دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الكيمياء

كتاب الطالب

للسنة الثانية من مرحلة التعليم الثانوي

(القسم العلمي)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

جميع الحقوق محفوظة: لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب، أوتخزينه،أو تسجيله، أو تصويره بأية وسيلة داخل ليبيا دون موافقة خطية من إدارة المناهج بمركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية بليبيا.

1441-1440هـ
2020-2019م

التمهيد

يولي الكتاب الدراسي بهذه السلسلة اهتمامًا بالبيئة، وموارد العالم المتناقصة من المواد الخام والوقود الحفري، وبضرورة إعادة تدوير وحفظ المواد، كما يناقش العوامل الاقتصادية والاجتماعية التي تؤثر في صناعة المواد الكيميائية وأهمية تلك المواد في حياتنا اليومية، وقد أدرجت كلما أمكن تلك المعلومات في صورة أشكال توضيحية، وجداول، وأشكال بيانية، وصور فوتوغرافية.

وتوجد في كل وحدة أسئلة قصيرة وبسيطة لتقويم فهم الطالب للمواضيع، وتساعد أنشطة **فكر علميًا** في تطبيق مهارات التفكير. ويسمح **ركن التفكير** بتطبيق مهارات معالجة العلم، والتفكير في المشكلات بتتابع منطقي. وتوجد أيضًا مجموعة كبيرة من أسئلة الاختيار من متعدد، والأسئلة التركيبية ليألف الطالب متطلبات الامتحانات النهائية في الكيمياء.

وتبدأ كل وحدة بقائمة قصيرة تتضمن أهدافًا واضحة، تساعد الطالب في التركيز على أهداف تعليمية معينة. وتعزز التدريبات **مراجعة سريعة** على التعلم، وتؤكد على تحقق الأهداف التعليمية. وتنتهي كل وحدة **بملخص** يوضح أهم المفاهيم والمعلومات، و**بخريطة مفاهيم** أو مخطط بياني يبين العلاقة بينها.

صمم الكتاب الدراسي بعناية لدمج مهارات التفكير، والتربية الوطنية ضمن المحتوى، وتم تمييزهما كلما وردتا بالأيقونتين التاليتين :

لتطبيق مهارات التفكير

لرسائل التربية الوطنية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

المحتويات

الكتل الذرية النسبية د

الجدول الدوري للعناصر هـ

الوحدة (1) تفاعلات الأخسدة (اختزال وأكسدة) 9–18

أهداف التعلم 9

1–1 الأكسدة والاختزال: اكتساب أو فقد أكسجين 10

2–1 تفاعلات الأخسدة: اختزال وأكسدة في نفس الوقت 11

ملخص 14

خريطة مفاهيم 15

أسئلة مراجعة 16

ركن التفكير 18

الوحدة (2) الكهرباء والكيمياء 19–34

أهداف التعلم 19

1–2 الأدوات الكهربائية والرموز الدالة على الدائرة الكهربائية 20

2–2 الموصلات واللاموصلات: الكهرباء والمواد الصلبة 20

3–2 الإلكتروليتات واللاإلكتروليتات: الكهرباء والسوائل 21

4–2 التحليل الكهربائي: التحلل بإمرار الكهرباء 23

5–2 أ التحليل الكهربائي لبروميد الرصاص (II): فقط عندما يكون مصهورًا 24

5–2 ب التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركز (ماء مالح) 24

6–2 التحليل الكهربائي لمحلول حمض الكبريتيك 25

7–2 العوامل المؤثرة على التحليل الكهربائي 26

8–2 التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي 27

9–2 الطلاء بالكهرباء: التغطية بطبقة رقيقة واقية من فلز 28

10–2 تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية: الخلايا والنضائد 28

11–2 الخلايا الجافة: سهلة النقل ورخيصة الثمن 29

ملخص 30

خريطة مفاهيم 31

أسئلة مراجعة 32

ركن التفكير 34

الوحدة (3) الطاقة من المواد الكيميائية 35–48

أهداف التعلم 35

1–3 تحول الطاقة الكيميائية إلى حرارة: تغيرات طاردة وماصة للحرارة 36

2–3 تكوين وكسر الروابط 37

3–3 تفاعلات طاردة للحرارة: تطلق حرارة 38

4–3 تفاعلات ماصة للحرارة: تمتص حرارة 40

5–3 توفير الطاقة 42

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

	ملخص	44
	خريطة مفاهيم	45
	أسئلة مراجعة	46
	ركن التفكير	48
الوحدة (4)	**سرعة التفاعل والاتزان الديناميكي**	**64–49**
	أهداف التعلم	49
4–1	تفاعلات سريعة وبطيئة: معدل التغير الكيميائي	50
4–2	قياس سرعة التفاعل: تغيرات مرئية	50
4–3	العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي	52
4–4	عوامل الحفز والأنزيمات	56
	ملخص	60
	خريطة مفاهيم	61
	أسئلة مراجعة	62
	ركن التفكير	64
الوحدة (5)	**الأحماض والقواعد**	**79–65**
	أهداف التعلم	65
5–1	الأحماض: الخواص والتفاعلات	66
5–2	الحامضية تتطلب ماء	67
5–3	الأحماض القوية والضعيفة: تأين تام أو جزئي	69
5–4	الأدلة: إظهار الحامضية أو القلوية	69
5–5	الدالة pH: قوة حمض أو قلوي	70
5–6	القواعد: الخواص والتفاعلات	71
5–7	التعادل: تفاعل أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد	73
5–8	أنواع الأكاسيد: قاعدية، أو حامضية، أو متعادلة، أو أمفوتيرية	74
	ملخص	75
	خريطة مفاهيم	75
	أسئلة مراجعة	77
	ركن التفكير	79
الوحدة (6)	**الأمـــلاح**	**90–80**
	أهداف التعلم	80
6–1	الأملاح: استبدال هيدروجين الأحماض	81
6–2	ذوبانية الأملاح: أيها يذوب؟	82
6–3	تحضير الأملاح الذوابة	83
6–4	تحضير الأملاح غير الذوابة: الترسيب الأيوني	86
	ملخص	87
	خريطة مفاهيم	87
	أسئلة مراجعة	88
	ركن التفكير	90
	مسرد	**91**
	الإجابات	**99**

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الكتل الذرية النسبية

يبين الجدول التالي الكتل الذرية النسبية ورموز العناصر. الكتل الذرية النسبية مقربة إلى رقم عشري واحد. وقيم الكتل الذرية النسبية للعناصر المشعة غير موضحة.

العنصر	الرمز	A_r	العنصر	الرمز	A_r	العنصر	الرمز	A_r
أكتينيوم	Ac	–	هافنيوم	Hf	178.5	بوتاسيوم	K	39.1
ألومنيوم	Al	27.0	هاهنيوم	Ha	–	براسيوديميوم	Pr	140.9
أمريكيوم	Am	–	هيليوم	He	4.0	بروميثيوم	Pm	–
أنتيمون	Sb	121.8	هوليوم	Ho	164.9	بروتاكتنيوم	Pa	–
أرجون	Ar	39.9	هيدروجين	H	1.0	راديوم	Ra	–
زرنيخ	As	74.9	انديوم	In	114.8	رادون	Rn	–
استاتين	At	–	يود	I	126.9	رينيوم	Re	186.2
باريوم	Ba	137.3	ايريديوم	Ir	192.2	روديوم	Rh	102.9
بركيليوم	Bk	–	حديد	Fe	55.8	روبيديوم	Rb	85.5
بريليوم	Be	9.0	كربتون	Kr	83.8	روثينيوم	Ru	101.1
بزموت	Bi	209.0	كيوتاتونيوم	Ku	–	سماريوم	Sm	150.4
بورون	B	10.8	لانثانوم	La	138.9	سكانديوم	Sc	45.0
بروم	Br	79.9	لورنسيوم	Lr	–	سيلينيوم	Se	79.0
كادميوم	Cd	112.4	رصاص	Pb	207.2	سيليكون	Si	28.1
كالسيوم	Ca	40.1	ليثيوم	Li	6.9	فضة	Ag	107.9
سيزيوم	Cs	132.9	لوتشيوم	Lu	175.0	صوديوم	Na	23.0
كاليفورنيوم	Cf	–	ماغنسيوم	Mg	24.3	سترونشيوم	Sr	87.6
كربون	C	12.0	منجنيز	Mn	54.9	كبريت	S	32.1
سيريوم	Ce	140.1	مندليفيوم	Md	–	تنتالوم	Ta	180.9
كلور	Cl	35.5	زئبق	Hg	200.6	تكنيتيوم	Tc	–
كروم	Cr	52.0	موليبدنيوم	Mo	95.9	تلوريوم	Te	127.6
كوبالت	Co	58.9	نيوديميوم	Nd	144.2	تربيوم	Tb	158.9
نحاس	Cu	63.5	نيون	Ne	20.2	ثاليوم	Tl	204.4
كوريوم	Cm	–	نبتونيوم	Np	–	ثوريوم	Th	232.0
ديسبروسيوم	Dy	162.5	نيكل	Ni	58.7	ثليوم	Tm	169.9
اينشتانيوم	Es	–	نيوبيوم	Nb	92.9	قصدير	Sn	118.7
إربيوم	Er	167.3	نيتروجين	N	14.0	تيتانيوم	Ti	47.9
إيروبيوم	Eu	152.0	نوبليوم	No	–	تنجستن	W	183.9
فرميوم	Fm	–	أوزميوم	Os	190.2	يورانيوم	U	238.0
فلور	F	19.0	أكسجين	O	16.0	فاناديوم	V	50.9
فرانسيوم	Fr	–	بالاديوم	Pd	106.4	زينون	Xe	131.3
جادولينيوم	Gd	157.3	فوسفور	P	31.0	إتربيوم	Yb	173.0
جاليوم	Ga	69.7	بلاتين	Pt	195.1	إتريوم	Y	88.9
جرمانيوم	Ge	72.6	بلوتونيوم	Pu	–	خارصين	Zn	65.4
ذهب	Au	197.0	بولونيوم	Po	–	زركونيوم	Zr	91.2

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الجدول الدوري للعناصر

المجموعة																	
I	II										III	IV	V	VI	VII	VIII
							1 H هيدروجين 1									4 He هيليوم 2
7 Li ليثيوم 3	9 Be بريليوم 4										11 B بورون 5	12 C كربون 6	14 N نيتروجين 7	16 O أكسجين 8	19 F فلور 9	20 Ne نيون 10
23 Na صوديوم 11	24 Mg ماغنسيوم 12										27 Al ألومنيوم 13	28 Si سيليكون 14	31 P فوسفور 15	32 S كبريت 16	35.5 Cl كلور 17	40 Ar أرجون 18
39 K بوتاسيوم 19	40 Ca كالسيوم 20	45 Sc سكانديوم 21	48 Ti تيتانيوم 22	51 V فاناديوم 23	52 Cr كروم 24	55 Mn منجنيز 25	56 Fe حديد 26	59 Co كوبلت 27	59 Ni نيكل 28	64 Cu نحاس 29	65 Zn خارصين 30	70 Ga جاليوم 31	73 Ge جرمانيوم 32	75 As زرنيخ 33	79 Se سيلينيوم 34	80 Br بروم 35	84 Kr كريبتون 36
85 Rb روبيديوم 37	88 Sr سترانشيوم 38	89 Y إتريوم 39	91 Zr رزكونيوم 40	93 Nb نيوبيوم 41	96 Mo موليدينوم 42	Tc تكنيتيوم 43	101 Ru روثينيوم 44	103 Rh روديوم 45	106 Pd بالاديوم 46	108 Ag فضة 47	112 Cd كادميوم 48	115 In أنديوم 49	119 Sn قصدير 50	122 Sb أنتيمون 51	128 Te تلوريوم 52	127 I يود 53	131 Xe زينون 54
133 Cs سيزيوم 55	137 Ba باريوم 56	139 La لانثانوم 57 *	178 Hf هافنيوم 72	181 Ta تنتاليوم 73	184 W تنجستن 74	186 Re رينيوم 75	190 Os أوزميوم 76	192 Ir إيريديوم 77	195 Pt بلاتين 78	197 Au ذهب 79	201 Hg زئبق 80	204 Tl ثاليوم 81	207 Pb رصاص 82	209 Bi بزموت 83	Po بولونيوم 84	At استاتين 85	Rn رادون 86
Fr فرانسيوم 87	226 Ra راديوم 88	227 Ac أكتينيوم 89 †															

140 Ce سيريوم 58	141 Pr براسيوديميوم 59	144 Nd نيوديميوم 60	Pm بروميثوم 61	150 Sm سماريوم 62	152 Eu إيروبيوم 63	157 Gd جادولينيوم 64	159 Tb تربيوم 65	162 Dy ديسبروسيوم 66	165 Ho هولميوم 67	167 Er إربيوم 68	169 Tm ثليوم 69	173 Yb إتربيوم 70	175 Lu لوتشيوم 71
232 Th ثوريوم 90	Pa بروتاكتينيوم 91	238 U يورانيوم 92	Np نبتونيوم 93	Pu بلوتونيوم 94	Am أمريكيوم 95	Cm كوريوم 96	Bk بركيليوم 97	Cf كاليفورنيوم 98	Es اينثتانيوم 99	Fm فرميوم 100	Md مندليفيوم 101	No نوبليوم 102	Lr لورنسيوم 103

*58-71 سلسلة اللانثانيدات

†90-103 سلسلة الأكتينيدات

المفتاح ${}^{a}_{b}X$

a = الكتلة الذرية النسبية

X = الرمز الذري

b = عدد البروتونات

جميع الحقوق محفوظة لمركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

1

تفاعلات الأخسدة (اختزال وأكسدة)

Redox Reactions

الصدأ تفاعل أخسدة، حيث يتأكسد فلز الحديد إلى أيونات حديد (III) بفقد إلكترونات، ويُختزل الأكسجين في الهواء إلى أيونات أكسيد باكتساب إلكترونات. وتكون النتيجة تكوُّن أكسيد حديد (III) ..... الصدأ.

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

- ✔ **تُعَرِّف** الأكسدة باعتبارها اكتساب أكسجين أو فقد إلكترونات.
- ✔ **تُعَرِّف** الاختزال باعتباره اكتساب هيدروجين أو اكتساب إلكترونات.
- ✔ **تستنتج** أن العامل المؤكسد يساعد على الأكسدة، حيث يعطي أكسجين أو يكتسب إلكترونات.
- ✔ **تستنتج** أن العامل المختزل يساعد على الاختزال، حيث ينزع أكسجين أو يعطي إلكترونات.
- ✔ **تُعَرِّف** الأخسدة بدلالة انتقال إلكترونات وتغيرات في حالة التأكسد.
- ✔ **تشرح** الأخسدة بدلالة حدوث أكسدة واختزال في نفس الوقت.
- ✔ **تصف** استخدام محلول ثاني كرومات البوتاسيوم (VI) المحمض، ومحلول يوديد البوتاسيوم في اختبارات الكشف عن العوامل المختزلة، والعوامل المؤكسدة على التوالي من تغيرات اللون الناتجة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

1-1 الأكسدة والاختزال : اكتساب أو فقد أكسجين

Oxidation and Reduction: A Gain or Loss of Oxygen

توجد عدة تعريفات للأكسدة والاختزال :

الأكسدة اكتساب أكسجين، أو فقد هيدروجين.

الاختزال فقد أكسجين، أو اكتساب هيدروجين.

نرى من التعريفين، أن الاختزال هو عكس عملية الأكسدة. وتصنف أي عملية **احتراق** على أنها أكسدة، حيث تتضمن اكتساب أكسجين.

بخار ماء ثاني أكسيد الكربون أكسجين ميثان

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

عند احتراق الميثان، تكتسب ذرات الكربون في الميثان أكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون، ومن ثم فقد تأكسدت، كما يفقد الميثان هيدروجين، وهي أيضًا عملية أكسدة.

تسمى المواد التي تساعد على حدوث الأكسدة **عوامل مؤكسدة** (مؤكسدات). ويعتبر الأكسجين نفسه من العوامل المؤكسدة، ولكن يمكن أيضًا أن تعمل المواد التي تحتوي على كثير من الأكسجين في جزيئاتها كعوامل مؤكسدة. أما المواد التي تساعد على حدوث الاختزال فتسمى **عوامل مختزلة (مختزلات)**. وعلى سبيل المثال

ثاني أكسيد كربون نحاس أول أكسيد كربون أكسيد نحاس (II)

$$CuO(S) + CO(g) \longrightarrow Cu(S) + CO_2(g)$$

يُختزل أكسيد النحاس (II)، حيث يفقد أكسجين ويكون العامل المختزل هو أول أكسيد الكربون. وعلى العكس يتأكسد أول أكسيد الكربون، لأنه اكتسب أكسجين ويكون العامل المؤكسد هو أكسيد النحاس (II).

اختبر فهمك 1

في التفاعلات التالية، حدد المادة التي تأكسدت وتلك التي اختُزِلت :

(1) $PbO(s) + H_2(g) \longrightarrow Pb(\ell) + H_2O(g)$

(2) $ZnO(s) + C(s) \longrightarrow Zn(s) + CO(g)$

(3) $H_2S(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g) + S(s)$

(4) $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(\ell) + 3CO_2(g)$

(5) $PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \rightarrow PbSO_4(aq) + 4H_2O(\ell)$

ترميم الصور الزيتية القديمة

تُرمم الصور الزيتية القديمة بواسطة عملية أكسدة. تعتمد أغلب الدهانات في الصور الزيتية القديمة على عنصر الرصاص. ويتغير لون تلك الدهانات بمرور الزمن نتيجة تفاعلاتها مع الغازات الملوثة في الهواء، وخاصة غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S الذي يتفاعل مع أيونات الرصاص لتكوين كبريتيد رصاص أسود :

$$Pb^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \longrightarrow PbS(s)$$

ويمكن ترميم اللون الأبيض الأصلي عن طريق إعادة الدهان مرة أخرى بعامل مؤكسد مثل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 :

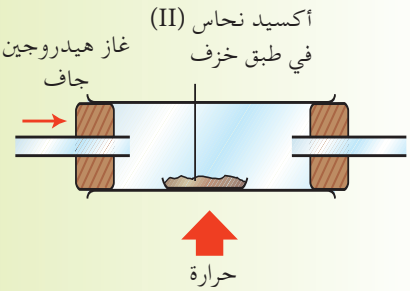
$$PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \longrightarrow PbSO_4(aq) + 4H_2O(\ell)$$

كبريتات رصاص بيضاء اللون

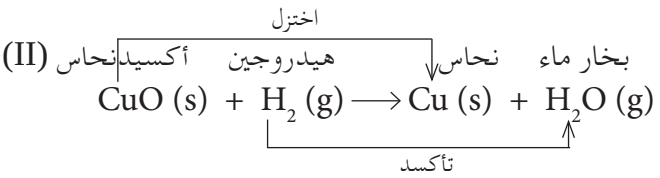
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2-1 تفاعلات الأكسدة: اختزال وأكسدة في نفس الوقت
Redox Reactions: Reduction and Oxidation at the Same Time

نجد عند تفحّص معظم تفاعلات الأكسدة والاختزال حدوث كلتا العمليتين في نفس الوقت. فعند إمرار غاز الهيدروجين فوق أكسيد نحاس (II) ساخن، يُختزل أكسيد النحاس (II) الأسود إلى نحاس أحمر وردي، كما يتأكسد الهيدروجين ليكوِّن بخار ماء.



شكل 1-1 تفاعل أخسدة



وتسمى مثل تلك التفاعلات **تفاعلات أخسدة**، ويكون من الأفضل عند دراستها التفكير بدلالة **انتقال الإلكترونات** أو تغيرات **حالات التأكسد**.

الأكسدة فقد إلكترونات، أو زيادة في حالة التأكسد.

الاختزال اكتساب إلكترونات، أو نقص في حالة التأكسد.

رقم التأكسد : هو عدد الشحنات الموجبة أو السالبة التي تحملها ذرة أو مجموعة ذرية نتيجة فقدها أو كسبها إلكتروناً أو أكثر.

قواعد تحديد أعداد التأكسد :

1- عدد تأكسد أي عنصر في حالته العنصرية يساوي صفراً.
2- مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في مركب متعادل يساوي صفراً.
3- للفلور دائماً عدد تأكسد (-1) في مركباته .
4- عناصر المجموعة (IA) (عدا الهيدروجين) لها دائماً عدد تأكسد (+1) في مركباتها.
5- عناصر المجموعة (IIA) لها دائماً عدد تأكسد(+2) في مركباتها .
6- عناصر المجموعة السابعة (VIIA) لها عدد تأكسد(-1) في مركباتها.
7- للأكسجين عدد تأكسد(-2) في مركباته عدا فوق الأكاسيد .
8- للهيدروجين عدد تأكسد(+1) في مركباته عدا الهيدريدات .
9- للأيونات متعددة الذرات مثل (SO_4^{2-}) أو (NO_3^-) يكون عدد التأكسد لها على التوالي -2 ، -1 .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

مثال :- حالة التأكسد للكلور في

ClO_4^- و $KClO_3$

الحل : -

$KClO_3 = 0$

$(1+)+ Cl+(-2x3)=0$

$1+Cl-6=0$

$Cl-5=0$

$Cl=5+$

$ClO_4 = 1-$

$Cl+(-2x4)= 1-$

$Cl - 8=1-$

$Cl-8+1= 0$

$Cl-7= 0$

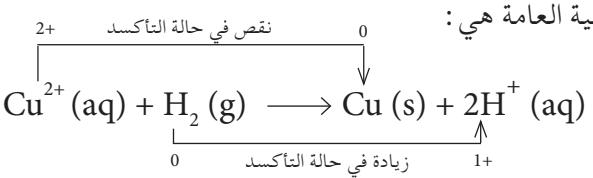
$Cl= 7+$

ومن الأفضل التعبير عن تفاعلات الأخسدة بدلالة **المعادلات الأيونية**
على سبيل المثال في تفاعل أكسيد النحاس (II) مع الهيدروجين اكتسبت أيونات النحاس (II) إلكترونات، وفقدت ذرات الهيدروجين إلكترونات :

(اختزال) $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

(أكسدة) $H_2(g) \longrightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$

والمعادلة الأيونية العامة هي :



نوع آخر من تفاعلات الأخسدة هو **تفاعلات الإحلال**. وتحدث تلك التفاعلات عندما يحل فلز أكثر فاعلية محل فلز أقل فاعلية على سبيل المثال :

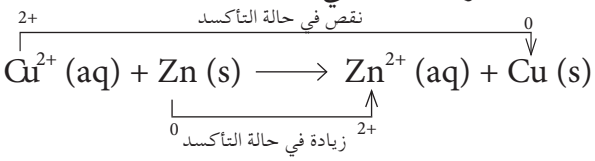
نحاس كبريتات خارصين خارصين كبريتات نحاس (II)

$CuSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

(اختزال) $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

(أكسدة) $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

المعادلة الأيونية العامة هي :

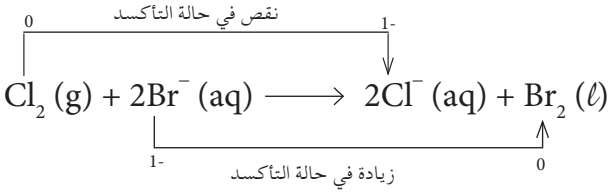


جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تحدث أيضًا تفاعلات الإحلال عندما تحل لافلزات أكثر فاعلية محل لافلزات أقل فاعلية على سبيل المثال :

	بروم	كلوريد البوتاسيوم		برميد البوتاسيوم	كلور
	$Br_2(\ell)$	+ 2KCl (aq)	⟶	+ 2KBr (aq)	Cl_2 (g)
(اختزال)		$2Cl^-$ (aq)	⟵	Cl_2 (g) + $2e^-$	
(أكسدة)		$Br_2(\ell)$ + $2e^-$	⟵	$2Br^-$ (aq)	

المعادلة الأيونية العامة تكون :



مراجعة سريعة

الأكسدة	الاختزال	العامل المؤكسد	العامل المختزل
◄ اكتساب أكسجين	◄ فقد أكسجين	◄ يعطي أكسجين	◄ ينزع الأكسجين
◄ فقد هيدروجين	◄ اكتساب هيدروجين	◄ يكتسب إلكترونات	◄ يمنح إلكترونات
◄ فقد إلكترونات	◄ اكتساب إلكترونات		
تتضمن تفاعلات الأنود	تتضمن تفاعلات الكاثود		
◄ زيادة في حالة التأكسد	◄ نقص في حالة التأكسد		

ويكون غالبًا من المفيد تحديد تفاعلات الأخسدة بتغيرات اللون المتضمنة، عند استخدام عوامل مؤكسدة ومختزلة متعددة .

العامل المؤكسد (المكتسب إلكترونات)	العامل المختزل (المانح إلكترونات)
• تكون اللافلزات جيدة في اكتساب الإلكترونات (الكلور، البروم)	• تكون الفلزات جيدة في منح الإلكترونات (البوتاسيوم، الصوديوم)
• برمنجانات البوتاسيوم (VII) المحمضة	• يوديد البوتاسيوم
• ثاني كرومات البوتاسيوم (VI) المحمضة	• الكربون، الهيدروجين، أول أكسيد الكربون

جدول 1 العوامل المؤكسدة والمختزلة

محلول **برمنجانات البوتاسيوم** المحمض (VII) هو عامل مؤكسد قوي .
ويرجع ذلك لكون أيونات البرمنجانات (VII) جيدة في اكتساب إلكترونات، ولذا تساعد في عملية الأكسدة . ويختزل أيون المنجنيز (VII) إلى أيون المنجنيز (II)، ولذا يتغير اللون :

Mn (VII)	⟶	Mn (II)
بنفسجي		عديم اللون

اختبر فهمك 2

(1) بماذا تسمى الزيادة في حالة التأكسد ؟
(2) هل العوامل المؤكسدة جيدة أم رديئة في اكتساب الإلكترونات ؟
(3) ما تغير اللون الناتج عند إضافة عامل مؤكسد إلى محلول يوديد البوتاسيوم ؟
(4) في المعادلة :

$$Br_2(\ell) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Br^-(aq) + I_2(s)$$

(أ) ما الذي تأكسد ؟
(ب) ما الذي اختُزِل ؟
(جـ) ما العامل المؤكسد ؟
(د) ما العامل المختزل ؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

محلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI) هو أيضًا عامل مؤكسد في غاية القدرة.
تُختزل أيونات الكروم (VI) إلى أيون الكروم (III)، ويتغير اللون:

$$Cr\ (VI) \longrightarrow Cr\ (III)$$

برتقالي أخضر

إذا حدث أي من تغيري اللون الموضحين أعلاه، يدل ذلك على وجود عامل مختزل.
محلـول يوديد البوتاسـيوم هو عامل مختـزل في غاية القـدرة. ويرجع ذلـك إلى منح أيونـات اليـود إلكترونـات مما يسـاعد في الاختـزال. ويتأكسـد أيون اليوديـد إلى يود، ويتغير اللون:

$$2I^{-} \longrightarrow I_2^{0}$$

عديم اللون بني

إذا حدث تغير اللون الموضح أعلاه، فإن ذلك يدل على وجود عامل مؤكسد.

مراجعة سريعة

- اختبار للكشف عن العامل المؤكسد يكون بإضافة يوديد البوتاسيوم الذي يتحول من عديم اللون إلى اللون البني.
- اختبار للكشف عن العامل المختزل يكون بإضافة ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI) التي يتحول لونها من برتقالي إلى أخضر.

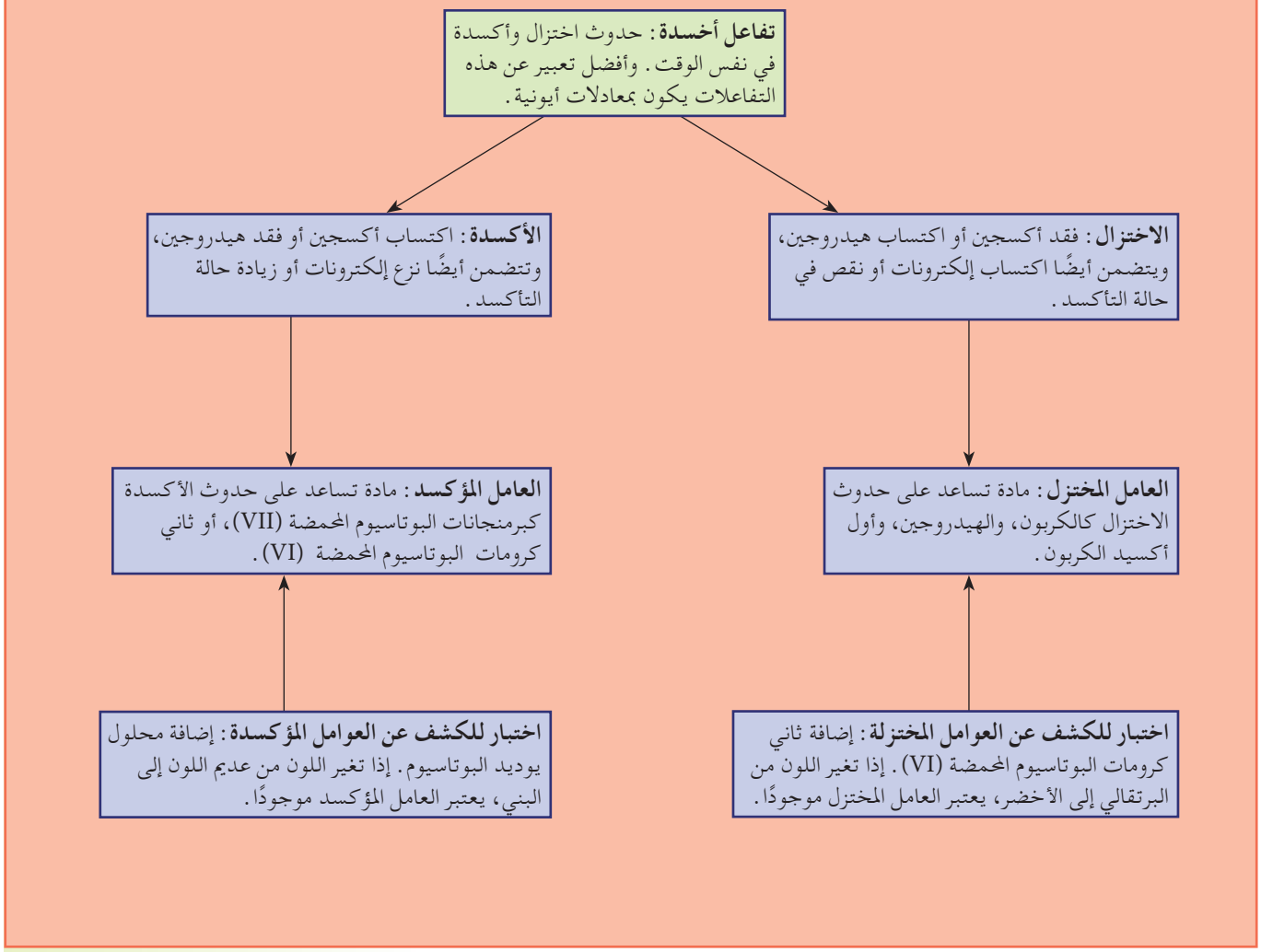
ملخص

فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

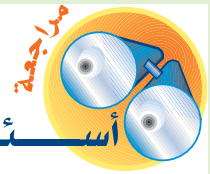
- تتأكسد المادة إذا اكتسبت أكسجين، أو فقدت هيدروجين، أو فقدت إلكترونات.
- تختزل المادة إذا فقدت أكسجين، أو اكتسبت هيدروجين، أو اكتسبت إلكترونات.
- العامل المؤكسد هو مادة مثل برمنجانات البوتاسيوم (VII) تساعد على الأكسدة بإعطاء أكسجين أو اكتساب إلكترونات.
- العامل المختزل هو مادة مثل الكربون، أو الهيدروجين، أو أول أكسيد الكربون تساعد على الاختزال بأخذ أكسجين وإعطاء إلكترونات.
- يحدث تفاعل أخسدة عند انتقال الإلكترونات، وتحدث تغيرات في حالة التأكسد. يحدث نتيجة لذلك كل من الأكسدة والاختزال في نفس الوقت.
- محلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI) هو عامل مؤكسد. ويمكن استخدام التغير اللوني الناتج من الأصفر إلى الأخضر مع أي عامل مختزل كاختبار للكشف عن العوامل المختزلة.
- محلول يوديد البوتاسيوم هو عامل مختزل. ويمكن استخدام التغير اللوني الناتج من عديم اللون إلى اللون البني مع أي عامل مؤكسد كاختبار للكشف عن العوامل الموكسدة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا



أسئلة الاختيار من متعدد

1- أي مما يلي يعد تعريفًا للاختزال؟
(أ) اكتساب إلكترون
(ب) فقد هيدروجين
(جـ) اكتساب أكسجين
(د) زيادة حالة التأكسد

2- أي مما يلي لا يعد تعريفًا للأكسدة؟
(أ) اكتساب إلكترون
(ب) فقد هيدروجين
(جـ) اكتساب أكسجين
(د) زيادة حالة التأكسد

3- أي المواد الكيميائية التالية يمكن أن تعمل كعامل مختزل؟
(أ) صوديوم
(ب) برمنجانات البوتاسيوم المحمضة (VII)
(جـ) أكسجين
(د) ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI)

4- العامل المؤكسد
(أ) يعطي أكسجين، ويكتسب إلكترونات
(ب) يكتسب أكسجين، ويكتسب إلكترونات
(جـ) يكتسب أكسجين، ويعطي إلكترونات
(د) يعطي أكسجين، ويعطي إلكترونات

الأسئلة من 5 إلى 8 مرتبطة بالتفاعلات الكيميائية التالية:

أكسيد رصاص (II) + هيدروجين ⟵ رصاص + بخار ماء

أ + **ب** ⟵ **جـ** + **د**

مستخدمًا الحروف **أ** ، **ب**، **جـ** ، **د** لكل متفاعل وناتج

5- أي المواد تكون العامل المؤكسد؟
6- أي المواد يتم اختزالها؟
7- أي المواد تكون العامل المختزل؟
8- أي المواد يتم أكسدتها؟

9- أي التغيرات التالية توضح حدوث اختزال للعنصر الذي تحته خط؟
(أ) $2\underline{Br}^- (aq) \longrightarrow Br_2 (\ell)$
(ب) $\underline{Zn} (s) \longrightarrow Zn^{2+} (aq)$
(جـ) $2\underline{O}^{2-} (\ell) \longrightarrow O_2 (g)$
(د) $\underline{Cu}^{2+} (aq) \longrightarrow Cu (s)$

10- أي متفاعل تحته خط ليس عاملًا مؤكسدًا؟
(أ) $\underline{Mg} (s) + Cl_2 (g) \longrightarrow MgCl_2 (s)$
(ب) $PbS (s) + 4\underline{H_2O_2} (aq) \longrightarrow PbSO_4 (aq) + 4H_2O (\ell)$
(جـ) $\underline{SO_2} (g) + 2H_2S (g) \longrightarrow 2H_2O (\ell) + 3S (s)$
(د) $\underline{Cl_2} (g) + 2Br^- (aq) \longrightarrow 2Cl^- (aq) + Br_2 (\ell)$

أسئلة تركيبية

11- بالنسبة لكل من المعادلات التالية، حدد المواد التي تأكسدت وتلك التي اختُزلت، موضحًا أسبابك.
(أ) $Fe_2O_3 (s) + 3CO (g) \rightarrow 2Fe (\ell) + 2CO_2 (g)$
(ب) $SO_2 (g) + 2H_2S (g) \rightarrow 2H_2O (\ell) + 3S (s)$
(جـ) $C (s) + H_2O (g) \rightarrow CO (g) + H_2 (g)$
(د) $CuO (s) + H_2 (g) \rightarrow Cu (s) + H_2O (g)$
(هـ) $Mg (s) + H_2O (g) \rightarrow MgO (s) + H_2 (g)$

12- $PbO (s) + CO (g) \rightarrow Pb (\ell) + CO_2 (g)$

في التفاعل السابق، ما المادة التي
(أ) تأكسدت؟ (ب) اختُزلت؟
(جـ) تعتبر العامل المؤكسد؟
(د) تعتبر العامل المختزل؟
(هـ) تعتبر غازًا سامًّا يوجد في دخان عوادم السيارات؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

13- يحدث تفاعل أخسدة في الزجاج الذي يتغير لونه بازدياد أو نقصان الضوء الساقط عليه. يستخدم ذلك الزجاج في نظارات تعتم في الضوء الساطع، ويحتوي على بلورات دقيقة من هالوجينات النحاس والفضة. يحول ضوء الشمس أيونات الفضة إلى تجمعات من ذرات فضة تسبب عتامة الزجاج. ويُعكس التفاعل عند تفتُّح لون الزجاج.

$$Cu^{+}(s) + Ag^{+}(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(s) + Ag(s)$$

زجاج معتم — زجاج شفاف

(أ) عندما يكون الزجاج معتمًا في الضوء الساطع، أي مادة تكون

1- تأكسدت؟ 2- اختُزلت؟

(ب) عندما يعود الزجاج شفافًا مرة أخرى في الضوء الخافت، أي مادة تكون

1- تأكسدت؟ 2- اختُزلت؟

14- تفاعل الإحلال مثال لتفاعلات الأخسدة، ويحدث عندما يحل فلز أكثر فاعلية محل فلز أقل فاعلية في محلول ملحه. يتغير على سبيل المثال لون محلول كبريتات النحاس (II) الأزرق عند إضافة برادة حديد إليه إلى اللون الأخضر، ويتكون راسب أحمر وردي.

(أ) 1- ما سبب التغير إلى اللون الأخضر؟

2- ما سبب تكون الراسب الأحمر الوردي؟

(ب) ما الفلز الذي

1- تأكسد؟

2- اختزل؟

(جـ) اكتب معادلة ذلك التفاعل.

15- فيما يلي ثماني عبارات عن الأكسدة والاختزال. ضع (✓) لتوضيح ما إذا كان التعريف ينطبق على الأكسدة أو الاختزال.

العبارة	الأكسدة	الاختزال
(أ) فقد أكسجين		
(ب) زيادة حالة التأكسد		
(جـ) اكتساب إلكترون		
(د) فقد هيدروجين		
(هـ) نقص في حالة التأكسد		
(و) اكتساب أكسجين		
(ز) فقد إلكترون		
(ح) اكتساب هيدروجين		

16- اشرح المصطلحات الكيميائية التالية:

(أ) تفاعل أخسدة

(ب) العامل المؤكسد

(جـ) حالة التأكسد

(د) الاختزال

17- (أ) ما المركب الذي تأكسد في التفاعلات التالية، وما العامل المؤكسد؟

1- $2H_2S(g) + SO_2(g) \longrightarrow 2H_2O(\ell) + 3S(s)$

2- $F_2(g) + 2Cl^{-}(aq) \longrightarrow 2F^{-}(aq) + Cl_2(g)$

(ب) ما المركب الذي اختزل في التفاعلات التالية، وما العامل المختزل؟

1- $PbO(s) + CO(g) \longrightarrow Pb(\ell) + CO_2(g)$

2- $CuSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

(جـ) أكمل الجدول التالي بكتابة حالة التأكسد للعنصر الذي تحته خط وبتحديد لون أيونه.

الأيون	حالة التأكسد	اللون
$\underline{MnO_4}^{-}$		عديم اللون
$\underline{Mn}^{2+}$		
$\underline{Cr_2O_7}^{2-}$		أخضر
$\underline{Cr}^{3+}$		

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

ركن التفكير

المهارة : الاستنتاج

أكمل الجدول التالي بملء تغيرات اللون المتوقع حدوثها، ثم استنتج ما إذا كانت المادة الأصلية عاملًا مؤكسدًا، أم عاملًا مختزلًا، أم كليهما معًا.

