسار السهم ، و المواد الناتجة من التفاعل تسمى النواتج و تكتب جهة يمين السهم.
- عندما يكون هناك أكثر من متفاعل أو أكثر من ناتج تستخدم إشارة (+) للفصل بينها.

الجدول 6–4 الرموز المستخدمة في المعادلات الكيميائية

الرمز	الغرض
+	يفصل بين مادتين أو أكثر من المتفاعلات أو النواتج
→	يفصل المتفاعلات عن النواتج
⇌	يفصل المتفاعلات عن النواتج، ويشير إلى وجود تفاعل في الاتجاه المعاكس أي من النواتج إلى المتفاعلات ويسمى التفاعل الخلفي أو العكسي.
(s)	يشير إلى الحالة الصلبة
(l)	يشير إلى الحالة السائلة
(g)	يشير إلى الحالة الغازية
(aq)	يشير إلى المحلول المائي

المعادلات الكيميائية اللفظية

- معادلة لفظية تعبير عن كل المواد المتفاعلة و الناتجة في التفاعل الكيميائي . و تكتب من اليسار إلى اليمين.
- مثال: يمكن التعبير عن تفاعل الألومنيوم مع سائل البروم لإنتاج بروميد الألومنيوم كما يلي:

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

بروميد الألومنيوم ⟶ البروم + الألومنيوم

و تقرأ كما يلي: يتفاعل الألومنيوم الصلب مع سائل البروم لانتاج بروميد الألومنيوم الصلب.

المعادلات الكيميائية الرمزية

- معادلة رمزية تعبير عن كل المواد المتفاعلة و الناتجة في التفاعل الكيميائي . و تكتب من اليسار إلى اليمين. للتفاعل السابق ، تكتب المعادلة الرمزية كما يلي:

$$Al_{(s)} + Br_{2(l)} \longrightarrow AlBr_{3(s)}$$

المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة

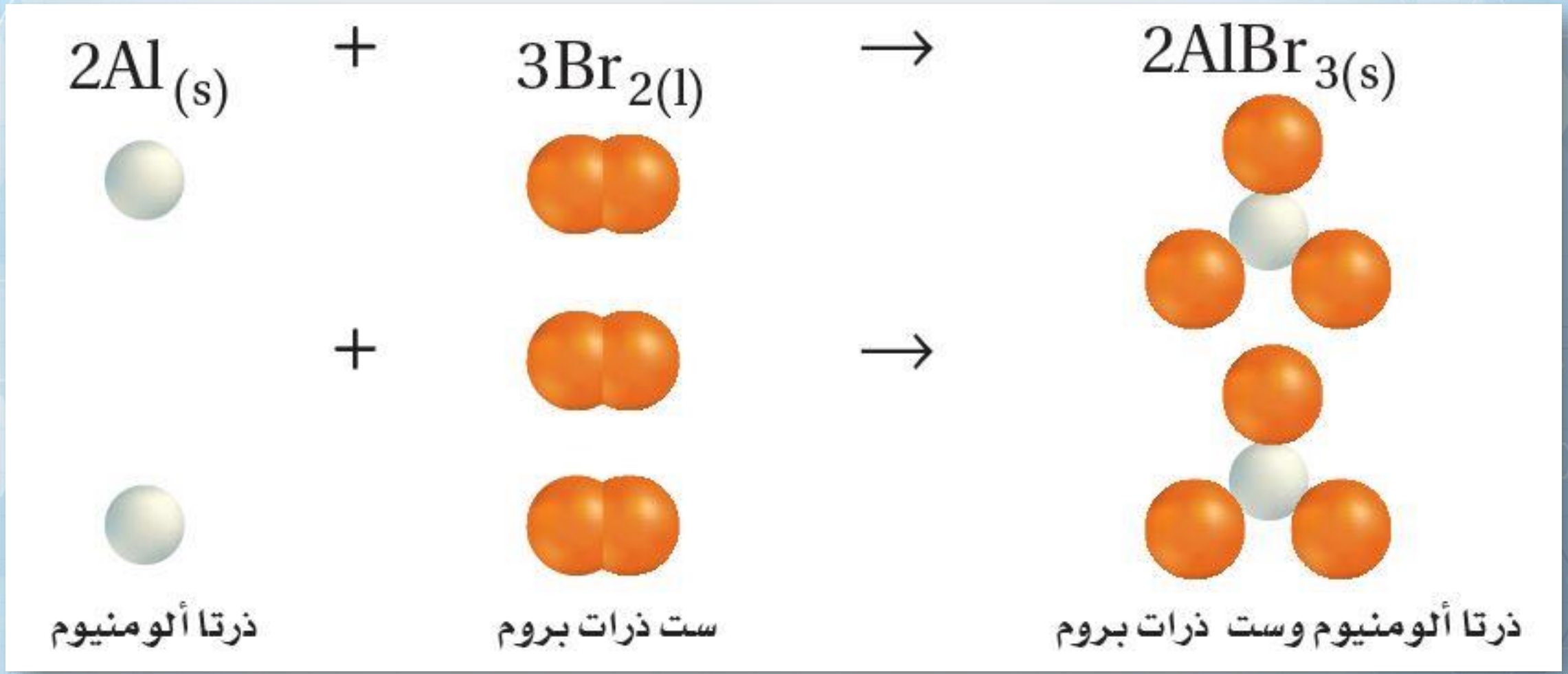
- هي معادلة تظهر أعداد متساوية من الذرات لكل من المتفاعلات و الناوتج على جانبي السهم و فيها يتم استخدام الصيغ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمنة في التفاعل الكيميائي و كمياتها النسبية .