المادة	المواد الكيميائية المضافة	تغير اللون إن وجد	استنتاج
كبريتات الحديد (II)	برمنجانات البوتاسيوم المحمضة		كبريتات الحديد (II) هي عامل.... ....
	محلول يوديد البوتاسيوم		
	ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI)		
فوق أكسيد الهيدروجين	برمنجانات البوتاسيوم المحمضة		فوق أكسيد الهيدروجين هو عامل..... ....
	محلول يوديد البوتاسيوم		
	ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI)		
كبريتيت الصوديوم	برمنجانات البوتاسيوم المحمضة		كبريتيت الصوديوم هو عامل ....
	محلول يوديد البوتاسيوم		
	ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI)		
ماء البروم	برمنجانات البوتاسيوم المحمضة		ماء البروم هو عامل ....
	محلول يوديد البوتاسيوم		
	ثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة (VI)		

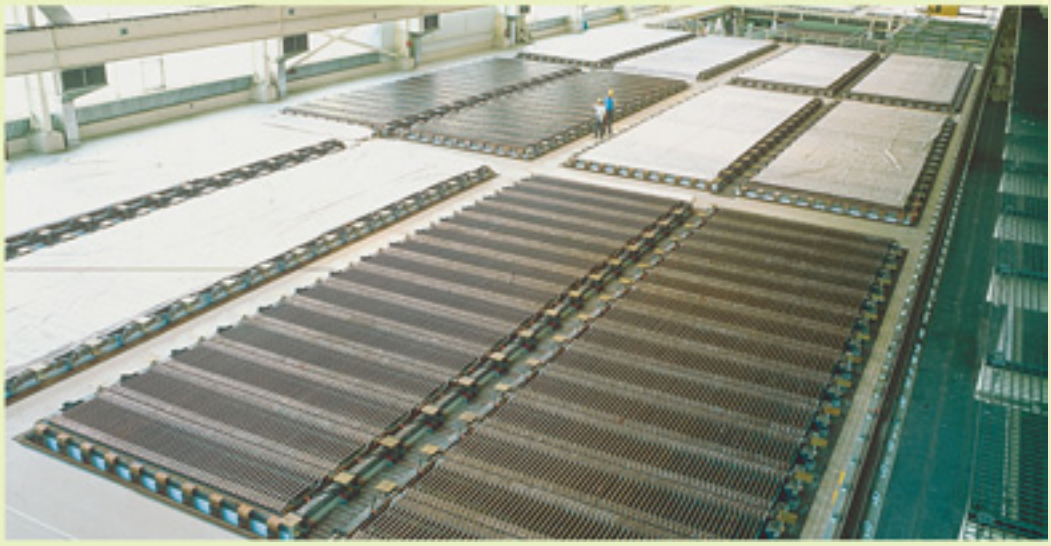
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة

2

الكهرباء والكيمياء

Electricity and Chemistry



قد تحتوي الأنودات المصنوعة من النحاس غير النقي على 99.5% نحاس، ومع ذلك لا نعتبر نسبة النقاء هذه كافية للنحاس المستخدم في توصيل الكهرباء، حيث يتطلب نسبة نقاء 99.98%. تحتوي الشوائب من الأنود (راسب الأنود) على فلزات قيمة كالفضة والذهب.

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

- ✔ **تصف** التحليل الكهربائي كتحلل إلكتروليت (مركب أيوني يكون في صورة مصهور أو محلول) عن طريق توصيل الكهرباء.
- ✔ **تصف** التحليل الكهربائي كدليل على وجود أيونات متماسكة في شبكة بلورية عندما تكون صلبة، ولكنها تكون حرة الحركة عندما تكون منصهرة أو في محلول.
- ✔ **تتنبأ** بنواتج التحليل الكهربائي المحتملة لمصهور مركبات ثنائية.
- ✔ **تتنبأ** مستخدمًا فكرة التفريغ الانتقائي (المرتبطة بسلسلة الفاعلية الكيميائية للكاتيونات) بنواتج التحليل الكهربائي المحتملة للمحاليل المائية.
- ✔ **تكتب** المعادلات الأيونية للتفاعلات التي تحدث عند الأقطاب أثناء التحليل الكهربائي.
- ✔ **تصف** التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II)، مع أقطاب النحاس، كوسيلة لتنقية النحاس.
- ✔ **تصف** الطلاء الكهربائي للفلزات، مثال على ذلك طلاء النحاس.
- ✔ **تصف** إنتاج الطاقة الكهربائية من خلايا بسيطة، وارتباط ذلك بسلسلة الفاعلية الكيميائية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

1-2 الأدوات الكهربائية والرموز الدالة على الدائرة الكهربائية
Electrical Devices and Circuit Symbols

الخلية مصدر للكهرباء، ويطلق على أي مجموعة من الخلايا **نضيدة**. جميع الخلايا لها طرف سالب وآخر موجب. واتفق على الرمز للقطب الموجب بخط طويل ورفيع، وللقطب السالب بخط قصير وسميك. تسري الكهرباء من الخلية عند تكوين دائرة كهربائية، وتستخدم **المفاتيح** لوقف أو بدء سريان الكهرباء، وتستخدم **المصابيح** للاستدلال على سريان الكهرباء في الدائرة.

تستخدم أدوات كهربائية أخرى منها المقاومات الثابتة والمتغيرة (**الريوستات**)، للتأكد من سريان تيار كهربائي ثابت ومناسب. وتستخدم الأميترات لقياس كمية التيار الكهربائي **بالأمبير**. وتستخدم أيضًا **الفولتميترات** لقياس الجهد الكهربائي للخلايا والنضائد بالفولت. ويبين جدول 1 رموز الدائرة لتلك الأدوات الكهربائية.

تمر الكهرباء في التحليل الكهربائي من نضيدة خلال سائل قد يكون محلولًا أو مصهورًا. وتسمى الألواح التي تحمل الكهرباء إلى السائل **الأقطاب**.

الكاثود هو القطب المتصل بالطرف السالب للخلية.
الأنود هو القطب المتصل بالطرف الموجب للخلية.

تصنع عادة الأقطاب من مواد كالجرافيت، أو البلاتين، أو النحاس، وأحيانًا من الزئبق.

الأدوات الكهربائية	رمز الدائرة
خلية	
نضيدة (أربع خلايا)	
مصباح	
مفتاح توصيل	
أميتر	A
فولتميتر	V
مقاومة ثابتة	R
مقاومة متغيرة (ريوستات)	R

جدول 1 رموز الدائرة

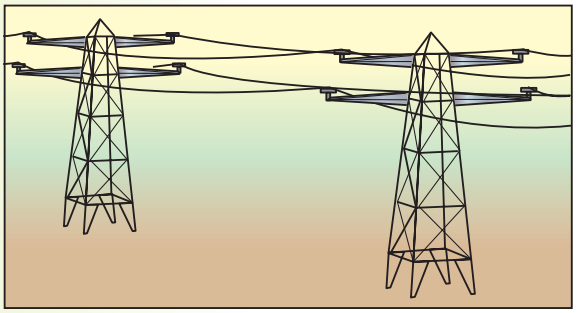
2-2 الموصلات واللاموصلات: الكهرباء والمواد الصلبة
Conductors and Non-Conductors: Electricity and Solids

الموصل مادة توصل الكهرباء، ولكنه لا يتغير كيميائيًّا أثناء التوصيل. ويبين شكل 2-1 دائرة مناسبة لاستقصاء ما إذا كانت المادة الصلبة توصل الكهرباء أم لا. ويرجع توصيل الكهرباء خلال الفلز إلى إلكترونات التكافؤ حرة الحركة داخل بنية الفلز. وتتضمن الموصلات الصلبة جميع الفلزات والجرافيت (الكربون شكل من أشكال اللافلز).

اللاموصل مادة لا تسمح بمرور الكهرباء. وتستخدم أحيانًا بعض اللاموصلات لحماية الأشياء من الكهرباء. وتسمى في هذه الحالة **عوازل**.

المواد الصلبة غير الموصلة للكهرباء؛ تكون إلكترونات تكافؤ ذراتها في مواضع ثابتة بحيث تكون غير حرة الحركة. ومن أمثلة المواد غير الموصلة اللافلزات كالكبريت، والفوسفور، والماس، ومواد صلبة أخرى كثيرة كالأملاح البلورية، والخشب، والزجاج ... إلخ. اللدائن، والخزف لاموصلات أيضًا، ويسهل تشكيلها، فتستخدم لذلك كعوازل لتغليف موصلات الكهرباء المصنوعة من قلب فلزي (عادة نحاس، أو فولاذ، أو ألومنيوم).

شكل 2-1 مرور الكهرباء خلال المواد الصلبة



شكل 2-2 موصلات الكهرباء العلوية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

إذا كان موصل الكهـرباء علـويًّا، يفضـل استخـدام الألومنيـوم لأنه فلز خفيف. وتعـزل الموصلات العلوية عن الأبراج الكهـربائية باستخـدام ماسكـات من الزجـاج أو الخزف.

3-2 الإلكتروليتات واللاإلكتروليتات : الكهرباء والسوائل

Electrolytes and Non-Electrolytes: Electricity and Liquids

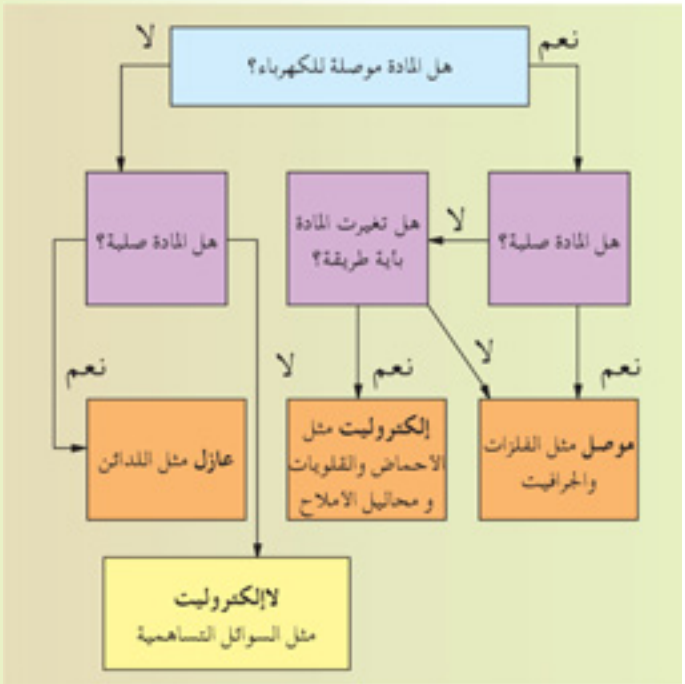
تنطبـق هـذه المصطلحـات علـى **السـوائل** فقـط، بمـا فـي ذلـك المحاليـل والمـواد الصلبة المصهـورة. **الإلكتروليتـات** مركبات توصل التيار الكهـربائي عندما تكون مصهورة أو ذائبـة فـي المـاء، وتتحلل خـلال عملية التوصيل. تمـر الكهرباء خلال السـائل عن طريق حركة الأيونات بين القطبين. ومن أمثلة الإلكتروليتات الأحماض، والقلويات، والأملاح الذائبة في الماء، أو الأملاح المصهورة. وهي كلها مواد **أيونية**.

شكل 2-3 تحضير إلكتروليت

لا توصل المواد الأيونية الصلبة الكهرباء، حيث تكون أيوناتها متماسكة معًا في مواضع ثابتة بقوى قوية. ولكي تتحرك الأيونات يجب إذابة الجسم الصلب في الماء أو صهره، ويتم بذلك تدمير الشبكة الأيونية.

اللاإلكتروليت سائل لا يسمح بمرور التيار الكهربائي. ومن أمثلة اللاإلكتروليتات الماء المقطر، والكحول، وزيت التربنتينا، والبرافين، والعديد من المذيبات العضوية. تكون كل تلك المواد **تساهمية** لا تحتوي على أيونات.

وتكون بعض السوائل كالأحماض الضعيفة (الخل)، أو القلويات الضعيفة (محلول الأمونيا) في موقف وسط. فهي تحتوي على أيونات قليلة فقط، وتصنف على أنها **إلكتروليتات ضعيفة**، وذلك للتمييز بينها وبين الأحماض تامة التأين الأقوى التي تعتبر **إلكتروليتات قوية**. (انظر جدول 2).



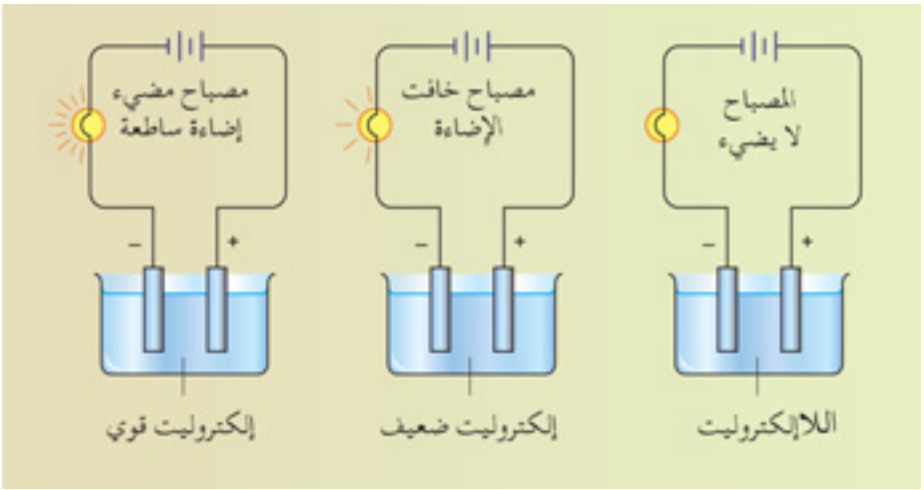
شكل 2-4 مفتاح الكهربائية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

اللاإلكتروليتات	الإلكتروليتات الضعيفة	الإلكتروليتات القوية
سوائل عضوية أو محاليل	أحماض وقلويات ضعيفة	أحماض، وقلويات قوية، ومحاليل أملاح
⇓	⇓	⇓
إيثانول $C_2H_5OH\ (\ell)$	ماء جير $Ca(OH)_2\ (aq)$	محلول حمض الكبريتيك $H_2SO_4\ (aq)$
رباعي كلوروميثان $CCl_4\ (\ell)$	محلول أمونيا $NH_3\ (aq)$	محلول حمض النيتريك $HNO_3\ (aq)$
ثلاثي كلوروميثان $CHCl_3\ (\ell)$	محلول حمض ايثانويك $CH_3COOH\ (aq)$	محلول حمض الهيدروكلوريك $HCl\ (aq)$
ماء نقي $H_2O\ (\ell)$	محلول حمض كبريتوز $H_2SO_3\ (aq)$	محلول هيدروكسيد البوتاسيوم $KOH\ (aq)$
محلول سكر $C_{12}H_{22}O_{11}\ (aq)$	محلول حمض كربونيك $H_2CO_3\ (aq)$	محلول هيدروكسيد الصوديوم $NaOH\ (aq)$
كبريت مصهور $S\ (\ell)$		محلول كبريتات النحاس (II) $CuSO_4\ (aq)$

جدول 2 إلكتروليتات مختلفة

للتمييز بين هذه الأنواع المختلفة من الإلكتروليتات، يمكن تصميم دائرة كالموضحة في شكل 2-5. تدل الإضاءة الأكثر سطوعًا لمصباح الدائرة على درجة التأين. وبناءً عليه يعطي المصباح إضاءة أكثر سطوعًا مع الإلكتروليت القوي، ويعطي إضاءة خافتة مع الإلكتروليت الضعيف، ولا يضيء مطلقًا مع اللاإلكتروليت.



شكل 2-5 التمييز بين الإلكتروليتات

اختبر فهمك 1

(1) ماذا يقيس الأميتر؟
(2) ماذا نسمي الجسم الصلب الذي لا يوصل الكهرباء؟
(3) ماذا نسمى السائل الذي لا يوصل الكهرباء؟
(4) ما الكاثود؟
(5) ما الأنود؟

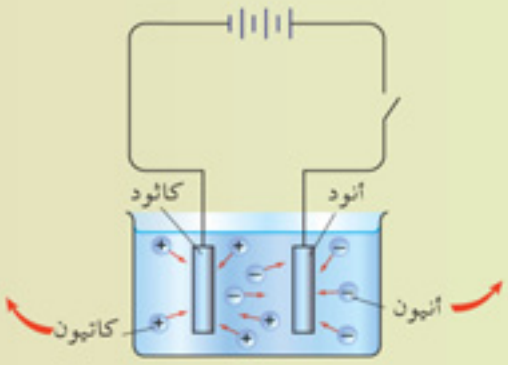
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4–2 التحليل الكهربائي : التحلل بإمرار الكهرباء
Electrolysis: Decomposing Using the Passage of Electricity

عند إمرار تيار كهربائي خلال مادة إلكتروليتية، يحدث تحلل كيميائي . ويتضمن ذلك **انقسام** الإلكتروليت . جميع الإلكتروليتات مواد أيونية، مما يعني تكونها من أيونات موجبة الشحنة، وأخرى سالبة الشحنة . وعند مرور التيار الكهربائي خلال الإلكتروليت، تنتقل تلك الأيونات نحو القطب المخالف لشحنتها . تتحرك الأيونات سالبة الشحنة نحو الأنود الموجب، ولذلك تسمى **الأنيونات** . وتكون معظم الأنيونات أيونات لافلزية، وتتضمن الأكسيد (O^{2-})، والكلوريد (Cl^-)، والبروميد (Br^-) ... إلخ . تتحرك الأيونات موجبة الشحنة نحو الكاثود السالب، ولذلك تسمى **كاتيونات** . الكاتيونات أيونات فلزية، وتتضمن النحاس (Cu^{2+})، والفضة (Ag^+)، والرصاص (Pb^{2+}) ... إلخ، أو الهيدروجين (H^+).

يبين شكل 2-6 جهازًا مناسبًا للتحليل الكهربائي .

الأنيون	الصيغة
كبريتات	SO_4^{2-}
نترات	NO_3^-
هيدروكسيد	OH^-
كلوريد	Cl^-
بروميد	Br^-
يوديد	I^-



الكاتيون	الصيغة
بوتاسيوم	K^+
صوديوم	Na^+
كالسيوم	Ca^{2+}
ماغنسيوم	Mg^{2+}
خارصين	Zn^{2+}
حديد(II)	Fe^{2+}
حديد(III)	Fe^{3+}
رصاص	Pb^{2+}
هيدروجين	H^+
نحاس(II)	Cu^{2+}
فضة	Ag^+
ذهب	Au^+

شكل 2-6 تحليل كهربائي

تفقد الأيونات السالبة إلكتروناتها للأنود، الذي يكون جاهزًا لاستقبال الإلكترونات لأن شحنته موجبة، مما يعني وجود نقص لديه في الإلكترونات . تكتسب الأيونات الموجبة عند الكاثود إلكترونات من الكاثود، الزائدة لديه الإلكترونات؛ ومن ثم تكون شحنته الكلية سالبة . ويؤدي هذا الإطلاق للأيونات نحو الأقطاب المخالفة إلى التحلل الكيميائي للإلكتروليت . ويسمح ذلك أيضًا بانتقال الإلكترونات من الكاثود إلى الأنود . لذلك تسمح حركة الأيونات أثناء التحليل الكهربائي بتوصيل الكهرباء .

مراجعة سريعة

القطب	لوح يحمل الكهرباء إلى السائل
الأنود	قطب موجب
الكاثود	قطب سالب
موصل	مادة توصل الكهرباء
العازل	مادة صلبة غير موصلة
إلكتروليت قوي	سائل تام التأين، ويتحلل كهربائيًا
إلكتروليت ضعيف	سائل غير تام التأين، ولكن يتحلل كهربائيًا
لاإلكتروليت	سائل تساهمي لا يوصل الكهرباء
التحليل الكهربائي	تحلل الإلكتروليت نتيجة لمرور الكهرباء
الأنيون	أيون سالب الشحنة ينتقل إلى الأنود أثناء التحليل الكهربائي
الكاتيون	أيون موجب الشحنة ينتقل إلى الكاثود أثناء التحليل الكهربائي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية الليبية

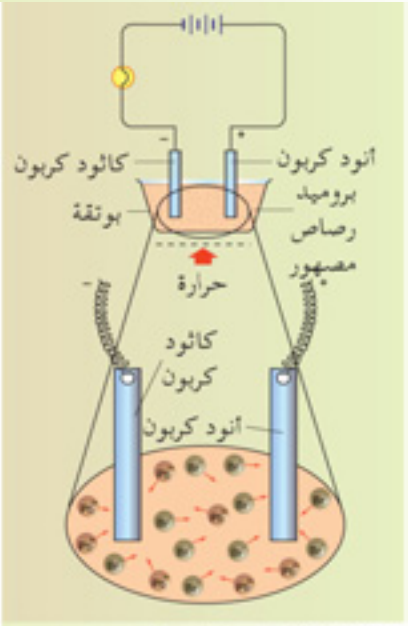
5-2أ التحليل الكهربائي لبروميد الرصاص (II) : فقط عندما يكون مصهورًا

Electrolysis of Lead (II) Bromide: Only When Molten

يتكون بروميد الرصاص من أيونات رصاص (II) Pb^{2+}، وأيونات بروميد Br^-، صيغته الكيميائية $PbBr_2$. والجهاز المناسب لإجراء التحليل الكهربائي مبين في شكل 2-7 أ.

يساعد مصباح الإضاءة على بيان سريان الكهرباء خلال الدائرة. ولا يضيء المصباح حتى يصبح بروميد الرصاص (II) مصهورًا تمامًا.

ويؤكد ذلك أن الإلكتروليتات الصلبة يجب أن تكون مصهورة لكي تبدأ الأيونات في الحركة إلى الأقطاب، و من ثم توصل الكهرباء.



شكل 2-7 أ التحليل الكهربائي لمصهور بروميد الرصاص (II)

عند الأنود

عند سريان الكهرباء، تتكون أبخرة بنيّة من غاز البروم عند الأنود.

$Br^- \rightarrow Br + e^-$

$Br + Br \rightarrow Br_2\ (g)$ (تصاعد غاز البروم)

ولكون أيونات البروميد سالبة، تتحرك إلى الأنود الموجب، حيث يفقد كل أيون إلكترونًا ليكون ذرة بروم، ثم تتحد كل ذرتي بروم حديثة التكوين معًا لتكون غاز البروم. يتضمن أي تفاعل عند الأنود فقد إلكترونات. ويعرف ذلك **بالأكسدة** (انظرالوحدة 2-1 في هذا الكتاب)، أو على نحو أدق **أكسدة أنودية**.

عند الكاثود

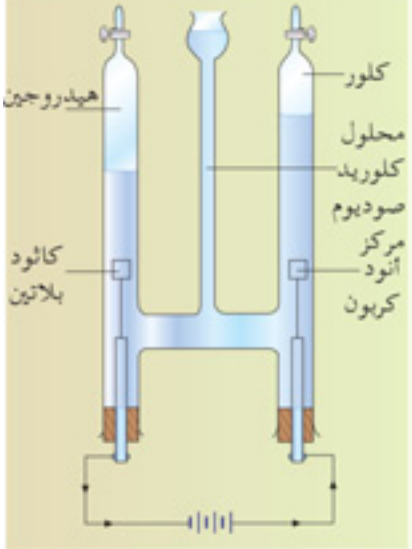
عند سريان الكهرباء، يتكون راسب من الرصاص الفضي على الكاثود، ولكونه مصهورًا، يتساقط كفقاعات مصهورة.

$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb\ (\ell)$ (رصاص مصهور يترسب)

تتحرك أيونات الرصاص (II) الموجبة نحو الكاثود السالب، حيث يكتسب كل أيون إلكترونين ليكون ذرة رصاص. ويسمى أي تفاعل عند الكاثود يصاحبه اكتساب إلكترونات **بالاختزال**، أو على نحو أكثر دقة يسمى **اختزالًا كاثوديًا**.

ويمكن تلخيص ذلك بأن بروميد الرصاص (II) انقسم إلى عناصره المكونة كالتالي:

$PbBr_2\ (\ell) \longrightarrow Pb\ (\ell) + Br_2\ (g)$



شكل 2-7 ب التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد صوديوم مركز

5-2ب التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المركز (ماء مالح)

Electrolysis of Concentrated Sodium Chloride Solution (Brine)

تصمم خلية التحليل الكهربائي المستخدمة لتحليل محلول كلوريد الصوديوم المركز بحيث يمكن جمع النواتج الغازية عند القطبين كما هو مبين في شكل 2-7 ب. يكون الكاثود بلاتينًا أو كربونًا، ولكن يجب أن يكون الأنود كربونًا لمقاومة فعل الكلور.

الأيونات الموجودة

توجد أربعة أيونات في هذا المحلول:

من كلوريد الصوديوم: $Na^+(aq)$ $Cl^-(aq)$

من الماء: $H^+(aq)$ $OH^-(aq)$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

عند الكاثود

تتحرك أيونات الصوديوم والهيدروجين نحو الكاثود. ونظرًا لِدُنو أيون الهيدروجين (H^+) في سلسلة الفاعلية الكيميائية من أيونات الصوديوم (Na^+)، فإنه يقبل الإلكترونات بسهولة أكثر.

وتعادل أيونات الهيدروجين (H^+) شحنتها:

$$H^+(aq) + e^- \rightarrow H$$

تتحد ذرات الهيدروجين في أزواج لتكون جزيئات:

$$H + H \rightarrow H_2(g)$$ (تصاعد غاز الهيدروجين)

عند الأنود

تنتقل أيونات كل من الكلوريد (Cl^-) والهيدروكسيد (OH^-) إلى الأنود، ولكن يكون لأيونات الكلوريد (Cl^-) الأفضلية في التعادل بسبب تركيزاتها الأعلى.

$$Cl^-(aq) \rightarrow Cl^- + e^-$$

تتحد ذرات الكلور في أزواج لتكون جزيئات:

$$Cl + Cl \rightarrow Cl_2(g)$$ (تصاعد غاز الكلور)

تغيرات في المحلول

بعد خروج غازي الهيدروجين والكلور من المحلول تظل أيونات الصوديوم وأيونات الهيدروكسيد في المحلول. ويصبح المحلول هيدروكسيد الصوديوم.

6-2 التحليل الكهربائي لمحلول حمض الكبريتيك

Electrolysis of Aqueous Sulphuric Acid

بما أن حمض الكبريتيك مائي، فإنه لا يتكون من مجرد أيونات هيدروجين (H^+) وأيونات كبريتات (SO_4^{2-})، ولكنه يحتوي أيضًا على أيونات هيدروكسيد (OH^-) من الماء. يبين شكل 2-8 الجهاز المستخدم لإجراء هذا التحليل الكهربائي ولجمع الغازات المتصاعدة.

عند وجود أكثر من نوع واحد من الأيونات المتشابهة في الشحنة، فإنها تتحرك إلى القطب المخالف حيث يحدث **تفريغ انتقائي** (أو تفريغ تفضيلي)، مما يعني أن الأيون الذي يفقد أو يكتسب إلكترونات بسهولة أكثر **تفريغاً لشحنته**، وتظل الأيونات الأخرى التي تفقد شحنتها بصعوبة أكثر في المحلول.

يبين جدول 3 ترتيب الأيونات طبقًا لصعوبة فقد الشحنة. وتتطلب الأيونات عند قمة الجدول كميات أكبر من الطاقة حتى تفقد شحنتها، وكلما اتجهنا أسفل الجدول تفقد الأيونات شحنتها بسهولة أكثر (بمعنى أن $Ag^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ هما الأسهل). لاحظ أن الكاتيونات (الفلزات والهيدروجين) لها نفس الترتيب كما في **سلسلة الفاعلية الكيميائية للفلزات**، وسوف نتناول ذلك بالتفصيل في وحدة لاحقة. وتسمى أحيانًا سلسلة الفاعلية الكيميائية **بالسلسلة الإلكتروكيميائية**.

ويحدث أيضًا في حمض الكبريتيك المائي الإلكتروليتي انتقال أيونات إلى الأقطاب.

عند الأنود

تحدث المنافسة بين أيونات الكبريتات $SO_4^{2-}(aq)$، وأيونات الهيدروكسيد $OH^-(aq)$، ويتغلب أيون الهيدروكسيد، ويفقد شحنته بسهولة أكثر، فيتصاعد غاز الأكسجين عند الأنود.

$$4OH^-(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(\ell) + 4e^-$$

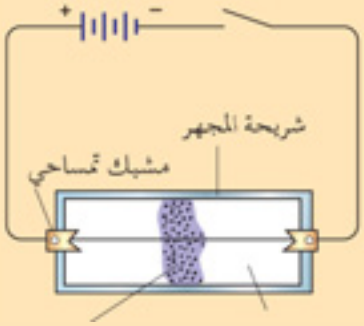
(تصاعد غاز الأكسجين)

فكر علميًّا

صممت دائرة كما هو مبين في الشكل. بعد 10 دقائق من مرور التيار الكهربائي من النضيدة، شوهد لون بنفسجي يتحرك نحو الجانب الأيسر من شريحة المجهر. اشرح حركة اللون هذه بدلالة حركة الأيونات (برمنجانات البوتاسيوم هي $K^+MnO_4^-$)

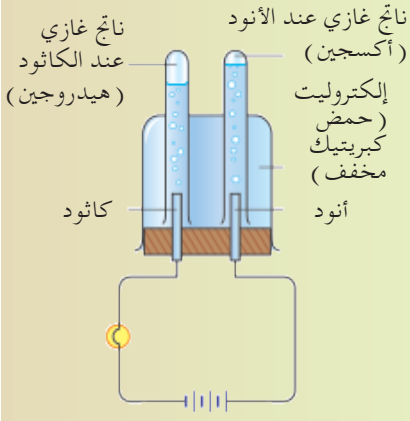
بدلًا من برمنجانات البوتاسيوم، تنبأ بما يحدث إذا استخدمنا:

- كبريتات النحاس (II) الزرقاء ($CuSO_4$)
- ثاني كرومات البوتاسيوم البرتقالية ($K_2Cr_2O_7$)



ورقة ترشيح مبللة بمحلول كلوريد الصوديوم الذي يعمل كإلكتروليت

بلورات بنفسجية من برمنجانات البوتاسيوم



شكل 2-8 التحليل الكهربائي لمحلول مائي من حمض الكبريتيك المخفف

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

عند الكاثود

يوجد هنا نوع واحد فقط من الأيونات، وهو أيون الهيدروجين $H^+(aq)$. ويكتسب كل أيون إلكترونًا ليصبح ذرة هيدروجين. وتتحد ذرتان من ذرات الهيدروجين حديثة التكون لتُكون غاز الهيدروجين.

$$H^+(aq) + e^- \rightarrow H$$

$$H + H \rightarrow H_2(g)$$ (تصاعد غاز الهيدروجين)

بالتحليل الكهربائي للمحاليل المائية للأحماض أو القلويات المخففة، يكون حجم الهيدروجين المتصاعد عند الكاثود ضعف حجم الأكسجين عند الأنود تقريبًا.

وبناء عليه، يفقد الماء عنصريه (الأكسجين والهيدروجين)، ويزداد مع استمرار التحليل الكهربائي تركيز الحمض أو القلوي. والتحليل الكهربائي لحمض الكبريتيك المائي هو في جوهره تحليل كهربائي للماء، مع تصاعد غاز الهيدروجين والأكسجين بنسبة 1:2.

7-2 العوامل المؤثرة على التحليل الكهربائي Factors Affecting Electrolysis

يوجد عاملان رئيسيان يمكن أن يؤثرا على نواتج التحليل الكهربائي، هما تركيز ونوع القطب.

التركيز

إذا كان تركيز أيون معين مرتفعًا، فقد يؤدي إلى تغيير في التفريغ الانتقائي. إذا تم على سبيل المثال التحليل الكهربائي لحمض الهيدروكلوريك المخفف، يتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود وغاز الأكسجين عند الأنود:

ولكن عند التحليل الكهربائي لحمض الهيدروكلوريك المركز يظل غاز الهيدروجين يتصاعد عند الكاثود، في حين يتصاعد غاز الكلور عند الأنود.

$$Cl^-(aq) \rightarrow Cl + e^-$$

$$Cl + Cl \rightarrow Cl_2(g)$$ (يتصاعد غاز الكلور)

ويرجع ذلك إلى أن تركيز أيون الكلوريد العالي يمنحه الأفضلية في التعامل على الرغم من أن أيون الكلوريد يفقد شحنته بصعوبة أكبر من أيون الهيدروكسيد.

	الأنود	الكاثود
حمض هيدروكلوريك مخفف	غاز أكسجين	غاز هيدروجين
حمض هيدروكلوريك مركز	غاز كلور	غاز هيدروجين

جدول 4 تأثير التركيز على التحليل الكهربائي

نوع القطب

إذا تأملنا التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس (II) باستخدام أقطاب من الكربون، يتضح عدم تأثيرها على التحليل الكهربائي لأنها **أقطاب خاملة**. تتنافس عند الأنود كل من أيونات الكبريتات والهيدروكسيد، إلا أن أيونات الهيدروكسيد تفقد الشحنة بسهولة أكبر فيتصاعد غاز الأكسجين عند الأنود:

$$4OH^-(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(\ell) + 4e^-$$ (تصاعد غاز الأكسجين)

وتتنافس عند الكاثود كل من أيونات النحاس والهيدروجين. وبما أن أيونات النحاس تفقد شحنتها بسهولة أكثر، فإننا نرى راسبًا لونه أحمر وردي من فلز النحاس على قطب الكربون. فنجد عند الكاثود:

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$ (فلز نحاس مترسب)

الكاتيونات	الأنيونات
$K^+(aq)$	تقل صعوبة فقد الشحنة
$Na^+(aq)$	
$Ca^{2+}(aq)$	$SO_4^{2-}(aq)$
$Mg^{2+}(aq)$	$NO_3^-(aq)$
$Zn^{2+}(aq)$	$Cl^-(aq)$
$Fe^{2+}(aq)$	$Br^-(aq)$
$Pb^{2+}(aq)$	$I^-(aq)$
$H^+(aq)$	$OH^-(aq)$
$Cu^{2+}(aq)$	
$Ag^+(aq)$	

جدول 3 تفريغ انتقائي للشحنة

اختبر فهمك 2

أكمل النواتج المتكونة عند الأقطاب في الجدول التالي:

مادة التحليل الكهربائي	ناتج الأنود	ناتج الكاثود
مصهور بروميد رصاص	أبخرة بنية من	مصهور .....
محلول كلوريد صوديوم مخفف	غاز ..... عديم اللون	غاز ..... الانفجاري
محلول كلوريد صوديوم مركز	أبخرة صفراء مخضرة من غاز	غاز ..... الانفجاري
مصهور يوديد بوتاسيوم	أبخرة بنفسجية من	..... مصهور
يوديد بوتاسيوم مائي	..... الذي يلون المحلول باللون البني	غاز ..... الانفجاري

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

	الأنود	الكاثود
كبريتات نحاس (II) مع قطب كربون	غاز أكسجين	نحاس مترسب
كبريتات نحاس (II) مع قطب نحاس	يتأين أنود النحاس (يذوب)	نحاس مترسب

جدول 5 تأثير الأقطاب المختلفة على التحليل الكهربائي

أما إذا استخدمنا أقطاب نحاس، فإنها تكون **أقطاب فعالة**، وتؤثر على التحليل الكهربائي. يذوب قطب النحاس عند الأنود في المحلول:

$Cu\,(s) \rightarrow Cu^{2+}\,(aq) + 2e^-$ (يذوب قطب النحاس)

تترسب أيونات النحاس عند الكاثود على هيئة ذرات نحاس أحمر وردي:

$Cu^{2+}\,(aq) + 2e^- \rightarrow Cu\,(s)$ (فلز نحاس مترسب)

8-2 التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي
Industrial Applications of Electrolysis

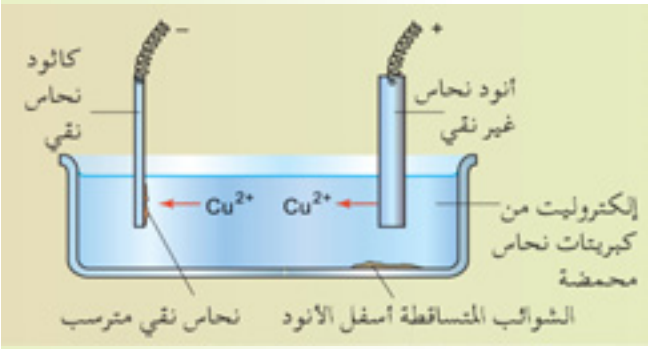
للتحليل الكهربائي تطبيقات صناعية عديدة تتضمن استخلاص الفلزات من خاماتها، وبصفة خاصة الألومنيوم ، وتنقية الفلزات وخصوصًا النحاس.

يستخدم في تنقية النحاس أنود من النحاس غير النقي، وتستخدم صفيحة رقيقة من النحاس النقي ككاثود. ويكون عادة الإلكتروليت محلول كبريتات النحاس (II) المحمضة. يذوب أنود النحاس غير النقي عند سريان الكهرباء، ويتحلل كأيونات نحاس. ولا تذوب الشوائب التي في النحاس، وتتساقط كمادة غليظة القوام ناعمة (كدارة) أسفل الأنود.

وتترسب على الكاثود أيونات النحاس كفلز نحاس نقي (شكل 2-9).

في وحدة التنقية النموذجية، يتم تشغيل عدة آلاف من الخلايا الكهربائية، لمدة أسبوعين. وتزداد أثناء تلك الفترة كتلة كاثود النحاس من 5 كجم إلى أكثر من 100 كجم. ويستخدم النحاس على نطاق واسع في أسلاك الكهرباء، ويكون النحاس المستخدم نقيًا للغاية.

ويستخدم أيضًا التحليل الكهربائي على نطاق واسع في تصنيع المادة القلوية المهمة هيدروكسيد الصوديوم،التي تنتج من التحليل الكهربائي لماء البحر المركز (انظر الوحدة 2-5 ب) في هذا الكتاب ويلاحظ أن غازي الكلور والهيدروجين اللذين يُنتجان أيضًا أثناء هذا التحليل الكهربائي لهما استخدامات تجارية. ويمكن أخيرًا استخدام التحليل الكهربائي في **الطلاء الكهربائي**.



شكل 2-9 تنقية النحاس

حاول ترتيب زيارة مدرسية لمصنع يستخدم التحليل الكهربائي إما في التنقية بالكهرباء، أو الطلاء بالكهرباء.

هذا النشاط يساعد الطلاب على معرفة ما يدور حولهم.

مراجعة سريعة

تتأثر نواتج التحليل الكهربائي بـ :

تركيز الأيونات

التفريغ الانتقائي لشحنة الأيونات

نوع القطب

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية – ليبيا

9-2 الطلاء بالكهرباء: التغطية بطبقة رقيقة واقية من فلز
Electroplating: Coating with a Thin Protective Layer of Metal

من الاستخدامات الشائعة للتحليل الكهربائي تكوين طبقة رقيقة من فلز واقٍ على سطح فلز آخر قابل للصدأ، وتسمى بعملية **الطلاء الكهربائي**. مثال لذلك **جلفنة** الحديد، حيث يغطى سطح الحديد كهربائيًّا بطبقة من الخارصين. و الفولاذ غير القابل للصدأ هو أيضًا حديد مطلي كهربائيًّا أولًا بالنيكل ثم بطبقة رقيقة جدًّا من فلز أغلى وأكثر جاذبية هو الكروم.

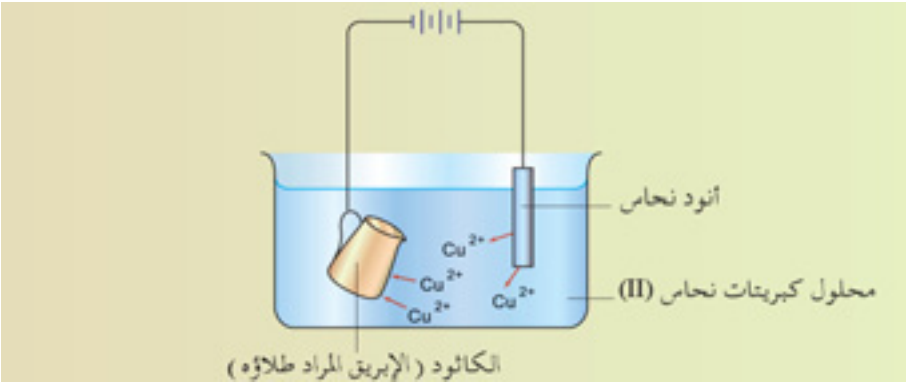
في الطلاء الكهربائي بصفة عامة نعتبر الجسم المراد طلاؤه (الإبريق مثلًا) كاثودًا، أما الأنود فيصنع من الفلز المراد الطلاء به (النحاس). ويكون الإلكتروليت محلولًا لملح ذلك الفلز (كبريتات نحاس II).

الأنود: (يتأين أنود النحاس) $Cu\,(s) \longrightarrow Cu^{2+}\,(aq) + 2e^-$

الكاثود: (يترسب النحاس على الجسم) $Cu^{2+}\,(aq) + 2e^- \rightarrow Cu\,(s)$

الطلاء الكهربائي	
الفلز	الجسم
الخارصين (جلفنة)	صناديق قمامة، جرادل
الكروم	مصادم السيارة، ومقابض الدراجة
الفضة	الساعات، الأساور
النحاس	الأطباق
النيكل (EPNS)	السكاكين (فولاذ نيكل مطلي بالكهرباء)
الذهب	الحلي والساعات

جدول 6



شكل 2-10 الطلاء الكهربائي

10-2 تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية: الخلايا والنضائد
Chemical to Electrical Energy: Cells and Batteries

يسمى الجهاز الذي يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية **خلية** أو **نضيدة** (مجموعة من الخلايا). ويتكون من زوج من الفلزات المختلفة في إلكتروليت.

في شكل 2-11 يذوب الفلز الأكثر فاعلية، (الماغنسيوم) في الحمض المخفف ويُكوِّن أيونات ماغنسيوم مما ينتج إلكترونات. ويعمل الماغنسيوم أثناء إنتاج الإلكترونات كقطب سالب.

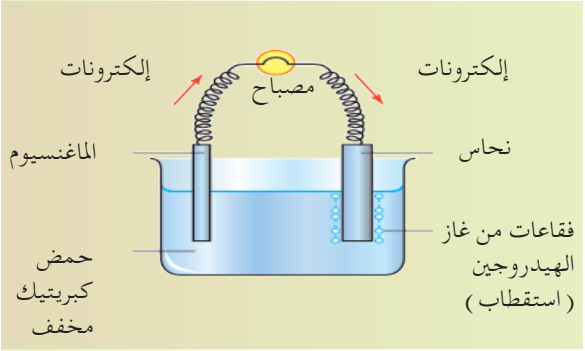
إلكترونات أيونات الماغنسيوم فلز الماغنسيوم

$$Mg\,(s) \longrightarrow Mg^{2+}\,(aq) + 2e^-$$

تنتقل تلك الإلكترونات بعد ذلك إلى قطب النحاس، كما تنتج فقاعات غاز الهيدروجين عند ذلك القطب. وأثناء تلقي الإلكترونات يكون النحاس القطب الموجب.

غاز هيدروجين إلكترونات أيونات هيدروجين

$$2H^+\,(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2\,(g)$$



شكل 2-11 خلية بسيطة تعمل

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويعتبر إنتاج الإلكترونات وحركتها كهرباءً، ومن ثم توليد طاقة كهربائية، فيضيء المصباح. يمكن عمومًا تمثيل التفاعل الكيميائي بالمعادلة الأيونية:

$$Mg\,(s) + 2H^{+}\,(aq) \rightarrow Mg^{2+}\,(aq) + H_2\,(g)$$

وتعتمد شدة إضاءة المصباح على الفرق بين فاعلية العنصرين. فالماغنسيوم والنحاس يبعدان عن بعضهما في **سلسلة الفاعلية الكيميائية (النشاط الكيميائي)** للفلزات، لذلك يكون المصباح متوهجًا، ولكن نظرًا لسرعة ذوبانية الماغنسيوم في الحمض، فلا يستمر المصباح مضيئًا لمدة طويلة. ويتغطى أيضًا قطب النحاس بفقاعات من غاز الهيدروجين التي تمنع سريان الكهرباء، و يسمى ذلك **بالاستقطاب**. أما إذا أجريت التجربة بفلزين آخرين أقل فاعلية مثل الخارصين أو الحديد بدلًا من الماغنسيوم، فإن شدة الإضاءة تكون أقل، ولكن يستمر المصباح مضيئًا لمدة أطول.

شكل 2-12 يعتمد جهد الخلية على موضع الفلزات في سلسلة الفاعلية. يبعد الماغنسيوم والنحاس عن بعضهما في السلسلة، لذلك يكون جهدهما عالٍ.

11-2 الخلايا الجافة: سهلة النقل ورخيصة الثمن
Dry Cells: Portable and Cheap

إذا كان الإلكتروليت في الخلايا عجينة وليس سائلًا، تسمى الخلية **خلية جافة**. ويشيع استخدام تلك الخلايا في المنازل، وفي الساعات، ومصابيح الجيب، والألعاب، وآلات الحلاقة، وأدوات كهربائية أخرى كثيرة. ويتميز ذلك النوع من الخلايا بكونه مصدرًا نقّالًا للطاقة، وبرخص ثمنه.

يبين شكل 2-13 قطاعًا طوليًا في خلية جافة نموذجية. تتكون الخلية من عمود كربون داخل إناء مسامّي من كربون مسحوق وأكسيد منجنيز (IV). ويكون الإلكتروليت عبارة عن عجينة من كلوريد أمونيوم، ويكون القطب الآخر علبة الخارصين للخلية نفسها. تعمل علبة الخارصين كطرف سالب لأنها تنتج إلكترونات.

خارصين → أيونات خارصين + إلكترونات

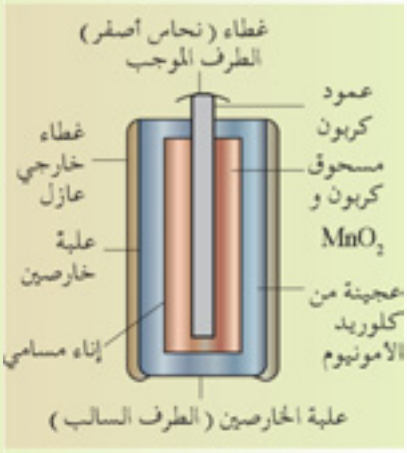
$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$$

يكون الطرف الموجب هو عمود الكربون، بسطحه المحاط بمسحوق كربون. ويتواجد أيضًا أكسيد منجنيز (IV) الذي يعمل **كمخلوط مضاد للاستقطاب** يساعد على أكسدة غاز الهيدروجين الناتج عند أخذ أيونات الأمونيوم المتواجدة بالإلكتروليت الإلكترونات الناتجة من قطب الخارصين.

أمونيا + إلكترونات → هيدروجين + أيونات الأمونيوم

$$2NH_4^{+}\,(aq) + 2e^{-} \longrightarrow 2NH_3\,(g) + H_2\,(g)$$

يكون جهد معظم الخلايا الجافة حوالي 1.5 فولت، ولكن يصل جهد النضائد من هذه الخلايا إلى 90 فولتًا أو أكثر. وعندما تُستهلك المواد الكيميائية في الخلية يحدث **ارتشاح** بسبب ذوبان قطب الخارصين فتنتج أيونات الخارصين. وتكون العجينة التي ترشح إلى الخارج أكّالة للغاية، لذلك يجب استبدال الخلايا والنضائد بمجرد تلفها.



شكل 2-13 خلية جافة.

مجموعة من الخلايا والنضائد

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

ملخص

فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

- الإلكتروليتات سوائل تحتوي على أيونات. وقد تكون موادَّ أيونية مصهورة، أو محاليلَ مائية لمواد أيونية.
- اللاإلكتروليتات سوائل تساهمية لا توصل الكهرباء.
- التحليل الكهربائي تحلل كيميائي لمادة أيونية (مصهورة أو في محلول) باستخدام الكهرباء.
- الكاتيونات أيونات موجبة (فلزات وهيدروجين) تنتقل إلى الكاثود (القطب السالب).
- الأنيونات أيونات سالبة (لافلزات وشقوق حمضية) تنتقل إلى الأنود (القطب الموجب).
- تنتقل أيونات الصوديوم إلى الكاثود أثناء التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المصهور، وتُكوِّن فلز صوديوم مصهورًا $Na^+(\ell) + e^- \rightarrow Na(\ell)$. تُكوِّن أيونات الكلوريد عند الأنود غاز كلور $2Cl^-(\ell) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
- يحدث التفريغ الانتقائي للشحنة (فقد الشحنة التفضيلي) إذا انجذب أكثر من نوع واحد من الكاتيونات أو الأنيونات للأنود أو للكاثود. الأيون الذي يفقد شحنته، هو الذي يتطلب أقل طاقة ليفقد شحنته.
- تنتقل أيونات الهيدروجين إلى الكاثود أثناء التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم المائي المخفف، وتُكوِّن غاز الهيدروجين ($2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$). تفرغ أيونات الهيدروكسيد شحنتها عند الأنود، وتُكوِّن غاز الأكسجين ($4OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O(\ell) + 4e^-$).
- توجد عوامل أخرى بجانب تفريغ الشحنة الانتقائي تؤثر على نواتج التحليل الكهربائي، كتركيز الأيون ونوع القطب (خامل أو نشط).
- تتضمن التطبيقات الصناعية للتحليل الكهربائي تصنيع هيدروكسيد الصوديوم، واستخلاص الألومنيوم، وتنقية النحاس والطلاء الكهربائي.
- أثناء تنقية النحاس، يصبح النحاس غير النقي هو الأنود ($Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$)، ويترسب النحاس النقي على الكاثود ($Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$).
- أثناء الطلاء الكهربائي، يكون فلز الطلاء هو الأنود، ويكون الإلكتروليت محلولًا مائيًّا لأحد أملاح فلز الطلاء، ويكون الجسم المراد طلاؤه هو الكاثود.
- تنتج الكهرباء في الخلايا البسيطة عند وضع فلزين مختلفين في إلكتروليت. ويحدد الفرق في الفاعلية الكيميائية بين الفلزين الجهد الكهربائي للخلية الإلكتروليتية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم

اللاإلكتروليت: سوائل تساهمية لا توصل الكهرباء مثل الإيثانول ومحلول السكر.

إلكتروليت: سائل (مائي أو مصهور) موصل للكهرباء.

الإلكتروليت الضعيف: سوائل تحتوي فقط على أيونات قليلة مثل الأحماض الضعيفة (حمض الكربونيك)، أو القلويات الضعيفة (محلول الأمونيا).

الإلكتروليت القوي: سوائل متأينة تمامًا مثل الأحماض القوية (حمض الكبريتيك)، أو القلويات القوية (هيدروكسيد صوديوم).

التحليل الكهربائي: تحلل كيميائي للإلكتروليت بمرور الكهرباء.

الإلكتروليت	الأقطاب	ناتج الأنود	ناتج الكاثود
بروميد رصاص مصهور	جرافيت	غاز بروم	رصاص مصهور
حمض كبريتيك مخفف	بلاتين	غاز أكسجين	غاز هيدروجين
حمض هيدروكلوريك مخفف	جرافيت	غاز أكسجين	غاز هيدروجين
حمض هيدروكلوريك مركز	جرافيت	غاز كلور	غاز هيدروجين
محلول كبريتات نحاس	جرافيت	غاز أكسجين	نحاس
محلول كبريتات نحاس	نحاس	يتأين أنود النحاس	نحاس

الأنيونات		الكاتيونات
SO_4^{2-}	سهولة فقد الشحنة ↓	K^+
NO_3^-		Mg^{2+}
Cl^-		Fe^{2+}
Br^-		Cu^{2+}
OH^-		Ag^+

التطبيقات الصناعية

التنقية بالكهرباء: تكرير أو تنقية الفلزات غير النقية كالنحاس.

الطلاء بالكهرباء: يكون الجسم المراد طلاؤه الكاثود، ويكون الأنود من الفلز المراد الطلاء به (النحاس)، ويكون الإلكتروليت محلولًا لأحد أملاح الفلز (كبريتات نحاس (II)).

استخلاص الفلزات: يستخدم التحليل الكهربائي لاستخلاص الفلزات الفعالة كاستخلاص الألومنيوم من خاماته.

الخلايا: أدوات تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية. الخلايا البسيطة لها قطبين مغمورين في إلكتروليت (مرتبط بسلسلة الفاعلية الكيميائية).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية – ليبيا

أسئلة الاختيار من متعدد

1- مثال للإلكتروليت الضعيف هو
(أ) كحول. (ب) محلول ملح.
(جـ) محلول سكر. (د) محلول أمونيا.

2- عند التحليل الكهربائي لمحلول مخفف لأحد الأملاح، يتصاعد غاز عديم اللون عند الأنود هو غاز
(أ) الهيدروجين. (ب) البخار.
(جـ) الأكسجين. (د) الكلور.

3- عند التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات نحاس (II) باستخدام أقطاب كربون، يكون الراسب الأحمر الوردي المتكون على أحد القطبين هو
(أ) نحاس.
(ب) أكسيد نحاس (I).
(جـ) أكسيد نحاس (II).
(د) كبريتيد نحاس (II).

4- عند التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات نحاس باستخدام أقطاب نحاس. أي مما يلي يحدث؟
(أ) يفقد الأنود وزنه.
(ب) يفقد الكاثود بعض وزنه.
(جـ) يقتم لون المحلول.
(د) يفتح لون المحلول.

5- يكون الإلكتروليت دائمًا
(أ) حمضًا أو قلويًا.
(ب) محلولًا مائيًا.
(جـ) سائلًا.
(د) صلبًا مصهورًا.

6- تتكون الأنيونات عندما
(أ) تكتسب الفلزات إلكترونات.
(ب) تفقد الفلزات إلكترونات.
(جـ) تكتسب اللافلزات إلكترونات.
(د) تفقد اللافلزات إلكترونات.

7- تمر الكهرباء خلال مصهور بروميد رصاص (II) بسبب وجود
(أ) إلكترونات حرة. (ب) أيونات متحركة.
(جـ) ذرات متحركة. (د) فلز رصاص.

8- أي الترتيبات التالية تستخدم إذا أردت طلاء جسم بالفضة؟

	الكاثود	الأنود	الإلكتروليت
أ	فضة	الجسم	حمض كبريتيك مخفف
ب	الجسم	كربون	حمض كبريتيك مخفف
جـ	الجسم	فضة	محلول نترات فضة
د	فضة	الجسم	محلول نترات فضة

9- مررت الكهرباء خلال محلول مائي لكبريتات نحاس (II) باستخدام أقطاب نحاس. أي الأشكال التالية تعد أفضل تمثيل لتغير كتلة كاثود النحاس بافتراض ثبوت التيار؟

10- أي الأنيونات التالية يصعب أن تفقد شحنتها عند القطب الموجب أثناء التحليل الكهربائي؟
(أ) NO_3^- (ب) OH^-
(جـ) I^- (د) O^{2-}

11- يسمى الطلاء الكهربائي للحديد بالخارصين جلفنة. يتم تمثيل التفاعل عند الكاثود بالمعادلة
(أ) $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$
(ب) $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$
(جـ) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$
(د) $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

12- يستخلص فلز الألومنيوم بالتحليل الكهربائي لخامه المصهور. يبين الجدول التالي حجم التيار والزمن اللازم لإنتاج كتل مختلفة من الألومنيوم عند الكاثود.

التيار (KA)	الزمن (اليوم)	كتلة الألومنيوم
60	1	1 طن
120	2	4 طن
240	2	8 طن

ما كمية الألومنيوم الناتج إذا سرى تيار شدته 180 كيلو أمبير لمدة 3 أيام؟

(أ) 3 طن (ب) 6 طن

(جـ) 9 طن (د) 12 طن

أسئلة تركيبية

13- تخير من هذه الكلمات المصطلح الأكثر ملاءمة لوصف ما يلي: الريوستات، النضيدة، الأمبير، البلاتين، الفولتمتر، النحاس، الخلية

(أ) مصدر للكهرباء

(ب) مجموعة خلايا

(جـ) أداة كهربائية لقياس التيار

(د) أداة لتثبيت التيار

(هـ) قطب خامل

ارسم دائرة التحليل الكهربائي التي تضم كل هذه الأدوات الكهربائية.

14- يبين الجدول التالي معلومات عن أربع مواد أ، ب، جـ، د، عندما تكون صلبة، وعندما تكون مصهورة.

المادة	صلبة		مصهورة		
	المظهر	هل توصل الكهرباء؟	هل توصل الكهرباء؟	الناتج عند الأنود	الناتج عند الكاثود
أ	جسم صلب أصفر	لا	لا	لا شيء	لا شيء
ب	جسم صلب أبيض	لا	نعم	غاز بروم	فلز رصاص
جـ	جسم صلب وردي	نعم	نعم	لا شيء	لا شيء
د	جسم صلب أسود	نعم	نعم	لا شيء	لا شيء

(أ) اقترح هوية أ، ب، جـ، د.

(ب) هل ب موصل أم إلكتروليت؟

(جـ) هل د موصل أم إلكتروليت؟

(د) ما نوع الرابطة في أ؟

(هـ) ما نوع الرابطة في ب؟

15- ارسم خلية كهربائية بسيطة يمنكك استخدامها عند طلاء مسمار بالنحاس. سمِّ الأقطاب المستخدمة، مبينًا أيها أنود و أيها كاثود. سمِّ أيضًا الإلكتروليت المناسب.

16- ميز بين كل مما يلي:

(أ) التحليل الكهربائي والإلكتروليت.

(ب) الكاثود والكاتيون.

(جـ) الأنود والأنيون.

(د) الموصل والإلكتروليت.

17- أكمل الجدول التالي، مسمّيًا النواتج الرئيسة عند كل من الأنود والكاثود.

الأقطاب	الإلكتروليت	ناتج الأنود	ناتج الكاثود
كربون	حمض هيدروكلوريك مخفف		
كربون	حمض هيدروكلوريك مركز		
كربون	هيدروكسيد صوديوم		
نحاس	كبريتات نحاس (II)		
كربون	كبريتات نحاس (II)		

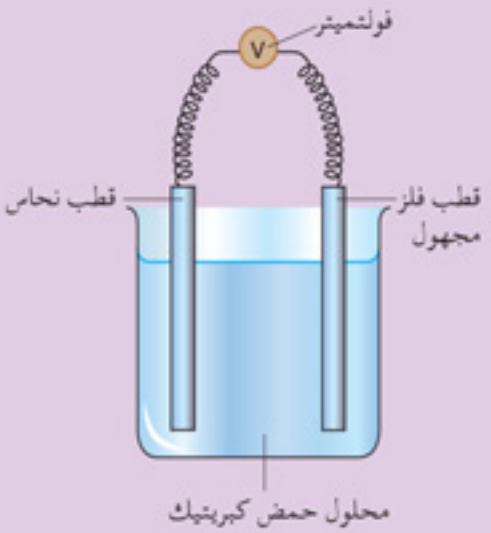
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحث التربوية - ليبيا

ركن التفكير

المهارة: الاستنتاج

أُعِدَّت خلايا بسيطة متنوعة باستخدام قطب نحاس، وفلزات مختلفة مغمورة في إلكتروليت من محلول حمض الكبريتيك (انظر الرسم). وسُجلت نتيجة الجهد الناتج من كل خلية في الجدول التالي. تذكر أنه كلما كبر الفرق في الفاعلية بين القطبين كلما زادت قراءة الفولتميتر.

القطب	قطب فلز مجهول	قراءة الفولتميتر (فولت)
نحاس	فلز أ	+ 1.10 فولت
نحاس	فلز ب	0.00 فولت
نحاس	فلز جـ	+ 2.72 فولت
نحاس	فلز د	+ 0.45 فولت
نحاس	فلز هـ	+ 0.78 فولت
نحاس	فلز و	- 0.47 فولت
نحاس	فلز ز	+ 3.21 فولت



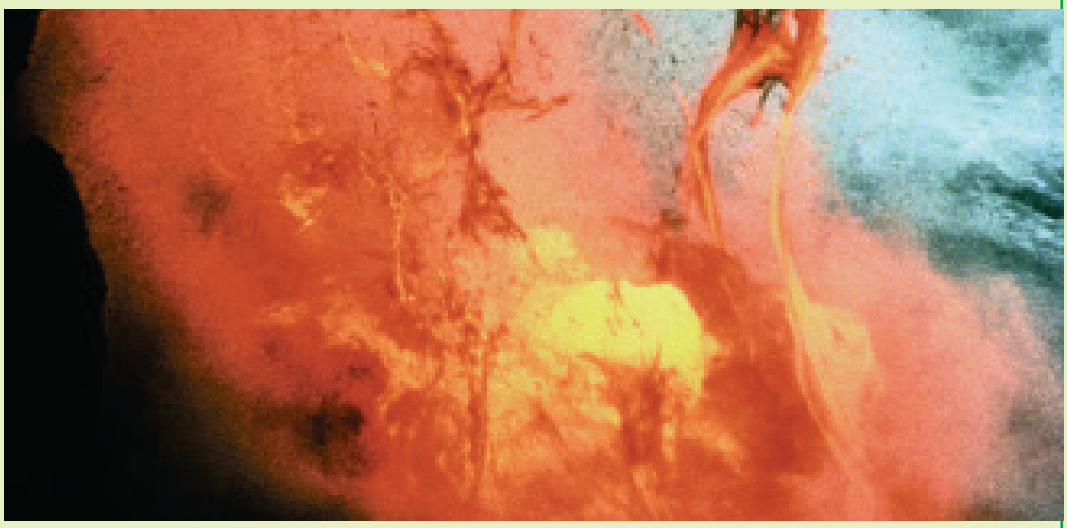
استنتج هوية الفلزات المختلفة المستخدمة (أ إلى ز) من القائمة التالية:
« كالسيوم، نحاس، حديد، رصاص، ماغنسيوم، فضة، خارصين »

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة
3

الطاقة من المواد الكيميائية

Energy from Chemicals



تحدث تفاعلات كيميائية عنيفة عند الفوران البركاني تنطلق منها غازات ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين السامة.

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

- ✔ **تصف** معنى تغير المحتوى الحراري (الطاقة) بدلالة التفاعلات الطاردة (ΔH سالبة)، والماصة للحرارة (ΔH موجبة).
- ✔ **ترسم** مخططات للطاقة لتمثل التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة، بما في ذلك طاقة التنشيط.
- ✔ **تصف** تكوين الروابط كعملية طاردة للحرارة، وكسر الروابط كعملية ماصة للحرارة.
- ✔ **تشرح** تغيرات المحتوى الحراري الكلية بدلالة تغيرات الطاقة المرتبطة بكسر وتكوين الروابط.
- ✔ **تستنتج** أنه إذا أطلقت موادُّ كيميائية طاقة في تفاعل كيميائي، يعتبر التفاعل طاردًا للحرارة، ويتضمن ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط.
- ✔ **تستنتج** أنه إذا امتصت موادُّ كيميائية طاقة في تفاعل كيميائي، يعتبر التفاعل ماصًّا للحرارة، ويتضمن انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط.
- ✔ **تصف** احتراق الوقود كتفاعل طارد للحرارة.
- ✔ **تصف** الهيدروجين "كوقود المستقبل". يمكن استخراج الهيدروجين من الهيدروكربونات (كالنافتا)، أو الماء.
- ✔ **تصف** خلية الوقود كتفاعل مباشر للهيدروجين والأكسجين لإنتاج كهرباء.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

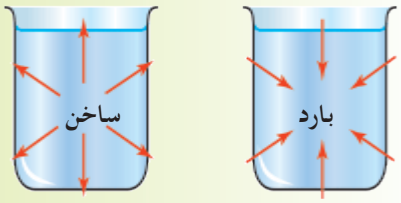
1-3 تحول الطاقة الكيميائية إلى حرارة: تغيرات طاردة وماصة للحرارة

Chemical Energy to Heat: Exothermic and Endothermic Changes

تتضمن عادة التفاعلات الكيميائية تغيرًا حراريًّا. تنطلق حرارة في العديد من التفاعلات الكيميائية، ويصحب ذلك ارتفاع في درجة حرارة الوسط المحيط. ويحدث أحيانًا العكس، فتُمتص الطاقة الحرارية من الوسط المحيط، ويتسبب ذلك في انخفاض درجة الحرارة.

التفاعل الطارد للحرارة هو التفاعل الذي تنطلق منه طاقة (حرارية) تؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الوسط المحيط.

التفاعل الماص للحرارة هو التفاعل الذي تمتص فيه طاقة (حرارية) تؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط.



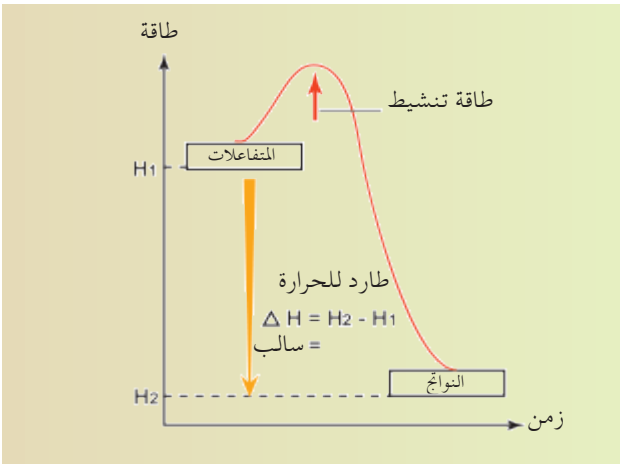
طارد للحرارة (انطلاق حرارة)

ماص للحرارة (امتصاص حرارة)

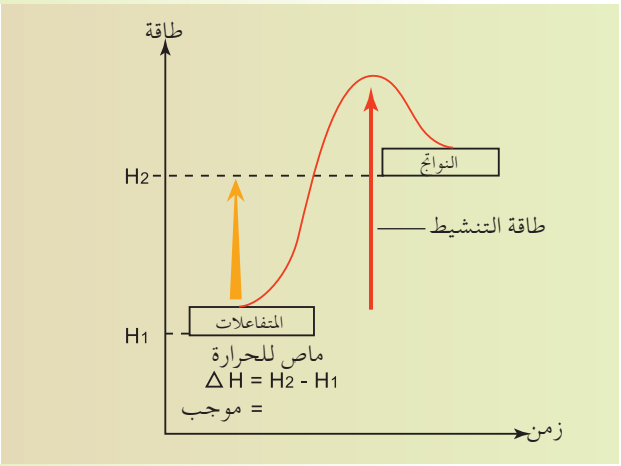
تبادل حراري

يبين شكل 3-1 مخططًا للطاقة مقابل الزمن في تفاعل **طارد** للحرارة. ويتضح هنا أن محتوى الطاقة النهائي للنواتج أدنى من محتوى طاقة المتفاعلات. وينتقل "الفقد" في الطاقة إلى الوسط المحيط كحرارة، مما يفسر ارتفاع درجة الحرارة. ويسمى المُركِّب الناتج من عناصره، والذي يصدر طاقة **مُركِّباً طارداً للحرارة**. من أمثلة هذه المركبات الماء، كلوريد الصوديوم، .... إلخ، وتميل تلك المركبات إلى الثبات الشديد، ويصعب تحللها إلى عناصرها.

أما مع التفاعل **الماص** للحرارة، فيحدث العكس. (انظر شكل 3-2). يكون هنا محتوى الطاقة النهائي للنواتج أعلى من محتوى طاقة المتفاعلات. يأتي اكتساب الطاقة من الوسط المحيط كحرارة، فتنخفض درجة حرارة الوسط المحيط. ويسمى المُركِّب الذي يتكون من عناصره ويكتسب حرارة **مُركِّباً ماصّاً للحرارة**. تكون هذه المركبات غير ثابتة بسبب محتوى طاقتها المرتفع، وتتحلل بسهولة إلى عناصرها المكونة.



شكل 3-1 مخطط الطاقة لتفاعل طارد للحرارة.
يكون تغير الطاقة الإجمالي (ΔH) سالبًا.



شكل 3-2 مخطط الطاقة لتفاعل ماص للحرارة.
يكون تغير الطاقة الإجمالي (ΔH) موجبًا.

تسمى مخططات تغيرات الطاقة مقابل الزمن أثناء التفاعلات الكيميائية **مخططات طاقة**. يوجد دائمًا **حاجز طاقة** قبل تحول المتفاعلات إلى نواتج يتوجب على المتفاعلات تخطيه لتصبح نواتجَ. يحدد ارتفاع هذا الحاجز انتشار التفاعل الكيميائي، ويسمى **طاقة التنشيط**.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2-3 تكوين وكسر الروابط Making and Breaking Bonds

لماذا تنطلق أو تمتص طاقة في التفاعلات الكيميائية؟

الإجابة: لأن جميع التفاعلات الكيميائية تتضمن كسر أو تكوين روابط كيميائية.

يحدث التغير الطارد للحرارة عند تكوين الروابط الكيميائية.

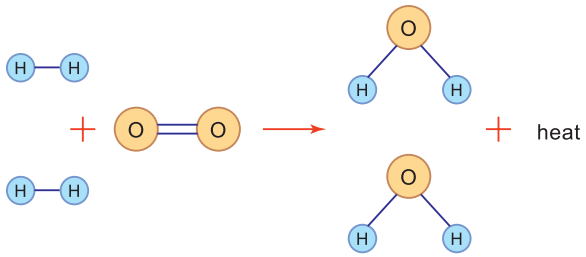
يحدث التغير الماص للحرارة عند كسر الروابط الكيميائية.

عند تكوين الرابطة الكيميائية، تنطلق طاقة. وتكون عادة التفاعلات التي تُكوِّن فيها روابط تفاعلات طاردة للحرارة بسبب انطلاق الطاقة، ولذلك تكون طاقة النواتج أدنى من طاقة المتفاعلات. تكون معظم التفاعلات طاردة للحرارة خصوصًا تلك التي تتكون فيها جزيئات مركبة من أخرى بسيطة.

عند كسر رابطة كيميائية، تمتص طاقة. وتكون عادة التفاعلات التي تُكسِّر فيها روابط تفاعلات ماصة للحرارة بسبب امتصاص الطاقة، ولذلك تكون طاقة النواتج أعلى من طاقة المتفاعلات. تعتبر التفاعلات الماصة للحرارة أقل شيوعًا من التفاعلات الطاردة للحرارة.

تأمل احتراق غاز الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين بخار ماء.

حرارة + بخار ماء ← أكسجين + هيدروجين



$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + heat$

يُنتج هذا التفاعل حرارة؛ لذلك يعتبر تفاعلًا طاردًا للحرارة. يرجع السبب في ذلك إلى أن تكوين أربع روابط بين ذرات الهيدروجين والأكسجين في الماء يؤدي إلى انطلاق طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في غاز الهيدروجين والأكسجين.

تغير الطاقة الكلي = الطاقة الممتصة عند كسر الروابط − الطاقة المنبعثة عند تكوين الروابط

تغير الطاقة الكلي = (O–H) x 4 – [(O = O) +(H–H) x 2]

= 463 x 4 – [496 + (436 x 2)]

= 1852 - 1368 = –484 كيلوجول مول$^{-1}$

اختبر فهمك 1

(1) إذا وصف تفاعل بأنه طارد للحرارة، ماذا يعني ذلك؟

(2) إذا وصف تفاعل بأنه ماص للحرارة، ماذا يعني ذلك؟

(3) إذا تضمن التفاعل بصفة رئيسة كسر روابط، فهل يمتص طاقة أم يعطي طاقة؟

(4) إذا تضمن أساسًا التفاعل تكوين روابط، فهل يمتص طاقة أم يطلق طاقة؟

(5) هل تكون معظم التفاعلات الكيميائية طاردة أم ماصة للحرارة؟

الرابطة	متوسط طاقة الرابطة كيلوجول / مول
H—H	436
C—C	348
C—H	413
C═O	743
O═O	496
O—H	463
C═C	612
N—H	388

جدول 1 متوسط طاقات الروابط

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

3-3 تفاعلات طاردة للحرارة: تطلق حرارة
Exothermic Reactions: Giving out Heat

توجد أمثلة عديدة للتفاعلات الطاردة للحرارة، ولكن أكثرها وضوحًا على الأرجح هي تفاعلات اشتعال أو **احتراق** الوقود.

الاحتراق هو تفاعل كيميائي مع الأكسجين.

تتكون بعض أنواع الوقود كالفحم، أو فحم الكوك أساسًا من عنصر الكربون. ويتكون عند احتراق تلك الأنواع إما غاز أول أكسيد الكربون، أو ثاني أكسيد الكربون. يتكون ثاني أكسيد الكربون عند تواجد وفرة من الهواء أو الأكسجين، ويتكون أول أكسيد الكربون عند توافر كمية محدودة من الهواء أو الأكسجين. كلا التفاعلين طاردان للحرارة وينتج عنهما حرارة، ولكن تفاعل ثاني الأكسيد هو التفاعل الأكثر طردًا للحرارة.

كربون + أكسجين ⟶ أول أكسيد الكربون + حرارة

$$2C\,(s) + O_2\,(g) \longrightarrow 2CO\,(g) + \text{heat}$$

كربون + أكسجين ⟶ ثاني أكسيد الكربون + حرارة

$$C\,(s) + O_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(g) + \text{heat}$$

وتحتوي أحيانًا أنواع أخرى من الوقود على عنصر الهيدروجين، الذي يتحول عند الاحتراق إلى بخار ماء، وقد يستخدم الهيدروجين السائل كوقود في الصواريخ، ويكون تفاعله طاردًا للحرارة عند احتراقه.

هيدروجين + أكسجين ⟶ بخار ماء + حرارة

$$2H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2H_2O\,(g) + \text{heat}$$

ولكن تحتوي العديد من أنواع الوقود على عنصري الكربون والهيدروجين. ويعتبر الميثان أو الغاز الطبيعي أحد أنواع ذلك الوقود، والذي يُكوِّن غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء عند احتراقه في وفرة من الهواء. ويكون التفاعل طاردًا للحرارة بشدة، وعليه يعتبر الميثان وقودًا ممتازًا.

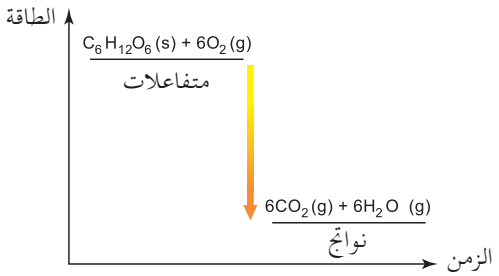
ميثان + أكسجين ⟶ ثاني أكسيد الكربون + بخار ماء + حرارة

$$CH_4\,(g) + 2O_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(g) + 2H_2O\,(g) + \text{heat}$$

يتواجد أيضًا عنصرا الكربون والهيدروجين في جميع المواد الغذائية. ولذلك يعتبر غذاء مثل الجلوكوز وقودًا بيولوجيًّا. و**التنفس** هو العملية التي تنطلق فيها الطاقة من تلك المواد الغذائية، ويتطلب أكسجين، وينتج ثاني أكسيد كربون وبخار ماء. ولذلك تشبه هذه العملية عملية الاحتراق من نواح كثيرة.

جلوكوز + أكسجين ⟶ ثاني أكسيد الكربون + بخار ماء + حرارة

$$C_6H_{12}O_6\,(s) + 6O_2\,(g) \longrightarrow 6CO_2\,(g) + 6H_2O\,(g) + \text{heat}$$



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مراجعة سريعة

التفاعلات الطاردة للحرارة

- تُطلق حرارة.
- تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط.
- تُكَوِّن نواتج ذات طاقة أدنى من المتفاعلات (ΔH = سالب).
- تحدث عندما تكون الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط أكبر من الطاقة المتصة لكسر الروابط.

التفاعلات الماصة للحرارة

- تمتص حرارة.
- تؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط.
- تُكَوِّن نواتج ذات طاقة أعلى من المتفاعلات (ΔH = موجب).
- تحدث عندما تكون الطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط أقل من الطاقة المتصة لكسر الروابط.

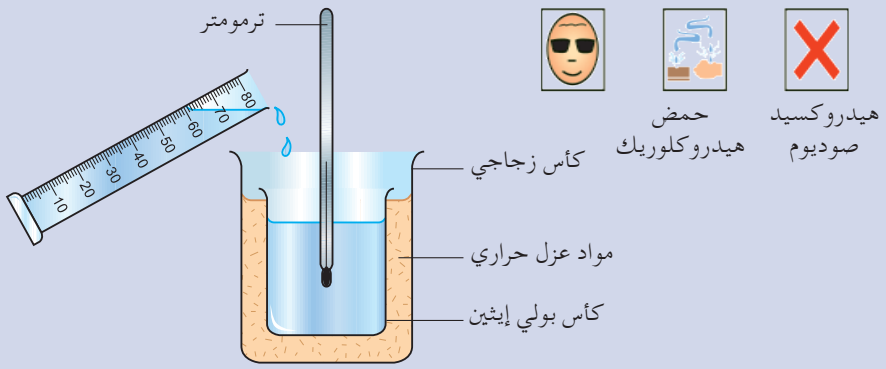
تغيرات المحتوى الحراري (الطاقة)

Δ (دلتا تعني الفرق)
H (تعني الحرارية)
ΔH = الطاقة المتصة – الطاقة المنبعثة (جول)
ΔH = سالب (طارد للحرارة)
ΔH = موجب (ماص للحرارة)

تجربة 3–1
استقصاء حرارة التعادل

Experiment 3-1
Investigate Heat of Neutralisation

1- نظف كأس بولي إيثين وضعه داخل كأس زجاجي أكبر، مع وجود مواد عزل حراري بينهما كما هو مبين بالشكل التالي.
2- قس 25 سم^3 من حمض هيدروكلوريك تركيزه 2 مول ديسم$^{-3}$ مستخدمًا مخبارًا مدرجًا، وسجل درجة حرارته، ثم ضعه في كأس البولي إيثين.
3- قس 5 سم^3 هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 2 مول ديسم$^{-3}$ في مخبار مدرج آخر.
4- صب هيدروكسيد الصوديوم على حمض الهيدروكلوريك مُقلبًّا بحرص باستخدام الترمومتر. سجل أعلى درجة حرارة يصل لها المخلوط. يكون التفاعل طاردًا للحرارة.
5- أفرغ المحلول، ونظف الكأس.
6- كرر هذا الإجراء باستخدام حجوم مختلفة من الحمض والقلوي، وأكمل جدول النتائج التالي.



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

حاول هذا !

(أ) أكمل الجدول التالي :

حجم الحمض (بالسم^3)	30	25	20	15	10	5	0
حجم القلوي (بالسم^3)	0	5	10	15	20	25	30
الارتفاع في درجة الحرارة (°س)	0						0

(ب) ارسم شكلًا بيانيًا لدرجة الحرارة (المحور ص) مقابل حجم القلوي (المحور س) .

(جـ) علق من الشكل على موضع القمة .

(د) كيف يختلف الشكل إذا استخدمنا هيدروكسيد بوتاسيوم 2 مول ديسم$^{-3}$، وحمض نيتريك 2 مول ديسم$^{-3}$؟

4–3 تفاعلات ماصة للحرارة : تمتص حرارة
Endothermic Reactions: Taking in Heat

تعتبر هذه التفاعلات أقل شيوعًا من التفاعلات الطاردة للحرارة، ولكن تشمل التفاعلات التي تتضمن **تحللًا حراريًا**، ويمتص فيها جزيء ضخم عند التسخين طاقة، وينتج عن ذلك انكسار الروابط، مما يؤدي إلى تكوّن جزيئات أصغر. يحدث لكثير من الكربونات والنترات والهيدروكسيدات تحلل حراري. فعلى سبيل المثال :

ثاني أكسيد الكربون أكسيد كالسيوم كربونات كالسيوم

$$CaCO_3\ (s) \xrightarrow[\text{حرارة}]{heat} CaO\ (s) + CO_2\ (g)$$

أكسجين ثاني أكسيد نيتروجين أكسيد رصاص نترات رصاص

$$2Pb(NO_3)_2\ (s) \xrightarrow[\text{حرارة}]{heat} 2PbO\ (s) + 4NO_2\ (g) + O_2\ (g)$$

بخار ماء أكسيد نحاس هيدروكسيد نحاس

$$Cu(OH)_2\ (s) \xrightarrow[\text{حرارة}]{heat} CuO\ (s) + H_2O\ (g)$$

تشمل التفاعلات الأخرى الماصة للحرارة ذوبان بلورات أيونية معينة مثل نترات الأمونيوم، أو كلوريد الصوديوم، أو نترات الصوديوم. تمتص تلك المواد عند ذوبانها في الماء طاقة، تستخدم لكسر الروابط في الشبكة البلورية.