وزن المعادلات الكيميائية

- عند وزن المعادلة الكيميائية يجب أن تكتب المعاملات الصحيحة للصيغ الكيميائية في المعادلة الرمزية.
- المعامل هو عدد صحيح يكتب قبل المادة المتفاعلة أو الناتجة. و إذا كانت قيمة المعامل يساوي ١ فإنه لا يكتب في المعادلة. و هي أبسط نسبة صحيحة لكميات كل من التفاعلات و النواتج.

$$2Al_{(s)} + 3Br_{2(l)} \rightarrow 2AlBr_{3(s)}$$

تابع وزن المعادلات الكيميائية

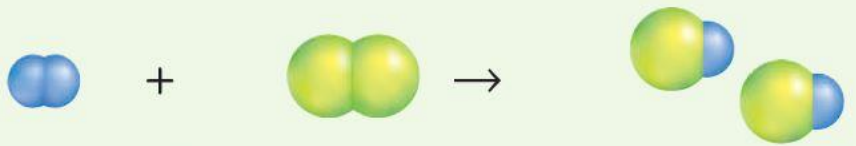


خطوات وزن المعادلات

الجدول 7–4 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

تابع خطوات وزن المعادلات

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 2 ذرة هيدروجين 2 ذرة كلور 
5	**اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة**، بحيث تكون المعاملات أصغر أعداد صحيحة ممكنة. فالنسبة $1H_2 : 1Cl_2 : 2HCl$ (1:1:2) هي أصغر نسبة ممكنة، لأنه لا يمكن اختصارها أكثر من ذلك وتظل أعدادًا صحيحة .	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ $1H_2 : 1Cl_2 : 2HCl$ 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.

تابع خطوات وزن المعادلات

مثال 1–4

كتابة معادلة كيميائية رمزية موزونة اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة للتفاعل بين محلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول بروميد الكالسيوم لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الصلب ومحلول بروميد الصوديوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي. لذا ابدأ بمعادلة كيميائية غير موزونة مستخدمًا الخطوات في **الجدول 7–4** لوزنها

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل. تأكد من وضع المتفاعلات عن يسار السهم، والنواتج عن يمينه. وافصل المواد بإشارة (+)، ووضح حالاتها الفيزيائية. $NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + NaBr_{(aq)}$

عُدّ ذرات كل عنصر في المتفاعلات: 1Na, 1 O, 1 H, 1 Ca, 2 Br

عدّ ذرات كل عنصر في النواتج: 1Ca, 2 O, 2 H, 1 Na, 1 Br

أدخل المعامل 2 قبل NaOH لوزن ذرات الصوديوم والبروم.

$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$

أدخل المعامل 2 قبل NaBr لوزن ذرات الصوديوم والبروم.

$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 2NaBr_{(aq)}$

اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة.