محلول نترات صوديوم بلورة نترات صوديوم

$$NaNO_3\ (s) + H_2O \xrightarrow[\text{حرارة}]{heat} NaNO_3\ (aq)$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مراجعة سريعة

تحللات ماصة للحرارة

1- كربونات $\xleftarrow{\text{حرارة}}$ أكسيد + ثاني أكسيد كربون

أمثلة: $CaCO_3, ZnCO_3, MgCO_3, PbCO_3, CuCO_3$

2- هيدروكسيد $\xleftarrow{\text{حرارة}}$ أكسيد + بخار ماء

أمثلة: $Ca(OH)_2, Fe(OH)_2, Zn(OH)_2, Cu(OH)_2$

3- نترات $\xleftarrow{\text{حرارة}}$ أكسيد + ثاني أكسيد نيتروجين + أكسجين

أمثلة: $Ca(NO_3)_2, Zn(NO_3)_2, Pb(NO_3)_2, Cu(NO_3)_2$

تجربة 3-2
الذوبان وتغيرات الطاقة

Experiment 3-2
Dissolving and Energy Changes

حاول إذابة المواد العديدة المبينة في الجدول. سجل درجة الحرارة المبدئية قبل إذابة المواد، وسجل درجة الحرارة النهائية بعد الذوبان. أكمل الجدول بتحديد ما إذا كان التفاعل طاردًا أم ماصًّا للحرارة.

المذاب	درجة الحرارة المبدئية (°س)	درجة الحرارة النهائية (°س)	التغير في درجة الحرارة (°س)	طارد أم ماص للحرارة ؟
نترات أمونيوم				
نترات صوديوم				
نترات بوتاسيوم				
كلوريد صوديوم				
هيدروكسيد صوديوم				
كلوريد بوتاسيوم				
كربونات صوديوم				

حاول هذا !

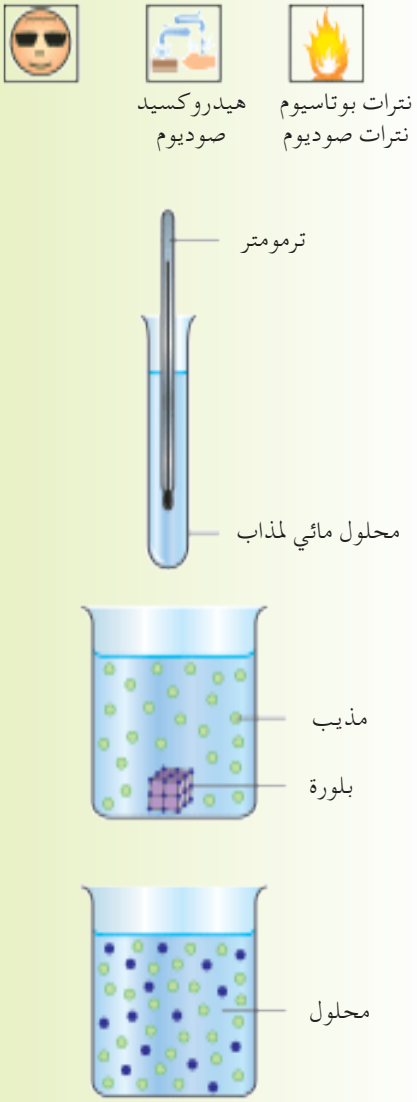
(أ) اكتب الصيغة الكيميائية لكل مادة مذابة.

(ب) اكتب المعادلات الكيميائية لذوبان كل مادة مذابة.

المعادلات العامة معطاة:

(ماص للحرارة) $MX(s) \rightarrow MX(aq)$

(طارد للحرارة) $MX(s) \rightarrow MX(aq) + heat$



شكل 3-3 الذوبان

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

اختبر فهمك 1

يبين الجدول ما يحدث عند خلط مواد صلبة ومحاليل متنوعة معًا.

التجربة	المادة الصلبة	المحلول	درجة الحرارة عند البداية (°س)	درجة الحرارة بعد الخلط (°س)
1	أ	ب	26	41
2	جـ	د	26	18
3	هـ	و	24	53
4	ز	ح	25	22
5	ط	ي	26	26

(أ) في أي من هذه التجارب لا يوجد تفاعل كيميائي؟ اشرح اختيارك.

(ب) أي التجارب تتضمن أكثر تكوين روابط؟

(جـ) تخير من التجربة 1 إلى 5:

1- تفاعلين طاردين للحرارة.

2- تفاعلين ماصين للحرارة.

فكر علميًّا

يبين الشكل طريقة لتسخين أو تبريد الطعام المحفوظ في علبة معدنية.

(أ) اشرح كيفية عملها؟

(ب) أي المواد الكيميائية تكون ملائمة لتسخين الطعام؟

..... صلب، محلول .....

(جـ) أي المواد الكيميائية تكون ملائمة لتبريد الطعام؟

..... صلب، محلول .....

تفاعلات طاردة للحرارة

1- الاحتراق

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

2- التنفس

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g)$$

3- التعادل

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(\ell)$$

أو

$$OH^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(\ell)$$

تفاعلات ماصة للحرارة

1- تحلل حراري

(أ) كربونات

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\text{حرارة}} CaO(s) + CO_2(g)$$

(ب) نترات

$$2Cu(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\text{حرارة}} 2CuO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

(جـ) هيدروكسيد

$$Cu(OH)_2(s) \xrightarrow{\text{حرارة}} CuO(s) + H_2O(g)$$

2- ذوبان

$$NH_4NO_3(s) + H_2O(\ell) \xrightarrow{\text{حرارة}} NH_4NO_3(aq)$$

جدول 2 ملخص التفاعلات المختلفة

5-3 توفير الطاقة

Saving Energy

تلتمس الصناعات تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى بأعلى كفاية ممكنة، فتستخدم مواقد ووقودًا أكثر كفاية. يعتبر على سبيل المثال الغاز الطبيعي الذي يتكون أغلبه من الميثان أكفأ من غاز الفحم، لأنه أكثر طردًا للحرارة، مما يعني أنه يطلق حرارة أكثر عند احتراقه.

ينتج واحد مول (24 000سم^3 عند درجة حرارة وضغط الغرفة) 890 كيلو جول من الحرارة:

غاز طبيعي + أكسجين → ثاني أكسيد كربون + بخار ماء + حرارة

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + 890\ KJ/mol^{-1}$$

في الماضي أثناء استكشاف النفط كان يُحرق الغاز الطبيعي المتجمع فوقه كمنتج مهمل. أما الآن، فيتم تجميعه مع غازات أخرى وتُسال بالتبريد، بحيث يمكن تخزينها كغاز يسمى « غازاً بترولياً مسالاً » (L.P.G.)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

يـزداد الآن أيضًـا الاهتمام بتصنيـع محركات أكثر اقتصادية في تصنيع السـيارات. ويتحقـق ذلـك بزيـادة كفايـة احتـراق الوقـود فيهـا، ولذلـك تسـمى محـركات جيـدة الاحتراق.

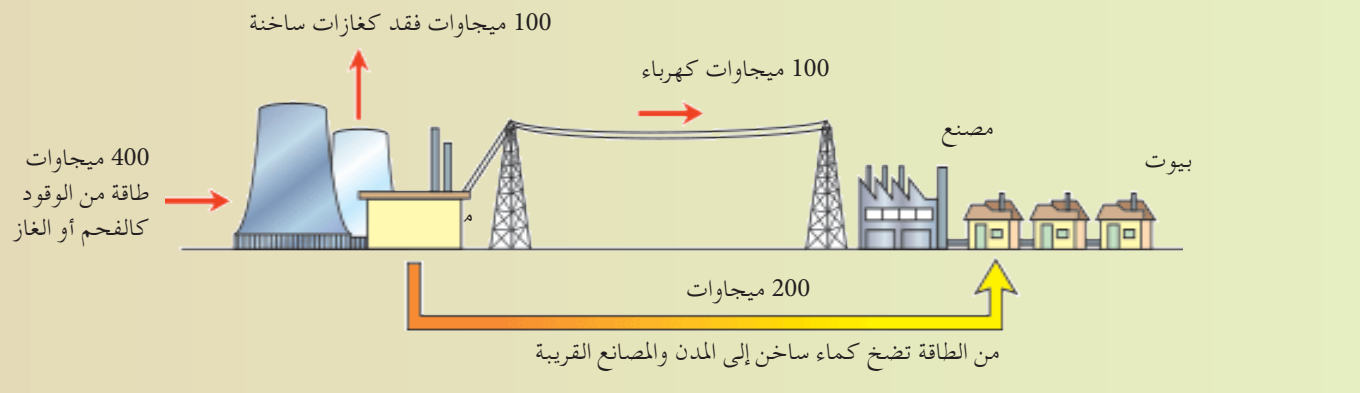
ويعتبـر منـع فقد الحرارة طريقة أخرى مـن طرق حفظ أو توفير الطاقة. ويمكن تحقيق ذلك في المنزل بعزل الحوائط بطبقة من فوم بولي يوريثان، أو باستخدام النوافذ الزجاجية المزدوجة، أو بعزل الشرفات بالألياف الزجاجية.

ويمكـن حفـظ الطاقـة فـي الصناعـة **بإعادة تدويـر** المواد. تحتـوي الغـازات المنطلقة كعوادم عند قمة الفرن العالي على أول أكسـيد الكربون. وتكون تلك الغازات سـاخنة أيضًا لذلك تُسـتخدم مبادلات حرارة لنزع الحرارة، كما يسـتخدم أول أكسـيد الكربون نفسـه كوقـود يُحـرق لينتج حرارة أكثر. ويعتبر أيضًا إعـادة تدوير الحديد الخردة بصهره وإعـادة اسـتخدامه حفظًا للطاقة؛ لأن إعادة التدويـر تتطلب طاقة أقل من إنتاج الفلز من خاماته.

تستخدم محطات القدرة الكبيرة ملايين اللترات من الماء يوميًّا للتبريد أثناء توليد الكهرباء. يسبب ذلك الماء عند صرفه في الأنهار المحيطة ارتفاع درجة حرارة النهر عدة درجات باتجاه مصبه، وينتج عن ذلك **تلوث حراري**، حيث تقل نسبة الأكسجين الذائبة في الماء الأدفأ، مما يُخل بتوازن الحياة في النهر. ويمكن كحل بديل مد تلك الحرارة **الزائدة** إلى المكاتب والمصانع المحيطة. وتفقد وفقًا لبعض التقديرات حوالي 75% من الطاقة الداخلة لأي محطة قدرة، ويفقد بعضها كغازات تهرب من أبراج التبريد. يمكن مع ذلك حفظ نصف تلك الطاقة الداخلة عن طريق ضخ الماء الساخن إلى المدن القريبة. وتكمن المشكلة في التكلفة المبدئية لتوصيل الماء، وضخه (أنابيب ومضخات)، ولكن يكون التوفير الكلي للطاقة بصفة عامة ضخمًا للغاية.

تخيل أن

محطة قـدرة كبيـرة لتوليـد الكهرباء تنتـج 2 000 ميجـاوات مـن القدرة. ويمكن لمضخة بترول ضخ طاقة مفيدة بمعـدل 34 ميجـاوات. وإذا عملـت 59 مضخـة فـي نفس الوقت يمكن أن تعطي ناتجا يطابق القدرة التي تنتجها محطة قدرة كبيرة.



شكل 3-4 محطة قدرة موحدة لتوليد الكهرباء والحرارة (C.H.P.)

تُصمم الآن كثير من محطات القدرة الجديدة بحيث لا يُفقد ماء التبريد الساخن، وتسمى **محطات قدرة موحدة لتوليد الكهرباء والحرارة** (C.H.P.). ونظرًا لمحدودية الوقود الحفري ورغبتنا في حفظ الطاقة قدر الإمكان، أصبحت المحطات الجديدة (C.H.P.) تلاقي استحسانًا متزايدًا حول العالم.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

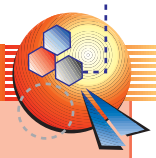
ملخص

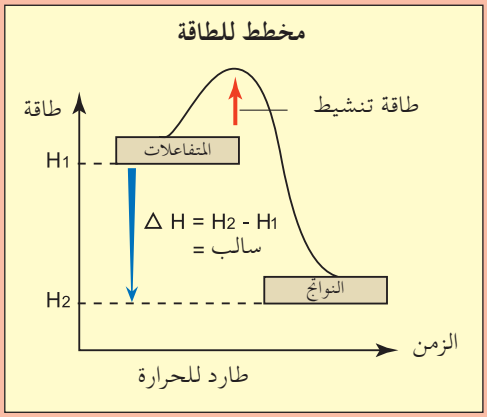
فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

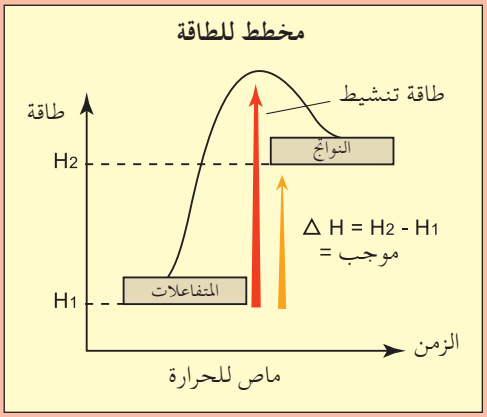
- يمكن أن تأتي الطاقة من التغير الكيميائي، ويمكنك تمثيل تغيرات الطاقة خلال التفاعل بمخطط للطاقة.
- تفقد التفاعلات الطاردة للحرارة طاقة إلى الوسط المحيط بها؛ لذلك يكون المحتوى الحراري (طاقة) للنواتج أقل من المحتوى الحراري للمتفاعلات (ΔH سالب).
- تكتسب التفاعلات الماصة للحرارة طاقة من الوسط المحيط بها؛ لذلك يكون المحتوى الحراري (طاقة) للنواتج أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات (ΔH موجب).
- تتضمن التفاعلات الطاردة للحرارة ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط، بينما تؤدي التفاعلات الماصة للحرارة إلى انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط.
- كسر الروابط عملية ماصة للحرارة، في حين يكون تكوين الروابط عملية طاردة للحرارة.
- تغير الطاقة الكلي في التفاعل الكيميائي هو مجموع تغيرات الطاقة لجميع الروابط التي تم كسرها وتكوينها.
- تتضمن التفاعلات الطاردة للحرارة جميع تفاعلات الاحتراق (الفحم، الغاز الطبيعي، النفط، الهيدروجين، .... إلخ)، وتفاعلات التعادل.
- تتضمن التفاعلات الماصة للحرارة جميع أنواع تفاعلات التحلل الحراري (الكربونات، النترات، والهيدروكسيدات)، والعديد من تفاعلات الذوبان.
- يُكوِّن الهيدروجين، عند احتراقه، ماءً وهو طارد للحرارة للغاية، ووقودًا محتملًا للاستخدام في المستقبل. مصادر الهيدروجين هي النافتا (الهيدروكربون)، والماء.
- تتميز خلية الوقود باتحاد الهيدروجين والأكسجين لتكوين بخار الماء وإنتاج الكهرباء مباشرة. إنها أكثر كفاية من إنتاج البخار لتدوير المولدات وإنتاج الكهرباء.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم







تفاعلات طاردة للحرارة : تنطلق طاقة (حرارة) تؤدى إلى زيادة درجة حرارة الوسط المحيط (ΔH = سالب) .

تفاعلات ماصة للحرارة : تمتص طاقة (حرارة) تؤدى إلى انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط (ΔH = موجب) .

تكوين الروابط : تغير طارد للحرارة حيث تنطلق طاقة عند تكوين الرابطة .

تغيرات الطاقة

كسر الروابط : تغير ماص للحرارة حيث يمتص طاقة لكسر الرابطة .

تفاعلات طاردة للحرارة :

- تفاعل احتراق (احتراق الوقود في الأكسجين) مثال :

ميثان + أكسجين → ثاني أكسيد الكربون + بخار ماء + طاقة

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + energy$$

- التنفس (أكسدة المادة الغذائية) مثال

جلوكوز + أكسجين → ثاني أكسيد الكربون + بخار ماء + طاقة

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g) + energy$$

- تعادل الأحماض والقلويات مثال

هيدروكسيد صوديوم + حمض هيدروكلوريك → كلوريد صوديوم + ماء

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(\ell)$$

تفاعلات ماصة للحرارة :

- تحلل حراري

(استخدام الحرارة لكسر الجزيئات الأكبر لتكوين جزيئات أصغر)

مثال :

كربونات كالسيوم $\xrightarrow{\text{طاقة أو حرارة}}$ أكسيد كالسيوم + ثاني أكسيد كربون

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\text{طاقة أو حرارة}} CaO(s) + CO_2(g)$$

نترات رصاص $\xrightarrow{\text{طاقة أو حرارة}}$ أكسيد رصاص + ثاني أكسيد نيتروجين + أكسجين

$$2Pb(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\text{طاقة أو حرارة}} 2PbO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$$

هيدروكسيد نحاس $\xrightarrow{\text{طاقة أو حرارة}}$ أكسيد نحاس + بخارماء

$$Cu(OH)_2(s) \xrightarrow{\text{طاقة أو حرارة}} CuO(s) + H_2O(g)$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

أسئلة الاختيار من متعدد

1- أي التغيرات التالية طارد للحرارة؟
(أ) التبخر (ب) التحلل الحراري
(جـ) التنفس (د) الانصهار

2- أي التغيرات التالية ماص للحرارة؟
(أ) التجمد (ب) التعادل
(جـ) البناء الضوئي (د) الاحتراق

3- أي العناصر يوجد دائمًا في وقود كالفحم، والنفط، والغاز الطبيعي؟
(أ) الهيدروجين (ب) الكربون
(جـ) الأكسجين (د) النيتروجين

4- يحترق الغاز الطبيعي بسهولة أكثر عن أنواع الوقود الأخرى لأنه
(أ) أكثر طردًا للحرارة
(ب) غاز
(جـ) عديم اللون
(د) له كثافة أقل

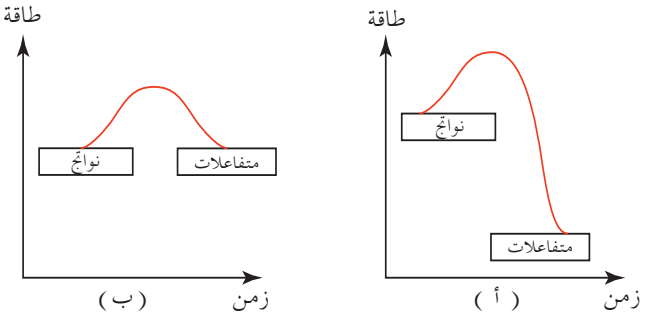
5- تحتوي معظم أنواع الوقود على كميات صغيرة من الكبريت. تعطي عندما تحترق غازًا يلوث الهواء، ويسبب المطر الحمضي. ويسمى
(أ) أول أكسيد الكربون
(ب) ثاني أكسيد الكربون
(جـ) ثاني أكسيد الكبريت
(د) ثالث أكسيد الكبريت

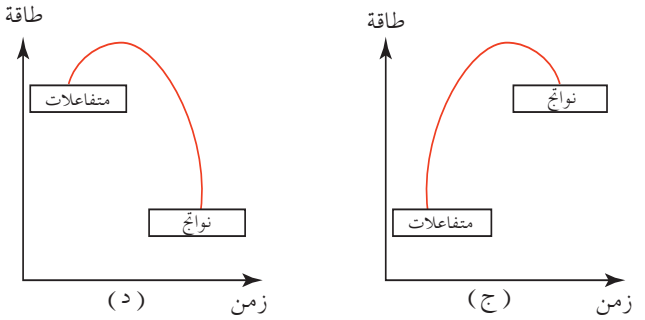
6- الميثان (CH_4) هو المكون الرئيس للغاز الطبيعي. ينتج عند احتراقه 890 كيلو جول حرارة لكل مول. ما كمية الحرارة الناتجة عند احتراق 64 جم مثيان؟
[A_r (C) = 12, A_r (H) = 1]
(أ) 890 كيلو جول
(ب) 1780 كيلو جول
(جـ) 2670 كيلو جول
(د) 3560 كيلو جول

7- أي هذه التفاعلات تتوقع أن يكون ماصًّا للحرارة؟
(أ) $4K\,(s) + O_2\,(g) \rightarrow 2K_2O\,(s)$
(ب) $H_2\,(g) \rightarrow 2H\,(g)$
(جـ) $2NaOH\,(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4\,(aq) + 2H_2O\,(\ell)$
(د) $2H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2H_2O\,(g)$

8- التفاعل الماص للحرارة هو تفاعل:
(أ) يسخن إناء التفاعل.
(ب) يعطي ضوءًا.
(جـ) تحتوي نواتجه طاقة أكثر من المتفاعلات.
(د) تتكون فيه روابط كيميائية.

9- أي مخططات الطاقة التالية يبين تفاعلًا ماصًّا للحرارة؟





10- أي زوج من العناصر الموضح عددها الذري يتفاعل، معًا بطريقة أكثر طردًا للحرارة؟
(أ) 2 و 8
(ب) 12 و16
(جـ) 3 و 10
(د) 19 و 9

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

11- أضيف 100 سم^3 من محلول هيدروكسيد الصوديوم 1 مول ديسم$^{-3}$ إلى 100سم^3 من حمض الهيدروكلوريك 1 مول ديسم$^{-3}$. أعلى ارتفاع في درجة حرارة تم تسجيلها T_1. كررت التجربة مع 50 سم^3 من كل محلول، وسجل ارتفاع درجة حرارة T_2. وكانت النتيجة هى :

(أ) T_1 تساوى T_2

(ب) T_1 نصف قيمة T_2

(جـ) T_2 نصف قيمة T_1

(د) T_2 ربع قيمة T_1

12- خلية الوقود هى جهاز يستخدم في :

(أ) تحويل الطاقة الكهربائية بكفاية إلى طاقة كيميائية

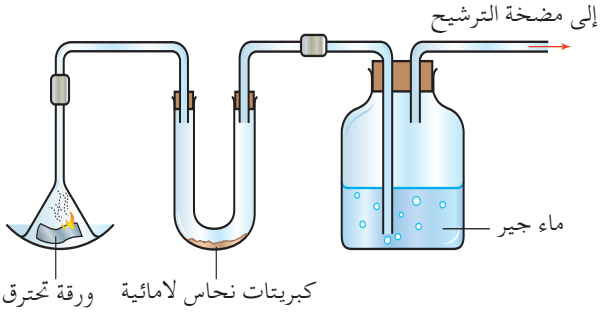
(ب) تحويل الطاقة الكيميائية بكفاية إلى طاقة كهربائية

(جـ) إعادة شحن المراكم

(د) احتراق الوقود بكفاية

أسئلة تركيبية

13- صمم طالب الجهاز التالي.



(أ) ما الهدف من استخدام كبريتات النحاس (II) اللامائية؟

(ب) ما لون كبريتات النحاس (II) اللامائية قبل التجربة وبعدها؟

(جـ) ما الهدف من استخدام ماء الجير؟

(د) ما اللون الذى يصبح عليه ماء الجير بعد التجربة؟

(هـ) ما الهدف من استخدام مضخة الترشيح؟

14- أكمل المعادلات التالية والخاصة بالاحتراق ووازنها :

(أ) $CO\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow \ldots\ldots$.

(ب) $CH_4\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$.

(جـ) $C_4H_{10}\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$.

(د) $C_6H_{12}O_6\ (s) + O_2\ (g) \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$.

(هـ) $C_2H_5OH\ (\ell) + O_2\ (g) \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$.

15- (أ) قارن بين التفاعل الطارد والتفاعل الماص للحرارة.

(ب) عند احتراق الإيثان C_2H_6 مثل كل الهيدروكربونات، يتكون ناتجان. اكتب معادلة كيميائية متوازنة توضح ذلك.

(جـ) حرارة احتراق الإيثان هي 1560 كيلو جول مول$^{-1}$. ما كمية الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق 7.5 جم من الإيثان؟

[A_r (C) = 12, A_r (H) = 1]

(د) ما الحجم الذي يشغله 7.5 جم إيثان عند درجة حرارة وضغط الغرفة؟

(الحجم المولي للغاز = 24 000 سم^3 عند r.t.p.)

16- توجد المادة X كجزيئات X_2. وتتفاعل مع المادة Y التي توجد أيضًا كجزيئات Y_2. ويُكوِّنان معًا مركب XY. كالتالي

$$X_2\ (g) + Y_2\ (g) \longrightarrow 2XY\ (g)$$

الروابط X-X و Y-Y هي روابط ضعيفة، في حين روابط X-Y قوية.

(أ) هل التفاعل طارد أم ماص للحرارة؟

(ب) ارسم مخطط الطاقة لذلك التفاعل.

(جـ) مثال لهذا التفاعل هو تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور. اكتب معادلة متوازنة واذكر أسماء النواتج الغازية.

17- عند احتراق الهيدروجين في الأكسجين، تنطلق طاقة ويتكون بخار الماء.

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية المتوازنة لذلك التفاعل.

(ب) هل التفاعل طارد أم ماص للحرارة؟

(جـ) ما الروابط التي تم كسرها وتلك التي تم تكوينها؟

(د) اذكر ثلاث صور ممكنة للطاقة المنطلقة؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

ركن التفكير

المهارة: التنبؤ

يبين الجدول التالي بعض خواص مواد كيميائية متنوعة تستخدم كوقود نظرًا لتفاعلها الطارد للحرارة مع الأكسجين (ΔH سالب).

الوقود	طريقة نقله	سهولة الاشتعال	أمان احتراقه	نوع اللهب	التكلفة النسبية	الحرارة (كيلو جول) لكل مول
البنزين	خزان / أنابيب توصيل	سهل جدًّا	خطير	نظيف	عالية	متنوعة
الفحم	الطريق / السكك الحديدية	صعب	آمن	متسخ	رخيصة	340
الغاز الطبيعي	أنابيب توصيل مباشر للمستخدم	سهل جدًّا	يمكن أن يسبب التسرب انفجارات	نظيف	متوسطة	890
الإيثانول	في زجاجات / براميل	سهل جدًّا	خطير جدًّا	نظيف	عالية جدًّا	1371
الفحم الحيواني	الطريق / أكياس	صعب	آمن	نظيف إلى حد ما	عالية	375
زيت النفط	خزان / أنابيب توصيل	متوسط	آمن إلى حد ما	متوسط	متوسطة	متنوعة
فحم الكوك	الطريق / أكياس	صعب	آمن	نظيف إلى حد ما	متوسطة	390

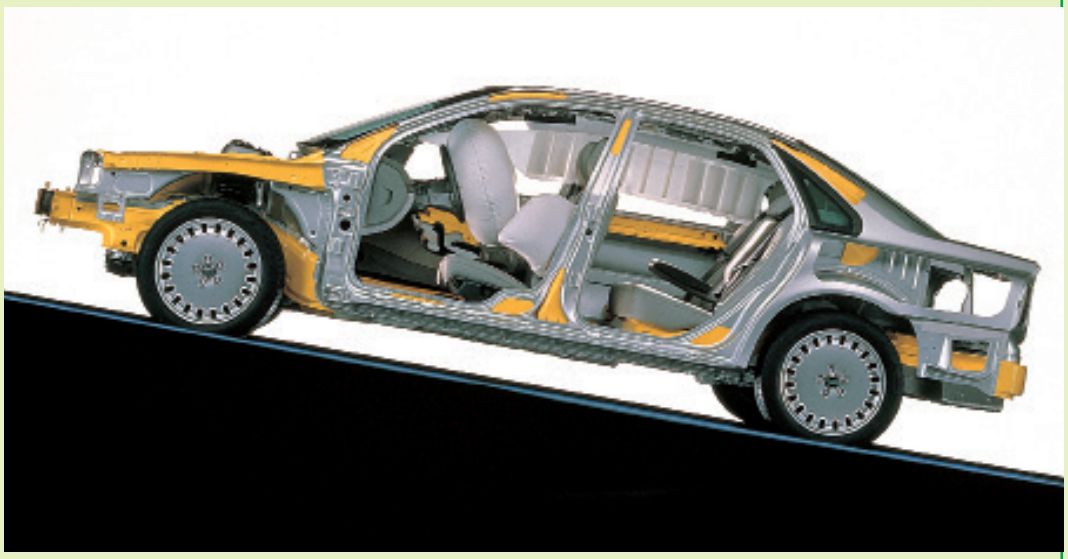
مستخدمًا الجدول السابق، تنبأ أي وقود يكون ملائمًا لكل مما يلي، موضحًا أسبابك.

- وقود لتسخين المنازل في حي بمدينة ضخمة.
- وقود لتسخين منزل في مزرعة معزولة.
- وقود لناقلة نفط عملاقة تحمل الزيت الخام.
- وقود في محطة قدرة لتوليد الكهرباء.
- وقود لسيارة سباق ذات أداء عالٍ.
- وقود للشواء في الحديقة.
- وقود لفرن عالٍ لاستخلاص الحديد من خامته.
- وقود لتسخين أفران كبيرة في مخبز تجاري.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة
4

سرعة التفاعل Speed of Reaction



توجد داخل "وسادة الهواء" مادة كيميائية بلورية تسمى أزيد الصوديوم. تستخدم تلك المادة لتوليد غاز نيتروجين (ليس هواء) بسرعة كبيرة. عند تعرض السيارة لصدمة قوية، تتجمع معًا أيونات الأزيد (N_3^-) وتطلق غاز النيتروجين بسرعة كبيرة لنفخ الوسادة.

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

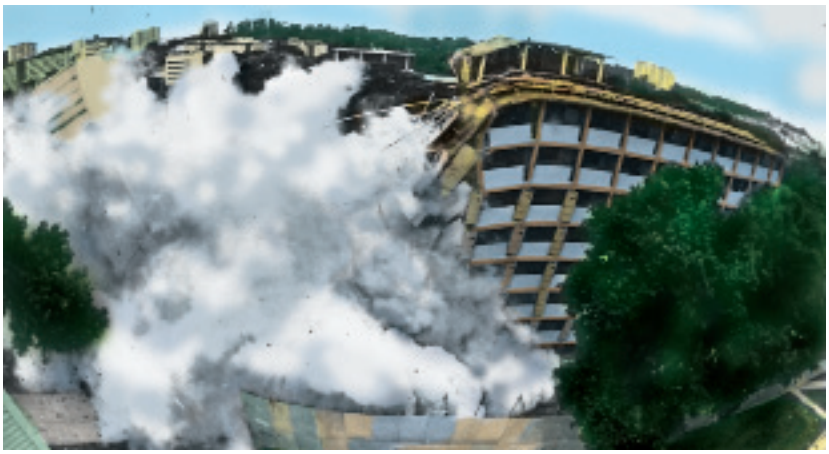
- ✔ **تصف** تأثير التركيز، والضغط، وحجم الجسيم، ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل.
- ✔ **تشرح** تلك التأثيرات بدلالة التصادمات بين الجسيمات المتفاعلة.
- ✔ **تفسر** البيانات التي نحصل عليها من التجارب الخاصة بسرعة التفاعل.
- ✔ **ترسم** منحنيات تغيرات الكتلة أو الحجم عند تصاعد الغازات خلال التفاعلات.
- ✔ **تُعَرِّف** مصطلح العامل الحفاز، وتصف تأثير العوامل الحفازة (بما في ذلك الأنزيمات) على سرعة التفاعلات.
- ✔ **تشرح** كيفية خفض العوامل الحفازة لطاقات التنشيط، ومن ثم زيادة سرعة التفاعل.
- ✔ **تذكر أن** العناصر الانتقالية ومركباتها تعمل كعوامل حفازة في الكثير من العمليات الصناعية، وأن الأنزيمات هي عوامل حفازة بيولوجية.
- ✔ **تقترح** طريقة ملائمة لاستقصاء تأثير متغير معين على سرعة التفاعل.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

1-4 تفاعلات سريعة وبطيئة: معدل التغير الكيميائي
Fast and Slow Reactions: The Rate of Chemical Change

يمكن أن تتنوع سرعة التفاعل الكيميائي، وتسمى **معدل التفاعل**. تكون بعض التفاعلات الكيميائية بطيئة جدًّا، مثل نضج الفواكه، وصدأ الحديد، وتآكل الحجر الجيري بفعل العوامل الجوية. فقد تحدث تلك التغيرات الكيميائية خلال أسابيع، أو شهور، أو حتى سنوات. من ناحية أخرى، تحدث بعض التغيرات الكيميائية فجأة، وتبدو وكأنها **تلقائية**. وتتفاعل معًا وبسرعة كبيرة بعض المواد الكيميائية – مواد متفجرة – لأن الطاقة الناتجة منها لا تجد وقتًا للهروب، فتتراكم وتخرج في صورة ضوء شديد وصوت.

تستغرق الطماطم عدة أسابيع للنضج

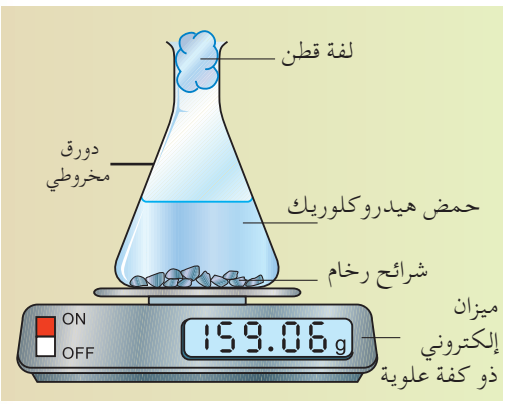


نتجت تلقائيًّا في الصورة كميات ضخمة من الغازات والحرارة، لم تتمكن من الهروب فأدت إلى انفجار.

2-4 قياس سرعة التفاعل: تغيرات مرئية
Measuring the Speed of Reaction: Visible Changes

لاستقصاء سرعة تفاعل كيميائي معين، يجب رؤية وتسجيل ما يحدث من تغيِّر. لا تكون كل التفاعلات الكيميائية سهلة الاستقصاء. يكون بعضها سريعًا للغاية، ولا يمكن رؤية التغير الحادث في البعض الآخر. غير أن التغيرات الملائمة التي يمكن ملاحظتها تحدث عند:

- تصاعد حجم من الغاز
- وجود تغير في الكتلة خلال التفاعل
- وجود تغير في درجة الحرارة
- وجود تغير في اللون
- تكوين راسب
- وجود تغيرات في قيمة pH



شكل 4-1 تغير الكتلة أثناء التفاعل

اختبر فهمك 1

فيما يلي بعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المنزل. رتبها طبقًا لمعدل الزيادة (من الأبطأ إلى الأسرع):

(أ) تعفن الفواكه.
(ب) الطهي بالغاز.
(جـ) صدأ صهريج ماء.
(د) الطهي في فرن الميكروويف.
(هـ) جفاف طلاء لامع.
(و) اشتعال عود ثقاب.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تأمل تفاعل شرائح الرخام (كربونات الكالسيوم) مع حمض الهيدروكلوريك :

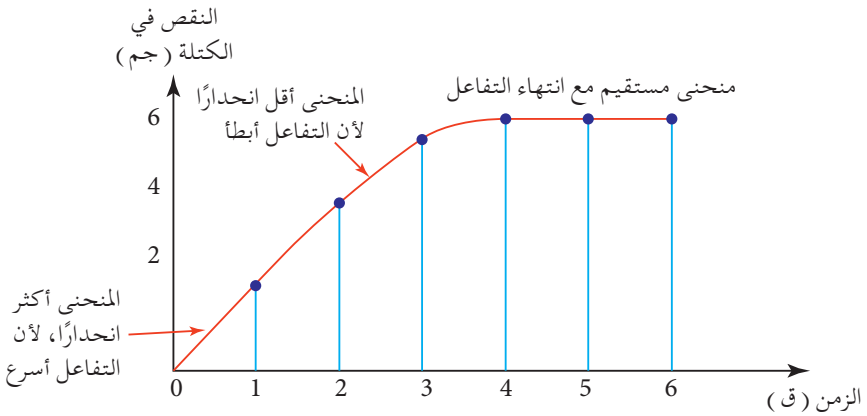
كربونات الكالسيوم	حمض هيدروكلوريك	كلوريد كالسيوم	ماء	ثاني أكسيد الكربون

$$CaCO_3\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow CaCl_2\,(aq) + H_2O\,(\ell) + CO_2\,(g)$$

يمكن متابعة سرعة هذا التفاعل بقياس تغيرات الكتلة كل دقيقة (انظر شكل 4-1)، ويمكن الحصول على نتائج كالموضحة في جدول 1. مُثِّلَت تلك البيانات بيانيًّا في شكل يوضح النقص في الكتلة مقابل الزمن.

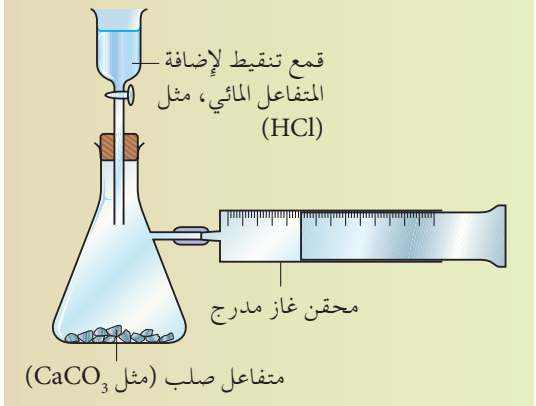
الزمن (ق)	كتلة الدورق (جم)	النقص في الكتلة (جم)	النقص في الكتلة (كل دقيقة)
0	156.0	0.0	0
1	154.0	2.0	2.0
2	152.2	3.8	1.8
3	151.2	4.8	1.0
4	150.7	5.3	0.5
5	150.7	5.3	0.0
6	150.7	5.3	0.0

جدول 1



شكل 4-1 تغيرات الكتلة بالنسبة للزمن

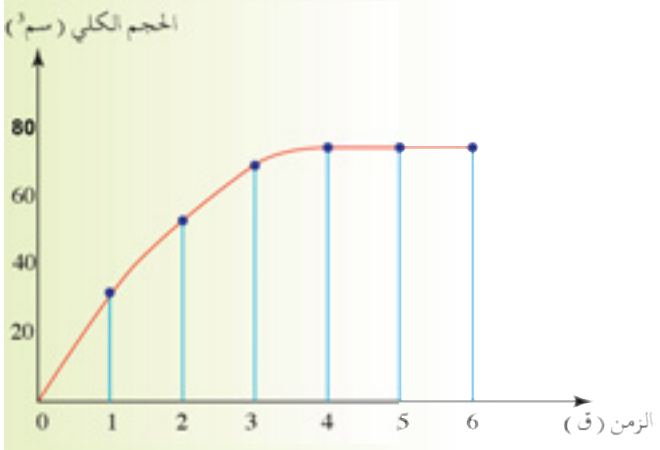
يمكنك أيضًا متابعة سرعة التفاعل بقياس حجم ثاني أكسيد الكربون المتصاعد، مستخدمًا محقن غاز (انظر شكل 4-2). ويمكنك الحصول على نتائج كالموضحة في جدول 2. ومُثِّلَت البيانات في رسم بياني يوضح زيادة حجم الغاز المتصاعد مقابل الزمن.



شكل 4-2 قياس حجم الغاز المتصاعد

الزمن (ق)	حجم الغاز (سم^3)	الزيادة في الحجم لكل دقيقة
0	0	0
1	30	30
2	52	22
3	65	13
4	70	5
5	70	0
6	70	0

جدول 2



ويمكن حساب معدل التفاعل في كل حالة بالمعادلة التالية :

$$\text{معدل التفاعل} = \frac{\text{التغير في الكتلة أو الحجم}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

ويعتبر كل منحنى رسمًا لمعدل التفاعل، وتكون وحداته إما بالجرامات أو بالسم^3 لكل دقيقة. يدل انحدار (ميل) المنحنى على سرعة أو معدل التفاعل. يتغّير هذا المعدل خلال التفاعل، ويستدل عليه بتغير ميل المنحنى. يكون المعدل أسرع عند البداية، ثم يقل بتقدم التفاعل. وأخيرًا يتوقف التفاعل ويصبح معدله صفرًا. ويتضح ذلك عند استواء منحنى التفاعل، ويصبح خطًا مستقيمًا أفقيًا ميله صفرًا.

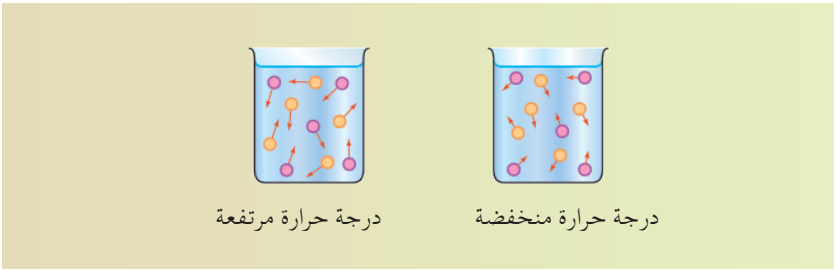
3-4 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي
Factors Which Affect the Speed of a Chemical Reaction

توجد عوامل كثيرة تؤثر في سرعة التفاعل الكيميائي، وفيما يلي العوامل الرئيسة منها:

- درجة حرارة المواد المستخدمة (المتفاعلات).
- تركيز المواد المستخدمة (المتفاعلات).
- الضغط على التفاعل.
- حجم جسيمات المواد المستخدمة (المتفاعلات).

درجة الحرارة

كلما ارتفعت درجة الحرارة، كلما زاد معدل التفاعل. وقد وجد أن معدل التفاعل يتضاعف، كلما ارتفعت درجة الحرارة 10°س. ويمكن تفسير ذلك في ضوء **نظرية التصادم**؛ فعند زيادة درجة الحرارة، تكتسب جسيمات المواد المتفاعلة طاقة حرارية أكبر، ومن ثم تتحرك أكثر وبطاقة حركية أكبر، فتكون فرصتها أفضل **للتصادم** مع جزيء متفاعل آخر بطاقة كافية للتحول إلى جزيئات نواتج.



شكل 3-4 يزداد عدد التصادمات عند درجات الحرارة الأعلى، حيث تتحرك الجسيمات أسرع.

تزيد بصفة عامة سرعة التفاعل بزيادة درجة حرارة المواد المتفاعلة.

يكون أيضًا العكس صحيحًا عند درجات الحرارة الأدنى، حيث تمتلك الجسيمات طاقة حركية أقل، وتقل فرص تصادمها مع جزيء متفاعل آخر بطاقة كافية للتحول إلى نواتج. ويفسر ذلك فساد زجاجة لبن عند تركها ليلة كاملة على المنضدة بدلًا من وضعها داخل الثلاجة، حيث يتحول السكر (اللاكتوز) إلى حمض (حمض لاكتيك). غير أن سرعة التفاعلات الكيميائية تقل عند وضع اللبن داخل الثلاجة، فيستمر صالحًا للشرب عدة أيام. وتستخدم حجرة التجميد في الثلاجة (الفريزر) في تجميد المواد الغذائية لدرجات حرارة -20°س أو أدنى، فتتوقف تمامًا كل التفاعلات الكيميائية تقريبًا، لذا يحفظ الطعام لمدة ستة أشهر أو أكثر.

فكر علميًا

حاول شرح كل مما يلي بدلالة سرعة التفاعل الكيميائي الحادث.

(أ) يحترق الفحم ببطء عند شواء اللحوم، ولكن إذا نفخت هواء (أكسجين) أكثر فيه، يتوهج.

(ب) يُطهى الطعام أسرع في قدر الضغط.

(جـ) يكون إشعال نار بالأغصان أسهل من إشعالها بجذوع الأشجار.

(د) تُحذَّر في محطة البنزين، من إشعال الثقاب. ومع ذلك ينتفي الخطر بعد مغادرتك للمحطة.

(هـ) وضع اللبن في الثلاجة يحفظه طازجًا لمدة أطول.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

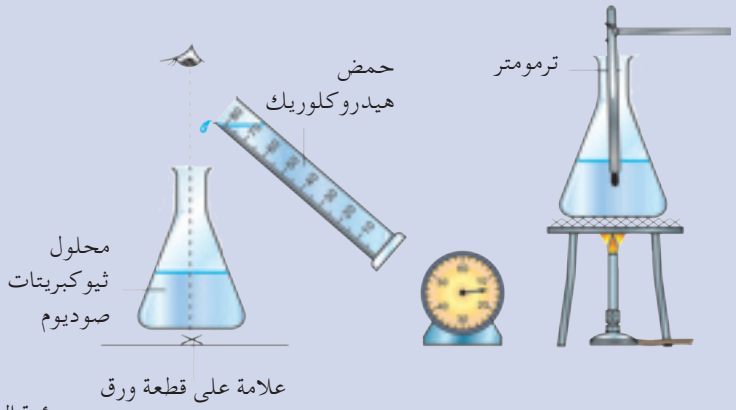
تجربة 4–1
تجربة لاستقصاء أثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل

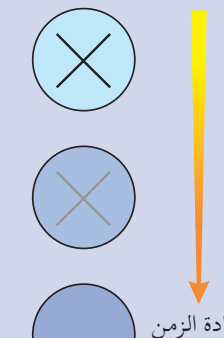
Experiment 4-1
An Experiment to Investigate How Temperature Affects the Speed of Reaction

تتفاعل ثيوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ مع حمض الهيدروكلوريك HCl لتكوين راسب أصفر من الكبريت.

$$Na_2S_2O_3(aq) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + SO_2(g) + H_2O(\ell) + S(s)$$

حمض هيدروكلوريك — ثيوكبريتات صوديوم





1- قس 10 سم^3 من محلول ثيوكبريتات صوديوم (40 جم ديسم$^{-3}$)، وضعها في دورق مخروطي الشكل، ثم أضف إليها 40 سم^3 ماء.

2- إذا لزم الأمر، سخِّن المحلول ببطء شديد حتى درجة حرارة 30°س تقريبًا.

3- أضف 5 سم^3 من حمض الهيدروكلوريك 2 مول ديسم$^{-3}$، وشغل ساعة الإيقاف.

4- قَلِّبْ المخلوط، وضع علامة x على قطعة ورق بيضاء. وضع فوقها الدورق.

5- انظر عموديًّا إلى أسفل للعلامة x، وسجل زمن اختفائها، (انظر الشكل).

6- كرر التجربة عند درجات حرارة 40°س، و50°س، و60°س، و70°س بتسخين محلول ثيوكبريتات الصوديوم قبل إضافة الحمض. ينصح بتسخين المحلول حتى درجة حرارة أعلى قليلًا من درجات الحرارة المذكورة، وذلك للأخذ في الاعتبار انخفاض درجة الحرارة قليلًا قبل إضافتك فعليًّا للحمض وتشغيل الساعة.

تخيل أن

سرعة التفاعل تتضاعف تقريبًا كلما ارتفعت درجة الحرارة 10°س. ومن ثم، فإن التفاعل الذي يتم عند درجة حرارة الغرفة 30°س يصبح أسرع مرتين عند 40°س، و أسرع 4 مرات عند 50°س، وأسرع 8 مرات عند 60°س، وأسرع 16 مرة عند 70°س، وأسرع 32 مرة عند 80°س، وأسرع 64 مرة عند 90°س، وأسرع 128 ضعفًا إذا تم الغليان عند 100°س.

اختبر فهمك 2

(1) ارسم شكلًا بيانيًّا للفقد في الكتلة (المحور ص) مقابل الزمن (المحور س).

الزمن (ث)	الفقد في الكتلة (جم)
0	0.0
10	4.0
20	6.5
30	8.5
40	9.5
50	10.0
60	10.0
70	10.0
80	10.0

(2) ما شكل المنحنى الذي تحصل عليه؟

(3) كيف يحدث فقد الكتلة في التفاعل الكيميائي؟

(4) أين ذهبت تلك الكتلة؟

(5) لماذا تكون قيم الفقد في الكتلة هي نفسها بعد 50 ثانية؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

حاول هذا !

(أ) أكمل جدول النتائج، كما يلي :

درجة الحرارة (س)	الزمن (ث)

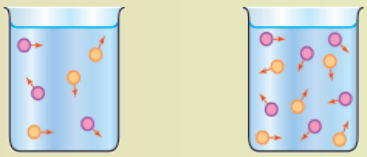
(ب) لماذا اختفت العلامة x ؟

(جـ) ما تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل، وكيف يمكن تفسير ذلك في ضوء **نظرية التصادم؟**

التركيز

كلما زاد تركيز المواد المستخدمة (المتفاعلات)، كلما زادت سرعة التفاعل الكيميائي. يرجع ذلك إلى أنه عند التركيز الأعلى يزيد احتمال التصادم بين الجزيئات المتفاعلة وبعضها البعض بطاقة كافية لتكوين نواتج.

تزداد بصفة عامة سرعة التفاعل بزيادة تركيز المتفاعلات.



شكل 4-4 تحدث تصادمات أكثر عند التركيزات الأعلى.

عملًا بتأثير التركيز هذا، يُستخدم الأكسجين النقي بدلًا من الهواء في أنابيب الأكسجين داخل المستشفيات للتسريع بشفاء المرضى. ويستخدم أيضًا الأكسجين النقي في مشاعل لحام أوكسي أستيلين. فعند احتراق الأستيلين، تنطلق حرارة تستخدم في صهر فلز (ما) حتى يمكن لحامه أو قطعه. وإذا استخدمنا الأكسجين النقي بدلًا من الهواء فإن عدد التصادمات بين جزيئات الأستيلين والأكسجين تزيد. يحترق من ثم الأستيلين بسرعة أعلى مكونًا حرارة أكثر، ودرجة حرارة أعلى للحام.

الضغط

تزداد سرعة التفاعلات التي تتضمن غازات بزيادة الضغط. ويرجع ذلك مرة أخرى لتأثير التركيز لأن الضغوط الأعلى تضغط الجسيمات معًا، ومن ثم يزيد تركيزها داخل حجم معين. فتحدث لذلك تصادمات أكثر، وتزداد سرعة التفاعل.

تزداد سرعة التفاعل في التفاعل الغازي كلما زاد الضغط.

اختبر فهمك 3

يبين الجدول التالي متوسط درجات الحرارة في أماكن متعددة من العالم.

المدينة	متوسط درجة الحرارة (°س)
نيودلهي (الهند)	38 س
لندن (المملكة المتحدة)	20 س
ريك جافيك (أيسلندا)	10 س
موسكو (روسيا)	15 س
سبها (ليبيا)	40 س

(1) أي تلك المدن يظل الطعام فيها طازجًا
(أ) لأطول فترة؟
(ب) لأقصر فترة؟

(2) افترض أن ارتفاع درجة الحرارة 10°س يضاعف معدل تحلل الطعام. بأي قدر تزيد صعوبة حفظ الطعام طازجًا في سبها مقارنة بلندن؟

تخيل أن

السيجارة متوسطة الحجم تحترق بأكملها في الأكسجين النقي خلال عشر ثوان!

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

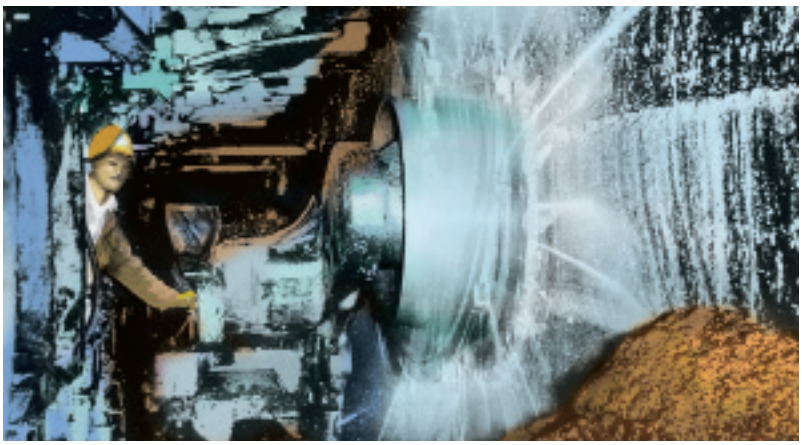
تستخدم العمليات الصناعية التي تتضمن تفاعل غازات ضغوطًا مرتفعة. يتفاعل على سبيل المثال في طريقة هابر غازا النيتروجين والهيدروجين بسرعة مناسبة بزيادة الضغط حتى 300 ضعف الضغط الجوي.

حجم الجسيم

يكون للجسيمات الأصغر كالمساحيق **مساحة سطح** أكبر بكثير من الكتل الأكبر أو البلورات. فكلما زادت مساحة سطح جسيمات المادة، كلما أمكن للمادة المتفاعلة الأخرى مهاجمتها بسهولة أكثر، ومن ثم تزداد سرعة التفاعل.

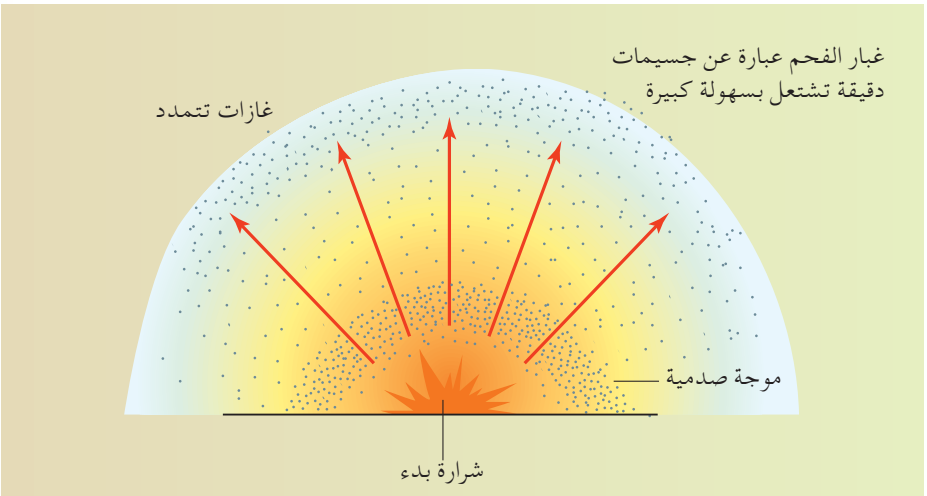
كلما زادت مساحة سطح جسيمات المادة المتفاعلة، كلما زاد معدل التفاعل الكيميائي.

ولهذا السبب تلاحظ الذوبان البطيء لقوالب السكر عند إضافتها إلى مشروب ساخن مقارنة بالسكر المحبب. وتلاحظ أيضًا أثناء الطهي أن أجزاء الطعام الصغيرة تُطهى أسرع من الأجزاء الكبيرة. ويساعد أيضًا الطهي السريع على حفظ نكهة الطعام، والڤيتامينات، والمواد المغذية القيِّمة الأخرى.

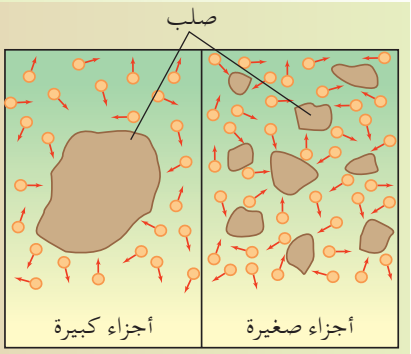


تشتعل الجسيمات الدقيقة بسهولة

تتعرض أيضًا مناجم الفحم لخطورة الانفجار بسبب مساحة السطح. تختلط داخل المناجم جسيمات غبار الفحم الدقيقة مع غازات قابلة للاشتعال. وتوجد أيضًا نفس الخطورة في مطاحن الدقيق، حيث يمكن اشتعال الدقيق المسحوق الناعم بسهولة. لذا يجب تهوية كل من مناجم الفحم ومطاحن الدقيق جيدًا.



شكل 4-6 موجة صدمية في منجم فحم



شكل 4-5 يكون للأجزاء الأصغر مساحة سطح أكبر، ولذا تتصادم أكثر

فكر علميًّا

دمج الكيمياء في خبرات الحياة اليومية يمكن أن يساعدك على التعلم أكثر. عند تحضير كوب من القهوة، حاول تصميم تجارب لاستقصاء كل مما يلي:

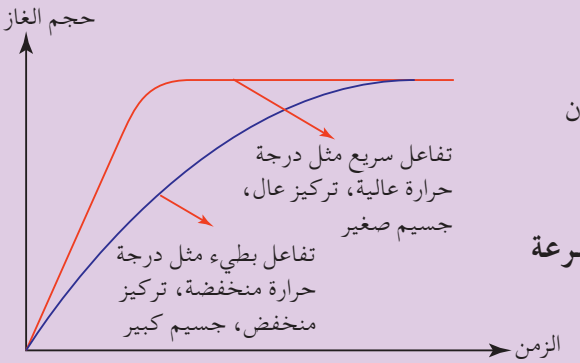
- ما الذي يذوب أسرع، حبيبات أم حبات البن؟ فسر نتائجك.
- كيف تثبت أن السكر البني يحتوي على صبغة؟ اذكر التقنية المستخدمة.
- هل يكون طعم كوب القهوة البارد بحلاوة كوب القهوة الساخن؟ فسر نتائجك.
- ما الذي يذوب أسرع، قالب السكر أم ملء ملعقة سكر؟ فسر نتائجك.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

مراجعة سريعة

يمكن قياس سرعة التفاعل عن طريق :

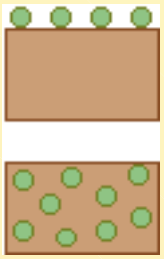
- حجم الغاز المتصاعد .
- تغير الكتلة .
- تغير درجة الحرارة / اللون / الراسب أو pH.



العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل هي :

- درجة الحرارة .
- الضغط .
- التركيز .
- حجم الجسيم .

الامتزاز والامتصاص



يحدث الامتزاز عندما تصبح المادة مقيدة إلى سطح مادة أخرى . تمتز الغازات على أسطح العوامل الحفازة .

يحدث الامتصاص إذا انتشرت المادة الممتزة في معظم المادة . يمتص البلاستيك الصبغات فيصبح كله ملونًا، وليس سطحه فقط .

4-4 عوامل الحفز والأنزيمات

Catalysts and Enzymes

العوامل الحفازة

يبقى التركيب الكيميائي للعوامل الحفازة، وتبقى كتلتها كما هما عند نهاية التفاعل، وذلك لأن العوامل الحفازة لا تستهلك، غير أن حالتها الفيزيائية يمكن أن تتغير .

العامل الحفاز مادة تزيد من معدل التفاعل الكيميائي دون أن تتغير كيميائيًّا عند نهاية التفاعل .

فيمكن مثلًا أن يكون الحفاز بلورة في بداية التفاعل، ثم يصبح مسحوقًا في نهايته . للمساحيق مساحة سطح أكبر، لذلك تكون فرصتها أفضل في مساعدة الجزيئات المتفاعلة . وفي حين تزيد العوامل الحفازة من سرعة التفاعل، توجد أيضًا بعض المواد التي تقلل من سرعة التفاعلات، وتعرف **بالمثبطات** . يُستخدم الجليسرين لتثبيط (إبطاء) تحلل فوق أكسيد الهيدروجين، ومن ثم زيادة فترة تخزينه ويُستخدم من ناحية أخرى أكسيد المنجنيز (IV) كعامل حفاز لزيادة سرعة تحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وغاز أكسجين .

تخيل أن

في كل مرة تطلق فيها سفينة الفضاء الأمريكية، يُستخدم مايقرب من طن أكسيد حديد (III) كعامل حفاز لزيادة سرعة احتراق الوقود . ويعتبر ذلك ضروريًّا لإنتاج الكمية الضخمة من قوة الدفع اللازمة لعملية إطلاق الصاروخ إلى الفضاء .

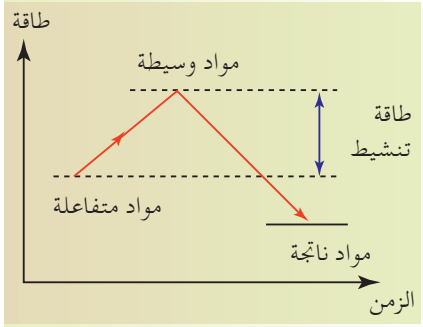
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ويعتبر ذلك مفيدًا عند تحضير غاز الأكسجين في المعمل:

أكسجين ماء فوق أكسيد الهيدروجين

$$2H_2O_2\,(aq) \xrightarrow{\text{تحلل}} 2H_2O\,(\ell) + O_2\,(g)$$

تعمل العوامل الحفازة بتوفير مسار مباشر لتحول المتفاعلات إلى نواتج. إذا رسمنا الطاقة مقابل الزمن لتفاعل ما بيانيًّا، نجد ما يسمى **بحاجز الطاقة** الذي يجب على المتفاعلات تخطيه (انظر شكل 4-7). يسمى ارتفاع ذلك الحاجز أعلى طاقة المتفاعلات **طاقة تنشيط**. ما تفعله العوامل الحفازة هو تخفيض طاقة التنشيط هذه، بحيث تسمح للمتفاعلات بالتحول إلى نواتج بسرعة أكبر. ويمكنك كبديل شرح العوامل الحفازة بدلالة ما يعرف "بالمواد الوسيطة"، وهي مركبات تتكون أثناء تحول المتفاعلات إلى نواتج، وتكون غير مستقرة تمامًا، ولكن تتاح لها فرصة أكبر للتكوّن في وجود حفاز. تأمل على سبيل المثال، تحول المتفاعلان X و Y إلى الناتج Z.
بمساعدة عامل حفاز C، يسير التفاعل كما يلي:



شكل 4-7 طاقة التنشيط

$$X + C \longrightarrow XC$$

متفاعل حفاز وسيط

$$XC + Y \longrightarrow Z + C$$

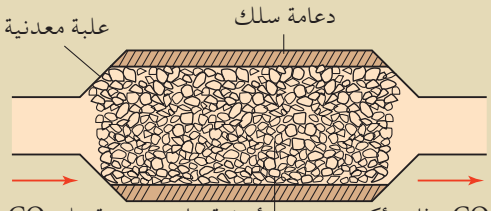
وسيط متفاعل ناتج حفاز

تستخدم الكثير من التفاعلات الصناعية المهمة (انظر جدول 3) العوامل الحفازة. يزيد العامل الحفاز من سرعة التفاعل، ومن ثم يوفر الوقت والتكاليف. تعتبر الكثير من العوامل الحفازة **فلزات انتقالية**، وهي عادة جيدة في امتزاز الغازات على أسطحها، ولذلك تسمى **بالعوامل الحفازة السطحية**، وتوجد جزيئات المتفاعل على سطح العامل الحفاز بتركيز أعلى عما تكون عليه في الحالة الغازية. ولهذا السبب ولأسباب أخرى تتم التفاعلات بسرعة أكبر.

الحفاز	العملية الصناعية
الحديد	طريقة هابر لتصنيع الأمونيا .
خامس أكسيد الفاناديوم (V_2O_5)	طريقة التلامس لتصنيع ثالث أكسيد الكبريت .
النيكل	هدرجة الألكينات في تصنيع السمن النباتي
البلاتين	تصنيع حمض النيتريك

جدول 3 العوامل الحفازة المستخدمة في العمليات الصناعية

المحول الحفزي للسيارة



المعادلة الكيميائية:

$$2CO\,(g) + 2NO\,(g) \longrightarrow 2CO_2\,(g) + N_2\,(g)$$

أول أكسيد الكربون — أول أكسيد النيتروجين — ثاني أكسيد الكربون — غاز نيتروجين

مراجعة سريعة

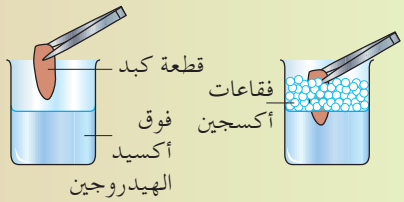
النظرية التصادمية

لكي تتفاعل الجزيئات مع بعضها البعض، يجب أن:

- تتصادم مع بعضها البعض.
- يكون لديها طاقة كافية أثناء التصادم.
- تظل متلامسة مع بعضها البعض لفترة معينة من الزمن.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

تستخدم بعض العوامل الحفازة في العمليات الحيوية، وتسمى **بالأنزيمات**. يوجد على سبيل المثال في الدم أنزيم يسمى **كتاليز** catalase يحفز تحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وأكسجين. ويمكن بيانه عمليًّا بسهولة إذا غمرت قطعة كبد – غنية بالدم – في كأس يحتوي على فوق أكسيد الهيدروجين. سيحدث فوران، ويتصاعد غاز أكسجين (انظر شكل 4-8).



شكل 4-8 فعل الأنزيمات

اختبر فهمك 1

يجب أن تكون جميع العمليات الصناعية التي تستخدم موادَّ كيميائية ذات جدوى اقتصادية، وأن توفر التكاليف حيثما أمكن. تُشترى المواد الخام، ثم تُستخدم الطاقة والعمالة لتحويل تلك المواد إلى نواتج مفيدة. وتُستخدم عادة العوامل الحفازة في تفاعلات كيميائية شتى لزيادة سرعة التفاعل. ويوفر ذلك الوقت والمال بتقليل الطاقة والعمالة المستخدمة، بشرط عدم ارتفاع تكلفة العامل الحفاز نفسه.

(أ) فيما يلي أرقام الإنتاج لتصنيع احدى المواد الكيميائية:

يوميًّا	مع حفاز	من دون حفاز
معدل الإنتاج	2 000 طن	1 200 طن
تكاليف الإنتاج	22 000 دينار	16 000 دينار

1- احسب تكاليف صناعة طن واحد من المنتج من دون الحفاز.
2- احسب تكاليف صناعة طن واحد من المنتج مع استخدام الحفاز.
3- كم تبلغ الأموال التي يوفرها استخدام الحفاز خلال أسبوع (6 أيام عمل)؟

(ب) يمكن حساب نسبة الحصيلة لهذا المنتج الجديد من العلاقة:

$$\text{نسبة الحصيلة} = \frac{\text{الكتلة الفعلية المنتجة}}{\text{الكتلة المتوقعة}} \times 100$$

إذا توقع مهندس كيميائي إنتاج 80 طنًّا من المنتج كل ساعة، ثم وجد أن كل ما تم إنتاجه هو 32 طنًّا فقط في الساعة، ما نسبة الحصيلة؟

(جـ) يبين الشكل البياني تزايد نسبة الحصيلة مع الزمن لكل من التفاعل الذي استخدم فيه الحفاز، والتفاعل الذي لم يستخدم فيه الحفاز.

1- ما المدة الزمنية اللازمة لإنتاج 20% من المنتج من دون حفاز؟
2- ما المدة الزمنية اللازمة لإنتاج 20% من المنتج مع حفاز؟
3- ما الزمن الأكثر فعالية لوقف التفاعل مع الحفاز؟
4- ما نسبة المتفاعلات التي يمكن إعادة تدويرها بعد وقف التفاعل؟
5- يبدو أن التفاعل يبطئ حتى مع الحفاز، بعد زمن معين، فسر ذلك؟

تخيل أن

أنتج في العالم خلال عام 2006 منتجات تفوق قيمتها 5 تريليون دولار (5000 000 000 000 دولار) باستخدام العوامل الحفازة. وتتضمن تلك المنتجات اللدائن، والوقود، والغذاء، والقماش، والأدوية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الأنزيمات

الأنزيمات عوامل حفازة بيولوجية توجد في جميع الكائنات الحية، وهي مسئولة عن تحلل المواد الغذائية كالدهون، والسكريات، والبروتينات. والأنزيمات تحفز أيضًا تفاعلات الأكسدة والاختزال العديدة التي تمد الخلايا بالطاقة.

الأنزيمات عوامل حفازة نموذجية، وتعمل عادة فقط في مدى pH ضيق جدًّا. تعمل معظم الأنزيمات بكفاية قصوى عند 37°س تقريبًا، وتتدمر بسرعة عند درجات الحرارة الأعلى. ونحصل على الأنزيمات من النباتات والحيوانات بما في ذلك الكائنات الدقيقة، وذلك باستخلاصها بإستخدام مذيبًا ملائمًا. ويكون من الضروري عادة هدم بناء الخلية أولًا بطحن العينة في هاون.

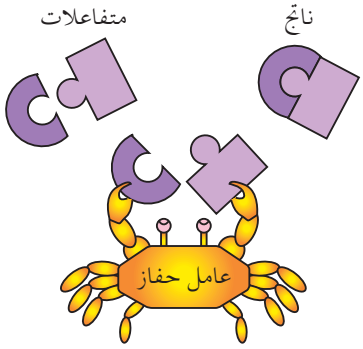
وللأنزيمات استخدامات تجارية عديدة منها تطبيقات في التخمر، وصناعة الجبن والزبادي، وتنظيف البالوعات، ومساحيق الغسيل البيولوجية. وتزيد الأنزيمات الموجودة في مساحيق الغسيل من سرعة التخلص من بقع معينة كبقع الدم والعرق.

وتزداد أهمية الأنزيمات في **التقانة الحيوية**. فيتم تحضير موادَّ كيميائية أرخص باستخدام تفاعلات بيولوجية. وتستخدم بعض تلك المواد الكيميائية، كإضافات غذائية مثل **جلوتامات أحادي الصوديوم** (M.S.G.)، التي تُضاف عادة إلى الأغذية المجفَّفة مثل مساحيق الحساء كنكهة لحم.

وتعتبر أيضًا التقانة الحيوية مسئولة عن تطور عقاقير عديدة مثل عقاقير السرطان. كما أنها تستخدم في إنتاج الأنسولين اصطناعيًّا بدلًا من استخلاصه من بنكرياس حيوانات معينة، والأنسولين مادة كيميائية (هرمون) يحتاجها مرضى السكر. تُنتج عقاقير أخرى بالتقانة الحيوية تتضمن هرمونًا يقضي على القزمية، وبروتينًا أُنتج في أستراليا يؤدي إلى تساقط صوف الأغنام، وبذلك يوفر تكاليف جزها (قصها).

تخيل أن

مساحيق الغسيل البيولوجية تحتوي على أنزيمات تحلل المواد الكيميائية في الطعام، والاوساخ، والبقع الأخرى في الملابس.

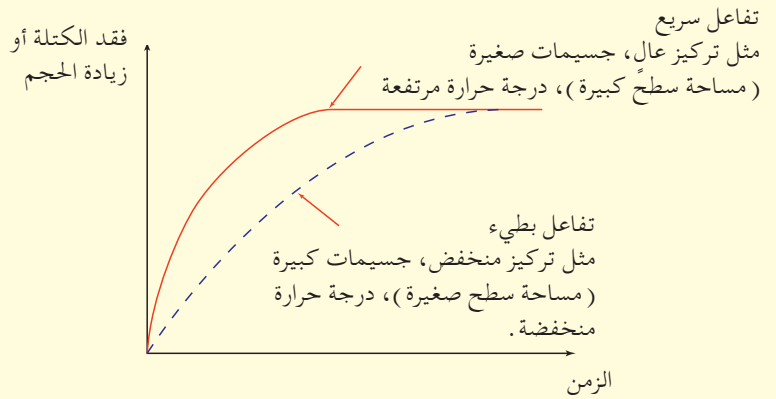


جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

ملخص

فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

- العوامل الرئيسية التي تؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي هي التركيز (للمتفاعلات)، والضغط (للمتفاعلات الغازية)، وحجم الجسيم (مساحة سطح المتفاعلات)، ودرجة الحرارة.
- يمكنك قياس سرعة أي تفاعل كيميائي باستخدام أجهزة تسجيل البيانات وأدوات الاستشعار(المجسات). ويسجل عادة التغير في كتلة أو حجم الغاز المتصاعد أثناء التفاعل عند فترات زمنية محددة. ويمكنك استخدام الحاسوب بعد ذلك لرسم العلاقة البيانية التي توضح سرعة التفاعل الكيميائي، مثل



- يلخص الجدول التالي تأثير العوامل الأربعة التي تؤثر على سرعة أي تفاعل كيميائي.

تفاعل بطيء	تفاعل سريع
تركيز منخفض ضغط منخفض (غازات) حبيبات (مساحة سطح صغيرة) درجة حرارة منخفضة	تركيز عالٍ ضغط عالٍ (غازات) مسحوق (مساحة سطح كبيرة) درجة حرارة مرتفعة

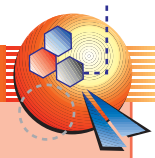
- تفسر نظرية التصادم سرعة التفاعل الكيميائي بدلالة تصادم جسيمات بطاقة كافية. فتزداد عند درجات الحرارة المرتفعة الطاقة الحركية للجسيمات، وتزداد فرص تصادمها بطاقة كافية لتتحول إلى نواتج. يزيد أيضًا التركيز العالي (والضغط إذا كانت التفاعلات غازية) من احتمال التصادم، كما يزيده زيادة مساحة السطح (في حالة المتفاعلات المسحوقة).
- العامل الحفاز مادة تزيد من معدل التفاعلات الكيميائية من دون أن تتغير كيميائيًّا عند نهاية التفاعل.
- تزيد العوامل الحفازة من سرعة التفاعلات الكيميائية بخفض حاجز طاقة التنشيط بين المتفاعلات والنواتج.
- تعمل العناصر الانتقالية ومركباتها كعوامل حفازة. من أمثلة ذلك:

العامل الحفاز	العملية الصناعية
الحديد خامس أكسيد الفاناديوم (V_2O_5) النيكل	طريقة هابر: تصنيع الأمونيا طريقة التلامس: تصنيع ثالث أكسيد الكبريت هدرجة (الزيوت) السائلة: في تصنيع السمن النباتي

- الأنزيمات عوامل حفازة بيولوجية موجودة في جميع الكائنات الحية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



معدل التفاعلات الكيميائية

قياس المعدل: بتسجيل حجم الغاز المتصاعد، أو تغيرات الكتلة، أو تغير درجة الحرارة، أو تغير pH، أو تغير اللون.

منحنيات المعدل: يدل ميل المنحنى على المعدل. يكون دائمًا معدل التفاعل أسرع في البداية (انحدار حاد). وعندما يصبح منحنى المعدل مستويًا، فإن ذلك يدل على توقف التفاعل.

حجم الجسيم والمعدل: تتفاعل المساحيق أسرع من الكتل. يرجع ذلك لكون المساحيق لها مساحة سطح أكبر للتفاعل معها.

التركيز والمعدل: بصفة عامة إذا زاد تركيز المتفاعلات يكون التفاعل أسرع، لازدياد التصادمات بين الجزيئات المتفاعلة.

نظرية التصادم: تفسر معدل التفاعل بدلالة عدد التصادمات الناجحة بين الجسيمات المتفاعلة.

درجة الحرارة والمعدل: يكون معدل التفاعل أعلى عند درجة الحرارة الأعلى، حيث تتحرك الجسيمات بطاقة حركية أكبر وتتصادم أكثر بطاقة كافية للتحول إلى نواتج.

طاقة التنشيط: حاجز طاقة بين المتفاعلات والنواتج.

الضغط والمعدل: تتسبب زيادة الضغط بالتفاعلات الغازية، في زيادة التركيز ومن ثم زيادة معدل التفاعل.

العوامل الحفازة: هي المواد التي تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تتغير كيميائيًا مثل أكسيد المنجنيز (IV) في تحلل فوق أكسيد الهيدروجين. تزيد العومل الحفازة من سرعة التفاعل بخفض حاجز الطاقة (طاقة التنشيط) بين المتفاعلات والنواتج.

الأنزيمات: هي عوامل حفازة بيولوجية، توجد عادة في الكائنات الحية وهي تعمل أفضل ما بين 35-40°س.

التقانة الحيوية: استخدام التفاعلات البيولوجية التي عادة ما تتضمن أنزيمات لإنتاج مواد كيميائية مفيدة كالأدوية والإضافات الغذائية ... إلخ.

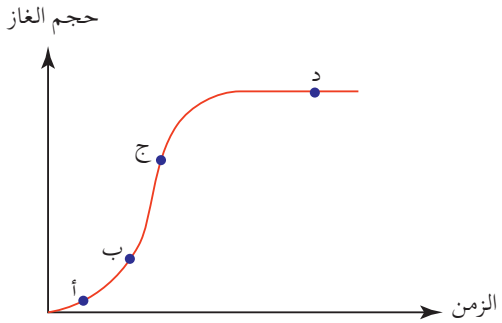
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

أسئلة الاختيار من متعدد

1- يبين الرسم التالي حجم غاز الهيدروجين المتصاعد عند إضافة شريط ماغنسيوم لحمض هيدروكلوريك. ما النقطة التي يصل عندها التفاعل لأقصى سرعة؟

(أ) النقطة أ (ب) النقطة ب

(جـ) النقطة جـ (د) النقطة د



2- في تفاعلات كيميائية كثيرة، تؤدي زيادة درجة الحرارة 10°س إلى:

(أ) نقص معدل التفاعل إلى النصف.

(ب) مضاعفة معدل التفاعل.

(جـ) نقص كتلة المتفاعلات المستخدمة إلى النصف.

(د) مضاعفة الزمن اللازم لإكمال التفاعل.

3- يسري غاز خلال أنبوبة ما، ما أعلى معدل له؟

(أ) 50 سم^3 لكل 5 دقائق.

(ب) 10 سم^3 لكل 50 ثانية.

(جـ) 40 سم^3 لكل 4 دقائق.

(د) 100 سم^3 لكل 8 دقائق.

4- أنبوبة تنقل حمض كبريتيك. يمكن خفض معدل تآكلها عن طريق:

(أ) زيادة درجة الحرارة.

(ب) استخدام أنبوبة أضيق.

(جـ) طلاء السطح الخارجي للأنبوبة.

(د) تخفيف الحمض.

5- أي الخواص التالية للحفاز لاتتغير أبدًا أثناء تحفيز التفاعل؟

(أ) المظهر. (ب) مساحة السطح.

(جـ) الحالة الفيزيائية. (د) التركيب الكيميائي.

6- تحدث انفجارات خطيرة في مناجم الفحم بسبب:

(أ) وجود وفرة من الأكسجين النقي.

(ب) وجود تهوية جيدة جدًّا.

(جـ) تكون غبار الفحم من جسيمات دقيقة.

(د) ارتفاع درجة الحرارة كثيرًا.

7- أي العوامل التالية لايؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي؟

(أ) تركيز المتفاعلات.

(ب) حجم جسيم المتفاعلات.

(جـ) الضغط على المتفاعلات.

(د) حجم المتفاعلات.

8- وُضع 5 جم خارصين في كأس. أي مما يلي يمكن إضافته لإنتاج 100 سم^3 من غاز الهيدروجين بأسرع ما يمكن؟

(أ) 100 سم^3 من 2 مول ديسم$^{-3}$ من حمض كبريتيك.

(ب) 400 سم^3 من 1 مول ديسم$^{-3}$ من حمض هيدروكلوريك.

(جـ) 500 سم^3 من 0.5 مول ديسم$^{-3}$ من حمض هيدروكلوريك.

(د) 800 سم^3 من 0.1 مول ديسم$^{-3}$ من حمض هيدروكلوريك.

9- السبب الرئيس لاستخدام العوامل الحفازة في الصناعة هو:

(أ) زيادة حصيلة النواتج.

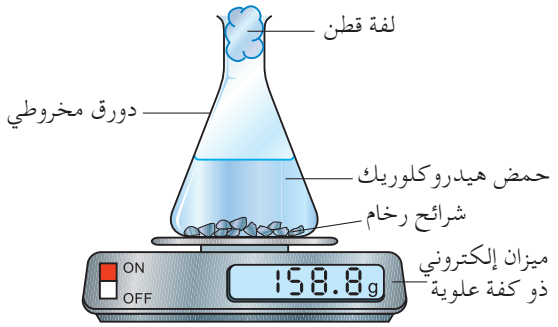
(ب) خفض درجة حرارة التفاعل ليكون آمنًا.

(جـ) تقليل آثار التلوث، حيث يمتص الحفاز الشوائب.

(د) زيادة سرعة تكوين النواتج.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تعتمد الأسئلة من 10-12 على الجهاز المبين أدناه والمستخدم لاستقصاء التغير في الكتلة أثناء التفاعل بين شرائح الرخام ($CaCO_3$)، وحمض الهيدروكلوريك (HCL).



10- الغرض من سد فوهة الدورق بلفة قطن هو :

(أ) منع أي سائل من الهروب من الدورق أثناء فوران المخلوط.

(ب) منع أي هواء من دخول الدورق.

(جـ) منع جسيمات الغبار من دخول الدورق.

(د) حبس غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعد في التفاعل.