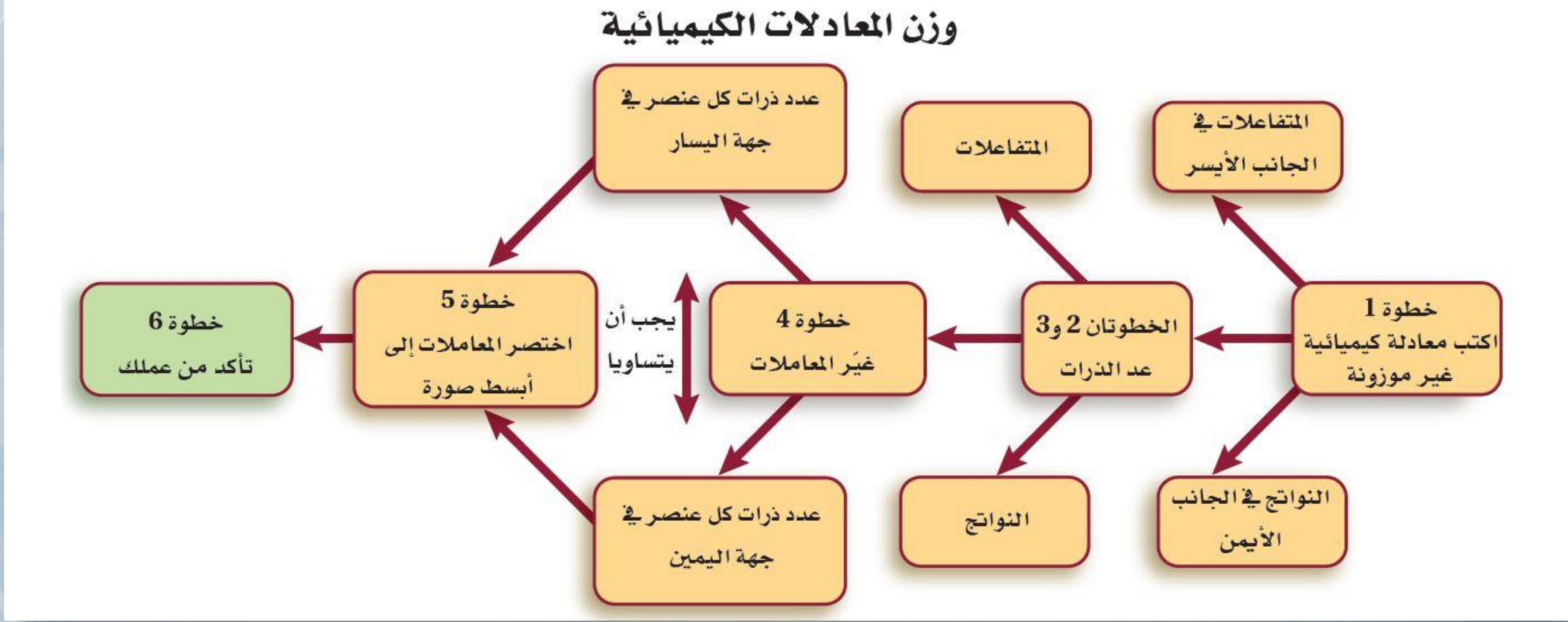
نسبة المعاملات: 2 : 1 : 1 : 2

تأكد أن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.

النواتج: 2Na, 2O, 2H, 1 Ca, 2 Br

المتفاعلات: 2Na, 2O, 2H, 1 Ca, 2 Br

تابع خطوات وزن المعادلات



2-4: تصنيف التفاعلات الكيميائية

أنواع التفاعلات الكيميائية

- بصورة عامة يمكن تصنيف التفاعلات الكيميائية إلى أربعة أنواع و هي : التكوين و الاحتراق والتفكك و الإحلال.

تفاعلات التكوين

- تفاعل التكوين : تفاعل تتحد فيه مادتان أو أكثر لتكوين مادة واحدة:

$$A + B \rightarrow AB$$

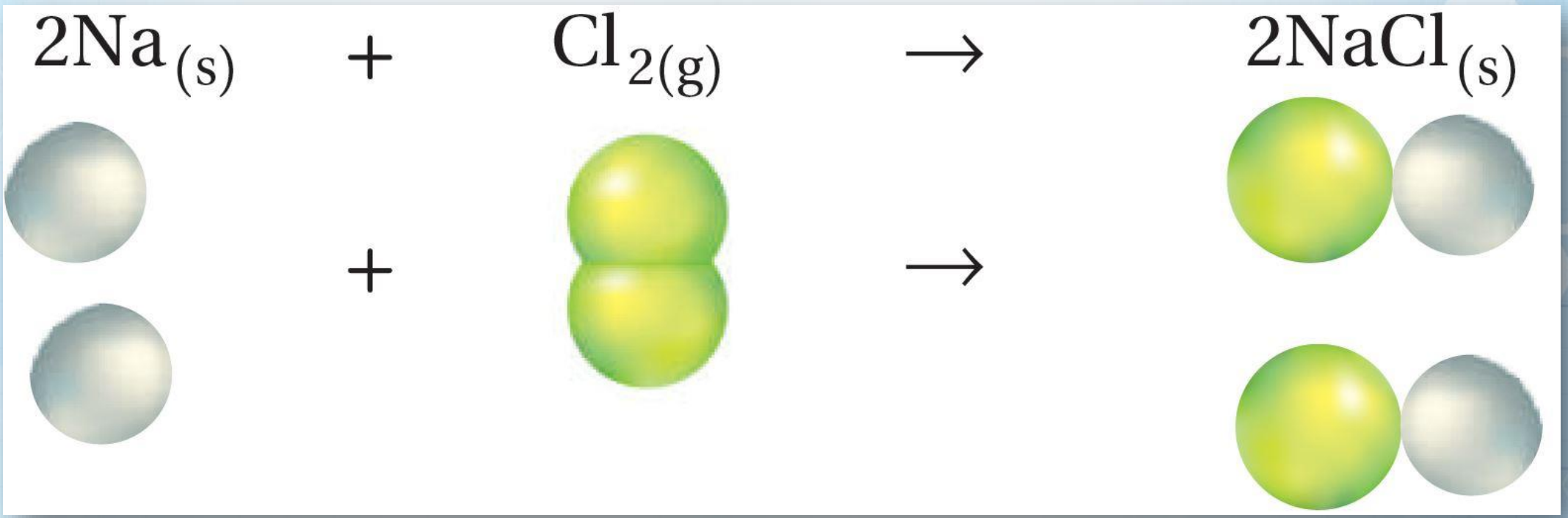
- النوع الأول : تفاعل مركبين لتكوين مادة جديدة : تفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم

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

تابع تفاعلات التكوين

❖ النوع الثاني : تفاعل عنصرين لتكوين مادة جديدة : تفاعل الصوديوم مع الكلور لإنتاج كلوريد الصوديوم

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2NaCl_{(s)}$$



تابع تفاعلات التكوين

❖ النوع الثالث : تفاعل عنصر مع مركب لتكوين مادة جديدة : تفاعل الاكسجين (عنصر) مع ثاني أكسيد الكبريت (مركب) لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت

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

تفاعلات الاحتراق

❖ تفاعل الاحتراق : تفاعل ينتج عن اتحاد الأكسجين مع مادة كيميائية و ينتج عنهما بالإضافة إلى المواد الناتجة طاقة على شكل حرارة و ضوء.مثال : تفاعل المغنيسيوم مع الاكسجين (الصورة الجانبية) و احتراق الفحم للحصول على الطاقة

$$C_{(s)} + O_{2\ (g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

تابع تفاعلات الاحتراق

- ليس جميع تفاعلات الاحتراق تفاعلات تكوين (أي ينتج عنها مادة واحدة فقط) و لكن قد ينتج عنها أكثر من ناتج ، كما هو الحال عند احتراق غاز الميثان CH_4 (المكون الرئيس للغاز الطبيعي) حيث ينتج عن ذلك مادتين وهما ثاني أكسيد الكربون CO_2 و الماء H_2O.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

تفاعلات التفكك

- تفاعل التفكك : تفاعل يتفكك فيه مركب واحد بسبب وجود ضوء أو حرارة أو كهرباء لإنتاج عنصرين أو مركبات جديدة ، و هي عكس تفاعلات التكوين.

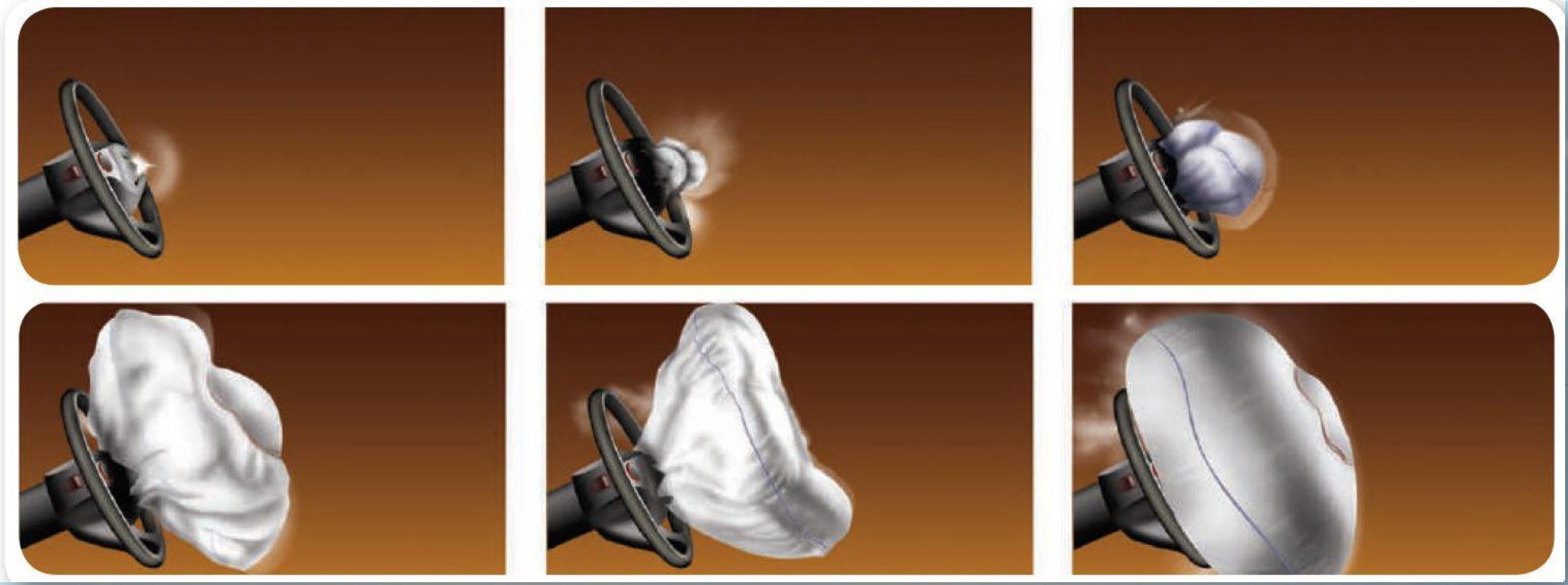
$$AB \rightarrow A + B$$

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

تابع تفاعلات التفكك

❖ يستغل تفاعل تفكك أزيد الصوديوم في نفخ أكياس الهواء (أكياس السلامة) في السيارات.

$$2NaN_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2N_{a(s)} + 3N_{2\,(g)}$$



تفاعلات الاحلال

❖ تفاعل الاحلال: إحلال عنصر محل عنصر آخر في مركب. و هي نوعان:

أ – الاحلال البسيط: إحلال ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب ما.

$$A + BX \rightarrow AX + B$$

مثال: عند وضع قطعة من النحاس في محلول نترات الفضة فإن النحاس يحل محل الفضة و ينتج عن ذلك محلول نترات النحس و ترسيب الفضة.