11- أي مما يلي سيبدأ في التفاعل أسرع؟

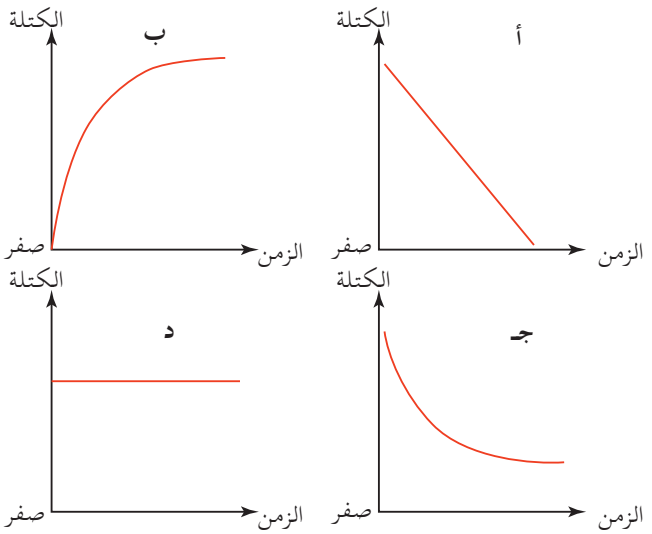
(أ) 1 جم شرائح رخام في 50 سم^3 حمض HCl عند 30°س.

(ب) 1 جم شرائح رخام في 100سم^3 حمض HCl عند 40°س.

(جـ) 1 جم مسحوق كربونات كالسيوم في 100 سم^3 حمض HCl عند 30°س.

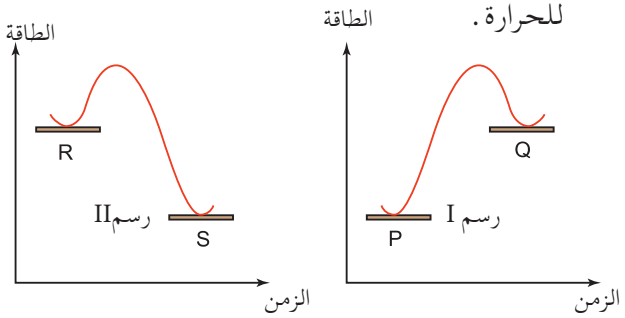
(د) 1 جم مسحوق كربونات كالسيوم في 50 سم^3 حمض HCl عند 40°س.

12- أي الأشكال التالية أفضل بيان لتغير كتلة محتويات الدورق مع الزمن؟



أسئلة تركيبية

13- يبين الرسم التالي تغيرات الطاقة خلال تفاعلين كيميائيين، أحدهما طارد للحرارة، والآخر ماص للحرارة.



(أ) أي الحروف P، Q، R أو S تدل على مستوى طاقة الجزيء المتفاعل؟

(ب) أي الرسمين I أو II

1- يوضح التفاعل الماص للحرارة؟

2- له طاقة تنشيط أعلى؟

(جـ) تخير حرفًا واحدًا فقط من P، Q، R أو S يشير إلى المتفاعل أو الناتج الأكثر ثباتًا. فسر اختيارك.

(د) تخير حرفًا واحدًا فقط من P، Q، R أو S يشير إلى المتفاعل أو الناتج الأقل ثباتًا. فسر اختيارك.

14- (أ) اذكر أربعة عوامل مختلفة يمكنها التأثير على سرعة التفاعل.

(ب) اشرح كُلًّا من هذه العوامل في ضوء تصادم الجسيمات المتفاعلة.

(جـ) اقترح كيفية تتبع سرعة تفاعل الخارصين مع حمض الكبريتيك مثل

$$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$$

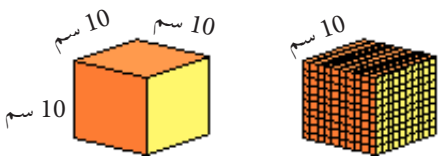
15- (أ) افترض وجود جسيم مكعب، طول ضلعه 10 سم. ماذا تكون مساحة سطحه؟

(ب) فُتِّت هذا المكعب إلى 1 000 جزيء أصغر، طول ضلع كل منها 1 سم. فماذا تكون مساحة سطح كل مكعب 1 سم؟

(جـ) ما المساحة الكلية لسطح 1 000 من هذه المكعبات 1 سم؟

(د) بكم ضعف تزداد مساحة سطح المكعبات الأصغر؟

(هـ) ما علاقة ذلك بمعدل التفاعل؟



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

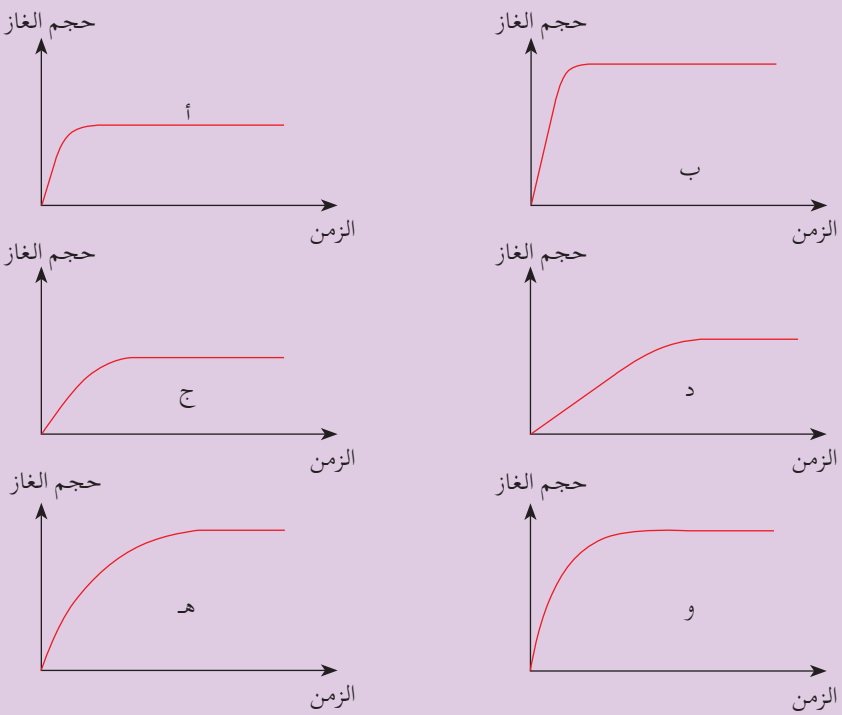
ركن التفكير

المهارة: الاستنتاج

استقصى أحمد وحامد تفاعل الخارصين وحمض الهيدروكلوريك. قاسا حجم غاز الهيدروجين المتصاعد، ورسما أشكالًا بيانية لحجم الغاز مقابل الزمن، ثم قاما بإجراء سلسلة من ست تجارب، غَيَّرا فيها عوامل مختلفة لاستقصاء سرعة التفاعل.

التجربة	الشروط
1	1 جم خراطة خارصين مع 100 سم^3 حمض هيدروكلوريك 1 مول ديسم$^{-3}$
2	0.5 جم خراطة خارصين مع 100 سم^3 حمض هيدروكلوريك 0.1 مول ديسم$^{-3}$
3	0.5 جم مسحوق خارصين مع 100 سم^3 حمض هيدروكلوريك 1 مول ديسم$^{-3}$
4	1 جم خراطة خارصين مع 100 سم^3 حمض هيدروكلوريك 10 مول ديسم$^{-3}$
5	1 جم خراطة خارصين مع 100 سم^3 حمض هيدروكلوريك 1 مول ديسم$^{-3}$ مبرد
6	0.5 جم خراطة خارصين مع 100 سم^3 حمض هيدروكلوريك 1 مول ديسم$^{-3}$

هل تستطيع استنتاج أي تجربة تناظر أي شكل بياني؟



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة

5

الأحماض والقواعد Acids and Bases

تحتوي معظم الفواكه على أحماض عضوية ضعيفة كحمض الستريك (الليمون، البرتقال)، وحمض الماليك (التفاح، والكمثرى)، وحمض الطرطريك (العنب).

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن :

- **تصف** تأثير الأحماض والقلويات على صبغة الدليل العام.
- **تشرح** كيفية اختبار تركيز أيون الهيدروجين pH ومن ثم الحموضة النسبية باستخدام صبغة دليل، ومقياس pH.
- **تعرف** الحمض والقلوي بدلالة الأيونات التي تحتويها أو تكونها في المحلول المائي.
- **تصف** الخواص المميزة للأحماض في تفاعلاتها مع الفلزات، والقواعد، والكربونات.
- **تصف** بطريقة كيفية الاختلاف بين الأحماض القوية والضعيفة بدلالة مقدار التأين.
- **تصف** التعادل كتفاعل بين أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد لتكوين الماء $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(\ell)$.
- **تصف** أهمية التحكم في pH التربة، وكيفية معالجة زيادة الحامضية بالجير (أكسيد / هيدروكسيد كالسيوم).
- **تصف** الخواص المميزة للقواعد بالنسبة لتفاعلاتها مع الأحماض (التعادل) وأملاح الأمونيوم.
- **تصنف** الأكاسيد إلى حامضية، أو قاعدية، أو أمفوتيرية بناءً على خاصية الفلزية / اللافلزية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

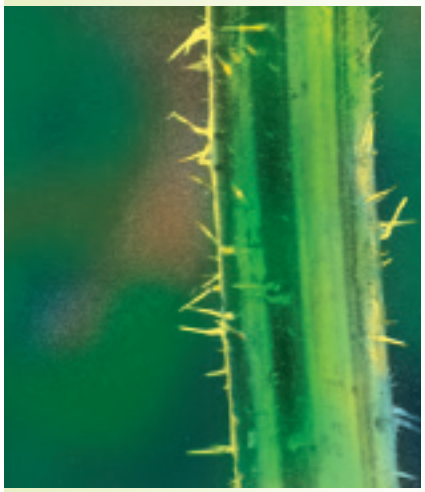
1-5 الأحماض : الخواص والتفاعلات
Acids: Properties and Reactions

تُكوِّن **الأحماض** فئة من المواد الكيميائية التي تحتوي على أيونات هيدروجين في المحلول المائي $H^+(aq)$، كأيون موجب وحيد.

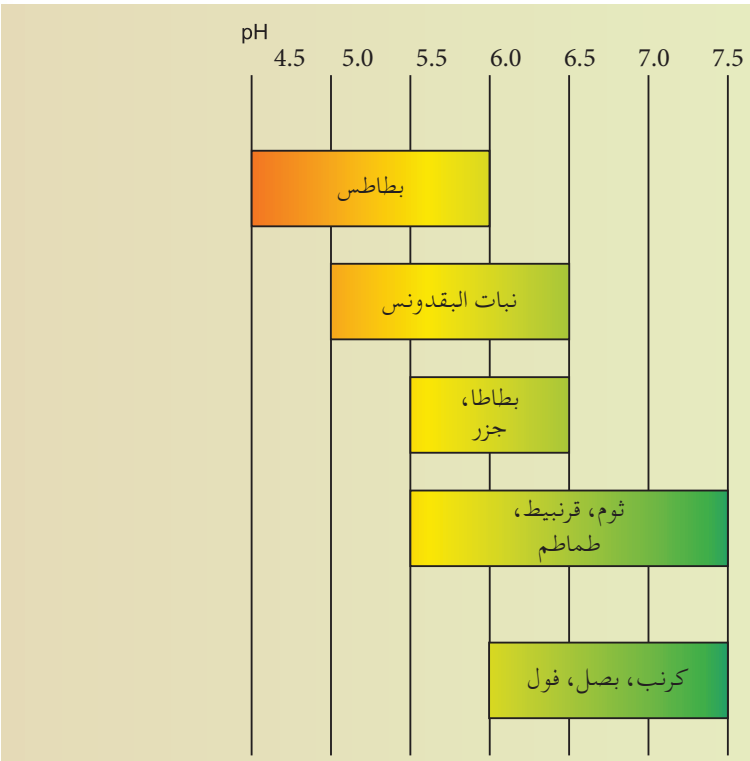
تصنف عادة الأحماض إلى **أحماض معدنية** أو **أحماض عضوية**. وتكون عادة الأحماض العضوية أضعف، وتسبب تآكلًا أقل من الأحماض المعدنية، ولكن يظل لها طعمًا "حامضًا". وتتخلق أيضًا الأحماض العضوية طبيعيًّا، فتوجد في الخضراوات، والفواكه، والأطعمة الغذائية الأخرى. يبين جدول 1 بعض الأحماض العضوية الشائعة.

الحمض العضوي	مكان وجوده
حمض لاكتيك	اللبن الرائب
حمض أوكساليك	نبات الراوند
حمض ستريك	الليمون، (ثمرة الموالح)
حمض فورميك	لدغ الحشرات، والأشواك اللاسعة
حمض طرطريك	عصير العنب
حمض خليك	الخل
حمض ماليك	التفاح، والكمثرى

جدول 1 الأحماض العضوية



تكون شعيرات القراص المحرق مجوفة، وتشبه الزجاج، ولذلك تنكسر بسهولة كبيرة. ويوجد بداخلها حمض عضوي، يسمى حمض الفورميك.



شكل 5-1 مدى pH الملائم للنمو الناجح للخضراوات المختلفة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الأحماض المعدنية أقوى بصفة عامة من الأحماض العضوية. ومعظمها لا يُخلَق طبيعيًّا، ولكن يصنعها الإنسان للاستخدام المعملي والصناعي. تتكون عادة الأحماض المعدنية من جزيئات أبسط من الأحماض العضوية، ووُضحت صيغها الكيميائية في جدول 2.

جدول 2 الأحماض المعدنية

الحمض المعدني	الصيغة الكيميائية
حمض كبريتيك	H_2SO_4
حمض نيتريك	HNO_3
حمض هيدروكلوريك	HCl
حمض كربونيك	H_2CO_3
حمض كبريتوز	H_2SO_3
حمض فوسفوريك	H_3PO_4

بالرغم من وجود أحماض متنوعة كثيرة، إلا أن جميعها يشترك في خواص عامة معينة:

- تُحوِّل الأحماض صبغة دوار الشمس من اللون الأزرق إلى اللون الأحمر.
- الأحماض هي إلكتروليتات، لأنها تتأين في المحلول ومن ثم توصل التيار الكهربائي.
- تتفاعل معظم الأحماض المخففة (عدا حمض النيتريك) مع **فلزات** عديدة (عدا النحاس، الفضة، الذهب) لتُكَوِّن **ملحًا وغاز الهيدروجين**:

غاز هيدروجين كبريتات ماغنسيوم حمض كبريتيك ماغنسيوم

$$Mg\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow MgSO_4\,(aq) + H_2(g)$$

- تتفاعل الأحماض مع **أكاسيد** الفلز لتُكَوِّن **ملحًا وماءً**:

ماء نترات نحاس حمض نيتريك أكسيد نحاس (II)

$$CuO\,(s) + 2HNO_3\,(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2\,(aq) + H_2O\,(\ell)$$

- تتفاعل الأحماض مع **هيدروكسيدات** الفلز لتُكَوِّن أيضًا **ملحًا وماءً**:

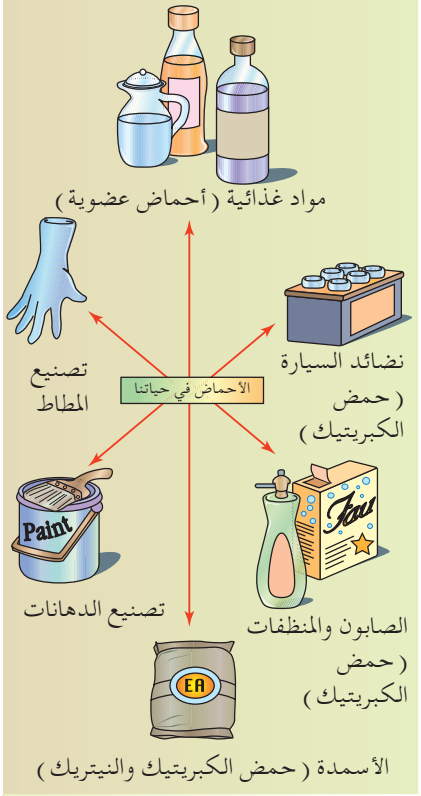
ماء كلوريد صوديوم حمض هيدروكلوريك هيدروكسيد صوديوم

$$NaOH\,(aq) + HCl\,(aq) \longrightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(\ell)$$

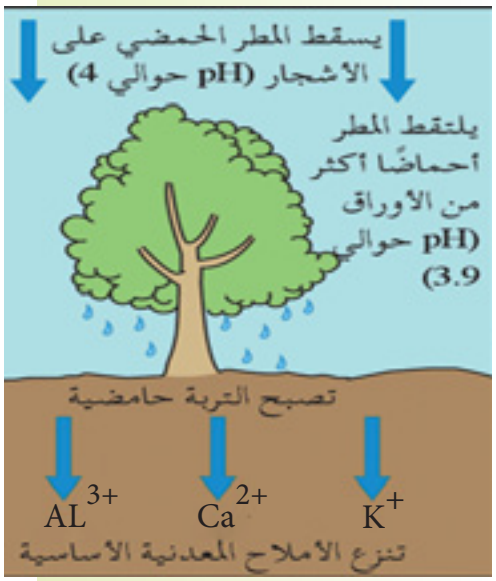
- تتفاعل الأحماض مع جميع **كربونات** الفلز لتُكَوِّن **ملحًا، وماءً، وثاني أكسيد كربون**، ويحدث **فوران**، وتتصاعد فقاعات كثيرة:

ثاني أكسيد كربون ماء كلوريد كالسيوم حمض هيدروكلوريك كربونات كالسيوم

$$CaCO_3\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow CaCl_2\,(aq) + H_2O\,(\ell) + CO_2\,(g)$$



شكل 5-2 الأحماض في حياتنا



شكل 5- 3 يسقط المطر الحمضي على الأشجار

2-5 الحامضية تتطلب ماءً Acidity Needs Wat

يعتبر وجود الماء ضروريًّا لتكوين أيونات الهيدروجين، ويتسبب فقط وجودها في الحامضية. أيون الهيدروجين H^+ هو ذرة هيدروجين فقدت إلكترونها، ومن ثم أصبحت مجرد بروتونًا. ويبين جدول 3 أهمية الماء لتكوين الخاصية الحامضية، ويقارن محلول كلوريد الهيدروجين في الماء (حمض الهيدروكلوريك) بغاز كلوريد الهيدروجين الذائب في مذيب عضوي مثل بنزين. عُقدت المقارنة باستخدام اختبارات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

قياسية للكشف عن الأحماض مثل تلك التي نوقشت في الجزء السابق.

الاختبار	مع حمض هيدروكلوريك	مع غاز كلوريد الهيدروجين الذائب في مثيل بنزين
صبغة دوار شمس جافة	تتحول إلى اللون الأحمر	لا يحدث تغير
التوصيل الكهربائي	هو إلكتروليت	ليس إلكتروليت
إضافة مسحوق ماغنسيوم	تتكون فقاعات كثيرة، ويتصاعد غاز هيدروجين	لا يظهر أي تفاعل
إضافة أكسيد نحاس مع التسخين	يتكون ملح أزرق اللون	لا يظهر أي تفاعل
إضافة كربونات كالسيوم	ينتج فقاعات من غاز ثاني أكسيد الكربون	لا يظهر أي تفاعل

جدول 3 أهمية الماء للحامضية

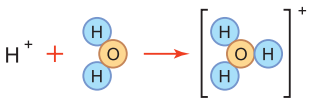
غاز كلوريد الهيدروجين مركب تساهمي يتكون من جزيئات. عندما يذوب في الماء، يتكون **حمض الهيدروكلوريك**، وهو مركب أيوني يتكون من هيدروجين مميأ وأيونات كلوريد:

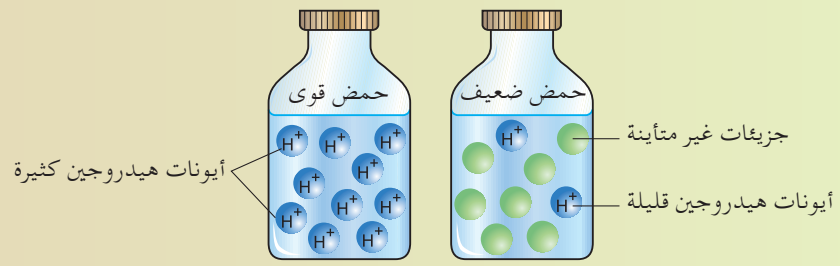
حمض هيدروكلوريك — ماء — غاز كلوريد الهيدروجين

$$HCl\,(g) + H_2O\,(\ell) \longrightarrow H_3O^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

ويسلك حمض الهيدروكلوريك كحمض نموذجي كما هو مبين في جدول 4، ولكن لا يكون لغاز كلوريد الهيدروجين الذائب في مثيل البنزين خواصَّ حمضية، حيث لا يحتوي على أيونات هيدروجين. ويرجع ذلك لتواجد أيونات الهيدروجين فقط في وجود الماء. وتوجد أحيانًا أيونات الهيدروجين المائية $H^+\,(aq)$ في صورة $H_3O^+\,(aq)$، وتسمى **أيونات هيدروكسونيوم**. (هيدرونيوم)

$$H^+\,(aq) + H_2O\,(\ell) \rightarrow H_3O^+\,(aq)$$





شكل 5-4 يختلف مدى التأين للحمض القوي والحمض الضعيف

اختبر فهمك 1

(1) ما قيمة pH للمحلول المتعادل؟

(2) ما قيمة pH للحمض المعدني القوي؟

(3) أي أيون هو الذي يوجد دائمًا في الحمض؟

(4) ما التغير اللوني الذي تسببه الأحماض مع صبغة دوار الشمس؟

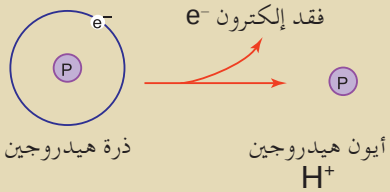
(5) ما المقصود بأن الأحماض إلكتروليتات؟

(6) ما الغاز المتصاعد عند تفاعل الفلزات كالماغنسيوم مع الأحماض؟

(7) ما الغاز المتصاعد عند تفاعل كربونات الفلز مع الأحماض؟

(8) كيف تسبب الأمطار الحامضية تآكُلًا في طبقة الأكسيد الواقية لأسطح الفلزات مثل الألومنيوم والخارصين؟

تكوُّن أيونات الهيدروجين



أيون الهيدروجين هو مجرد نواة ذرة الهيدروجين وهي عبارة عن بروتون. ولأن الحمض يعطي أيونات H^+ للقاعدة، فنقول أن الحمض **مانح بروتون**، وأن القاعدة **مكتسب بروتون**.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مراجعة سريعة

الأدلة	تختبر الحامضية والقلوية، وهي عادة حمراء في الحمض وزرقاء في القلوي (صفراء / خضراء عندما تكون متعادلة) .
pH	مقياس لتركيز أيونات الهيدروجين في المحاليل . تعتبر القيم أقل من 7 حامضية، وأعلى من 7 قلوية . وتعتبر القيمة 7 متعادلة .
الأحماض	تحتوي على أيونات هيدروجين في المحلول المائي، وتتفاعل مع الفلزات، وأكاسيد الفلز، وهيدروكسيدات الفلز، وكربونات الفلز .

3–5 الأحماض القوية والضعيفة : تأين تام أو جزئي
Strong and Weak Acids: Fully or Partially Ionised

تتأين الأحماض القوية كُليًّا في المحلول . على سبيل المثال حمض الكبريتيك :

$$H_2SO_4\,(\ell) \xrightarrow{\text{ماء}} 2H^+\,(aq) + SO_4^{2-}\,(aq)$$

تتأين الأحماض الضعيفة جزئيًّا فقط في المحلول . تعيد بعض الأيونات اتحادها، وتبقى كجزيئات، توضح بعلامة **التفاعل العكوس** كما في المعادلة التالية لحمض الكربونيك .

$$H_2CO_3\,(\ell) \underset{\text{ماء}}{\rightleftharpoons} 2H^+\,(aq) + CO_3^{2-}\,(aq)$$

القاعدة العامة هنا أن الأحماض القوية تتأين تأينًا تامًا، ولذا تعتبر إلكتروليتات قوية، في حين تعتبر الأحماض الضعيفة إلكتروليتات ضعيفة لاحتوائها على أيونات قليلة تتحرك نحو الأنود والكاثود . يبين جدول 4 قائمة ببعض الأحماض القوية والضعيفة الشائعة .

حمض قوي	حمض ضعيف
حمض كبريتيك H_2SO_4	حمض كربونيك H_2CO_3
حمض نيتريك HNO_3	حمض إيثانويك CH_3COOH
حمض هيدروكلوريك HCl	حمض كبريتوز H_2SO_3
	حمض ستريك $C_6H_8O_7$

جدول 4 الأحماض القوية والضعيفة

تخيل أن

الأحماض العضوية كحمض الإيثانويك هي أحماض ضعيفة . ويرجع ذلك لأنه في محلول 1 مول ديسم$^{-3}$ تتأين 4 جزيئات فقط من كل 1 000 جزيء لتكون أيونات الهيدروجين مثل

$CH_3COOH\,(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H^+\,(aq)$

وتظل الجزيئات الأخرى (996 جزيء) في المحلول بحالتها الجزيئية .

4–5 الأدلة : إظهار الحامضية أو القلوية
Indicators: Showing Acidity or Alkalinity

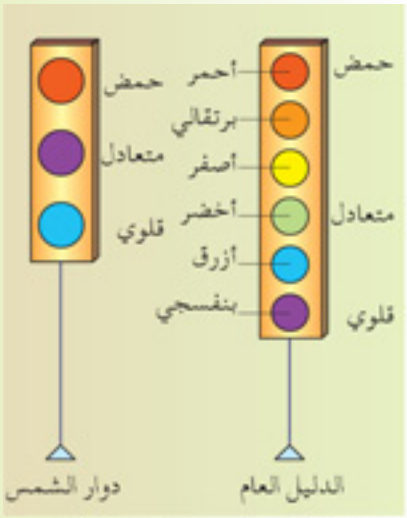
الأدلة هي صبغات أو مخاليط لصبغات، يتغير لونها عند إضافة الأحماض أو القلويات إليها . وتوجد أنواع كثيرة من الأدلة، ويبين جدول 5 الأكثر شيوعًا منها .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الدليل	اللون في الحمض	اللون في القلوي
دوار الشمس	أحمر	أزرق
العام	أحمر	بنفسجي
الميثيل البرتقالي	أحمر	أصفر
الميثيل الأحمر	أحمر	أخضر
الفينول فيثالين	عديم اللون	وردي

جدول 5 الأدلة

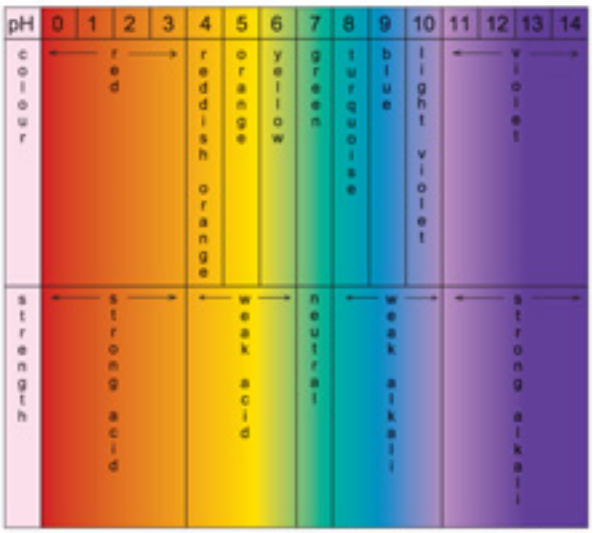
يعتبر أفضل دليل الدليل العام، وهو في الحقيقة مخلوط من أدلة متعددة، ويستخدم لاختبار ليس فقط حامضية أو قلوية المادة، ولكن أيضًا لاختبار ما إذا كانت حمضًا قويًا أو حمضًا ضعيفًا. وتتراوح درجات ألوانه بين الأحمر والبنفسجي (مثل البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي)، وقد ترتبت الألوان طبقًا لألوان مقياس الطيف، ويرتبط كل لون بقيمة pH معينة.



شكل 5-5 نعرف من الدليل ما إذا كانت المادة حامضية أو قلوية أو متعادلة، ولكن نعرف أيضًا من الدليل العام قوة الحمض أو القلوي.

5-5 الدالة pH: قوة حمض أو قلوي
pH Scale: The Strength of an Acid or Alkali

يستخدم هذا المقياس لاختبار قوة أي حمض أو قلوي. دالة الحموضة pH هي عبارة عن رقم يشير إلى **تركيز أيونات الهيدروجين** في المحلول. وتساوي حسابيًا لوغاريتم تركيز أيونات الهيدروجين. فإذا كان على سبيل المثال تركيز أيونات الهيدروجين في محلول ما يساوي 10^{-7}، فتكون بالتالي قيمة pH هذا المحلول تساوي 7. وتتراوح عمومًا قيمته من صفر إلى 14، ويرتبط كل عدد بلون معين للدليل العام (انظر جدول 6).



جدول 6 مقياس pH واللون العام

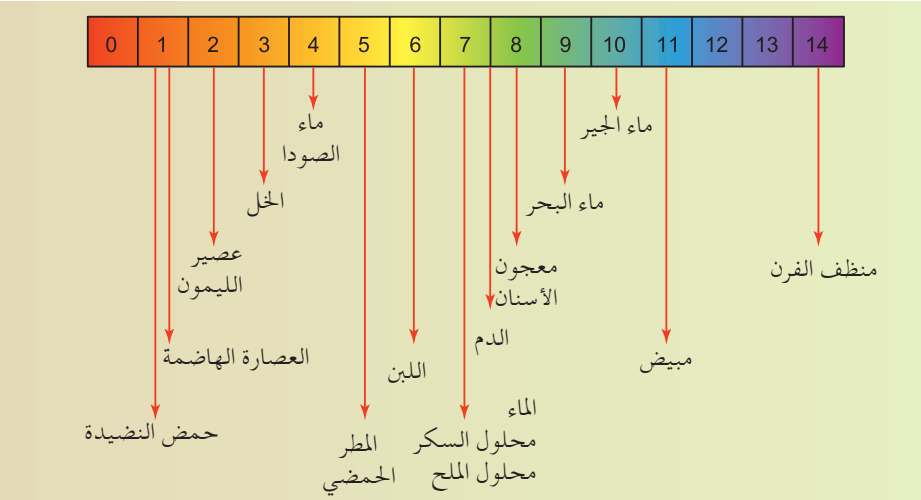
الطريقة العامة والأكثر دقة لقياس pH تكون باستخدام قطب متصل بمقياس رقمي (ديجيتال). ويستخدم عادة مقياس pH لقياس pH التربة ومياه الأنهار.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

عندما تكون قيمة pH أقل من سبعة تعتبر المادة حامضية، وكلما قلت القيمة كلما زادت قوة الحمض وزاد تركيز أيون الهيدروجين. وعندما تكون قيمة pH أعلى من سبعة، تعتبر المادة قلوية، وكلما ارتفعت القيمة، كلما زادت قوة القلوي وانخفض تركيز أيون الهيدروجين. والقيمة 7 هي القيمة المتعادلة، وتعني أن المحلول ليس قلويًّا ولا حامضيًّا.

تخيل أن

أول من استخدم مصطلح pH كان عالم الكيمياء الحيوية الدانمركي سورنسين (1865 - 1939).



شكل 5-6 قيم pH لبعض المواد الشائعة

6-5 القواعد: الخواص والتفاعلات

Bases: Properties and Reactions

تسمى المركبات التي تتفاعل مع الأحماض لتكوين ملح وماء فقط القواعد.

وتُكَوِّن **القواعد** فئة من المواد الكيميائية تتضمن جميع الأكاسيد الفلزية، والهيدروكسيدات الفلزية.

وتسمى القاعدة الذوابة (القابلة للذوبان في الماء) **القلوي**، وتعطي في المحلول المائي أيونات هيدروكسيد (OH^-).

وتكوِّن دائمًا القلويات هيدروكسيدات فلزية لأنه عندما يذوب أكسيد الفلز في الماء، يُكَوِّن هيدروكسيد الفلز والذي يعطي أيونات هيدروكسيد. عند ذوبان على سبيل المثال القاعدة أكسيد الكالسيوم في الماء، يتكون قلوي يسمى هيدروكسيد الكالسيوم. يعطي هذا القلوي في المحلول أيونات هيدروكسيد:

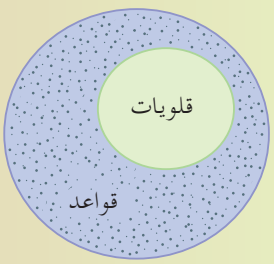
هيدروكسيد كالسيوم ماء أكسيد كالسيوم

$$CaO\,(s) + H_2O\,(\ell) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(aq)$$

توصف عادة القلويات بأنها مواد "مضادة" للأحماض. عند إضافة قلوي لحمض تزول الحامضية، ويسمى ذلك **تعادلًا**.

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O\,(\ell)$$

من الحمض من القلوي متعادل



شكل 5-7 يبين هذا المخطط الدائري العلاقة بين القواعد والقلويات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا

الاسم الشائع	الاسم الكيميائي	الصيغة	الذوبانية
صودا كاوية	هيدروكسيد صوديوم	NaOH	قلويات ذوابة
بوتاسا كاوية	هيدروكسيد بوتاسيوم	KOH	
محلول أمونيا	أمونيا مائية	$NH_3(aq)$	
ماء الجير	هيدروكسيد كالسيوم	$Ca(OH)_2$	
أكسيد الماغنسيوم	أكسيد ماغنسيوم	MgO	قواعد غير ذوابة
الجنزار	أكسيد نحاس (II)	CuO	
الصدأ	أكسيد حديد(III)	Fe_2O_3	

جدول 7 القواعد والقلويات الشائعة

قلويات شائعة

الخواص العامة للقلويات:

- تحول القلويات لون صبغة دوار الشمس من الأحمر إلى الأزرق.
- يكون ملمس القلويات صابونيًا، لأنها تذيب الزيوت الطبيعية في الجلد لتكون صابونًا.
- عند تدفئة القلويات ببطء مع **أملاح الأمونيوم**، يتصاعد **غاز الأمونيا**، وتستخدم هذه الطريقة عند تحضير الأمونيا في المعمل:

أمونيا + ماء + كلوريد صوديوم ← هيدروكسيد صوديوم + كلوريد أمونيوم

$$NH_4Cl\,(s) + NaOH\,(s) \rightarrow NaCl\,(s) + H_2O\,(\ell) + NH_3\,(g)$$

فكر علميًّا

هل يمكنك إعطاء تفسير علمي لكل مما يلي:

- علاج سوء الهضم بلبن الماغنسيا (أكسيد ماغنسيوم).
- علاج مخلفات المصانع بالجير قبل تصريفها.
- علاج لسعة النحلة بمسحوق الخبيز (بيكربونات صوديوم)، وعلاج لدغة الدبور بالخل (حمض إيثانويك).
- احتواء معجون الأسنان على قواعد كهيدروكسيد الألومنيوم، وهيدروكسيد الكالسيوم.
- احتواء مرطبات الشعر (البلسم) على أحماض خفيفة كعصير الليمون.

شكل 5-8 القوة النسبية للأحماض والقلويات

القلويات مهمة في صناعة الصابون والمنظفات. يمكنك ترتيب زيارة مدرسية لأحد مصانع المنظفات المحلية للتعرف على كيفية استخدام القلويات في تلك العملية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

- تتفاعل القلويات مع الأحماض لتكوين ملح وماء. ويعرف ذلك بتفاعل **التعادل**.

هيدروكسيد بوتاسيوم + حمض نيتريك → نترات بوتاسيوم + ماء

$$KOH\ (aq) + HNO_3\ (aq) \rightarrow KNO_3\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

5-7 التعادل: تفاعل أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد

Neutralisation: Reaction of Hydrogen Ions and Hydroxide Ions

التعادل هو تفاعل أيونات الهيدروجين من حمض مع أيونات الهيدروكسيد من قاعدة لتكوين جزيئات الماء، وينتج أيضًا ملح. يمكن تمثيل جميع تفاعلات التعادل بالمعادلة الأيونية.

$$H^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \rightarrow H_2O\ (\ell)$$

تجربة 5-1 تغيير pH

Experiment 5-1 Changing pH

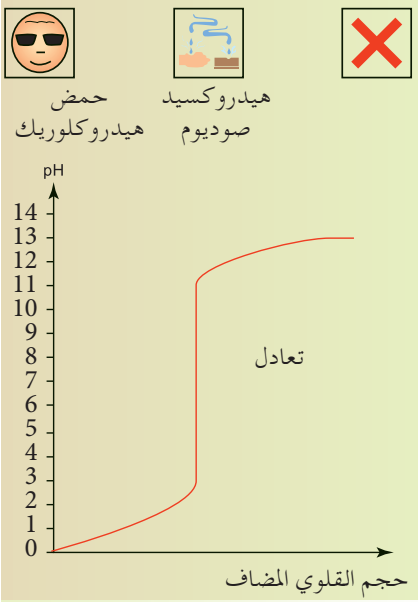
1- أعطيت حمض هيدروكلوريك 2 مول ديسم$^{-3}$ HCl (aq)، و2 مول ديسم$^{-3}$ هيدروكسيد صوديوم NaOH (aq).

2- أكمل الجدول التالي، بخلط حجوم ملائمة من حمض وقلوي في أنبوبة اختبار، لإيجاد قيمة pH.

حجم حمض الهيدروكلوريك (سم^3)	حجم هيدروكسيد الصوديوم (سم^3)	قيمة pH للمخلوط
20	0	
18	2	
16	4	
14	6	
12	8	
10	10	
8	12	
6	14	
4	16	
2	18	
0	20	

(أ) متى نحصل على تعادل تام؟

(ب) ارسم منحنى يمثل قيم pH مقابل حجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف.



شكل 5-9 توضح منحنيات pH التغير في pH أثناء التعادل.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

8-5 أنواع الأكاسيد: قاعدية، أو حامضية، أو متعادلة، أو أمفوتيرية

Types of Oxide: Basic, Acidic, Neutral, or Amphoteric

الأكاسيد الفلزية هي **أكاسيد قاعدية**، وتسمى تلك التي تذوب في الماء **قلويات**.
تذوب بعض الأكاسيد اللافلزية في الماء فتُكوِّن أحماضًا، وتسمى **أكاسيد حامضية**.
وتسلك بعض الأكاسيد الفلزية مسلك كل من الأحماض والقواعد، وتسمى **أكاسيد مترددة** (أمفوتيرية)، وتتفاعل مع الأحماض لتُكوِّن ملحًا وماءً، ومن ثم فهي تسلك هنا كقاعدة:

ماء + كبريتات خارصين ← حمض كبريتيك + أكسيد خارصين

$$ZnO\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

تتفاعل أيضًا بنفس الطريقة مع القلويات لتُكوِّن ملحًا وماءً، ومن ثم فهي تسلك هنا كحمض.

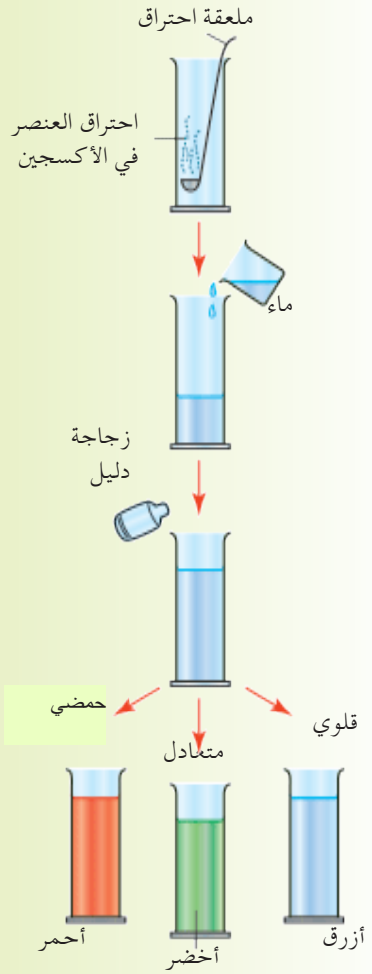
ماء + زنكات صوديوم ← هيدروكسيد صوديوم + أكسيد خارصين

$$ZnO\ (s) + 2NaOH\ (aq) \longrightarrow Na_2ZnO_2\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

وتوجد بعض الأكاسيد اللافلزية التي لا تتوافر فيها أي من الخواص السابقة، وتسمى **أكاسيد متعادلة**. تكون عادة تلك الأكاسيد غير ذوابة في الماء، ومن ثم لا تتفاعل مع الأحماض أو القلويات. مثال ذلك أول أكسيد الكربون، وهو غاز سام يوجد في أدخنة العوادم.

الاسم	التفاعل مع الماء	النوع
أكسيد بوتاسيوم أكسيد صوديوم أكسيد كالسيوم	$K_2O\ (s) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow 2KOH\ (aq)$ $Na_2O\ (s) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow 2NaOH\ (aq)$ $CaO\ (s) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow Ca(OH)_2\ (aq)$	قاعدية
ثاني أكسيد كربون ثاني أكسيد كبريت أكسيد فوسفور (V)	$CO_2\ (g) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow H_2CO_3\ (aq)$ $SO_2\ (g) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow H_2SO_3\ (aq)$ $P_2O_5\ (s) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow 2HPO_3\ (aq)$ $P_4O_{10}\ (s) + 6H_2O\ (\ell) \longrightarrow 4H_3PO_4\ (aq)$	حامضية
أكسيد ألومنيوم أكسيد خارصين أكسيد رصاص (II)	$Al_2O_3\ (s) + 2NaOH\ (aq) + 3H_2O\ (\ell) \rightarrow 2NaAl\ (OH)_4\ (aq)$ $Al_2O_3\ (s) + 6HCl\ (aq) \longrightarrow 2AlCl_3\ (aq) + 3H_2O\ (\ell)$ $ZnO\ (s) + 2NaOH\ (aq) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow Na_2Zn(OH)_4\ (aq)$ $ZnO\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2O\ (\ell)$ $PbO\ (s) + 2NaOH\ (aq) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow Na_2Pb\ (OH)_4(aq)$ $PbO(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow PbCl_2\ (s) + H_2O\ (\ell)$	أمفوتيرية
أول أكسيد كربون	$CO\ (g) + H_2O\ (\ell) \longrightarrow$ غير ذواب	متعادلة

جدول 8 أنواع الأكاسيد



شكل 5-10 تكوين أنواع مختلفة من الأكاسيد

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملخص

فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

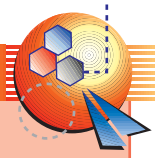
- الحمض فئة من المواد الكيميائية تحتوي أيونات هيدروجين في محلول $H^+(aq)$، كأيون موجب وحيد.
- تتميز الأحماض بأنها مواد أكّالة، وتحول لون صبغة دوار الشمس من الأزرق إلى الأحمر. وتعطي عند تفاعلها مع فلزات معينة غاز الهيدروجين، وغاز ثاني أكسيد الكربون عند إضافتها للكربونات. تعادل الأحماض القواعد والقلويات لتكوين ملح وماء.
- تتأين الأحماض في الماء، وتنتج أيونات هيدروجين. وتحدد درجة التأين ما إذا كان الحمض قويًّا أم ضعيفًا. الأحماض تامة التأين مثل أحماض الكبريتيك أو النيتريك هي أحماض قوية. والأحماض المتأينة جزئيًّا كحمض الكربونيك أو الإيثانويك هي أحماض ضعيفة.
- تحول الأحماض الدليل العام إلى اللون الأحمر، وتحوله القلويات إلى اللون الأزرق.
- تتراوح قيمة الدالة pH من صفر إلى 14. وأي قيمة pH أقل من سبعة تدل على أن المادة حمضًا – وكلما انخفضت القيمة، كلما زادت قوة الحمض. وأي قيمة pH أعلى من سبعة تدل على أن المادة قلوية – وكلما ارتفعت القيمة كلما زادت قوة القلوي. القيمة سبعة هي القيمة المتعادلة (أخضر اللون).
- القاعدة نوع من المواد الكيميائية تتضمن جميع الأكاسيد، والهيدروكسيدات الفلزية.
- القلوي هو قاعدة ذوابة في الماء، تعطي أيونات هيدروكسيد $OH^-(aq)$.
- تتميز القلويات بأنها مواد كاوية تحول لون صبغة دوار الشمس من الأحمر إلى الأزرق، ويتصاعد منها غاز الأمونيا عند إضافتها إلى أملاح الأمونيوم. تعادل القواعد والقلويات الأحماض لتكوين ملح وماء.
- التعادل هو اتحاد أيونات هيدروجين من حمض، وأيونات هيدروكسيد من قاعدة، لتكوين جزيئات الماء مثل

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(\ell)$$

- التعادل مهم في التحكم في pH التربة. فيمكن على سبيل المثال معادلة زيادة الحموضة الناتجة من المطر الحمضي بإضافة الجير (أكسيد كالسيوم) إلى التربة.
- تكون أكاسيد الفلزات إما قاعدية (مثل أكسيد الصوديوم، وأكسيد الكالسيوم)، أو مترددة (مثل أكسيد الخارصين، وأكسيد الرصاص (II)). تعادل الأكاسيد القاعدية الأحماض، وتعادل الأكاسيد المترددة كُلًّا من الأحماض والقواعد.
- تكون الأكاسيد اللافلزية عادة حامضية (مثل ثاني أكسيد الكبريت، وثاني أكسيد الكربون، وأكسيد الفوسفور (V))، وتعادل الأكاسيد الحامضية القواعد والقلويات.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

خريطة مفاهيم



الأكاسيد

أكاسيد متعادلة : أكاسيد لافلزية تكون عادة غير ذوابة في الماء وليست لها خواص الأكاسيد الحامضية أو القاعدية .

أكاسيد مترددة (أمفوتيرية) : أكاسيد فلزية تتفاعل مع كل من الأحماض والقلويات لتكوين ملح وماء .

أكاسيد قاعدية : أكاسيد فلزية صلبة، يذوب بعضها في الماء ليكوِّن قلويات .

أكاسيد حامضية : أكاسيد لافلزية (عادة غازات) تذوب في الماء لتكوِّن أحماضًا .

قلويات : قواعد ذوابة (هيدروكسيدات فلزية) تنتج في المحلول أيونات هيدروكسيد .

OH^- مثل NaOH (aq)

الخواص القلوية : تحول صبغة دوار الشمس الحمراء إلى اللون الأزرق، ملمسها مثل الصابون، وهي إلكتروليتات، وتنتج غاز أمونيا عند تسخينها مع أملاح الأمونيوم، وتعادل الأحماض لتكون ملحًا وماءً .

أدلة : للكشف عن الأحماض أو القلويات بتغير اللون، مثل كون لون صبغة دوار الشمس أحمر في الحمض ولكن أزرق في القلوي .

pH: دالة قيمتها من صفر إلى 14، كل عدد مرتبط بلون معين للدليل العام . أي قيمة pH أقل من 7، تدل على أن المادة حامضية، وكلما انخفضت قيمة pH كلما زادت قوة الحمض . أي قيمة لـ pH أعلى من 7، تدل على أن المادة قلوية، وكلما ارتفعت قيمة pH كلما زادت قوة القلوي . وعندما تساوي pH 7 تمامًا تكون المادة متعادلة (ليست قلوية أو حامضية) .

أحماض : مواد تحتوي على أيونات هيدروجين H^+ (aq) في المحلول، مثل H_2SO_4 . تتكون أيونات الهيدروجين في وجود الماء فقط .

الخواص الحامضية : تحول صبغة دوار الشمس الزرقاء إلى اللون الأحمر، وهي إلكتروليتات، وتتفاعل مع الفلزات كالخارصين لتكوين ملح وهيدروجين . تعادل القواعد، وتتفاعل مع الكربونات لتكوين ملح، وماء، وثاني أكسيد الكربون .

التعادل : اتحاد أيونات هيدروجين من حمض مع أيونات هيدروكسيد من قلوي أو قاعدة لتكوين جزيئات الماء (يتكون أيضًا ملح) .

$H^+ (aq) + OH^- (aq) \longrightarrow H_2O (\ell)$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

أسئلة الاختيار من متعدد

1- أي العبارات التالية **ليست** صحيحة عن الأحماض؟
(أ) يحتوي الحمض على أيونات هيدروجين في المحلول.
(ب) يحتوي الحمض على أكسجين.
(جـ) للحمض pH أقل من 7.
(د) ينتج الحمض ثاني أكسيد كربون عند تفاعله مع الكربونات.

2- إذا كانت قيمة pH السائل 7، فهو
(أ) عديم اللون.
(ب) يغلي عند 100°س.
(جـ) محلول.
(د) متعادل.

3-

محلول	1	2	3	4	5
pH	4	5	6	9	10

ما المحلولين اللذين يكونان محلولًا متعادلًا عند خلطهما معًا بحجوم متساوية؟
(أ) 2 و 3 (ب) 2 و 4
(جـ) 2 و 5 (د) 3 و 4

4- إذا وضعت بلورات حمض ستريك جافة على صبغة دوار شمس جافة، فإن الصبغة
(أ) تتحول إلى الأصفر.
(ب) تتحول إلى الأخضر.
(جـ) تتحول إلى الأحمر.
(د) لا تتحول.

5- الحمض القوي دائمًا
(أ) يتأين جزئيًا في المحلول.
(ب) يتأين تمامًا في المحلول.
(جـ) يحلل الكربونات.
(د) يحتوي على أكسجين.

6- القاعدة مادة تعادل الحمض. أي المواد التالية **ليست** قاعدة؟
(أ) أمونيا مائية
(ب) أكسيد نحاسيك
(جـ) كلوريد بوتاسيوم
(د) كربونات صوديوم

7- عند ضخ الهواء كفقاعات خلال الماء النقي، تنخفض pH من 7 إلى 5.6، فأي غازات الهواء مسئولة عن هذا التغير؟
(أ) الأرجون (ب) ثاني أكسيد الكربون
(جـ) النيتروجين (د) الأكسجين

8- عند فقد أيون هيدروجين من حمض ، يسمى الجسيم الناتج قاعدته المرافقة. فأي مما يلي يكون قاعدة مرافقة لـ HSO_4^-؟
(أ) H_2SO_4
(ب) HSO_4
(جـ) SO_4^{2-}
(د) SO_3^{2-}

9- إذا أضيف 25سم^3 حمض نيتريك 1 مول ديسم$^{-3}$ إلى 50سم^3 هيدروكسيد بوتاسيوم 0.5 مول ديسم$^{-3}$، فما قيمة pH للمحلول الناتج؟
(أ) 5 (ب) 7
(جـ) 9 (د) 14

10- أي الأكاسيد التالية صنفت خطأ؟

الأكسيد	النوع
(أ) أكسيد خارصين ZnO	متردد
(ب) ثاني أكسيد كربون CO_2	حامضي
(جـ) أول أكسيد كربون CO	متعادل
(د) أكسيد رصاص (II) PbO	قاعدي

أسئلة تركيبية

11- صنف المواد التالية كحامضية، أو قلوية، أو متعادلة مع إعطاء قيمة pH التقريبية:
(أ) سكر،
(ب) مسحوق خبيز،
(جـ) عصير بصل،
(د) عصير تفاح،
(هـ) صودا غسيل،
(و) عصير برتقال،
(ز) سكارين،
(ح) ملح طعام،
(ط) خل،
(ي) صابون.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

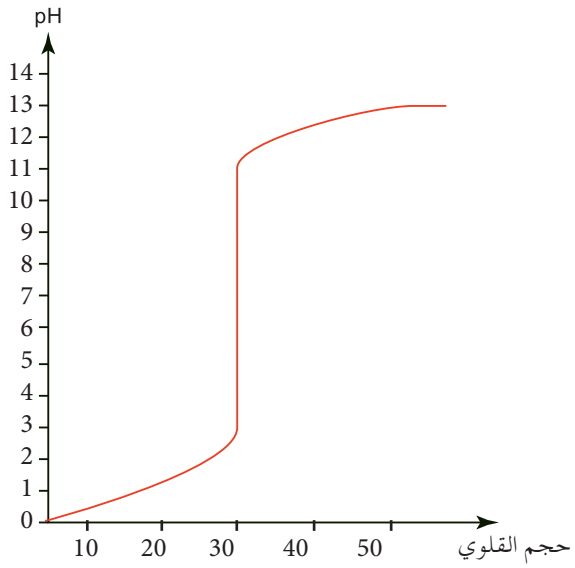
12- فيما يلي معادلتان تبينان كيفية تفاعل اثنين من القلويات مع الماء.

$$NaOH\ (aq) + H_2O\ (\ell) \rightarrow Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

$$NH_3\ (aq) + H_2O\ (\ell) \rightleftharpoons NH_4^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

(أ) ما اسم هذين القلويين؟
(ب) أيهما القلوي الضعيف؟ ولماذا؟
(جـ) أيهما القلوي القوي؟ ولماذا؟
(د) ما قيمة pH المحتملة لكل منهما؟

13- يبين الشكل التالي تعادل حمض مع قلوي.



ادرس الشكل البياني وأجب عن الأسئلة التالية.
(أ) أي محلول، أو حمض، أو قلوي هو الأقوى؟ اشرح اختيارك.
(ب) ما حجم القلوي المطلوب للتعادل؟
(جـ) ارسم شكلًا لما يكون عليه المنحنى إذا أجرى التعادل بطريقة أخرى مثل زيادة حجم الحمض إلى حجم ثابت من القلوي.
(د) تسمى مثل تلك الأشكال منحنيات pH. ارسم شكلًا لما يكون عليه المنحنى إذا استخدم حمض ضعيف وقلوي ضعيف. أعطِ مثالًا لحمض ضعيف وقلوي ضعيف.

14- يمكن اعتبار الأسبرين حمضًا. بالرغم من تعقيد صيغته، يمكن تمثيلها H^+A^- حيث A^- هي الأنيون. الأسبرين غير ذواب، ولكن يكون ملحه الصوديومي ذوابًا. إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى الأسبرين الذواب يجعله يترسب ثانية.
(أ) إذا كان H^+A^- أسبرين، ما صيغة الأسبرين الذواب؟
(ب) أكمل معادلة الأسبرين

$$\ldots\ldots\ (aq) + HCl\ (aq) \rightarrow \ldots\ldots\ (s) + NaCl\ (aq)$$

(جـ) صف كيفية تحضير عينة جافة من الأسبرين من محلول أسبرين.
(د) يترسب الأسبرين الذواب في معدتك. لماذا؟
(هـ) يفترض أن الأسبرين الذواب يعمل أسرع لأنه يترسب في معدتك. هل هذا صحيح؟

15- (أ) اذكر اسم غازين يمكنهما إنتاج المطر الحمضي.
(ب) ما هما المصدران الرئيسان لتلك الغازات؟
(جـ) ما نوع الأحجار التي تتأثر به؟
(د) يمكن حفظ الأحجار باستخدام غطاء من كبريتات الكالسيوم، أو الشمع، أو التشريب بالسيليكون. كيف يمكن عمل ذلك؟

16- يمكن تصنيف الأكاسيد إلى حامضية، أو قاعدية، أو مترددة.
(أ) كيف ترتبط تصنيفات الأكاسيد بخصائصها الفلزية واللافلزية؟
(ب) أعطِ مثالين لكل نوع من أنواع الأكاسيد.
(جـ) لكل نوع من أنواع الأكاسيد، اكتب المعادلة الكيميائية المتوازنة لتوضيح تفاعله مع:
1- الماء.
2- حمض أو قلوي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

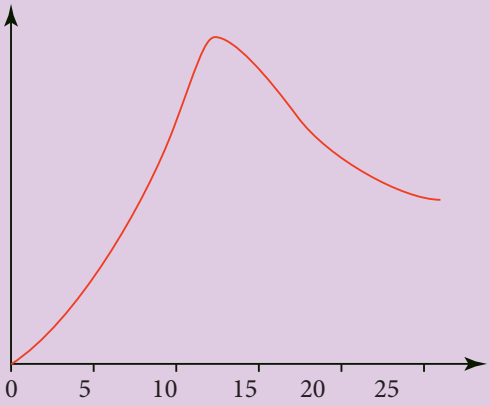
ركن التفكير

المهارة: التفسير

يمكن متابعة عملية التعادل بعدة طرق. فيما يلي ثلاثة أشكال بيانية تتابع تغيرات درجة الحرارة، وpH، وقابلية التوصيل الكهربائي أثناء معايرة حمض وقلوى. يناقش هذا المثال تعادل 25 سم^3 من هيدروكسيد الصوديوم 1 مول ديسم$^{-3}$ بإضافة حمض كبريتيك 1 مول ديسم$^{-3}$.

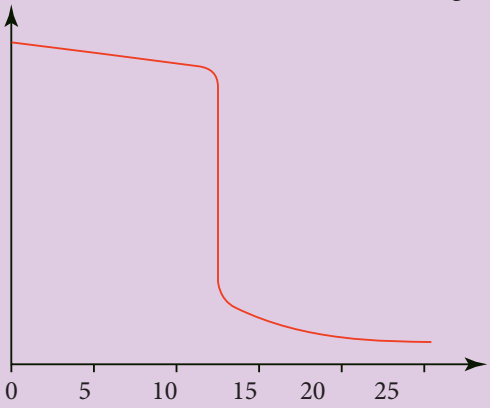
درجة الحرارة

لماذا وصلت درجة الحرارة إلى ذروتها بعد إضافة 12.5 سم^3 من الحمض؟
لماذا انخفضت درجة الحرارة بعد ذلك؟



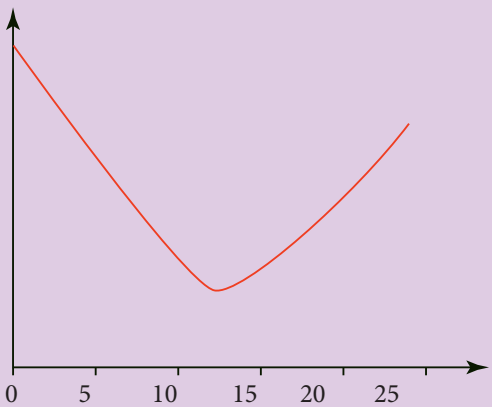
pH

لماذا يوجد تغير سريع لقيمة pH بعد إضافة 12.5 سم^3 من الحمض؟



الموصلية

اذكر أيونين تفاعلا أثناء هذا التعادل، واكتب اسم الجزيء الناتج الذي تكون.
لماذا تقل القابلية للتوصيل مع إضافة الحمض حتى حجم 12.5 سم^3، ثم تبدأ في الزيادة مرة أخرى بإضافة زيادة من الحمض.



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

الوحدة

6

الأمـلاح

Salts

البحـر الميت هو أدنـى مكـان على سطح الكرة الأرضية، فهو أوطأ من مستوى سطح البحر بحوالي 400 م، ويقع في الأخـدود الذي يمر من شرق أفريقيا إلى سوريا. يحتوي الماء في معظم محيطات العالم على 40 جم ديسم$^{-3}$ ملحًا ذائبًا تقـريبًا (معظمه كلوريد صوديوم، ملح طعام). يوجد في البحر الميت أكثر من 350 جم ديسم$^{-3}$ أملاحًا ذائبة ($140\ Mg\ Cl_2$ جم ديسم$^{-3}$ $80\ NaCl$ جم ديسم$^{-3}$ $40\ CaCl_2$ جم ديسم$^{-3}$ $13\ KCl$ جم ديسم$^{-3}$ $6\ MgBr_2$ جم ديسم$^{-3}$، ... إلخ).

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

- ✔ **تصف** التقنيات المستخدمة في تحضير، وفصل، وتنقية الأملاح. ينبغي أن تتضمن طرق التحضير المعايرة (أملاح ذوابة)، والترسيب (أملاح غير ذوابة)، وأيضًا تفاعلات الأحماض مع الفلزات، والقواعد غير الذوابة، والكربونات غير الذوابة.
- ✔ **تصف** القواعد العامة لذوبانية الأملاح الشائعة بما في ذلك النترات، والكلوريدات، والكبريتات، والكربونات، والهيدروكسيدات.
- ✔ **تقترح** طريقة لتحضير ملح معين من مواد ملائمة تبدأ بها، ومن المعلومات المتاحة لك.
- ✔ **تشرح** تفاعلات الترسيب بإعتبارها تفاعلات مفيدة بشكل خاص عندما يكون الناتج المطلوب عديم الذوبان في الماء
- ✔ **تصف** إستخدام تفاعلات التبادل المزدوج في تحضير أملاح غير عضوية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

1-6 الأملاح: استبدال هيدروجين الأحماض

Salts: Replacing the Hydrogen of Acids

الملح مادة تتكون عند استبدال هيدروجين حمض استبدالًا كليًّا أو جزئيًّا بفلز.

تكوِّن الأملاح **فئة** أخرى من المواد الكيميائية كالأحماض والقلويات.

وهي تتكون عند تعادل الأحماض مع قواعد أو قلويات. وتتكون أيضًا عند تفاعل حمض مع فلز أو مع كربونات فلز. تُكوِّن الأحماض المختلفة أملاحًا مختلفة ويمكن لكل حمض استبدال الهيدروجين الخاص به بفلزات مختلفة، كما هو مبين في جدول 1.

ويسمى عدد ذرات الهيدروجين في الحمض التي يمكن استبدالها بفلز **قاعدية الحمض**. يوجد على سبيل المثال بكل من حمض الكبريتيك وحمض الكربونيك، ذرتا هيدروجين يمكن استبدالهما، لذلك يعتبر كل منهما حمضًا **ثنائي القاعدية**. ويوجد بحمض الفوسفوريك ثلاث ذرات هيدروجين يمكن استبدالها، لذا يعتبر **ثلاثي القاعدية**.

القاعدية	الحمض	الملح	ملح حمضي
1 هيدروجين	حمض هيدروكلوريك HCl	كلوريد كالسيوم $CaCl_2$ كلوريد صوديوم $NaCl$	
	حمض نيتريك HNO_3	نترات ماغنسيوم $Mg(NO_3)_2$ نترات بوتاسيوم KNO_3	
2 هيدروجين	حمض كبريتيك H_2SO_4	كبريتات نحاس (II) $CuSO_4$ كبريتات رصاص (II) $PbSO_4$	بيكبريتات صوديوم $NaHSO_4$
	حمض كربونيك H_2CO_3	كربونات خارصين $ZnCO_3$ كربونات حديد (II) $FeCO_3$	بيكربونات كالسيوم $Ca(HCO_3)_2$
3 هيدروجين	حمض فوسفوريك H_3PO_4	فوسفات صوديوم Na_3PO_4 فوسفات كالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$	فوسفات أحادي الصوديوم ثنائي الهيدروجين NaH_2PO_4 فوسفات ثنائي الصوديوم الهيدروجينية Na_2HPO_4

جدول 1 تتكون الأملاح من تفاعلات التعادل

... يك	... ات
... وز	... يت

الحمض	الملح
هيدروكلوريك	كلوريدات
كبريتيك	كبريتات
كبريتوز	كبريتيت
نيتريك	نترات
نيتروز	نيتريتات
كربونيك	كربونات
فوسفوريك	فوسفات
فوسفوروز	فوسفيت

جدول 2 أحماض وأملاحها

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

مراجعة سريعة

الحمض	يحتوي على أيونات هيدروجين في المحلول المائي.
القاعدة	أكسيد فلز، أو هيدروكسيد فلز.
القلوي	قاعدة ذوابة تحتوي على أيونات هيدروكسيد.
أكاسيد	ثلاثة أنواع رئيسة: حمضية (لافلزية)، قاعدية (فلزية)، ومترددة (أمفوتيرية).
ملح	يتكون عند استبدال هيدروجين الحمض تمامًا بفلز.
ملح حمضي	يتكون عند استبدال هيدروجين الحمض جزئيًّا بفلز.

يتضح من جدول الأملاح في الصفحة السابقة أن لأحماض الكبريتيك، والكربونيك، والفوسفوريك أكثر من ذرة هيدروجين واحدة، يمكن استبدالها بفلز. وبناءً عليه يمكن أن تكوِّن تلك الأحماض **أملاحًا حامضية**، حيث يُستبدل جزء فقط من الهيدروجين الموجود في الحمض بفلز.

2-6 ذوبانية الأملاح: أيها يذوب؟

Solubility of Salts: Which Ones Dissolve?

قبل تحضير أي ملح يجب معرفة إن كان ذوابًا أو لا. ويمكن تعميم ما يلي بالنسبة لذوبانية الأملاح:

جميع أملاح النترات، والأمونيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم ذوابة في الماء. كما أن معظم الكلوريدات، والكبريتات ذوابة أيضًا، ولكن أغلبية الكربونات غير ذوابة.

يبين جدول 3 استثناءات تلك العبارة.

ذوابة	غير ذوابة
جميع النترات	
معظم الكلوريدات عدا	كلوريد فضة $AgCl\ (s)$ كلوريد رصاص (II) $PbCl_2(s)$ (ذواب في الماء الساخن) كلوريد زئبق (II) $HgCl_2(s)$
معظم الكبريتات عدا	كبريتات كالسيوم $CaSO_4(s)$ كبريتات باريوم $BaSO_4\ (s)$ كبريتات رصاص (II) $PbSO_4\ (s)$
كربونات صوديوم $Na_2CO_3\ (aq)$ كربونات بوتاسيوم $K_2CO_3(aq)$ كربونات أمونيوم $(NH_4)_2CO_3(aq)$	معظم الكربونات عدا الثلاثة المذكورة في عمود الجدول الأيمن

جدول 3 ذوبانية الأملاح

ملحوظة

محلول كبريتات نحاس (II) يستخدم لاختبار ما إذا كانت كمية الهيموجلوبين كافية قبل عملية نقل الدم، فتضاف نقطة من دم الشخص المانح إلى محلول $CuSO_4$. إذا كونت بقعة بيضاء تغوص، فيمكن إجراء عملية نقل الدم من الشخص المانح، أما إذا طفت البقعة البيضاء فيدل ذلك على عدم كفاية الهيموجلوبين، ولا يُسمح للشخص بالتبرع بالدم.

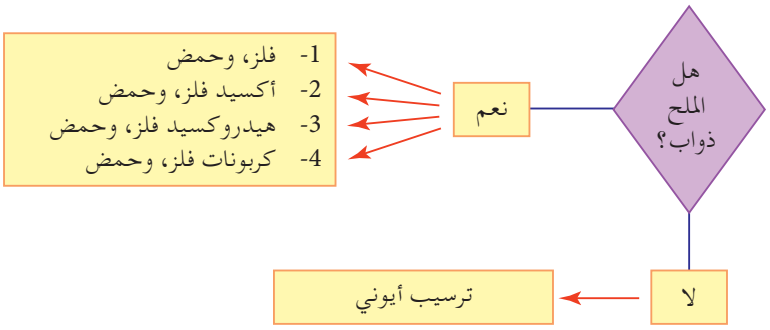
ملحوظة

الناس الذين يحتاجون لفحص معدتهم باستخدام أشعة X، يُعْطَون أولًا محلولًا يحتوي على ملح يسمى كبريتات باريوم. يكون ذلك الملح ثقيلًا جدًّا فلا يسمح لأشعة X بالمرور خلاله، وهو أيضًا غير ذواب بدرجة كبيرة في الماء، لذا لا يمتص بواسطة الجهاز الهضمي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3-6 تحضير الأملاح الذوابة
Preparation of Soluble Salts

عند تحضير الأملاح بصفة عامة يجب أن نسأل السؤال التالي :



فلز وحمض

يعتبر هذا التحضير ملائمًا للفلزات الأقل فاعلية مثل Mg, Zn, Fe, Al (وليس مع K, Na, و Ca) . يضاف بصفة عامة الفلز إلى الحمض حتى يتوقف التفاعل، ويتضح ذلك في عدم خروج فقاعات أكثر من غاز الهيدروجين. يُرشح بعد ذلك الفلز الزائد، ثم يُبخر الراشح الصافي حتى تبدأ البلورات في التكون داخل المحلول الساخن.

هيدروجين + ملح ⟶ حمض + فلز

هيدروجين كبريتات خارصين حمض كبريتيك خارصين

$$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$$

أكسيد فلز وحمض

تتفاعل كل الأكاسيد الفلزية تقريبًا مع الأحماض، ولكن يتطلب معظمها تدفئة. تكون تلك الطريقة ملائمة خصوصًا مع الفلزات التي لا تتفاعل مع الأحماض المخففة. لا يتفاعل على سبيل المثال فلز النحاس مع الأحماض المخففة، ولكن إذا دُفئ أكسيد النحاسيك (II) مع الأحماض المخففة تتكون أملاح :

ماء + ملح ⟶ حمض + أكسيد فلز

ماء كبريتات نحاسيك حمض كبريتيك أكسيد نحاس (II)

$$CuO\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \longrightarrow CuSO_4\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

يجب إضافة كمية زائدة من أكسيد النحاس (II) إلى حمض كبريتيك دافئ حتى يتعادل كل الحمض. يُنزع بعد ذلك الأكسيد غير المتفاعل بالترشيح، ويكون الراشح محلولًا أزرق من كبريتات النحاس (II). ونحصل على البلورات بتركيز المحلول عن طريق التبخير، ثم بتركه ليبرد، وتُفصل البلورات المتكونة بالترشيح. وبما أن بلورات كبريتات النحاس (II) تحتوي على ماء تبلر، فمن المهم عدم تبخير المحلول حتى الجفاف.

اختبر فهمك 1

استخدم جدول ذوبانية الأملاح العديدة المبينة في الجدول التالي لإجابة الأسئلة التي تليه.

الملح	الصيغة الكيميائية	الذوبانية عند 20°س جم / 100جم ماء)
كلوريد باريوم	$BaCL_2$	36.0
نترات باريوم	$Ba(NO_3)_2$	8.7
كبريتات باريوم	$BaSO_4$	0.00024
كلوريد كالسيوم	$CaCL_2$	74.5
نترات كالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	129.0
كبريتات كالسيوم	$CaSO_4$	0.21
كلوريد نحاس(II)	$CuCL_2$	73.0
نترات نحاس(II)	$Cu(NO_3)_2$	122.0
كبريتات نحاس(II)	$CuSO_4$	20.5
كلوريد رصاص(II)	$PbCL_2$	0.99
نترات رصاص(II)	$Pb(NO_3)_2$	55.0
كبريتات رصاص(II)	$PbSO_4$	0.004
كلوريد ماغنسيوم	$MgCL_2$	54.2
نترات ماغنسيوم	$Mg(NO_3)_2$	70.0
كبريتات ماغنسيوم	$MgSO_4$	33.0
كلوريد بوتاسيوم	KCL	34.7
نترات بوتاسيوم	KNO_3	31.6
كبريتات بوتاسيوم	K_2SO_4	11.1
كلوريد فضة	$AgCL$	0.0000001
نترات فضة	$AgNO_3$	217.0
كبريتات فضة	Ag_2SO_4	0.8

(1) أي ملح هو الأكثر ذوبانية عند 20°س؟

(2) لماذا يجب ذكر درجة الحرارة؟

(3) أعطِ الأسماء والصيغ الكيميائية للأملاح الثلاثة الأقل ذوبانية.

(4) أملاح النترات الفلزية هي عادة الأكثر ذوبانية، أعطِ استثنائين لهذه القاعدة.

(5) أملاح الرصاص والفضة هي عادة قليلة الذوبانية. هل تستطيع إعطاء استثناء؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

تجربة 6-1
تحضير الأملاح الذوابة : القواعد والأحماض

Experiment 6-1
Making Soluble Salts: Bases and Acids

حمض كبريتيك

1- دفِّئ سم^3 من حمض كبريتيك مخفف في كأس.
2- أضف مسحوق أكسيد ماغنسيوم إلى ذلك الحمض حتى النقطة التي لا يذوب بعدها.
3- رشح للتخلص من الأكسيد الزائد.
4- بخر الراشح إلى نصف حجمه الأصلي تقريبًا.
5- اترك المحلول المركز ليتبلور.
6- رشح البلورات المتكونة وجففها في فرن دافئ.

حاول هذا !

(أ) لماذا يجب إضافة كمية زائدة من الأكسيد؟
(ب) اذكر اسم الملح المتكون.
(جـ) أكمل المعادلة:

$$MgO\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow \ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots\ldots$$

هيدروكسيد فلز وحمض

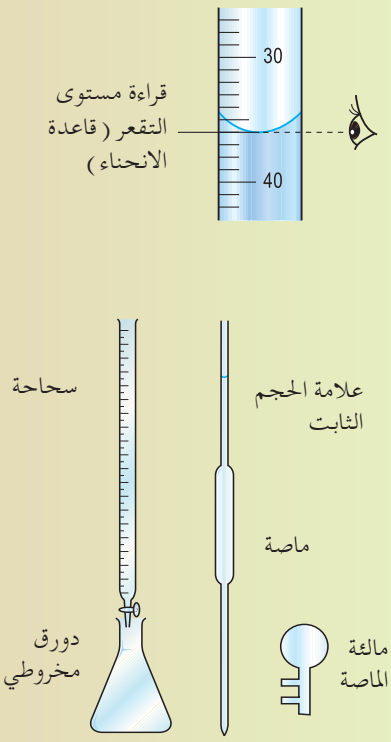
يتطلب تحضير الأملاح بتلك الطريقة أن يكون الهيدروكسيد المستخدم أحد الهيدوكسيدات الفلزية الذوابة المعروفة بالقلويات. تعرف تلك العملية **بالمعايرة**، وتتطلب إضافة حمض من السحاحة إلى دورق مخروطي يحتوي على القلوي الملون بنقطتين أو ثلاث نقط من دليل مناسب. ويقاس القلوي بدقة باستخدام ماصة ومالئها (انظر شكل 6-1). تسمى نهاية المعايرة **نقطة النهاية**، ونصل إليها عند تغير لون الدليل في الوسط القلوي. يحدث التعادل عند تلك النقطة ويتكون الملح والماء.

ماء + ملح ⟵ حمض + هيدروكسيد الفلز

ماء	كلوريد بوتاسيوم	حمض هيدروكلوريك	هيدروكسيد بوتاسيوم

$$KOH\ (aq) + HCl\ (aq) \longrightarrow KCl\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

للحصول على الملح، تُكرَّر المعايرة، ولكن في هذه المرة دون وجود دليل لأننا نعلم مسبقًا حجم الحمض الذي يضاف. ويمكن تكرار التجربة في وجود الدليل، ولكن يُضاف بعض الفحم الحيواني ويُغلى المحلول عند نقطة النهاية. ويتبع ذلك الإجراء لامتصاص لون الدليل. وللحصول على بلورات الملح يمكن تبخير المحلول المتعادل. وبما أن كلوريد البوتاسيوم لا يحتوي على ماء تبلور، ويكون ثابتًا حراريًّا، فيمكن التبخير حتى الجفاف باستخدام لهب بنزن هادئ.



شكل 6-1 أدوات المعايرة

كربونات فلز وحمض

تشبه هذه الطريقة إلى حد بعيد تلك التي تتضمن أكسيد فلز وحمض، ولكننا هنا لا نستخدم الحرارة. فتفور الكربونات، ويتصاعد منها غاز ثاني أكسيد الكربون. وتضاف أيضًا هنا كمية زائدة من الكربونات للتأكد من معادلة كل الحمض ثم يُرشَّح المحلول بعد ذلك (للتخلص من الكربونات غير المتفاعلة)، ويُبَخَّر لتركيزه للتبلور.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ثاني أكسيد كربون + ماء + ملح ⟵ حمض + كربونات الفلز

ثاني أكسيد الكربون ماء نترات خارصين حمض نيتريك كربونات خارصين

$$ZnCO_3\,(s) + 2HNO_3\,(aq) \rightarrow Zn(NO_3)_2\,(aq) + H_2O\,(\ell) + CO_2\,(g)$$

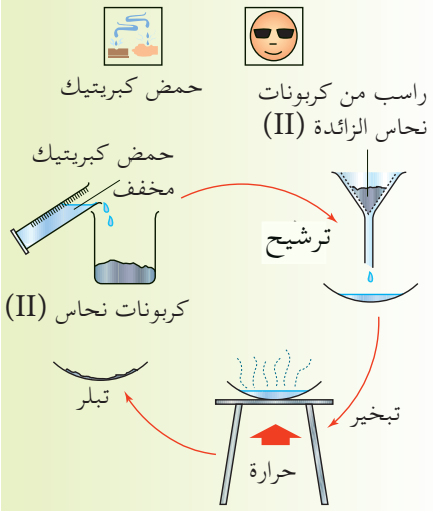
ملحوظة

الحلوى الفوارة تحتوي على كربونات صوديوم هيدروجينية وحمض الستريك. عند مَصِّكَ هذه الحلوى، يتفاعل الحمض مع الكربونات لتكوين سترات الصوديوم والماء، ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون. ويكون التفاعل ماصًّا للحرارة، مما يفسر شعور لسانك بالبرودة.

تجربة 6-2
تحضير الأملاح الذوابة: الكربونات والأحماض

Experiment 6-2
Making Soluble Salts: Carbonates and Acids

1- ضع ملعقة كربونات نحاس (II) $CuCO_3$ في كأس، وأضف ببطء 25 سم^3 حمض كبريتيك مخفف H_2SO_4.
2- إذا ذابت كل الكربونات، أضف كربونات نحاس (II) أكثر، واستمر في الإضافة حتى يتوقف تصاعد الفقاعات.
3- رشح للتخلص من الكربونات الزائدة.
4- بخِّر الراشح حتى نصف حجمه الأصلي.
5- اترك المحلول المركز ليتبلور.
6- رشِّح البلورات، وجففها في فرن دافئ.



حاول هذا!

(أ) لماذا يجب وضع المزيد من الكربونات؟
(ب) تتفاعل كربونات الفلز مع الأحماض، وتكون ثلاثة نواتج. ما هي؟
(جـ) اكتب اسم الملح المتكون في هذا التفاعل.
(د) أكمل المعادلة:

$$CuCO_3(s) + H_2SO_4\,(aq) \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots + \ldots\ldots$$

(هـ) لماذا يعتبر مهمًّا عدم تبخير محلول كبريتات النحاس (II) حتى الجفاف؟

فكر علميًّا

استنتج اسم الحمض، والفلز، والملح .. إلخ باستكمال التفصيلات الناقصة في الجدول التالي لتحضير الأملاح الذوابة.

طريقة التحضير	المتفاعلات	الملح المتكون	نواتج أخرى
(أ) فلز + حمض	ماغنسيوم + ؟	كلوريد ماغنسيوم	هيدروجين
(ب) أكسيد فلز + حمض	أكسيد نحاس (II) + حمض كبريتيك	؟	؟
(جـ) كربونات فلز + حمض	؟ + ؟	كبريتات خارصين	ماء + ؟
(د) هيدروكسيد فلز + حمض	؟ + ؟	نترات بوتاسيوم	؟
(هـ) ؟ + ؟	كالسيوم + حمض نيتريك	؟	هيدروجين
(و) قلوي + حمض	؟ + ؟	كلوريد صوديوم	؟
(ز) ؟ + ؟	كربونات كالسيوم + ؟	كبريتات كالسيوم	؟ + ؟
(ح) قاعدة + ؟	أكسيد رصاص + ؟	نترات رصاص	؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

4-6 تحضير الأملاح غير الذوابة: الترسيب الأيوني
Preparation of Insoluble Salts: Ionic Precipitation

تُحضَّر الأملاح غير الذوابة **بالترسيب**. ويتطلب ذلك خلط محلول يحتوي على أيوناته الموجبة بمحلول آخر يحتوي على أيوناته السالبة.

يترسب على سبيل المثال كلوريد الفضة غير الذوابة عند خلط كل من محلول نترات الفضة، ومحلول كلوريد الصوديوم معًا:

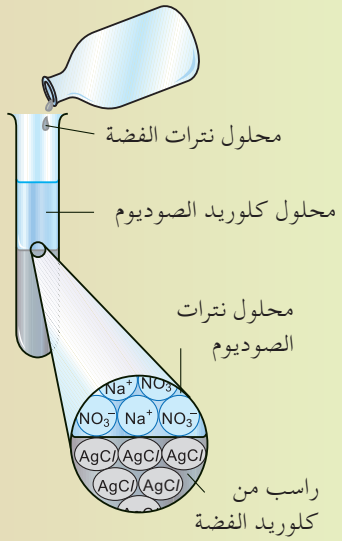
نترات صوديوم + كلوريد فضة ⟶ كلوريد صوديوم + نترات فضة

$$AgNO_3\,(aq) + NaCl\,(aq) \longrightarrow AgCl\,(s) + NaNO_3\,(aq)$$

(معادلة أيونية)

$$Ag^+\,(aq) + Cl^-\,(aq) \longrightarrow AgCl\,(s)$$

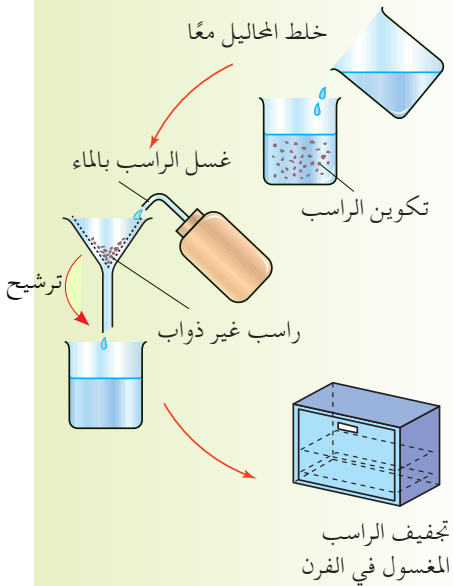
يكون من الأبسط في تفاعلات الترسيب، استخدام **المعادلة الأيونية** التي توضح فقط الأيونات في المحلول التي تتحد معًا لتكوين الراسب غير الذواب.