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

❖ لا يحل عادة فلز محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء لأن الفلزات تختلف في نشاطها ، و يقصد بالنشاط مقدرة الفلز على التفاعل مع مادة أخرى فالفلز الأكثر نشاطا يحل محل الفلز الأقل نشاطا في محاليله و العكس صحيح. فمثلا عن وضع سلك من الفضة في محلول نترات النحاس فإنه لا يحدث تفاعل ، أي لا يحل الفضة محل النحاس في محاليه لأن الفضة أقل نشاطا من النحاس.

تابع تفاعلات الاحلال

- يمكن للافلز الأكثر نشاطا أن يحل محل اللافلز الأقل نشاطا في المركب الذائب في الماء.

$$F_{2(g)} + 2NaBr_{(aq)} \rightarrow 2NaF_{(aq)} + Br_{2(l)}$$

- و بالطبع لا يمكن أن يحل البروم محل الفلور في مـركبه الذائب في الماء لأن البروم أقل نشاطا من الفلور.

$$Br_{2(l)} + 2NaF_{(aq)} \rightarrow NR$$

يقصد ب NR للدلالة على عدم حدوث تفاعل كيميائي (No Reaction)

تابع تفاعلات الاحلال

مثال 2–4

تفاعلات الإحلال البسيط توقع نواتج التفاعلات الكيميائية الآتية، واكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة تمثل كلًّا منها:

a. $Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow$

b. $Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow$

c. $Mg_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow$

1 تحليل المسألة

استخدم **الشكل 15–1** لتحدد ما إذا كان كل من التفاعلات الكيميائية السابقة سيحدث أم لا، وحدِّد نواتج كل تفاعل يتوقع حدوثه، واكتب معادلة كيميائية رمزية تمثل التفاعل، وزِنْها.

2 حساب المطلوب

a. يقع الحديد قبل النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. ولهذا فإن التفاعل سيحدث؛ لأن الحديد أنشط من النحاس. وفي هذه الحالة يحل الحديد محل النحاس، وتكون المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل على النحو الآتي:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

وهذه المعادلة موزونة.

تابع تفاعلات الاحلال

b. البروم أقل نشاطًا من الكلور؛ لأنه يقع بعد الكلور في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا لا يحدث تفاعل. ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة الكيميائية الرمزية الآتية:

$$Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow NR$$

وفي هذه الحالة لا تتطلب المعادلة وزنًا.

c. يقع الماغنسيوم قبل الألومنيوم في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا فإن التفاعل سيحدث؛ لأن الماغنسيوم أنشط من الألومنيوم. وفي هذه الحالة يحل الماغنسيوم محل الألومنيوم، وتكون المعادلة الكيميائية الرمزية غير الموزونة للتفاعل:

$$Mg_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + Al_{(s)}$$

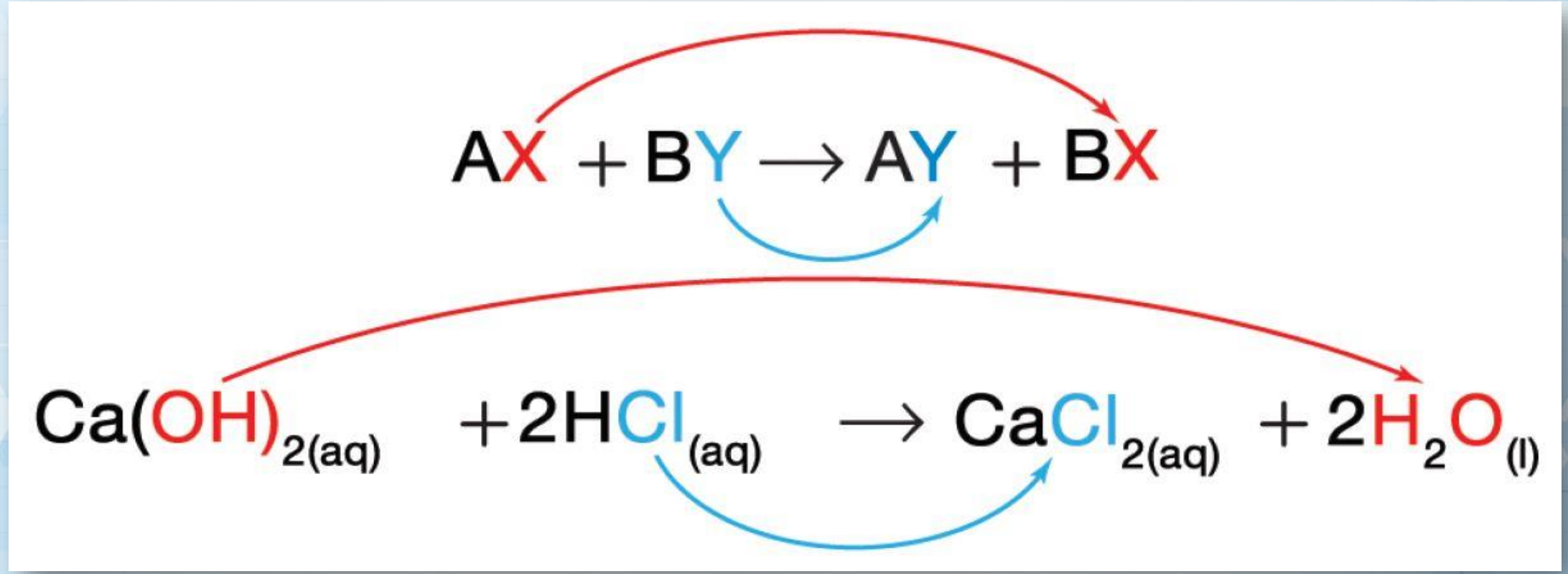
والمعادلة الموزونة هي: $3Mg_{(s)} + 2AlCl_{3(aq)} \rightarrow 3MgCl_{2(aq)} + 2Al_{(s)}$

3 تقويم الإجابة

تدعم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة في **الشكل 15–4** التوقعات. المعادلات الكيميائية موزونة؛ لأن عدد الذرات هو نفسه في طرفي المعادلة.

تابع تفاعلات الاحلال

أ – الاحلال المزدوج: تفاعل يتم فيه تبادل الأيونات بين مركبين.



تابع تفاعلات الاحلال

❖ تفاعل هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع كلوريد النحاس $CuCl_2$ تفاعل مزدوج.

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

❖ المادة الصلبة التي تنتج خلال تفاعل كيميائي في محلول ما تسمى راسبا .

نواتج تفاعلات الإحلال المزدوج

❖ جميع تلك التفاعلات ينتج عنها ماء أو رتاسبا أو غازا.

الجدول 8–4 الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج

الخطوات	مثـــال
1. اكتب الصيغ الكيميائية للمتفاعلات.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4$
2. عيّن الأيونات الموجبة والسالبة في كل مركب.	$Al(NO_3)_3$ 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.	SO_4^{2-} يرتبط مع Al^{3+} NO_3^- يرتبط مع H^+
4. اكتب الصيغ الكيميائية للنواتج مستعينًا بالخطوة 3.	$Al_2(SO_4)_3$ HNO_3
5. اكتب المعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الإحلال المزدوج.	$Al(NO_3)_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + HNO_{3(aq)}$
6. زن المعادلة.	$2Al(NO_3)_{3(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + 6HNO_{3(aq)}$

3-4: التفاعلات في المحاليل المائية

المحاليل المائية

- المحلول المائي: محلول يحتوي على مادة مذابة أو أكثر في الماء .
- تسمى المادة المذابة : مذاب ، و يسمى الماء (أكبر مكونات المحلول) : مذيب .

المركبات الجزيئية في المحلول

- هناك بعض المركبات مثل السكر و الإيثانول تذوب في الماء على شكل جزيئات.
- هناك مواد جزيئية تساهمية عندما تذوب في الماء تكون أيونات. فمثلا عند ذوبان كلويد الهيدروجين في الماء فإنه يكون أيونات الكلوريد و أيونات الهيدروجين.

$$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

- المركبات التي تنتج أيونات الهيدروجين في المحلول مثل كلوريد الهيديوجين تسمى أحماضا.
- يسمى محلول كلوريد الهيدروجين المائي باسم حمض الهيدروكلوريك.

المركبات الأيونية في المحلول

- المركبات الأيونية هي المركبات التي تتكون من أيونات موجبة و ايونات سالبة مرتبطة معا بروابط أيونية.
- عندما تذوب هذه المركبات في الماء فإن الايونات تنفصل عن بعضها البعض و تسمى هذه العملية بعملية التفكك.

أنواع التفاعلات في المحاليل المائية

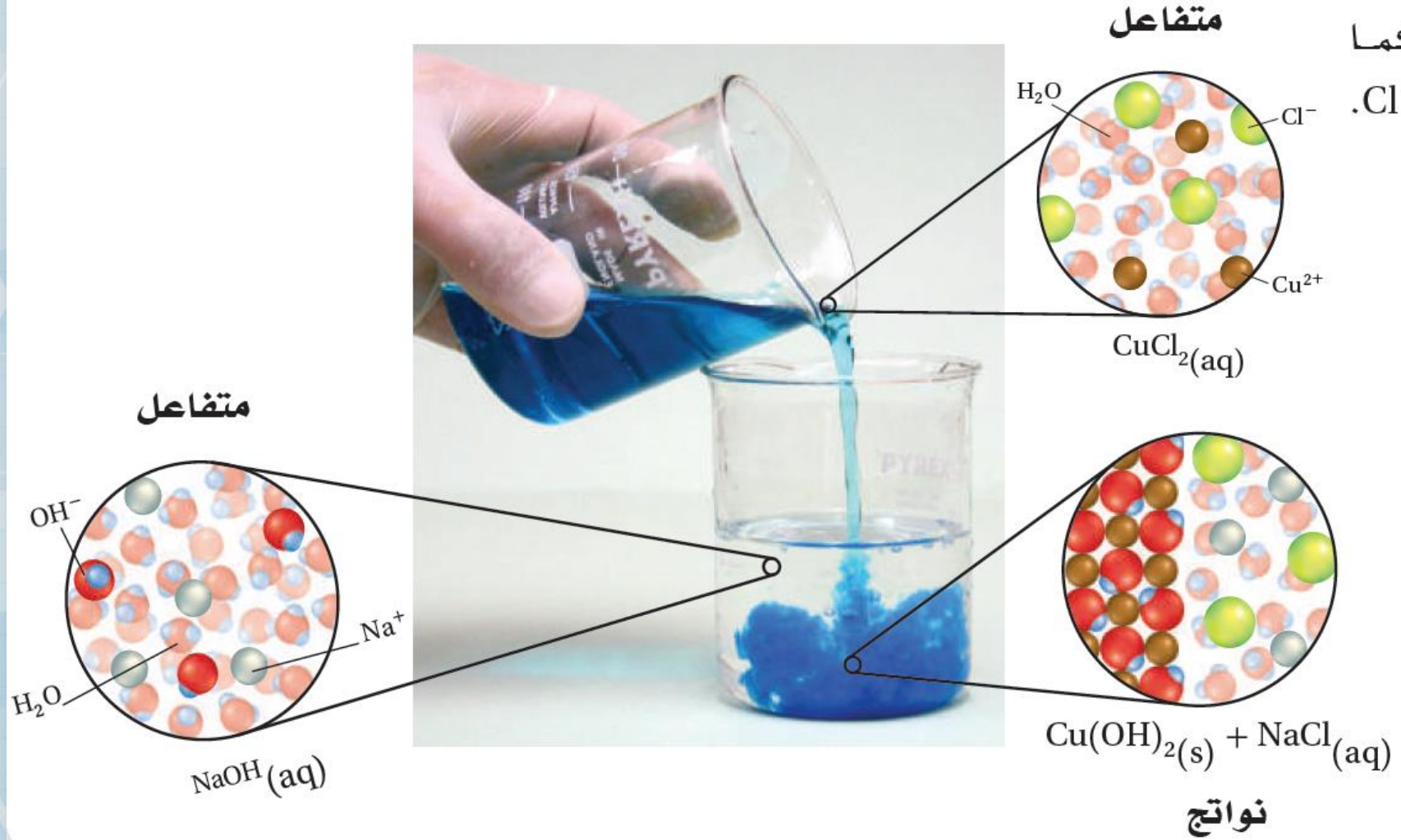
التفاعلات التي تكون رواسب

- تفاعل هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ مع كلوريد النحاس $CuCl_2$ تفاعل مزدوج.

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

- المادة الصلبة $Cu(OH)_2$ التي نتجت خلال التفاعل الكيميائي تسمى راسبا .

الشكل 19–4 يتفكك NaOH في الماء إلى أيوني Na^+ و OH^-، كما يتفكك $CuCl_2$ إلى أيوني Cu^{2+} و Cl^-.



المعادلات الأيونية

- في العادلة الأيونية يتم كتابة المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تكتب كأيونات في المعادلة.
- لتفاعل هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع كلوريد النحاس $CuCl_2$ ، يتم كتابة المواد المتفاعلة و الناتج NaCl (لأنه موجود على شكل أيونات منفصلة) .

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

- المعادلة الأيونية الكاملة: المعادلة التي تبين الجسيمات في المحلول.
- الأيونات التي لم تشارك في التفاعل تسمى الأيونات المتفرجة : مثل أيونات الصوديوم و الكلور.
- المعادلة الأيونية الكاملة هي المعادلة النهائية التي تم فيها شطب الأيونات المتفرجة.

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

مثال 3–4

التفاعلات التي تكوّن راسبًا اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل محلول نترات الباريوم مع محلول كربونات الصوديوم الذي يكوّن راسبًا من كربونات الباريوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت أسماء المركبات للمواد المتفاعلة والناتج. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الكميات النسبية للمواد المتفاعلة والناتجة. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والناتجة. وبشطب الأيونات المتفرجة من طرفي هذه المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

2 حساب المطلوب

اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة والحالات الفيزيائية لكل المواد في التفاعل:

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

زن المعادلة الكيميائية الرمزية

$$Ba(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة

$$Ba^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + 2Na^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة

$$Ba^{2+}_{(aq)} + \cancel{2NO_3^-{}_{(aq)}} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2NO_3^-{}_{(aq)}}$$

اكتب المعادلة الأيونية النهائية

$$Ba^{2+}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow BaCO_{3(s)}$$

3 تقويم الإجابة

المعادلات موزونة؛ لأن عدد الذرات هو نفسه في طرفيها. وتشتمل المعادلة الأيونية النهائية على عدد أقل من المواد، وتبين الأيونات المتفاعلة لتكوين الراسب (المادة الصلبة).

التفاعلات التي تُكون ماء

- في هذا النوع من التفاعلات يحدث تكون للماء فيزيد من عدد جزيئات المذيب (الماء) .
- في هذا النوع من التفاعلات لا يلاحظ أي إشارة لحدوث تفاعل كيميائي.
- مثال : عند تفاعل حمض الهيدروبروميك HBr مع هيدروكسيد الصوديوم NaOH فإنه يحدث تفاعل إحلال مزدوج كما يلي:

$$HBr + NaOH \rightarrow NaBr + H_2O$$

نلاحظ من التفاعل أن المواد المتفاعلة و كذلك بروميد الصوديوم توجد على شكل أيونات كما يلي:

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

- عند حذف الأيونات المتفرج تبقى فقط الأيونات التي تشارك في التفاعل

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

- تفاعل حمض مع قاعدة يعرف باسم تفاعل التعادل.

مثال 4–4

التفاعلات التي تكون ماء اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع محلول هيدروكسيد الليثيوم الذي يكوّن ماء ومحلول كلوريد الليثيوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المتفاعلات والنواتج. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الصيغ الكيميائية والكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمتفاعلات والنواتج. وبشطب الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كيميائية رمزية للتفاعل، ثم زنها.

$$HCl_{(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + LiCl_{(aq)}$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة.

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

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة.

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

اكتب المعادلة الأيونية النهائية.

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

3 تقويم الإجابة

تشتمل المعادلة الأيونية النهائية على عدد أقل من المواد، وتبين الأيونات المتفاعلة التي تكون الماء.

التفاعلات التي تُكون غازات

- في هذا النوع من التفاعلات يحدث تكون للغازات مثل CO_2 أو HCN أو H_2S .
- مثال : عند تفاعل حمض الهيدرويوديك HI مع كبريتيد الليثيوم Li_2S يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S .

$$HI + Li_2S \rightarrow H_2S + 2LiI$$

نلاحظ أن جميع المواد توجد على شكل أيونات ما عدا H_2S كما يلي:

$$2H^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2Li^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2Li^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)}$$

- عند حذف الأيونات المتفرج تبقى فقط الأيونات التي تشارك في التفاعل

$$2H^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)}$$

تابع التفاعلات التي تُكون غازات

- من التفاعلات التي ينتج عنها غازات تفاعل بيكربونات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك حيث ينتج عنه تصاعد غاز CO_2 .
- يحدث التفاعل السابق على خطوتين تحدثان بالتزامن مع بعضها البعض:

أ – تفاعل إحلال مزدوج :

$$HCl_{(aq)} + NaHCO_{3(aq)} \rightarrow HaCO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)}$$

ب – تفاعل تفكك لكربونات الصوديوم H_2CO_3

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

- بجمع المعادلتين السابقتين و بحذف من طرفي المعادلة نحصل على المعادلة النهائية للتفاعل:

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

- يمكن الآن كتابة المعادلة الأيونية كما يلي:

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

تابع التفاعلات التي تُكون غازات

وتلاحظ أن أيونات الصوديوم وأيونات الكلور هي الأيونات المتفرجة، لذا يمكن حذفها من طرفي المعادلة، وكتابة المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل كالآتي:

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

مثال 5–4

التفاعلات التي تكوّن غازات اكتب كلًّا من المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول كبريتيد الصوديوم، والذي ينتج عنه غاز كبريتيد الهيدروجين ومحلول كلوريد الصوديوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المعادلة اللفظية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك HCl وكبريتيد الصوديوم Na_2S. يجب أن تكتب المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل وتزنها. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة يجب أن توضح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والناتجة. وبحذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

تابع التفاعلات التي تُكون غازات

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الصحيحة للتفاعل.

$$HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + NaCl_{(aq)}$$

زن المعادلة الكيميائية

$$2HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2NaCl_{(aq)}$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة

$$2H^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة

$$2H^+_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + \cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}}$$

اكتب المعادلة الأيونية النهائية بأصغر نسبة عددية صحيحة.

$$2H^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)}$$

3 تقويم الإجابة

المعادلة الأيونية الكلية تبين الأيونات المشاركة في التفاعل.