شكل 6-2 الترسيب

تجربة 6-3
تحضير الأملاح غير الذوابة: الترسيب الأيوني
Experiment 6-3
Making Insoluble Salts: Ionic Precipitation

1- اخلط محلولي كلوريد الباريوم، وكبريتات الماغنسيوم معًا.
2- رشح الراسب الأبيض الذي تكون باستخدام ورقة ترشيح.
3- اغسل ذلك الراسب بالماء المقطر.
4- ضع ورقة الترشيح في فرن دافئ لتجف.



حاول هذا!

(أ) ما اسم الراسب الأبيض؟

(ب) أكمل المعادلة اللفظية التالية.

كبريتات ماغنسيوم + كلوريد باريوم ← ..... + ...

(جـ) أكمل المعادلة التالية:

$$BaCl_2\,(aq) + MgSO_4\,(aq) \rightarrow \text{.....} + \text{.....}$$

(د) اكتب المعادلة الأيونية لذلك التفاعل.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملخص

فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

- الملح مادة تتكون عند استبدال هيدروجين الحمض بفلز. وتعتبر الأملاح مركبات أيونية.
- الأملاح الذوابة هي النترات، والكبريتات (عدا $PbSO_4$, $BaSO_4$, $CaSO_4$) ، والكلوريدات (عدا AgCL, $PbCL_2$). والأملاح غير الذوابة هي الكربونات (عدا $(NH_4)_2CO_3$, K_2CO_3, Na_2CO_3).
- تتكون الأملاح الذوابة بالتفاعلات التالية:

فلز + حمض ← ملح + هيدروجين

أكسيد فلز + حمض ← ملح + ماء

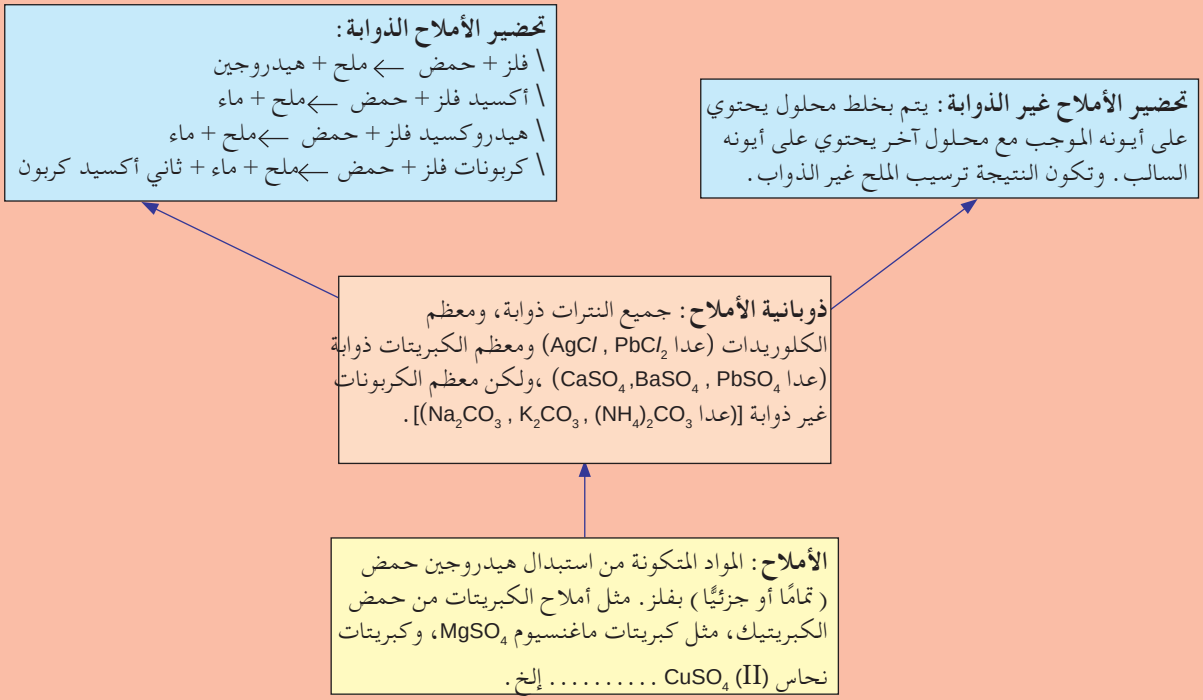
هيدروكسيد فلز + حمض ← ملح + ماء

كربونات الفلز + حمض ← ملح + ماء + ثاني أكسيد كربون

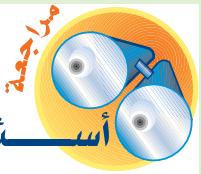
- تتكون الأملاح غير الذوابة بتفاعلات الترسيب الأيونية. والمعادلات الأيونية هي أفضل تمثيل لتلك التفاعلات، مثل:

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$$

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية



أسئلة الاختيار من متعدد

1- ما العبارة **غير** الصحيحة عن الأملاح؟
(أ) تحضر الأملاح من تعادل القلويات والأحماض.
(ب) تحتوي الأملاح على أنيونات وكاتيونات.
(جـ) تحضر الأملاح بإذابة أكاسيد الفلزات في الأحماض.
(د) تحتوي دائمًا الأملاح على ماء تبلور.

2- مثال لملح يمكن تحضيره بالترسيب هو:
(أ) نترات رصاص (II).
(ب) كربونات صوديوم.
(جـ) كلوريد فضة.
(د) كبريتات ماغنسيوم.

3- طريقة للتمييز بين حمض الهيدروكلوريك المخفف وحمض الكبريتيك المخفف تكون بإضافة
(أ) دليل عام (ب) محلول نترات باريوم
(جـ) كربونات فلز (د) شريط ماغنسيوم

4- أي العبارات التالية صحيحة عن الذوبانية؟
(أ) جميع الكبريتات ذوابة في الماء عدا كبريتات الكالسيوم والرصاص.
(ب) جميع النترات غير ذوابة في الماء عدا نترات الصوديوم والبوتاسيوم.
(جـ) معظم أكاسيد الفلزات ذوابة في الماء عدا تلك التي توجد في المجموعة I و II.
(د) معظم كربونات الفلزات ذوابة في الماء.

5- كبريتات الباريوم غير ذوابة في الماء. إنها تستخدم في "وجبة الباريوم" لتسمح بفحوصات أشعة X على الأمعاء. يمكن تحضيرها بتفاعل ترسيب بين محلولين مائيين. ما هما المادتان الملائمتان لتحضير كبريتات الباريوم لاستخدامها في التصوير باستخدام أشعة X؟
(أ) كربونات باريوم، وحمض كبريتيك.
(ب) كلوريد باريوم، وكبريتات صوديوم.
(جـ) أكسيد باريوم، وكبريتات بوتاسيوم.
(د) نترات باريوم، وكبريتات كالسيوم.

6- أي الأملاح التالية يحضر أفضل بالتفاعل مع حمض وقاعدة؟
(أ) كبريتات باريوم.
(ب) كربونات نحاس (II).
(جـ) كبريتات ماغنسيوم.
(د) كلوريد فضة.

7- أُذيب كلوريد حديد (II) في الماء، وكون محلولًا، قُسم في أنبوبتي اختبار. أضيف إلى الأولى محلول هيدروكسيد صوديوم، وإلى الثانية محلول نترات فضة، أي النتائج يعتبر صحيحًا؟

	الأنبوبة الأولى	الأنبوبة الثانية
أ	راسب أبيض	راسب أبيض
ب	راسب أخضر	راسب أبيض
جـ	راسب أصفر	راسب أصفر
د	راسب أخضر	راسب أصفر

8- أعطى محلول المادة X راسبًا أبيض عند إضافة محلول هيدروكسيد صوديوم إليه. وعند إضافة محلول نترات رصاص إلى محلول محمض من X، تكون راسب أصفر، فما هي المادة X؟
(أ) كلوريد كالسيوم.
(ب) كبريتات ماغنسيوم.
(جـ) بروميد صوديوم.
(د) يوديد خارصين.

9- ترسب هيدروكسيد حديديك (II) عند إضافة محلول هيدروكسيد صوديوم إلى محلول كلوريد حديديك.

$$Fe^{3+}(aq) + 3OH^{-}(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s)$$

ما أقل حجم لمحلول هيدروكسيد الصوديوم 2 مول ديسم$^{-3}$ المطلوب لترسيب الكمية القصوى من هيدروكسيد الحديديك من 20 سم^3 محلول كلوريد حديديك (III) 1 مول ديسم$^{-3}$؟
(أ) 10 سم^3
(ب) 20 سم^3
(جـ) 30 سم^3
(د) 60 سم^3

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

10- تفاعلت مادة L مع حمض هيدروكلوريك مخفف لتكوين محلول عديم اللون M، وغاز عديم اللون N. ما اسم كل من L، M، N؟

	L	M	N
أ	كبريتات أمونيوم	كلوريد أمونيوم	أمونيا
ب	كربونات نحاس (II)	كلوريد نحاس (II)	ثاني أكسيد كربون
جـ	كبريتات رصاص (II)	كلوريد رصاص (II)	ثاني أكسيد كبريت
د	كربونات ماغنسيوم	كلوريد ماغنسيوم	ثاني أكسيد كربون

أسئلة تركيبية

11- أكمل المعادلات التالية العامة لتحضير أملاح ذوابة

(أ) فلز + حمض ← ..... + ...

(ب) أكسيد فلز + حمض ← ..... + ...

(جـ) هيدروكسيد فلز + حمض

← ..... + ...

(د) كربونات فلز + حمض ← ..... + ...

12- مستخدمًا المعادلات العامة في السؤال السابق، أكمل المعادلات الكيميائية التالية. قد يكون أيضًا من الضروري موازنة المعادلة.

(أ) $Mg\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \rightarrow$ ..... + ...

(ب) $CuO\ (s) + HCl\ (aq) \rightarrow$ ..... + ...

(جـ) $ZnO\ (s) + HNO_3\ (aq) \rightarrow$ ..... + ...

(د) $K_2CO_3\ (s) + HCl\ (aq) \rightarrow$ ..... + ...

(هـ) $NaHCO_3\ (s) + HNO_3\ (aq) \rightarrow$ .....

+ ..... + ...

(و) $Al(OH)_3\ (s) + H_2SO_4\ (aq) \longrightarrow$

..... + ...

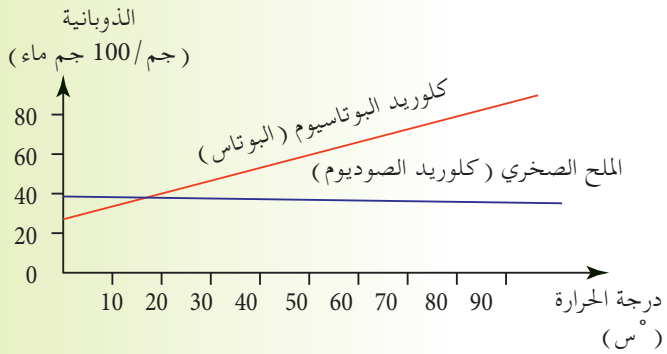
13- صل الأملاح التالية بالاستخدام الوصفي لكل منها.

1- كبريتات باريوم	(أ) نكهة الطعام
2- كبريتات نحاس	(ب) الجص (الجبس الباريسي)
3- بروميد فضة	(جـ) طلاء مضيء
4- نترات بوتاسيوم	(د) مبيد الفطر
5- كلوريد صوديوم	(هـ) فيلم تصوير ضوئي
6- نترات أمونيوم	(و) وجبة أشعة إكس
7- كبريتات كالسيوم	(ز) مكون البارود
8- كبريتيد خارصين	(ح) سماد

14- (أ) اذكر أي الأملاح التالية ذواب، وأيها غير ذواب: كلوريد فضة، نترات صوديوم، كبريتات باريوم، كبريتات بوتاسيوم، كلوريد خارصين.

(ب) في ضوء إجابتك للسؤال (أ) كيف يمكنك تحضير عينة من كل من تلك الأملاح؟

15- كلوريد البوتاسيوم ملح مهم لأنه يستخدم كسماد، والاسم الشائع له هو **البوتاس**. ويتواجد في الأرض، ولكنه يكون عادة مخلوطًا مع الملح الصخري (كلوريد الصوديوم)، ويبين الشكل التالي ذوبانية هذين الملحين.



(أ) كيف تؤثر درجة الحرارة على ذوبانية كلوريد الصوديوم؟

(ب) تنبأ بذوبانية البوتاس عند 100°س.

(جـ) كيف تفصل الملح الصخري عن البوتاس؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

ركن التفكير

1- المهارة: الاستنتاج

استنتج هوية المواد الكيميائية التالية من هذه الاختبارات.

أ- مسحوق أخضر

بإضافة حمض هيدروكلوريك مخفف، فار المسحوق، وتصاعد غاز يعكر ماء الجير. وأعطى المحلول الأزرق الناتج راسبًا أزرق باهتًا عند إضافة محلول الأمونيا. ذاب ذلك الراسب مكونًا محلولًا أزرق أرجوانيًّا عند إضافة زيادة من محلول الأمونيا.

ب- جسم صلب أبيض

بإضافة محلول هيدروكسيد صوديوم مع التسخين، تصاعد غاز نفاذ الرائحة حوَّل صبغة دوار الشمس الحمراء المبللة إلى اللون الأزرق. عند إذابة الصلب الأبيض في الماء وإضافة محلول نترات باريوم، تكون راسب أبيض في الحال.

جـ- سائل عديم اللون

عند إضافة هذا السائل عديم اللون إلى شريط ماغنسيوم، تصاعد غاز هيدروجين، وعند إضافته إلى صودا الغسيل (كربونات صوديوم) تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون. بإضافة محلول نترات فضة إلى السائل، تكون راسب أبيض.

د- بلورات خضراء

عند إذابة البلورات في الماء وإضافة محلول هيدروكسيد صوديوم، تكون راسب أخضر. ثم كونت تلك البلورات راسبًا أصفر عند إضافة محلول نترات رصاص (II) محمض إليها.

2- المهارة: حل المشكلات

فيما يلي ثلاث مشكلات يمكن حلها بالكشف عن هوية الأيونات.

أ- اشتبهت الشرطة في زوجة حاولت دس السم لزوجها بأن وضعت نترات بوتاسيوم في الملاحة بدلًا من ملح الطعام (كلوريد صوديوم). صف اختبارات المعمل الجنائي للتعرف على المادة الكيميائية الموجودة بالملاحة.

ب- أحضر أحمد وأمل إلى منزلهما عينات من أحد الصخور من داخل كهف تحت الأرض. يدعى أحمد أن الصخرة هي كربونات الكالسيوم، ولكن أمل تعتقد أن الصخرة هي كربونات الخارصين. اقترح كيف يمكنهما استقصاء كون الصخرة
(1) كربونات
(2) مركب كالسيوم
(3) مركب خارصين.

جـ- عُثر على جثة في قاع حفرة طينية. يحتوي الطين في الحفرة على نسبة عالية من الحديد (II)، وكان المشتبه فيه الرئيس يعمل ميكانيكيًّا. وجد البوليس بعض المواد التي التصقت بحذائه، ولكن كان عليهم تقرير ما إذا كانت تربة طينية بها نسبة عالية من الحديد (II)، أو بقع صدأ نتجت من مكان العمل. الصدأ كيميائيًّا هو أكسيد حديد (III) مائي. اقترح أي اختبارات سوف تجريها للتمييز بين الحديد (II) والحديد (III).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مسرد

يُعَرِّف هذا المسرد المصطلحات الكيميائية التي وردت في السلسلة

أحادي الذرة	يتكون من ذرات مفردة مثل الغازات النبيلة.	monatomic
احتراق	تفاعل كيميائي مع الأكسجين (الاحتراق)، وينتج عنه غالبًا ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.	combustion
اختزال	نزع الأكسجين، أو اكتساب الهيدروجين، أو اكتساب إلكترونات، أو نقص عدد التأكسد.	reduction
الأس الهيدروجيني	عدد يبين تركيز أيونات الهيدروجين – يكون أقل من سبعة في الأحماض، و 7 في المحاليل المتعادلة، وأكثر من 7 في محاليل القلويات.	pH
إسترات	مجموعة من المواد العضوية تحضر من تفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات.	esters
استقطاب	تجمع فقاعات الهيدروجين على أقطاب التحليل مما يمنع سريان الكهرباء.	polarisation
أكسدة	الاتحاد مع الأكسجين، أو فقد الهيدروجين، أو فقد الإلكترونات، أو زيادة عدد التأكسد.	oxidation
أكسيد حامضي	الأكسيد الذي يذوب في الماء منتجًا محلولًا حامضيًّا مثل ثاني أكسيد الكبريت SO_2.	acidic oxide
أكسيد قاعدي	الأكسيد الذي يتعادل مع الحمض لينتج ملح وماء فقط.	basic oxide
أكسيد متردد	أكسيد يتفاعل كحمض أو كقاعدة مثل أكسيد الزنك ZnO	amphoteric oxide
ألكان	هيدروكربون غير مشبع معادلته العامة C_nH_{2n+2} مثل الميثان CH_4، والإيثان C_2H_6 ..... إلخ.	alkane
إلكترود (قطب)	ساق أو صفيحة للتوصيل تحمل الكهرباء من أو إلى الإلكتروليت أثناء عملية التحلل الكهربائي مثل الكربون، أو البلاتين.	electrode
إلكترون	جسيم سالب الشحنة يدور حول نواة الذرة.	electron
إلكترون التكافؤ	إلكترون يوجد في الغلاف الخارجي للذرة.	valence electron
إلكتروليت	محلول موصل للتيار الكهربائي.	electrolyte
لاإلكتروليتي	سائل لا يوصل التيار الكهربائي مثل النفط.	non-electrolyte
ألكين	هيدروكربون غير مشبع معادلته العامة C_nH_{2n} مثل الإيثين C_2H_4، والبروبين C_3H_6 ..... إلخ	alkene
أمطار حمضية	الأمطار الملوثة بالأحماض الناتجة من ذوبان أكاسيد النيتروجين (التي تنتج من اتحاد أكسجين ونيتروجين الهواء الجوي أثناء البرق) أو أكاسيد الكبريت (التي تنتج من احتراق الوقود الحفري).	acid rain
انتشار	انتشار الجسيمات لتشغل كل الفراغ المتاح.	diffusion

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

انحلال	تكسير المادة إلى مواد أبسط منها غالبًا بالتسخين.	decomposition
انحلال حراري	تكسير المادة إلى مواد أبسط منها بالحرارة، مثلًا تكسير الكربونات إلى الأكسيد وثاني أكسيد الكربون.	thermal decomposition
أنزيم	حفاز حيوي.	enzyme
أنود	القطب الموجب الشحنة في عمليات التحلل الكهربائي.	anode
أنيون	أيون سالب الشحنة مثل Cl^-.	anion
أيزوميرات	جزيئات لها نفس الصيغة الجزيئية ولكنها تختلف في الصيغة البنائية مثل البيوتان، والأيزوبيوتان.	isomers
أيون	جسيم مشحون يتكون بفقد إلكترونات (أيون موجب) أو باكتساب إلكترونات (أيون سالب).	ion
الأيون المتفرج	الأيون الذي يظل في المحلول دون تغير وبالتالي لا يظهر في المعادلة الأيونية.	spectatorion
أيون الهيدروجين	هو أيون H^+ والذي يجعل المحلول حامضيًّا.	hydrogen ion
أيون هيدروكسيد	أيون OH^- والذي يجعل المحلول قلويًّا.	hydroxide ion
بتومين	الراسب المتبقي بعد التقطير التجزيئي للنافتا الخام.	bitumen
بخار	الحالة الغازية للسائل.	vapour
بروتون	جسيم يوجد في نواة الذرة يحمل شحنة موجبة وكتلته تساوي وحدة كتلة ذرية.	proton
بروتين	مادة غذائية طبيعية مهمة للنمو ولتجديد الأنسجة.	protein
النضيدة	تجمع من الخلايا الكيميائية.	battery
لدائن (بلاستيك)	جزيء ضخم غالبًا بوليمر يمكن صبه وتشكيله مثل البولي إيثين والـ PVC .... إلخ.	plastic
بلمرة بالإضافة	تفاعل كيميائي يتم فيه إضافة عدد كبير جدًّا من جزيئات صغيرة غير مشبعة (مونومر) لتكون جزيء واحد ضخم وعملاق، وهو البوليمر مثل إضافة جزيئات الإيثين لبعضها لتكون جزيء البولي إيثين.	addition polymerisation
بلمرة بالتكاثف	ارتباط المونوميرات لتكوين بوليمر مع انتزاع جزيء صغير مثل الماء. مثل تكوين بوليمرات النايلون والتريلين.	condensation polymerisation
بلورات	قطع من المادة الصلبة لها نفس الأشكال المنتظمة.	crystals
البنية الإلكترونية	ترتيب الإلكترونات في الأغلفة المختلفة.	electronic structure
بنية الذرة	الطريقة التي تترتب بها مكونات الذرة.	atomic structure
بوليمر	جزيء ضخم يتكون من ارتباط عدد كبير من الجزيئات الصغيرة (المونومر) مثل البولي إيثين.	polymer
بوليمر طبيعي	جزيء ضخم طبيعي مثل الكربوهيدرات، والبروتينات، والدهون.	natural polymer

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

بوليمرات اصطناعية	بوليمرات من صنع الإنسان مثل البلاستيك، والألياف الاصطناعية . . . إلخ.	synthetic polymer
تآكل	تفاعل كيميائي بين سطوح الفلزات والهواء المحيط مثل الصدأ.	corrosion
تبخير	تحول السائل إلى بخار عند درجة أقل من درجة غليانه.	evaporation
التبلر	تبريد المحاليل الساخنة لكي تترسب المواد الصلبة المذابة على هيئة بلورات.	crystallisation
تحلل بيولوجي	التحلل الطبيعي للمواد بواسطة البكتيريا وضوء الشمس.	biodegradable
تحلل مائي	تحلل كيميائي بواسطة الماء.	hydrolysis
تحليل كهربائي	تحلل نتيجة مرور التيار الكهربائي في المواد، وهي في الحالة السائلة (على هيئة محلول أو مصهور).	electrolysis
تخليق أو تحضير	بناء جزيء معقد من جزيئات أصغر.	synthesis
تخمر	تحول السكر إلى كحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة أنزيمات الخميرة.	fermentation
ترشيح	فصل مادة صلبة غير ذائبة من السائل.	filtration
تسامي	تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الغازية دون المرور بالحالة السائلة.	sublimation
تطاير	سهولة تحول المركب إلى بخار. مثلًا النفط مادة متطايرة.	volatility
تغير الحالة	تحول الصلب إلى سائل، أو السائل إلى غاز، أو العكس.	change of state
تغير فيزيائي	تغير مؤقت يمكن إرجاعه، وهو بالتالي ليس تغيرًا كيميائيًا.	physical change
تغير كيميائي	تغير دائم ينتج عنه مادة جديدة، ويسمى غالبًا تفاعلًا كيميائيًا.	chemical change
تفاعل إحلال	إحلال الفلز الأكثر فاعلية محل الفلز الأقل فاعلية في محاليل أملاحه، مثل إحلال الزنك محل النحاس في محاليل أملاحه.	substitution reaction
تفاعل أخسدة (ريدوكس)	التفاعل الذي تتم فيه عمليتا الأكسدة والاختزال في نفس الوقت.	redox reaction
تفاعل إزاحة	نوع من التفاعل يحدث في المركبات المشبعة، وذلك بإحلال ذرة محل ذرة أخرى.	displacement reaction
تفاعل إضافة	إضافة جزيئين أو أكثر لبعضهما لتكوين جزيء واحد مثل إضافة جزيء البروم إلى جزيء الإيثين لتكوين جزيء 1 و 2 ثنائي بروموإيثان.	addition reaction
تفاعل طارد للحرارة	تفاعل كيميائي تنتج عنه طاقة حرارية، ويتضمن تكوين روابط.	exothermic reaction
تفاعل عكوس	تفاعل كيميائي يتم في كلتا الجهتين ويتميز بالأسهم ⇌ في المعادلة.	reversible reaction
تفاعل ماص للحرارة	تفاعل كيميائي يمتص طاقة حرارية لتكسير الروابط.	endothermic reaction

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

تقطير	غلي السائل ثم تكثيف البخار للحصول على السائل النقي الذي يسمى بالقطير (القطارة) .	distillation
تقطير تجزيئي	فصل عدة سوائل ممتزجة تختلف عن بعضها في درجة الغليان وذلك عن طريق التبخير والتكثيف المتكرر .	fractional distillation
تكافؤ	القدرة الاتحادية للذرة أو الشق .	valency
تكثف	عودة الغاز أو البخار إلى الحالة السائلة .	condensation
التكرير	تحويل الزيت الخام إلى نواتج لها استخدامات معينة .	refining
التكسير	تكسير المقتطعات الثقيلة ذات الجزيئات الكبيرة إلى مقتطعات خفيفة ذات جزيئات صغيرة .	cracking
تلوث	إلحاق الضرر بالبيئة نتيجة استخدام المواد الكيميائية الخطرة والتي تسمى ملوثات .	pollution
تلوين اللهب	اللون الذي يكتسبه اللهب عند تعرضه لفلز معين .	flame colouration
بناء ضوئي	عملية تصنيع السكر في النباتات الخضراء من ثاني أكسيد الكربون والماء .	photosynthesis
التنفس	عملية كيميائية تتأكسد فيها المواد الغذائية وتنتج الطاقة .	respiration
ثنائي الذرة	جزيء مكون من ذرتين مثل الغازات المعروفة كالأكسجين O_2 والنيتروجين N_2، والهيدروجين H_2 ..... إلخ .	diatomic
الجدول الدوري	ترتيب العناصر حسب أعدادها الذرية .	periodic table
جزيء	أصغر وحدات المركب . يتكون الجزيء من ذرتين أو أكثر .	molecule
الجزيء الضخم	جزيء عملاق غالبًا للبوليمر .	macromolecule
الجول	وحدة طاقة (1000 جول = واحد كيلو جول) .	joule
حالات المادة	هي الحالات الثلاث الصلبة، والسائلة، والغازية .	states of matter
حجم الغاز المولاري	الحجم الذي يشغله مول واحد من أي غاز عند ضغط ودرجة حرارة الغرفة، ويساوي 24 ديسمتر^3 .	molar gas volume
الحماية بالتضحية	الوقاية من الصدأ باستخدام فلز أكثر نشاطًا (فاعلية) مثل الماغنسيوم مع المواد الحديدية .	sacrificial protection
حمض	مادة تنتج أيونات هيدروجين H في المحاليل المائية .	acid
حمض أميني	هو الوحدة البنائية للبروتينات، حيث ترتبط جزيئات الأحماض الأمينية مع بعضها بروابط ببتيدية لتكون جزيء البروتين .	amino acid
خام	مركبات طبيعية للفلزات توجد في القشرة الأرضية .	ore
خلية (عمود)	جهاز يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية .	cell
خلية جافة	خلية كهربية بها عجين من مواد إلكترولتية مثل خلية الزنك – كربون .	dry cell
خلية سائلة	خلية كهربية تحتوي على إلكتروليت سائل مثل بطارية السيارة .	wet cell
الخواص	طريقة سلوك وتفاعل المواد .	properties
درجة الانصهار	درجة الحرارة التي يتحول فيها كل الصلب إلى سائل .	melting point

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

درجة الغليان	درجة الحرارة التي يتحول عندها كل السائل إلى بخار.	boiling point
دليل	مادة يتغير لونها في الوسط الحمضي والقلوي مثل دوار الشمس فيكون لونه أحمر في الوسط الحمضي، وأزرق في الوسط القلوي.	indicator
دورة	صف أفقي من العناصر في الجدول الدوري.	period
الدورية	التغير المنتظم في الخواص عبر الدورة.	periodicity
ذرة	أصغر جسيم في المادة يدخل في التفاعل الكيميائي.	atom
ذواب	قابل للذوبان في المذيب.	soluble
ذوبان	اختفاء المادة عند تقليبها في الماء.	dissolving
رابطة أيونية	رابطة بالانتقال الإلكتروني.	ionic bond
رابطة تساهمية	زوج من الإلكترونات المشتركة تربط ذرتين معًا.	covalent bond
رابطة مزدوجة	رابطتان تساهميتان تربطان ذرتين معًا.	double bond
راسب	مادة صلبة غير قابلة للذوبان تتكون في بعض التفاعلات الكيميائية مثل كلوريد الفضة AgCl.	precipitate
الرشيح (الراشح)	السائل الذي يمر خلال ورق الترشيح.	filtrate
رمز	الحرف أو الحرفان المستخدمان للتعريف بذرة عنصر معين.	symbol
سبيكة	مخلوط من فلزين أو أكثر مثل سبيكة البراس وهي سبيكة مكونة من خليط من النحاس والزنك.	alloy
سحاحة	جهاز يستخدم لإضافة الحمض بدقة إلى القلوي في عمليات المعايرة.	burette
سلسلة الفاعلية (النشاط)	الترتيب التنازلي للفلزات حسب فاعليتها (نشاطها)، الفلز الأنشط هو الأول وأقلها نشاطًا هو الأخير فمثلا يرتب البوتاسيوم، ثم الصوديوم، ثم الكالسيوم، ثم الماغنسيوم، ثم الزنك، ثم الحديد، ثم الهيدروجين، ثم النحاس.	reactivity series
سماد	مادة كيميائية تعالج بها التربة لتساعد في نمو النبات.	fertiliser
شبكية	الترتيب البنائي للأيونات في البلورة.	crystal
شبه موصل	عنصر له خواص كل من الفلز واللافلز مثل السيليكون.	semiconductor
شق	صنف له إلكترونات مفردة ولا يمكن تواجده بمفرده مثل ذرة الكلور.	radical
الصدأ	تآكل الحديد بسبب الأكسجين وبخار الماء في الهواء.	rusting
الصهر	صهر الخامات لاستخلاص الفلزات.	smelting
الصيغة الأولية	أبسط صيغة للمركب الكيميائي والتي تبين الأعداد النسبية لذرات العناصر المختلفة المكونة له.	empirical formula
الصيغة الكيميائية	صيغة تبين عدد ذرات العناصر في المركب الكيميائي.	formula
صيغة بنائية	الصيغة التي تظهر ترتيب الذرات وطريقة ارتباطها ببعضها.	structural formula
صيغة جزيئية	صيغة تبين عدد ذرات كل عنصر في جزيء واحد من المركب.	molecular formula
عازل	مادة صلبة لا توصل الكهرباء.	insulator

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

عامل حفز	مادة تسرع من معدل التفاعل الكيميائي ولا يتغير تركيبها عند نهاية التفاعل.	catalyst
عامل مختزل	المادة التي تسبب عملية الاختزال.	reducing agent
عدد أفوجادرو	عدد الذرات في 12 جرام من نظير الكربون -12 (يساوي 6.02×10^{23})	avogadro number
العدد البروتوني	عدد البروتونات في نواة الذرة.	proton number
العدد الذري	عدد البروتونات في نواة الذرة.	atomic number
العدد الكتلي (النووي)	العدد الكلي للنكليونات (البروتونات والنيوترونات) في نواة الذرة.	nucleon number
عناصر انتقالية	مجموعة من الفلزات تقع بين المجموعة الثانية والمجموعة الثالثة في الجدول الدوري مثل النحاس والحديد والزنك ... إلخ.	transition metals
عنصر	مادة مفردة لا يمكن تجزئتها إلى مواد أبسط منها بالطرق الكيميائية.	element
غاز طبيعي	غاز يتجمع فوق زيت النفط الخام ومكونه الأساسي هو الميثان.	natural gas
غازات خاملة (نبيلة)	مجموعة غازات المجموعة الثامنة أو الصفرية في الجدول الدوري. وتسمى أحيانًا بالغازات النبيلة مثل الهيليوم والنيون والأرجون .... إلخ.	inert (noble) gases
غلاف إلكتروني	إلكترونات تدور على مسافة محدودة من النواة.	electron shell
غير ذواب	مادة لا تذوب.	insoluble
غير ممتزج	سائلان لا يختلطان ببعضهما مثل الزيت والماء.	immiscible
فقد الشحنة الاختياري	إذا اقترب أكثر من نوع من الأيونات إلى قطب معين فإن الأيون الأسهل في فقد الشحنة هو الذي يتفاعل.	selective discharge
فلز	عنصر يُكوِّن أيونات موجبة، وهو غالبًا لامع، وقابل للسحب، وموصل جيد.	metal
فلز قلوي	هي فلزات المجموعة الأولى في الجدول الدوري مثل (... K ، Na ، Li).	alkali metal
لافلز	عنصر يكون أيونات سالبة.	non-metal
فوران	الهروب السريع لفقاعات الغاز.	effervescence
قابلة للسحب	مادة يمكن سحبها إلى أسلاك.	ductile
قابل للطرق	سهل التشكيل خاصة على شكل صفائح.	malleable
قاعدة	أكاسيد وهيدروكسيدات الفلزات.	base
قطب خامل	قطب لا يتفاعل كيميائيًا أثناء عملية التحليل الكهربائي مثل البلاتين.	inert electrode
قلوي	مادة غير عضوية تحتوي على أيونات الهيدروكسيد (OH^-)، وجميع القلويات هي قواعد قابلة للذوبان في الماء.	alkali
كاتيون	أيون موجب الشحنة مثل Cu^{2+}.	cation

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

كاثود	القطب السالب الشحنة في عمليات التحلل الكهربائي.	cathode
كتلة ذرية	عدد البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة.	atomic mass
الكتلة الجزيئية النسبية (M_r)	مجموع الكتل الذرية النسبية للعناصر المختلفة في الجزيء فمثلًا $H_2O = 16 + (1x2) = 18$	relative molecular mass
الكتلة الذرية النسبية (A_r)	الأرقام التي تقارن كتل الذرات الخاصة للعناصر المختلفة مثلا الهيدروجين = 1 والأكسجين = 16	relative atomic mass
كتلة الصيغة	الكتلة الجزيئية النسبية (M_r) كما تبينها الصيغة الكيميائية.	formula mass
كحول	مادة عضوية تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل (-OH).	alcohol
كربوهيدرات	مواد غذائية مهمة كمصدر للطاقة – ولها المعادلة العامة $(C_x(H_2O)_y)$ مثل الجلوكوز $(C_6H_{12}O_6)$.	carbohydrate
كروماتوجرافي	طريقة مناسبة لفصل المواد الملونة خاصة – أو الأحماض الأمينية أو السكريات.	chromatography
لامائي	مادة لا تحتوي على ماء تبلر مثل كبريتات النحاس (II) اللامائية $CuSO_4$.	anhydrous
ماء تبلر	عدد محدد من جزيئات الماء داخل البلورة مثل بلورة كبريتات النحاس $CuSO_4 . 5H_2O$	water of crystallisation
ماء مقطر	الماء النقي الناتج من عملية التقطير.	distilled water
مادة مؤكسدة	المادة التي تقوم بعملية الأكسدة.	oxidising agent
ماصة (سحاحة)	جهاز زجاجي لقياس حجوم السوائل (القلويات غالبًا) بدقة متناهية.	pipette
مانع الاستقطاب	خليط كيميائي يستخدم في البطاريات لمنع تكوين الفقاعات الغازية على الأقطاب.	depolarising mixture
المتبقي (فضالة)	المادة غير الذائبة التي تبقى على ورقة الترشيح.	residue
متعادل	ليس حامضيًّا ولا قاعديًّا وله pH = 7	neutral
متفاعلات	المواد البادئة التي يتم التفاعل الكيميائي بينها.	reactants
مجموعة	صف رأسي من العناصر في الجدول الدوري.	group
مجموعة متجانسة	مجموعة من المركبات العضوية لها نفس المعادلة العامة وخواص متشابهة.	homologous series
محلول	مخلوط المذاب والمذيب.	solution
محلول مشبع	المحلول الذي لا يمكنه إذابة أي كمية إضافية من المذاب.	saturated solution
محلول مولاري	محلول يحتوي اللتر منه على مول واحد من المذاب، ويسمى واحد مولر.	molar solution
مخططات النقط و X	أشكال تبين ترتيب الإلكترونات المكونة للروابط.	dot and cross diagrams
مذاب	المادة التي تذوب في المذيب.	solute
مذيب	السائل الذي يذوب فيه المذاب.	solvent
مركب	ناتج الاتحاد الكيميائي بين عنصرين أو أكثر.	compound

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

مركب أيوني	مركب ترتبط مكوناته بروابط أيونية.	ionic compound
مركب تساهمي	مركب ترتبط ذراته معًا بروابط تساهمية.	covalent compound
مركب غير مشبع	مركب عضوي ترتبط فيه ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية مثل الإيثين C_2H_4.	unsaturated compound
مركب مشبع	مركب عضوي تكون فيه جميع الروابط بين ذرات الكربون أحادية مثل الميثان CH_4.	saturated compound
معادلة أيونية	معادلة كيميائية تبين فقط الأيونات التي حدث لها تغير أثناء التفاعل الكيميائي.	ionic equation
معادلة كيميائية	ملخص للتفاعل الكيميائي.	chemical equation
معادلة لفظية	ملخص للتفاعل الكيميائي يسمِّى المتفاعلات والنواتج.	word equation
معايرة	طريقة عملية لمعادلة الأحماض والقلويات، وتستخدم السحاحة والماصة.	titration
معدل التفاعل	سرعة التغير الكيميائي.	rate of reaction
معدن	مادة كيميائية طبيعية توجد في الأرض.	mineral
مقتطع	أحد مكونات النفط الخام.	fraction
ملح	المادة الناتجة من إحلال هيدروجين الحمض (جزئيًا أو كليًا) بفلز.	salt
موصل	مادة صلبة تسمح بمرور الحرارة أو الكهرباء خلالها مثل الفلزات والجرافيت.	conductor
مول	كمية المادة التي تحتوي على العدد أفوجادرو من الجسيمات ويساوي 6.02×10^{23}.	mole
مونومر	جزيء صغير يمكن أن يرتبط عدد كبير منه (يتبلمر) فالإيثين هو المونومر للبولي إيثين.	monomer
نزع الماء	انتزاع الماء من المادة.	dehydration
نظائر	ذرات لنفس العنصر تختلف في عدد النيوترونات مثل الكلور 35، والكلور 37	isotopes
نظرية الحركة	حركة الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة والغازية.	kinetic theory
نواة	الجزيء الصغير المركزي في الذرة.	nucleus
النواتج	المواد الناتجة من التفاعل الكيميائي.	products
نيوترون	جسيم موجود في نواة الذرة غير مشحون وكتلته تساوي واحد كتلة ذرية.	neutron
هالوجينات	المجموعة السابعة في الجدول الدوري (F ، Cl ، Br ، I) .	halogens
هيدروكربونات	مركبات عضوية تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.	hydrocarbons
وقود	مادة تنتج كميات كبيرة من الحرارة عند احتراقها مثل الفحم والنافتا.	fuel

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

إجابات أسئلة الاختيار من متعدد

السؤال / الوحدة	س1	س2	س3	س4	س5	س6	س7	س8	س9	س10	س11	س12
الوحدة الأولى	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	ب	د	أ		
الوحدة الثانية	د	ج	أ	أ	ج	ج	ب	ج	ج	أ	د	ج
الوحدة الثالثة	ج	ج	ب	أ	ج	د	ب	ج	ج	د	أ	ب
الوحدة الرابعة	ب	ب	د	د	د	ج	د	أ	د			
الوحدة الخامسة	ب	د	ب	د	ب	ج	ب	ج	ب	د		
الوحدة السادسة	د	ج	ب	أ	ب	ج	ب	د	ج	د		

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملاحظات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملاحظات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ليبيا

ملاحظات

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا