

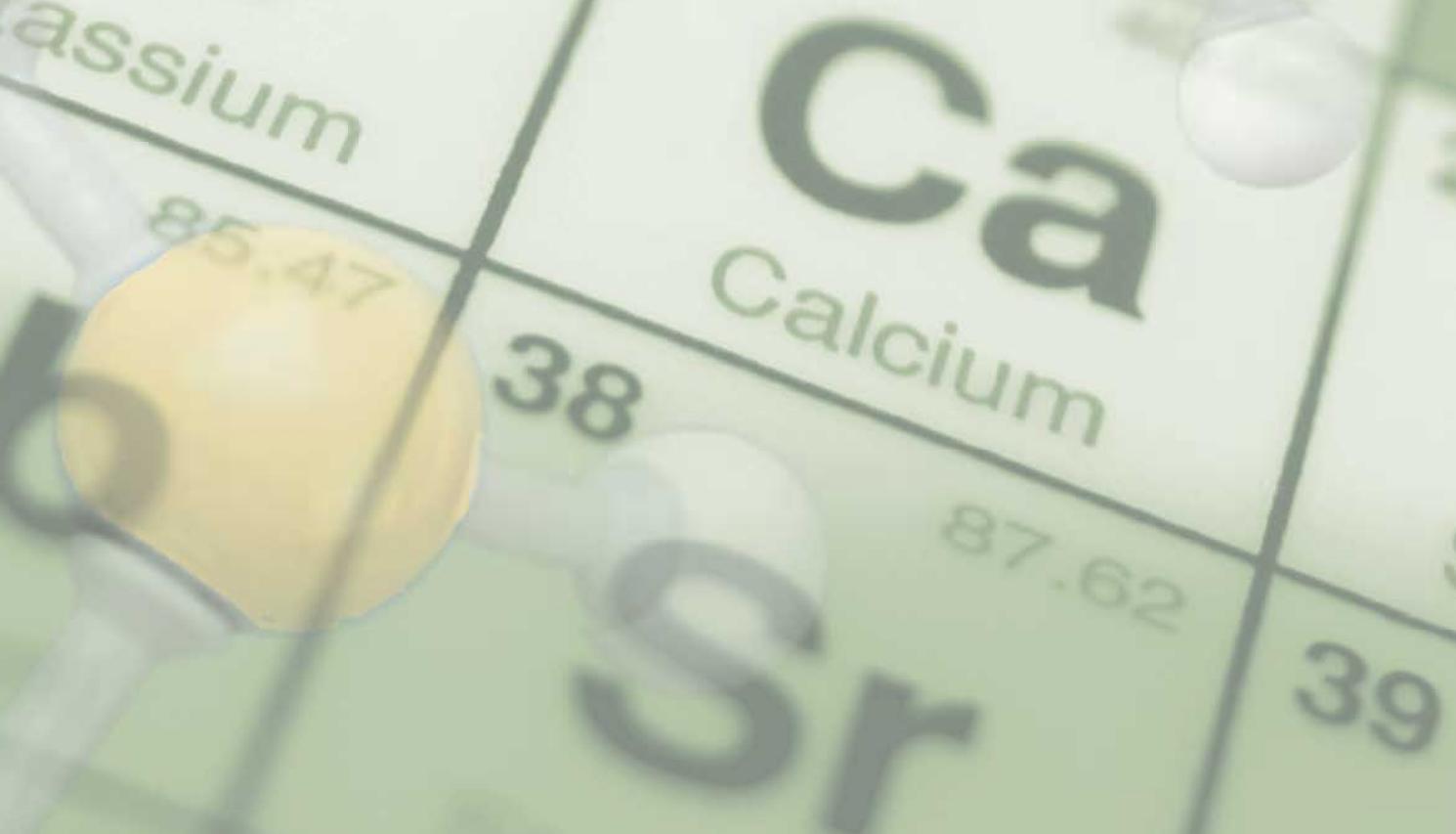


دَوْلَةُ لِيْبِيَا  
وَرَازِيرَةُ التَّعْلِيمِ  
مَرْكَزُ الْمَنَاهِجِ التَّعْلِيمِيَّةِ وَالْبَحْثِ التَّربُوِيِّ

# الكيمياء

## كتاب الطالب

للسنة الأولى من مرحلة التعليم الثانوي





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

١٤٤١-١٤٤٠ هـ

٢٠٢٠-٢٠١٩ م

## التمهيد

يولي الكتاب الدراسي بهذه السلسلة اهتماماً بالبيئة، وموارد العالم المتنافسة من المواد الخام والوقود المخري، 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.

وتوحد في كل حدة أسئلة قصيرة وبسيطة لتفعيم فهم الطالب للمواضيع، وتساعد أنشطة **فكِّر علمياً** في تطبيق مهارات التفكير. ويسمح **ركن التفكير** بتطبيق مهارات معالجة العلم، والتفكير في حل المشكلات بنطقي. وتوجد أيضاً مجموعة كبيرة من أسئلة الاختيار من متعدد، والأسئلة التركيبية ليألف الطالب متطلبات الامتحانات النهائية في الكيمياء.

وتبدأ كل وحدة بقائمة قصيرة تتضمن أهدافاً واضحة، تساعد الطالب في التركيز على أهداف معينة. وتعزز التدريبات (**مراجعة سريعة**) على التعلم وتؤكد على تحقيق الأهداف التعليمية. وتنتهي كل وحدة **ملخص** يوضح أهم المفاهيم والمعلومات وبخرطة مفاهيم أو خريطه بياني يبين العلاقة بينها.

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

لتطبيق مهارات التفكير



لرسائل التربية الوطنية



# المحتويات

هـ	<b>الكتل الذرية النسبية</b> <b>الجدول الدوري للعناصر</b> <b>أهمية الكيمياء</b>
وـ	
زـ	
27 - 13	<b>الوحدة (1) طرق التقنية</b> أهداف التعلم مواد نقاية ومخاليط طرق التقنية اختبارات لمكتشف عن نقاط المقاد ملخص خريطة مفاهيم أسئلة مراجعة ركن التفكير
13	
14	
15	
21	
22	
23	
24	
27	
39 - 28	<b>الوحدة (2) بنية الذرة</b> أهداف التعلم جسيمات الذرة: بروتونات، ونيوترونات، وإلكترونات هوية العنصر: العدد الذري والعدد الكتلي النظائر: ذرات لنفس العنصر مختلفة في عدد النيوترونات ترتيب الجسيمات في الذرة ملخص خريطة مفاهيم أسئلة مراجعة ركن التفكير
28	
29	
29	
30	
31	
33	
35	
36	
37	
39	
52 - 40	<b>الوحدة (3) الترابط والبنية</b> أهداف التعلم ماذا يقصد بالترابط والبنية؟ الأيونات والروابط الأيونية: انتقال الإلكترونات الجزيئات والروابط التساهمية: المشاركة الإلكترونية بنية المركبات الأيونية: الشبكات البلورية بنية المركبات التساهمية: الجزيئات، والجزيئات الضخمة الترابط الفلزي: أيونات في بحر من الإلكترونات خواص المواد الأيونية والتساهمية
40	
41	
41	
43	
45	
45	
46	
47	

49	ملخص	الوحدة (4)
50	خريطة مفاهيم	
51	أمثلة مراجعة	
52	ركن التفكير	
<b>الصيغ والمعادلات الكيميائية</b>		
69 - 53	أهداف التعلم	
53	الرموز الكيميائية: اختصارات عالمية	
54	الصيغ الكيميائية: لغة الكيميائي المختزلة	
54	التكافؤ والصيغة الكيميائية	
57	الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_r$ )	
57	التكوين النسبي المثوي للعناصر في الجزيء	
58	حساب كتلة العنصر في المركب	
60	حساب كتلة الماء في المركب	
60	الصيغة التجريبية (الأولية) : الصيغة من التكوين النسبي المثوي	
61	المعادلات الكيميائية: ملخص التفاعل الكيميائي	
62	المعادلات الأيونية	
64	ملخص	
65	خريطة مفاهيم	
66	أمثلة مراجعة	
67	ركن التفكير	
69	المول	الوحدة (5)
87 - 70	أهداف التعلم	
70	ما هو المول؟	
71	مولات الذرات: الكتلة الذرية النسبية بالجرامات	
71	مولات الجزيئات: الكتلة الجزيئية النسبية بالجرامات	
72	مولات الغازات: الحجم المولى للغاز	
72	عمليات حسابية بـمولات	
73	المولات والصيغ: الصيغ التجريبية	
75	حسابات من المعادلات	
76	مولات ومعادلات	
77	حساب النسبة المئوية لنقاء وحصيلة المادة	
78	مولات ومحاليل	
79	تركيز المحاليل	
80	المولات والمعاييرة	
80	حسابات مولارية إضافية من المعادلات	
81	ملخص	
83	خريطة مفاهيم	
84	أمثلة مراجعة	
85	ركن التفكير	
87	مسود	
88	الإجابات	

## 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 .

A <sub>₄</sub>	الرمز	العنصر	A <sub>₄</sub>	الرمز	العنصر	A <sub>₄</sub>	الرمز	العنصر
39.1	K	بوتاسيوم	178.5	Hf	هافنيوم	—	Ac	اكتينيوم
140.9	Pr	براسيوديميوم	—	Ha	هاهنيوم	27.0	Al	ألومنيوم
—	Pm	بروميثيوم	4.0	He	هيليوم	—	Am	أمريكيوم
—	Pa	بروتاكتنيوم	164.9	Ho	هولميوم	121.8	Sb	أنتيمون
—	Ra	راديوم	1.0	H	هيدروجين	39.9	Ar	أرجون
—	Rn	رادون	114.8	In	انديوم	74.9	As	زرنيخ
186.2	Re	رينبيوم	126.9	I	يود	—	At	استاتين
102.9	Rh	روديوم	192.2	Ir	ايريديوم	137.3	Ba	باريوم
85.5	Rb	روبيديوم	55.8	Fe	حديد	—	Bk	بركيلبيوم
101.1	Ru	روثينيوم	83.8	Kr	كريتون	9.0	Be	بريلبيوم
150.4	Sm	سماريوم	—	Ku	كيوتاتونيوم	209.0	Bi	بزموت
45.0	Sc	سكانديوم	138.9	La	لانثانوم	10.8	B	بورون
79.0	Se	سيلينيوم	—	Lr	لورنسيوم	79.9	Br	بروم
28.1	Si	سيليكون	207.2	Pb	رصاص	112.4	Cd	كادميوم
107.9	Ag	فضة	6.9	Li	ليثيوم	40.1	Ca	كالسيوم
23.0	Na	صوديوم	175.0	Lu	لوتشيوم	132.9	Cs	سيزيوم
87.6	Sr	سترونشيوم	24.3	Mg	ماگنسیوم	—	Cf	كاليفورنيوم
32.1	S	كبريت	54.9	Mn	منجنيز	12.0	C	كربيون
180.9	Ta	تنتالوم	—	Md	مندليفيوم	140.1	Ce	سيبريوم
—	Tc	تكنيتيوم	200.6	Hg	زئبق	35.5	Cl	كلور
127.6	Te	تلوريوم	95.9	Mo	موليبدينيوم	52.0	Cr	كروم
158.9	Tb	تربيوم	144.2	Nd	نيودينيوم	58.9	Co	كوبالت
204.4	Tl	ثاليوم	20.2	Ne	نيون	63.5	Cu	نحاس
232.0	Th	ثوريوم	—	Np	نبتونيوم	—	Cm	كوريوم
169.9	Tm	تليوم	58.7	Ni	نيكل	162.5	Dy	ديسبروسبيوم
118.7	Sn	قصدير	92.9	Nb	نيوبيوم	—	Es	اينشتانيوم
47.9	Ti	تيتانيوم	14.0	N	نيتروجين	167.3	Er	إربيوم
183.9	W	تنجستن	—	No	نوبليوم	152.0	Eu	إيروبيوم
238.0	U	يورانيوم	190.2	Os	أوزميوم	—	Fm	فرميوم
50.9	V	فاناديوم	16.0	O	أكسجين	19.0	F	فلور
131.3	Xe	زينون	106.4	Pd	بالاديوم	—	Fr	فرانسيوم
173.0	Yb	إنتربيوم	31.0	P	فوسفور	157.3	Gd	جادوليانيوم
88.9	Y	إنتربيوم	195.1	Pt	بلاتين	69.7	Ga	جالليوم
65.4	Zn	خارصين	—	Pu	بلوتونيوم	72.6	Ge	جرمانيوم
91.2	Zr	زركونيوم	—	Po	بولونيوم	197.0	Au	ذهب

# الجدول الدوري للعناصر

المجموعة

I	II	المجموعة						
		1 H هيدروجين	2 He هيليوم	3 Li ليثيوم	4 Be بوريتوم	5 B بوريون	6 C كريبون	7 N نيتروجين
8 Na صوديوم	9 Mg مالتيزيروم	10 Al ال Aluminum	11 Cl كلور	12 Ar أرجون	13 Kr كريتون	14 Se سيسترينج	15 Br بروم	16 F فلور
14 Ca كالسيوم	15 Sc سكلانديوم	16 Ti تيلانيوم	17 V نبلاديوم	18 Cr كربيوم	19 Mn منجنيز	20 Co كوبالت	21 Ni نيكيل	22 Cu نيكليس
23 Rb بوريدوم	24 Sr سترانژيوم	25 Zr روركونيوم	26 Nb نيوبيوم	27 Mo موبيديوم	28 Ru روشبيرون	29 Rh روبيديوم	30 Ag آرغون	31 Ge جيروم
37 Cs ستربوروم	38 Ba بارديوم	39 La لادناتوم	40 Hf هافنيوم	41 Ta تاتليوم	42 Tc تكسيتيوم	43 Cd كادميوم	44 In إنديوم	45 Sb انتيمون
55 Fr فرانسيزوم	56 Ra رادنديوم	57 Ac اكتنينيوم	58 87 سلسلة الاليانديات * 58-71 + 90-103	59	60	61	62	63
a الكتلة الذرية النسبية = a	b عدد البروتونات = b	c الم masa = c	d	e	f	g	h	i
140 Ce سيربوروم	141 Pr بريسورديوم	144 Nd نيورديوم	150 Sm سمالانديوم	152 Eu إيورانيوم	157 Gd جادارانيوم	159 Tb تيربيوم	162 Dy ديستريبيوم	165 Ho هوليبيوم
149 Ce سيربوروم	150 Pr بريسورديوم	153 Nd نيورديوم	158 Sm سمالانديوم	160 Eu إيورانيوم	161 Gd جادارانيوم	164 Tb تيربيوم	166 Dy ديستريبيوم	167 Ho هوليبيوم
158 Th ثيريوم	159 Pa بروتاكسيتيوم	160 U بريلانديوم	161 Np نيورتيوم	162 Pu بلوتونيوم	163 Am أمريكيوم	165 Cm كوربيوم	167 Bk بروكليبيوم	169 Yb إيزيربيوم
160	161	162	163	164	165	166	167	168
90	91	92	93	94	95	96	97	98

# أهمية الكيمياء

## The Importance of Chemistry



يتحول الزيت الخام في معمل تكرير النفط إلى مواد كيميائية تستخدم في إنتاج الوقود (البنزين، زيت дизيل، الكيروسين) واللدائن، ومواد التجميل، والعقاقير، ومواد الطلاء، والمنظفات.

### ما هي الكيمياء؟

الكيمياء هي دراسة المواد في العالم المحيط بنا. تسمى المواد التي **تُكون الأرض**، والبحر، والهواء **مواد خام**، وتتضمن العديد من المصادر الطبيعية كالخامات المعدنية والصخور، والفحم، والنفط، والغاز. ووظيفة عالم الكيمياء هي استقصاء مثل هذه المواد الخام واكتشاف خواصها.

وعند اكتشاف عالم الكيمياء هذه الخواص، يستطيع تغيير تلك المواد إلى مواد أخرى أكثر إفادة للإنسان، مثل الفلزات، ووقود، والمواد الاصطناعية. معظم المواد الخام مواد غير متعددة (لا تعوض) وبعضاً كالفحم، وزيت النفط، والغاز ، والتي قد تنفد مستقبلاً. ووظيفة الكيميائي هي اكتشاف بدائل لهذه المواد.

وأكثر الموارد الطبيعية أهمية للإنسان هي النباتات والغذاء الناجم منها. ويزداد الآن بزيادة عدد السكان في العالم الطلب على المحاصيل والمواد الغذائية. ويسمى الكيميائي بإنتاج الأسمدة، والمبيدات الحشرية ... إلخ التي تزيد من إنتاجية المحصول وتحل الزراعة أكثر كفاية، كما يساعد على تحسين جودة وتخزين الغذاء، باستخدام إضافات ومواد حافظة متعددة.

المادة الخام	المواد الكيميائية المقيدة المشقة منها
خامات معنديّة	فلزات، وسبائك
صخور	مواد البناء
فحم	وقود، أسمدة، أدوية
نفط	وقود، لدائن، مواد اصطناعية
غاز	وقود، أسمدة



البناء بالمواد الكيميائية الحديثة كالخرسانة، والزجاج، واللدائن.



تكون بعض الأدوية طبيعية ومستخلصة من النباتات والحيوانات. إلا أن معظم الأدوية قد تم تحضيرها خصيصاً لمنع أو مكافحة الأمراض وتحفييف الآلام والمعاناة.

ومن منظور أوسع، يهتم الكيميائي بتحسين جودة الحياة. لا يتضمن ذلك إنتاج عقاقير وأدوية لمكافحة المرض وإطالة الحياة فحسب، ولكن يشمل أيضاً تطوير مواد حديثة كالخرسانة، والزجاج، واللدائن التي تجعل الحياة أكثر راحة ومتعة.

### لماذا تدرس الكيمياء؟

لقد عرفنا أن الكيمياء تهتم بدراسة المواد. دعنا نتناول ما تفعله أنت في هذه اللحظة، وأنت تقرأ هذا الكتاب. أنت محاط بمواد كلها كيميائية. الهواء الذي تنفسه هو مخلوط من عناصر كالأسجين والنيتروجين. الكتاب الذي تقرأه مصنوع من لب الخشب أو السيلوز الذي تم تبييضه ومعالجته بمواد كيميائية متعددة. الملابس التي ترتديها يمكن أن تكون مصنوعة من مواد كيميائية اصطناعية تسمى بوليمرات مثل النايلون والتيرلين. الكرسي الذي تجلس عليه قد يكون مصنوعاً من اللدائن، مع حشوة من بولي يوريثان. الحجرة التي توجد بها مصنوعة من الأسمنت، واللدائن، والخرسانة، والزجاج، كل هذه مواد كيميائية ..... وهكذا.

وهكذا توجد الكيمياء في كل مكان وتأثير على جميع جوانب حياتنا. لذا من الضروري دراسة أساس الكيمياء ومصطلحاتها لمساعدتك على فهم أفضل لعالمك المادي.



محاط بالمواد الكيميائية.

## مهارات الكيميائي

تتضمن الكيمياء كما في كل العلوم طرح السؤالين "كيف" و "لماذا". ويطلب الإجابة عن مثل تلك الأسئلة مهارات خاصة.

توجد أولًا المهاراتان **المشاهدة والتسجيل**. قد تبدو المهاراتان بسيطتان، ولكن يتطلب تسجيل الاكتشافات بدقة وحيادية تدريبياً بالإضافة إلى الصبر والنزاهة.

المهاراتان التاليتان هما القدرة على تنظيم وتفسير البيانات التي تم جمعها من التجارب. ويتضمن ذلك تطبيق المعرفة الكيميائية وتنظيم نتائجك. ويعتبر التنظيم مهارة مطلوبة في الكثير من الوظائف، ليس فقط في العلوم، وإنما أيضاً في التجارة والصناعة.



تفسير البيانات هي مهارة مهمة  
للكيميائي



يجب أن يستطيع الكيميائي تنفيذ العمل التحليلي.

مهارة أخرى هي القدرة على تقويم وتحليل المعلومات، وتتضمن اتخاذ قرارات بشأن ارتباطية المعلومات. وتعتبر أيضاً القدرة على اتخاذ القرارات مهارة مطلوبة في جميع الوظائف، حيث يتوقف حل أي مشكلة على القدرة على تعين العوامل التي تؤثر على المشكلة.

قد تتغير بعض العوامل مع الظروف؛ ومن ثم يُطلق عليها متغيرات. من المهم استقصاء عامل واحد فقط من هذه المتغيرات في كل مرة، مع الاحتفاظ بالعوامل الأخرى ثابتة أو تحت التحكم.

نجد مع كل المهارات التي سبقت أنه من المهم أن يكون الشخص قادرًا على توصيل الأفكار والنتائج الشخصية، وأن يحسن المناقشة مع الآخرين، وأن يكون منفتحاً عقلياً، وأن يكون اجتماعياً، وأن يجيد مهارات التواصل. قد يتضمن التواصل كتابة التقارير عن تجارب متعددة، وقد تتضمن تلك التقارير رسوماً بيانية، وجدائل، ومخططات بيانية، وأشكالاً.

وأخيراً يمكن ربط كل تلك المهارات من خلال مبدأ الأسلوب العلمي. يبدأ الأسلوب العلمي بافتراض (فرض) وهي كلمة كبيرة لما هو في الحقيقة "تخمين". ولكن الأهم هو "التخمين الذكي" الذي يستهدف تفسير "كيف" أو "لماذا" يحدث أمر ما. والإنسان بطبيعته فضولي، وعلى العالم الكيميائي استخدام "فضوله" على الدوام.

مشاهدة

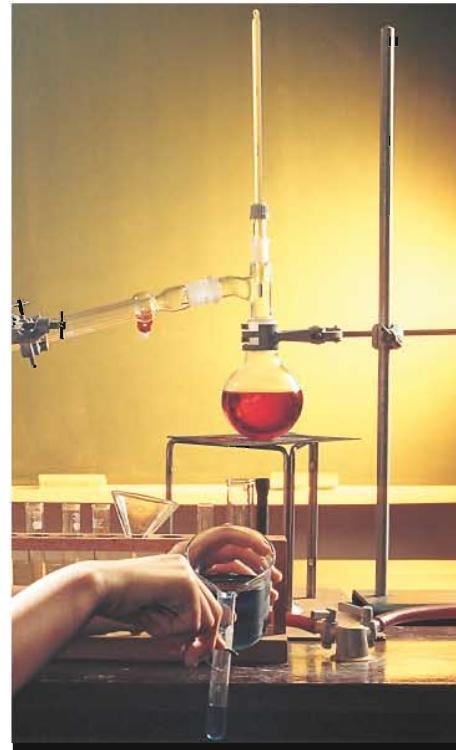
↓  
تسجيل

↓  
تنظيم وتفسير البيانات  
تقويم وتحليل المعلومات

↓  
كتابة تقرير وتوصيل أفكارك  
الشخصية ونتائجك

مهارات الكيميائي

وتبدأ بعد "التخمين" فترة طويلة من التجريب لكافة الفروض واختبارها. إذا ثبتت صحة فرض معين تحت أي شرط، فيسمى ذلك مع استثناءات قليلة نظرية. وإذا لم تثبت صحة الفرض، فيتم إما تغييره أو رفضه.



تتقدم الكيمياء مثل كل العلوم من خلال التجارب.

### الكيمياء العملية

بما أن التجارب تعتبر ذات أهمية كبيرة في دراسة الكيمياء، فيجب علينا تأمين معمل العلوم. فيما يلي عدد من قواعد الأمان يجب مراعاتها عند العمل في معمل المدرسة.

- 1 ترك حقيبة المدرسة خارج المعمل وارتداء معطف المعمل.
- 2 التزام المكان المحدد والإقلال من الحركة داخل المعمل.
- 3 ارتداء النظارة الواقية وربط الشعر الطويل.
- 4 عدم الأكل أو الشرب داخل المعمل.
- 5 يمنع تذوق المواد الكيميائية منعاً قاطعاً.
- 6 نقل ومناولة المواد الكيميائية بالأدوات المخصصة والحرص على عدم ملامستها مباشرة.
- 7 عدم توجيه فوهة أنبوبة الاختبار نحو الوجه أو الزملاء أثناء إجراء التجارب.
- 8 التخلص من أجزاء الأدوات المهشمة وبقايا الكيماويات بالكيفية التي يبينها المعلم.
- 9 التأكد من إغلاق ثقوب التهوية في موقد بنزن قبل إشعاله.
- 10 اتباع التعليمات الخاصة بالتجربة بدقة.
- 11 إبلاغ المعلم عن أي حوادث فور وقوعها.

لاستخدام المواد الكيميائية بطريقة آمنة يجب أن تكون على معرفة بالعلامات الآتية ومعنى كل منها:



ارتد نظارة  
واقية دائمًا



مواد خطرة



مواد سامة



مواد أكاليل



مواد قابلة  
للاشتعال



مواد مؤكسدة



مواد متفجرة



مواد مشعة

### علامات تحذيرية من المخاطر

لتشجيع العمل بالعلامات التحذيرية، استخدمت هذه العلامات في جميع التجارب.

## الوحدة

1

# Methods of Purification

## طرق التنقية



### أهداف التعلم



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

- ✓ تفهم الفرق بين المواد النقية والمخاليط.
- ✓ تذكر آثار الشوائب على درجات الانصهار ودرجات الغليان.
- ✓ تصف طرق التنقية باستخدام المذيبات، والترشيح، والتبيخير، والتبلور، والتقطرير (البسيط والتجريبي).
- ✓ تقتصر الطرق الملائمة للتنقية في ضوء المعلومات المعطاة حول المواد المستخدمة.
- ✓ تصف التحليل الكروماتوجرافي وتشرح نتائجه التي تتضمن مقارنات مع عينات معروفة واستخدام قيم  $R_F$ .
- ✓ توضح الحاجة لاستخدام العوامل المحددة في التحليل الكروماتوجرافي للمركبات عديمة اللون.
- ✓ تستدل من درجات الانصهار والغليان المعطاة هوية المواد ودرجة نقاءها.
- ✓ توضح أهمية قياس نقأ المواد المستخدمة في الحياة اليومية، مثل الأدوية والمواد الغذائية.

كثير من المواد الغذائية بها إضافات غذائية خاصة مثل الملونات، والمواد الحافظة، ومكسيبات الطعم ... إلخ.

يختبر بانتظام علماء التغذية الطعام للتأكد من أن الإضافات المسموحة بها هي فقط الموجودة وبالكميات الصحيحة.

يعتبر التحليل الكروماتوجرافي مفيداً جداً، وهو تقنية حساسة لاختبار هذه الإضافات، خصوصاً الألوان الصطناعية.

نعتبر عادة المادة النقيّة شيئاً نظيفاً وغير ملوث، ونعتبر المادة الملوثة عكس ذلك. غير أن النقاء في العلم أكثر من مجرد نظافة وعدم تلوث. فمياه البحر الملوثة يكون عدم النقاء واضحًا فيها، ولكن العلماء يعتبرون مياه البحر النقيّة ملوثة أيضًا.

**تحتوي المادة النقيّة على مادة من نوع واحد فقط (نوع واحد من الذرات أو الجزيئات).**

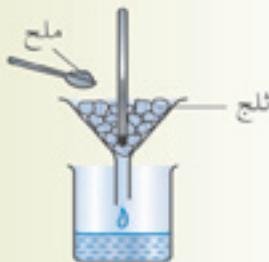
يعتبر الماء النقيّ مادة نقيّة، ولكن تحتوي مياه البحر على أملاح مذابة (بالإضافة إلى مواد أخرى مذابة) يطلق عليها الشوائب.

### تجربة 1-1

### تأثير الشوائب على درجات الانصهار والغليان



Experiment 1-1  
Effect of Impurities on Boiling and Melting Points



(أ) 1- املاً نصف كأس بماء مقطر نقي.

2- سخن الماء، وسجل درجة الحرارة التي يغلي عندها الماء.

3- أذب بعد ذلك ملعقتين ملح في الماء، وسجل درجة الحرارة التي يغلي عندها.

(ب) 1- املاً قمعًا بشّاحن نقي، وسجل درجة انصهاره.

2- رش الملح على الثلوج المنصهر، وسجل درجة الانصهار الجديدة.

### سؤال ١-٢

(أ) أكمل العبارة التالية:

"تربيـد الشـوائب درـجـات ..... ، لـكـهـا تـقـلـل درـجـات ..... ."

(ب) ما تأثير إضافة 4 ملاعق ملح (بدلًا من 2) على درجة غليان الماء؟

(ج) لماذا يكون ماء البحر أقل تجمدًا من ماء البرك والبحيرات؟

(د) لماذا يوضع مخلوط الملح والرمل على الطرق الثلجية في البلاد الباردة؟

يحتاج العلماء إلى المواد النقيّة لدراسة خواصها. لابد من اختبار نقاء الأطعمة والأدوية قبل بيعها للتأكد من عدم احتوائها على أيّة شوائب ضارة أو سامة. يجب مثلاً أن تكون الرقائق الصغيرة من السيليكون المستخدم في صناعة الإلكترونيات في حالة نقاء تام، حيث تقلّل أيّة شائبة في الرقائق من كفائتها.

يكون للجسم الصلب النقيّ درجة انصهار ثابتة ومحددة. ويختفي وجود أيّة شائبة درجة انصهار المادة مما يجعلها تنصهر في مدى أكبر لدرجات الحرارة.

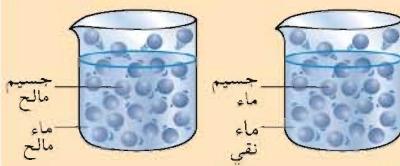
يعتبر إضافة ملح للثلج مثلاً لذلك. ينصهر الثلوج النقيّ بالضبط عند 0° س (عند الضغط الجوي المعتمد). وعند إضافة الملح للثلج تنخفض درجة انصهاره إلى قيم مابين -5° س حتى -25° س طبقاً لكمية الملح المضاف، مما يفسر نشره على الطرق الثلجية خلال الشتاء في البلاد الباردة، ويفسر أيضًا ندرة وجود البرودة الكافية لتجدد ماء البحر.

بالنسبة للسوائل، يزيد وجود الشوائب من درجات غليانها. يكون للسائل النقي درجة غليان ثابتة ومحددة. يغلي على سبيل المثال الماء عند درجة حرارة 100° س (عند الضغط الجوي المعتمد) ولكن ترتفع درجة غليانه عند إضافة الملح.

فکر علمی



تستخدم النظرية الحر كية  
لتوسيع دور الشوائب في رفع درجة  
غليان الماء .



بمساعدة الأشكال السابقة اشرح  
غليان الماء المالح عند درجة حرارة  
أعلى من الماء النقي .  
بحاجب إضافة التكهة ، لماذا يضاف  
المالح عند غلي الأرز في الماء ؟

ليس للمخلوط خصائص محددة بسبب تنوع مكوناتها، ولذا لا يكون لها درجات انصهار وغليان محددة. النفط على سبيل المثال مخلوط وله درجة غليان تتراوح بين  $35^{\circ}\text{S}$  و  $75^{\circ}\text{S}$ . الشمع (شمع البرافين) هو أيضاً مخلوط، وتتراوح درجة انصهاره ما بين  $50^{\circ}\text{S}$  و  $60^{\circ}\text{S}$ .

ت تكون المخلوط بتغير فيزيائي فقط، ولذا يسهل فصلها إلى مواد نقية. تسمى عملية الفصل هذه بعملية التنقية، ويمكن أن تتم بطرق فيزيائية بسيطة مثل التدويب، والرشيح، والتبيخ، والتنقير، والتحليل الكروماتوغرافي.

## Methods of Purification

طريق التنقية 2-1

التذويب، والترشيح، والتبخير

وتتبع هذه الطريقة في فصل المخالفات المكونة من عدة مواد صلبة . ويشترط اختلاف ذوبانيتها في مذيب معين (سائل) - يجب ذوبان مادة صلبة واحدة (ذوبة) في المذيب ، وألا تذوب الأخرى (غير ذوبة) فيه . فعند فصل مخلوط مكون من الملح والرمل ، يضاف الماء إلى المخلوط ويقلب ؛ فيذوب الملح فقط .

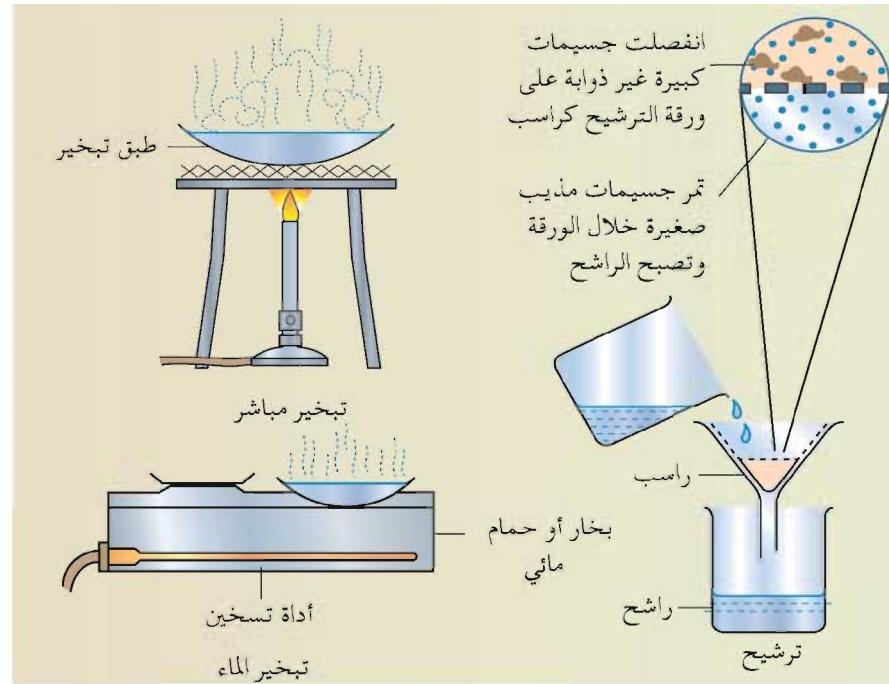
ويكن فصل الرمل بعد ذلك بالترشيع، حيث يتخلل كراسب في ورقة الترشيع، ويجب غسله بالماء للتأكد من نظافته. يسمى محلول الملح الذي مر خالل ورقة الترشيع راشحاً. وي肯 تبخير ذلك المحلول فتتبقي بلورات ملح نقية في طبق التبخير. يؤدي التبخير الأبطأ إلى تكوني بلورات أكبر. ينتج التبخير الطبيعي أكبر بلورات، لكنه يستغرق وقتاً أطول؛ لذلك يستخدم التسخين الهن. ينبغي الانتباه إلى عدم التبخير حتى الجفاف، الأمر الذي يمكن أن يتلف بعض البلورات بنزع ماء بلورها. يبين شكل 1-1 الجهاز الملائم لتلك العملية.

اخبر فهمك 1



أي المواد التالية مواد ندية وأيها مخالطة؟

- (أ) ماء البحر (ى) الملح  
 (ب) زيت الطهي (ك) اللبن  
 (ج) الفحم (ل) غاز  
 (د) الفولاذ  
 (هـ) الأكسجين  
 (م) الصلصة  
 (ن) الهواء  
 (و) البرونز  
 (ز) عصير  
 (البرتقال)  
 (ح) الكولا  
 (ط) التربة  
 (ع) مهروس  
 (البرتقال)



## شكل 1-1 ترشيح وتبخير

## فَكِيرٌ عَلْمِيٌّ



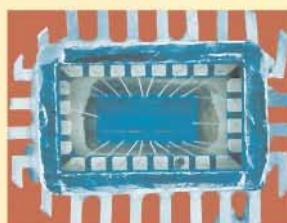
يبين الشكل التالي قمعاً من نوع خاص يسمى قمع بختر. لماذا يرشع أسرع من القمع العادي؟



عند ذوبان مادة صلبة في مذيب سائل، ينتج محلول. إذا سخن ذلك محلول، يتاخر بعض المذيب. إذا ترك محلول ببرد، تظهر مرة أخرى بعض المادة الصلبة الذائبة في صورة بلورات نقية. يعرف ذلك بالتبlier. وتتبع طريقة التقنية بالتبlier عندما تكون الشوائب الموجودة في المادة قابلة أيضاً للذوبان، وتبقى في محلول كما هي عندما يبرد. وتستخدم طريقة التبلير لتنقية السكر والأسمدة مثل نترات البوتاسيوم.

ويمكن أيضاً استخدام التبلير لتنقية المواد الصلبة فقط بإذابتها. فعند ترك السائل المشهور الساخن ليبرد، تتكون بلورات. وتكون دائماً البلورات الأولى نقية جداً، ويمكن فصلها بالترشيح قبل أن يبرد تماماً باقي السائل المشهور ويصبح صلباً.

## تبلير الرقاائق الصغيرة



تصنع الرقاائق الصغيرة Microchips من السيليكون النقى . وللحصول على بلورات السيليكون النقى، يجب تسخين السيليكون حتى درجة انصهاره عند  $1410^{\circ}\text{S}$ ، ثم يبرد مشهور السيليكون ببطء حتى تتكون البلورات النقية أثناء تجمد السائل. تكون البلورات الأولى التي تتكون نقية جداً، فترشح لاستخدام كرقائق صغيرة. تسمى أيضاً تلك الطريقة بالتبlier ولكنها لا تستخدم مذيباً.

## مراجعة سريعة



ذواب

غير ذواب

مذاب

المادة التي تذوب

المادة التي لا تذوب

الجسم الصلب الذي يذوب

السائل الذي يُذيب

المذيب + المذاب

جسم صلب غير ذواب يترسب على ورقة الترشيح

محلول ينفذ من خلال ورقة الترشيح

جسم صلب يظهر مرة أخرى من محلول

راسب

راشح

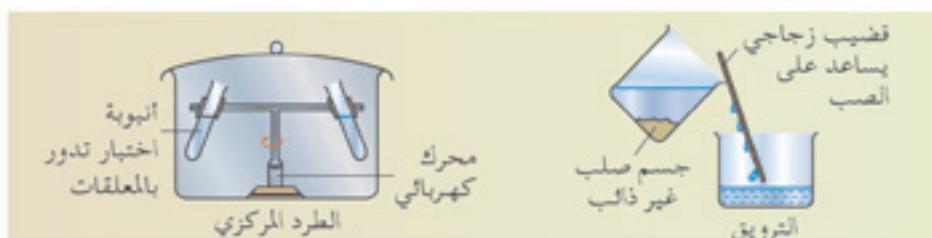
بلورة

الترويق والطرد المركزي

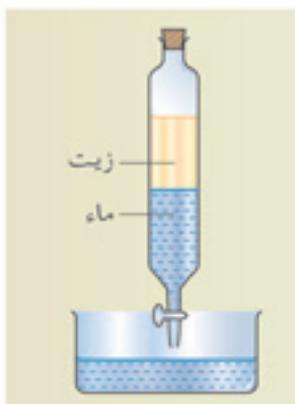
تستخدم هذه الطرق كتقنيات بديلة للترشيح. الترويق يعني صب السائل بحرص من الإناء، وترك الجسم الصلب غير الذائب، مثل الرمل في قاع الكأس. تكون تلك الطريقة أسرع من الترشيح ولكن قد لا يكون الفصل بذات الفاعلية.

الطرد المركزي أيضاً تقنية أسرع من الترشيح، وهي تفيد بصفة خاصة في فصل الجسيمات الدقيقة الصلبة غير الذابة عن السائل. وبما أن الجسيمات المراد فصلها تكون خفيفة، فإنها تتعلق بجسيمات الماء وتغوص إلى القاع ببطء. لذلك يعتبر الترويق هنا مستحيلاً، وتسمى تلك الجسيمات المعلقات . ومن أمثلة المعلقات جسيمات الطمي في الماء، وجسيمات الطباشير في الماء، وخلايا الدم في البلازما . وفي عملية الطرد المركزي، يدبر محرك كهربائي أنابيب الاختبار بسرعة عالية، فتندفع المواد الصلبة بقوة إلى قاع أنبوبة الاختبار حيث تتجمع، ويصب بعد ذلك السائل الرائق .

يبين شكل 1-2 جهازاً ملائماً للطرد والترويق.



شكل 1-2 الترويق والطرد المركزي



### قمع الفصل

يستخدم لفصل سائلين لا يمتصان معاً مثل الماء والزيت، ويطلق علىهما السوائل غير القابلة لامتصاص. يتجمع السائل الأخف (الزيت) أعلى السائل الأثقل (الماء)، ينزل الماء عند فتح الصنبور ثم يغلق قبل وصول الزيت إلى قاعدة القمع، ولا تكون عملية الفصل هذه مكتملة أبداً.

شكل 1-3 قمع الفصل



شكل 1-4 التسامي



شكل 1-5 تقطير بسيط

### التسامي

تعتبر هذه التقنية محدودة، لأن المواد التي تتسامي مواد قليلة كاملاح الأمونيوم، والبود، والنفلاتين. التسامي هو العملية التي يتحول فيها مباشرة (عادة بالتسخين) الجسم الصلب إلى غاز (أو من غاز إلى صلب) دون المرور بالحالة السائلة. يمكن استخدام هذه التقنية لفصل مخلوط من كلوريد الأمونيوم وكلوريد الصوديوم. يوضع المخلوط في طبق تبخير مع قمع زجاجي مقلوب أعلى قمته (انظر شكل 1-4)، ثم يُدفأ ببطء. يتحول ملح الأمونيوم إلى غاز، ويهرب مرة أخرى إلى جسم صلب على سطح القمع الزجاجي البارد. يسمى ذلك بالتسامي، ويبقى كلوريد الصوديوم في طبق التبخير.

### التقطير البسيط

يستخدم لفصل السائل النقي عن المخلول، مثل فصل الماء النقي من الماء المالح. يُسخن الدورق، وعند غليان المخلول يتصاعد البخار الذي يُبرد ويكتفى في مكثف لبيبيج. يتكون ذلك المكثف من غلاف مملوء بالماء البارد به فتحة عند القاع لدخول الماء البارد. ويكملا ذلك الماء دورة كاملة داخل المكثف حتى يخرج من القمة. تؤدي تلك الطريقة إلى تكتيف البخار قبل هروبه، ويسمى الماء المكتف القطرة، ويجمع في دورق الاستقبال.

ويكون الماء المجمع بتلك الطريقة نقياً جداً، حيث ترك الشوائب في دورق التقطير، ويسمى ماءً مقطراً، ويشير الترمومتر إلى درجة الحرارة التي يكتفى بها البخار فوق  $100^{\circ}\text{C}$ . ويُثبت الترمومتر بحيث يكون مستودعه بجوار الذراع الجانبية، فيسجل درجة حرارة البخار التي يدخل بها إلى المكثف (انظر شكل 1-5). يمكن التقليل من اندفاع الفقاعات وتصادماتها مع المكثف على انتظام الغليان بإضافة بعض "الحببات المانعة للفوران".

## اخبر فهمك 2



- (1) في عملية الترشيح، ماذا تعني المصطلحات التالية؟
  - (أ) راسب
  - (ب) راشح
- (2) كيف تفصل سائلًا نقىًّا عن محلول؟
- (3) ما المقصود بالتبليور؟
- (4) ما المصطلح العلمي لعملية تحول البخار إلى سائل بالتربيد؟
- (5) ما المقصود بالقطارة؟

يعتبر ماء البحر مخلوطاً، يتضمن أساساً ملحًا (كلوريد الصوديوم) وماء. يُسمح في البلدان الحارة ماء البحر، بالتدفق إلى أواني ملح واسعة ومسطحة، حيث تبخر حرارة الشمس الماء. وتسمى هذه التقنية **التبخير الشمسي**. يصبح ماء البحر أكثر تركيزاً بالملح، ويُكون محلولاً شديداً الملوحة. وباستمرار عملية التبخير، يصبح المحلول في النهاية ماءً أحاجاً. ويسبب مزيد من التبخير تبلور الملح، ويُراوح بواسطة مرشحات أو بالجرافات.

## مراجعة سريعة



جسيمات دقيقة تتعلق في السائل وتغوص إلى القاع ببطء.

السائل الذي يتكتف بعد التقطر.

السوائل التي تختلط معاً.

السوائل التي لا تختلط ويمكن فصلها بقمع الفصل.

قطارة بين مدى درجة غليان معين مفصولة بالتقطر التجزئي.

صلب متكتف ناتج أثناء عملية التسامي.

**مُعلق**

**قطارة**

**مُتزج**

**غير قابلة للامتزاج**

**مقططف**

**متسامي**

## تخيل أن

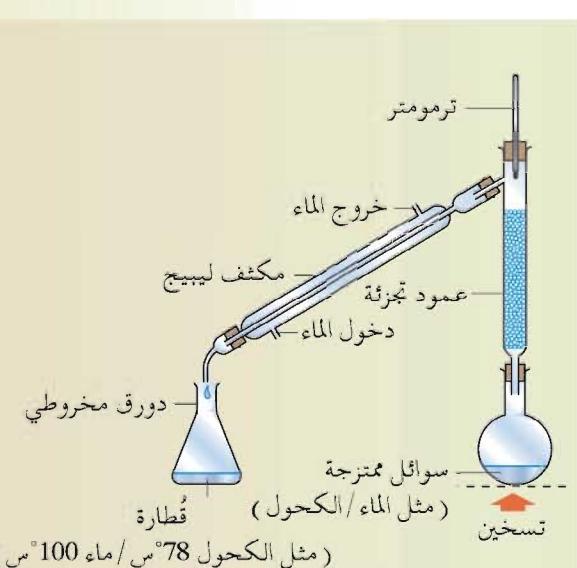
تستخدم تقنية التقطر في الفراغ للمادة التي تتحلل عند تسخينها إلى درجة غليانها. يتم ذلك التقطر تحت ضغط منخفض مما يسمح للمادة بالغليان عند درجات حرارة أقل من درجة غليانها، وتجنب وبالتالي عملية تحللها.

تستخدم هذه التقنية لفصل سائلين يذوب أحدهما في الآخر، يطلق عليهمما سوائل **مُمزوجة**، حيث يختلطان معاً تماماً ليكونا طبقة واحدة. ويعتمد الفصل على اختلاف درجتي غليانهما. فالماء والكحول على سبيل المثال، قابلان للامتزاج ودرجتي غليانهما  $100^{\circ}\text{S}$  و  $78^{\circ}\text{S}$  على التوالي.

يحتوي عادة عمود التجزئة المستخدم على حبيبات زجاج أو مادة أخرى غير نشطة، مما يوفر مساحة سطح كبيرة للتكتيف. عند تسخين الدورق يتتساعد بخار من المخلوط يحتوي على جزيئات الكحول والماء، غير أنه يكون أغنی بجزيئات الكحول لأن لها درجة غليان أدنى.

يتكتف في البداية البخار فقط على عمود التجزئة البارد، ولكن مع ارتفاع درجة حرارة العمود، ترتفع الجزيئات في الحالة البخارية لأعلى قبل تكتفها. تكون درجة الحرارة أقل في الجزء العلوي للعمود، ومن ثم تزداد نسبة جزيئات الكحول مع انخفاض درجة الغليان.

وعند وصول درجة الحرارة عند قمة العمود إلى  $78^{\circ}\text{S}$  تتحول جزيئات الكحول إلى بخار، وتمر إلى داخل المكثف. تتكتف جزيئات الماء التي لها درجة غليان أعلى في عمود التجزئة، وتعود مرة أخرى للدورق. يستمر ذلك حتى يتbxr معظم الكحول، وعند ارتفاع درجة الحرارة عند قمة العمود لتصل إلى  $100^{\circ}\text{S}$ ، يمر بخار الماء إلى داخل المكثف، ويمكن جمعه في مُستقبل آخر.



شكل 6-1 التقطر التجزئي



عمود تجزئة النفط في معمل التكرير.

لا يكون الفصل في هذا المثال تاماً، حيث يحتوي الكحول المقطر على آثار من الماء. ويمكن التخلص من تلك المياه بإضافة عامل مجفف مثل كلوريد كالسيوم لامائي الذي يرشح بعد ذلك ليترك كحولاً نقياً.

تعتبر تقنية التقطر التجزئي مفيدة جداً لفصل مكونات النفط (الذي يعتبر في حد ذاته مخلوطاً عديم الفائدة) إلى عدة سوائل متزجة كل منها مفيد بمفرده كالبنزين، والبرافين، والديزل، تسمى مقططفات نفعية. ويمكن أيضاً استخدام التقطر التجزئي لفصل مكونات الهواء المسال.

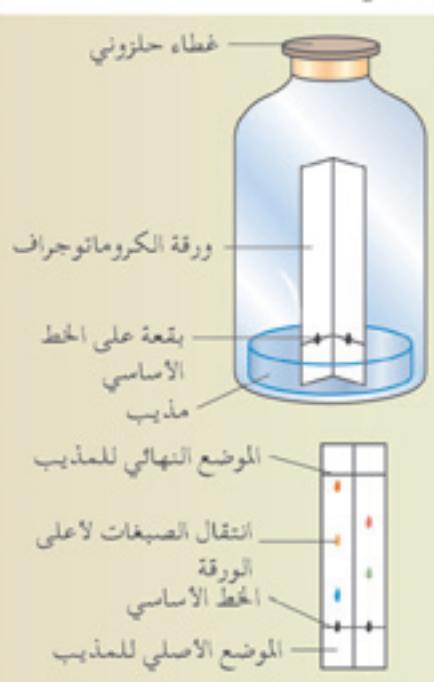
### الفصل الكروماتوجرافي (الاستشراب) الورقي

اشتق اسم هذه التقنية من الكلمة اليونانية كرومدا وتعني اللون، واستخدمت أولاً لفصل الألوان والصبغات، إلا أنها تستخدمن الآن لفصل المواد غير الملونة.

يعتمد مبدأ الفصل على القابلية

النسبية للذوبان. تُستخدم في الكروماتوجراف الورقي قطعة من الورق، تحتوي كمعظم الورق على ماء متعدد على نحو رخوه مع سليلوز الورقة.

إذا وضعت صبغة على هيئة بقع صغيرة عند قاع الورقة، وتشرب الورقة لأعلاها بمذيب آخر، فإن المواد المذابة الموجودة في الصبغة تذوب بدرجات مختلفة، تكون بعضها أكثر ذوبانة في المذيب المتحرك لأعلى الورقة. تذوب المواد المذابة الأخرى أفضل في الماء الهبيوس داخل الورقة، ولذلك لا تنتقل بنفس الدرجة لأعلى الورقة. ويسمح هذا الاختلاف في الذوبانة بفصل الخضاب المختلفة في الصبغة.



شكل 7-1 الكروماتوجراف الورقي



انظر إلى مخطط الاستشراب (الكروماتوجراف) لمواد تسمى «أحماض فيتولية» توجد في البول. عامل التحديد «الموضع» المستخدم هو كاشف ديازو. المخطط على اليمين من بول طفل طبيعي، والأخر من بول طفل يعاني من بوريافينيل كيتون. يفرز الطفل مواد تظهر كبقعة زائدة على مخطط الفصل الاستشرابي (الكروماتوجراف).

رغم كون الفصل الكروماتوجرافي تقنية بسيطة، إلا أن له تطبيقات عديدة مهمة بجانب التعرف على صبغات الألوان. يمكن في الطب تحديد البروتينات، وهي جزيئات معقدة التركيب بواسطة **مخططات الاستشراط**. فتكون هنا وحدات بناء البروتينات هي **الأحماض الأمينية**، والتي تنتقل مثل الصبغات لمسافات مختلفة مع المذيبات. وبالرغم من كون الأحماض الأمينية عديمة اللون، إلا أنها تُرش بسائل يتفاعل معها حتى يمكن رؤيتها. يمكن أيضًا تحليل مواد أخرى تنتج في الجسم، مثل البول بواسطة الفصل الكروماتوجرافي.

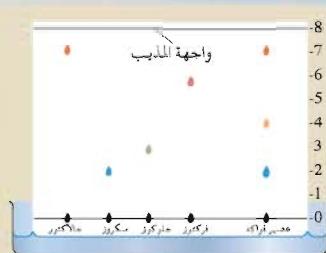
تسمى السوائل التي تمتلكنا من رؤية الفصل حينما تُرش على مخططات الاستشراط (الكروماتوجراف) بالکواشف الموضعية. والکاشف الموضعی هو أي مادة كيميائية تتفاعل مع المادة لتكوين ناتج ملون مرئي. أحد تلك السوائل هو **رذاذ النهيدرين** الذي يتفاعل مع الأحماض الأمينية عديمة اللون لتكوين صبغة ذات لون بنفسجي.

### اختبار فهمك 3



استقصى عالم الكيمياء التحليلية وجود سكريات متنوعة في عصير فاكهة معين.

وفيمما يلي عرض لنتائجه في مخطط الاستشراط (الكروماتوجراف) التالي:  
(1) لماذا يجب أن يكون مستوى المذيب أدنى من البقع عند البداية؟



(2) أي السكريات توجد في عصير الفاكهة هذا؟

(3) أي السكريات لا تحتوي عليها عصير الفاكهة؟

(4) قيمة  $R_f$  للمادة في الفصل الكروماتوجرافي تعطي العلاقة

$$R_f = \frac{\text{المسافة التي تحركتها المادة}}{\text{المسافة التي يتحرك بها المذيب في نفس الزمن}}$$

احسب قيمة  $R_f$  للجلوكوز.

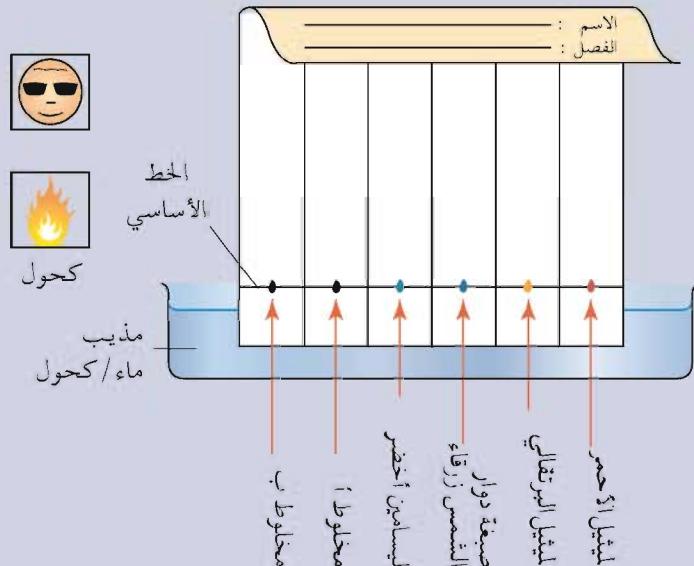
(حيث  $R_f$  معدل انتشار المادة)

### تجربة 1-2

### الفصل اللوني الكروماتوجرافي



- 1- قسم قطعة ورق الفصل الكروماتوجرافي، وعنونها كما بالشكل التالي.
- 2- ضع بقعة صغيرة لكل لون على الخط الأساسي. وضع أيضًا بقعة لكل من المخلوطين أ، ب.
- 3- اغمس الورقة في حوض زجاجي به مذيب من الماء / الكحول وتأكد من أن مستوى المذيب أدنى من البقع.
- 4- انتظر حتى تمام فصل الألوان.
- 5- جفف مخطط الاستشراط (الكروماتوجراف) إما بمجفف الشعر أو بتركه بجوار نافذة مفتوحة.



**حاول هذا!**

(أ) ما الألوان الموجودة في مخلوط أ؟

(ب) ما الألوان الموجودة في مخلوط ب؟

(ج) لماذا يجب أن يكون سطح المذيب أدنى من البقع عند البداية؟

### 3-1 اختبارات للكشف عن نقاء المواد

#### Testing the Purity of Substances

##### درجة الانصهار

للمادة الندية درجة انصهار ثابتة ومحددة.

يمكن استنتاج هوية المادة الصلبة الندية من درجة انصهارها. ينصح على سبيل المثال حمض إستياريك النقي عند  $70^{\circ}\text{C}$  بالضبط. ويقلل وجود أي شوائب من درجة انصهاره، كما ينصح الحمض في حالة وجود شوائب في مدى درجات حرارة  $70-68^{\circ}\text{C}$  حيث يعتبر مخلوطاً.

#### اختبار فهمك 4



- (1) أي المواد من (أ) إلى (ه)  
تكون سوائل عند درجات حرارة وضغط الغرفة؟

درجة الغليان (°س)	درجة الانصهار (°س)	المادة
48+	26-	أ
78+	8+	ب
38+	7-	ج
87+	45+	د
1-	41-	هـ

- (2) تنصهر مادة صلبة ندية X عند  $94^{\circ}\text{C}$ . عند أي درجات الحرارة التالية تنصهر المادة X  
غير الندية؟

درجة الانصهار (°س)	درجة الحرارة
80	أ
94	بـ
95	جـ
98	دـ
100	هـ

- (3) يغلي سائل غير ندي Y عند  $42^{\circ}\text{C}$ ، أي السوائل من (أ) إلى (هـ) قد تكون المادة الندية  
غير Y؟

درجة الغليان (°س)	سائل
38	أ
42	بـ
43	جـ
44	دـ
49	هـ

##### درجة الغليان

للمادة الندية درجة غليان ثابتة ومحددة.

يمكن استنتاج هوية السائل الندي من درجة غليانه. ينصح على سبيل المثال على إيثانول النقي عند  $78^{\circ}\text{C}$  بالضبط. ويؤدي وجود شوائب إلى ارتفاع درجة غليانه، كما يتسبب أيضاً في غليان السائل على مدى من درجات الحرارة.

##### الفصل الكروماتوجراف

تظهر المادة الندية بقعة واحدة فقط على مخطط الاستشراب ( الكروماتوجراف ). يستخدم أيضاً الفصل الكيميائي المعقدة مثل العقاقير أو إضافات المواد الغذائية التي لا يمكن صهرها بسهولة أو تقطيرها. يستطيع على سبيل المثال فني التحليل بمختبر المواد الغذائية مستخدماً الفصل الكروماتوجراف تحديد هوية الصبغات الصناعية التي تحتويها العديد من الأطعمة، واختبار ما إذا كانت ضارة. فتعالج كثير من الخضروات التي تباع في الأسواق بالمبيدات الحشرية ( لقتل الحشرات ) ومبيدات عشبية ( للتخلص من الأعشاب ) تكون ضارة بالإنسان. ويستطيع الفصل الكروماتوجراف اكتشاف مثل هذه المواد الكيميائية حتى إذا كانت بتركيزات منخفضة.



شكل 1-8 مخطط الاستشراب ( الكروماتوجراف ) للأصباغ



فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

- تحتوي المادة النقية على نوع واحد فقط من الذرات أو الجزيئات، وتكون لها درجة الانصهار ودرجة غليان ثابتة.
- تحفظ الشوائب درجات الانصهار، وترفع درجات الغليان.
- تكون المحلول بغير فيزيائي، ويمكن فصلها بطرق التقنية التالية.

طريقة التقنية	التطبيق
الترشيح	فصل مواد صلبة ذواقة وغير ذواقة
التبخير	فصل جسم صلب ذواب
التبلر	فصل جسم صلب بتبريد محلوله أو سائل مصهوره
الترويق والطرد المركزي	فصل المعلقات
التقطير البسيط	فصل سائل عن محلول
التقطير التجاري	فصل مخلوط من سوائل متزجة
قمع الفصل	فصل سوائل غير متزجة
التسامي	فصل أملاح الأمونيوم، البوتاسيوم، اليود ..... إلخ
الفصل الكروماتوجرافي	فصل الألوان، الصبغات، الأحماض الأمينية ..... إلخ

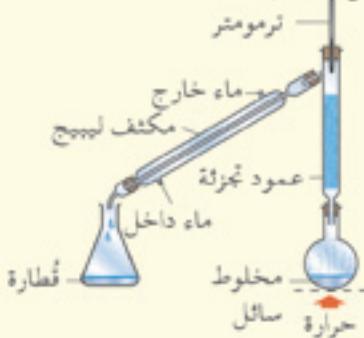
- في الترشيح، تكون المادة غير الذواقة المترسبة على ورقة الترشيح هي الراسب، ويكون محلول الذواب الذي يمر خلالها هو الراسح.
- القطارة هي السائل المتكون أثناء التقطير.
- السوائل التي تختلط تماماً لتكون طبقة واحدة تكون متزجة، مثل الكحول والماء.
- السوائل التي لا تختلط تكون غير قابلة للامتزاج، ويمكن فصلها باستخدام قمع الفصل.
- يمكن تحديد هوية المكونات في الفصل الكروماتوجرافي بمقارنة الصبغات بالصبغات المعروفة، وباستخدام قيم  $R_f$ .
- يمكن تحديد هوية المركبات عديمة اللون مثل الأحماض الأمينية باستخدام الفصل الكروماتوجرافي عن طريق رشها بكافاف موضعي، وهو مادة كيميائية تتفاعل لتكون ناتجاً ملوناً مرتباً.
- يمكن تحديد نقاط المادة من درجة الانصهار (جسم صلب) أو درجة الغليان (سائل)، كما يمكن أيضاً تحديده بالفصل الكروماتوجرافي (مفید خاصة للأطعمة والعقاقير).

## خريطة مفاهيم



**النقاء:** المواد النقيّة لها درجات انصهار ودرجات غليان ثابتة، ويمكن الكشف عن نقاء المادة باستخدام درجة الانصهار، أو درجة الغليان، أو الفصل الكروماتوجرافي. تقلل الشوائب درجة الانصهار وترفع درجة الغليان، ويمكن تحديدها على مخطط استشراط. يعتبر اختبار النقاء مهمًا في المواد الحياتية مثل الأطعمة والعقاقير.

**التقطير التجزيئي:** يستخدم لفصل السوائل التي لها درجات غليان متقاربة باستخدام عمود تجزئة مثل الزيت الخام، أو الهواء المسال، أو السوائل المختمرة.



**الفصل الكروماتوجرافي:** تقنية لفصل الألوان، الأحماض الأمينية ..... إلخ عن طريق قابلية ذوبانها التسبيبية. تتطلب المواد غير الملونة (مثل الأحماض الأمينية) كاشفًا موضعياً.

**التسامي:** يستخدم عند تسامي مادة صلبة بالتسخين مثل مخلوط اليود والملح.

**مخلوط صلب - صلب**

**المحلول:** لها تركيب متعدد، يمكن فصلها بطرق فيزيائية.

السوائل المختمرة

**مخلوط سائل - سائل**

**الذوبان والترشيح:** يستخدماً عند وجود مادة صلبة واحدة ذوبابة مثل مخلوط الملح – الرمل.

**مادة ذوبابة في محلول**

**مواد غير ذوبابة في السائل**

السوائل غير القابلة للامتصاص

**التبخير:** فصل مادة صلبة ذوبابة بشرب إما محلولها أو سائل مصهورها.

**الترشيح:** يمر السائل خلال ورق الترشيح كراشح، وترسب المادة الصلبة على ورق الترشيح كراسب.

**ففع الفصل:** يمر السائل الأكتيف أولًا تاركًا السائل الأقل كثافة.

**التبخير:** فصل الصلب الذائب بتسخين المخلوط مثل الملح من الماء المالح.

**التقطير:** فصل سائل من محلول بالتبخير ثم التكثيف.





## أسئلة

## أسئلة الاختيار من متعدد

استقصى علماء الطب الشرعي بعض آثار طلاء وجدت بالقرب من حادث سيارة مميت. ويشك العلماء في احتواء الطلاء على صبغتين أحمرتين  $L$  و  $M$ . عند سحق الطلاء وعمل مخطط استشراب له باستخدام الإيثانول كمدذيب، وجدوا حلقة واحدة من الصبغة  $L$ .

وعند تكرار العملية مع البروبانون كمدذيب، حصلوا على حلقة واحدة ولكن في هذه المرة كانت الصبغة  $M$ . مع ذلك عند استخدام إيثر بترولي كمدذيب حصلوا على حلقتين للصبغتين.

أي العبارات التالية صحيحة؟

- (أ) ذوبة في الإيثانول و  $L$  غير ذوبة.
- (ب)  $M$  غير ذوبة في البروبانون لكن ذوبة في الإيثر.
- (ج) ذوبة في الإيثانول والبروبانون.
- (د) ذوبة في الإيثانول والإيثر.

تعتمد تقنية الفصل الكروماتوجرافى الورقى على:

- (أ) الفروق في اللون.
- (ب) القابلية النسبية لذوبان الصبغات.
- (ج) أنواع ورقة الترشيح المستخدمة.
- (د) كمية المذيب المستخدم.

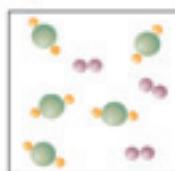
يعلى سائل غير نقي  $L$  عند  $79^{\circ}\text{C}$ . أي السوائل التالية أ، ب، ج، أو د يكون نقىًّا؟

درجة الغليان (°س)	السائل
77	أ
79	ب
80	ج
82	د

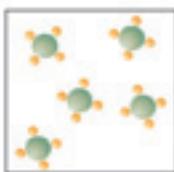
أي مما يلى لا يمثل مادة نقىًّا؟



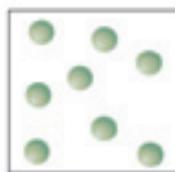
ب



ج



د



هـ

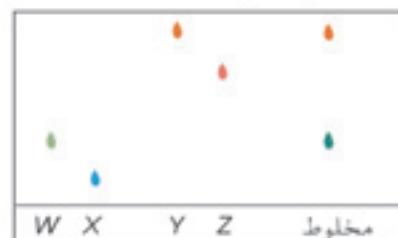
يبين الجدول تقنيات تجريبية عديدة، تم المزاوجة بينها وبين صناعة تستخدمن فيها، فما الأزواج خطأ؟

الصناعة	التقنية التجريبية
التحمر	(أ) التبخير
النفط (البتروكيميات)	(ب) التقطر التجزئي
الغذاء (اختبار النقاء)	(ج) الكروماتوجراف
الحاوسوب (صناعة رقائق السيليكون)	(د) التبلور

عند ذوبان السكر في الماء

- (أ) يكون المذيب السكر، ويكون المذاب هو الماء.
- (ب) يحدث تغير كيميائي.
- (ج) تنخفض درجة غليان الماء.
- (د) يسمى الخليوط الناتج محلولاً.

يبين الشكل التالي مخطط استشراب.



أي مادتين يرجع تواجدهما في الخليوط؟

- (أ) W,X
- (ب) Y,Z
- (ج) W,Y
- (د) X,Y

أي مما يلي يحدد الهوية الصحيحة للمادتين P, Q؟

Q	P	
كلوريد باريوم	كبريتات صوديوم	ا
كبريتات باريوم	كلوريد صوديوم	ب
كلوريد باريوم	كبريتات صوديوم	ج
كلوريد صوديوم	كبريتات باريوم	د

- 11- يستخدم التقطر التجزيئي لفصل الكحول عن الماء في محلوليهما. تعتمد هذه العملية على :
- (أ) ذوبانية الكحول.
  - (ب) درجة غليان الكحول.
  - (ج) نشاط الماء.
  - (د) الطبيعة غير الملونة للسائلين.

- 12- أي طريقة لا يمكن استخدامها لتحضير البليورات؟
- (أ) تبريد مصهور الملح
  - (ب) تبخير محلول مشبع
  - (ج) ترشيح محلول مشبع ساخن
  - (د) تقطر سوائل مخلوطة

### أمثلة تركيبية

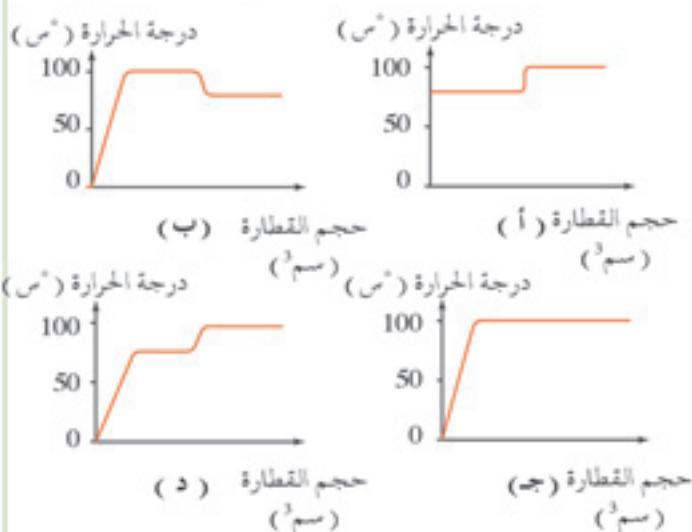
- 13- فيما يلي قائمة من ثمان تقييمات شائعة للفصل:
- (أ) الذوبان، الترشيح، التبخير
  - (ب) التقطر البسيط
  - (ج) التقطر التجزيئي
  - (د) الفصل الكروماتوجرافي
  - (هـ) التبلير
  - (و) التسامي
  - (ز) استخدام قمع الفصل
  - (ح) الطرد المركزي

- تبخير من (أ) إلى (ح) تكنية الفصل الملائمة التي يمكن استخدامها لفصل مخالفات المواد الكيميائية التالية. استخدم كل تكنية مرة واحدة.
- (1) مخالفات من أحماض أمينية
  - (2) زيت الزيتون والخل
  - (3) السكر عن محلول سكري
  - (4) الملح عن الرمل
  - (5) الماء النقى عن الحبر
  - (6) اليود وبيوديد الصوديوم
  - (7) خلايا الدم الحمراء عن بلازما الدم
  - (8) البنزين والكيروسين

- 9- يبين الشكل التالي جهاز التقطر التجزيئي المستخدم لفصل الكحول (درجة غليان 78°س) والماء (درجة غليان 100°س).



أي الأشكال البيانية التالية تمثل أفضل توضيح للتغير درجة الحرارة مقابل حجم القطرة الناتج؟



- 10- محلول كبريتات صوديوم، ومحلول كلوريد باريوم تفاعلاً معاً كما هو موضح فيما يلي، ثم تم فصل المادتين P و Q بالترشيح والتبخير.



- 15- يبين الجدول التالي بعض المعلومات عن خواص ثلاثة مواد كيميائية.

المادة الكيميائية	تأثير الحرارة	ماء بارد	ماء ساخن
نترات بوتاسيوم	لا تتأثر	ذواب	ذواب بسرعة
كبريتات باريوم	لا تتأثر	غير ذواب	غير ذواب
نفالين	يتسامي	غير ذواب	غير ذواب

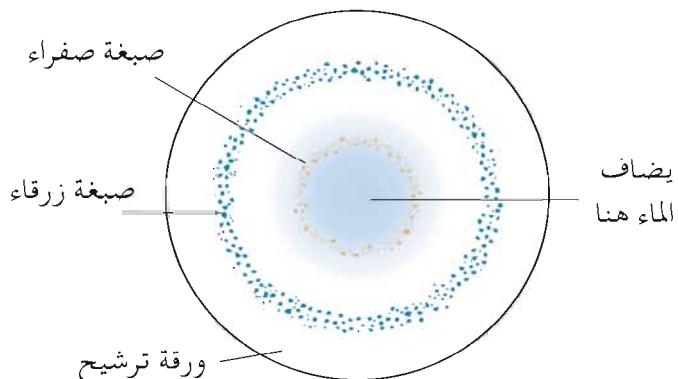
مستخدماً هذه المعلومات، كيف تحصل على عينات نقية وجافة من كل مادة كيميائية، إذا بدأتن بخلوط من الثلاث؟

- 16- يبين الجدول التالي ما يحدث لبعض المواد في نفاذ المنازل بعد سحقها.

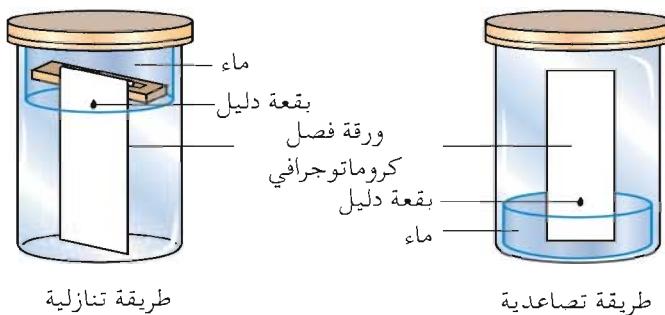
إضافة الماء	نفاذ
يعوض بسرعة	مواد نحاس
يعوض ببطء	مواد زجاج
يعوض ببطء	مواد ألومنيوم
يطفو على سطح الماء	لدائن
يعوض بسرعة	مواد حديد
يعوض إذا كان مبللاً	ورق وورق مقوى

- (أ) كيف يمكن تمييز الزجاج عن نفاذ الفلزات؟  
 (ب) كيف يمكن فصل فلز الحديد عن النفايات؟  
 (ج) كيف يمكن فصل مادة اللدائن عن النفايات؟  
 (د) أي أنواع النفايات يمكن إعادة تدويرها؟

- 14- وضع نقاط قليلة من دليل الميثيل البرتقالي على مركز ورقة ترشيح، ثم أضيفت نقاط ماء على مركز الورقة. تم فصل الصبغتين المكونتين للدليل كما يتضح فيما يلي:



- (أ) ما اسم تقنية الفصل المستخدمة?  
 (ب) ما اللون الأصلي للدليل الميثيل البرتقالي؟  
 (ج) يبين الشكلان التاليان تقنيتين آخرتين لفصل الصبغات المكونة في الميثيل البرتقالي.

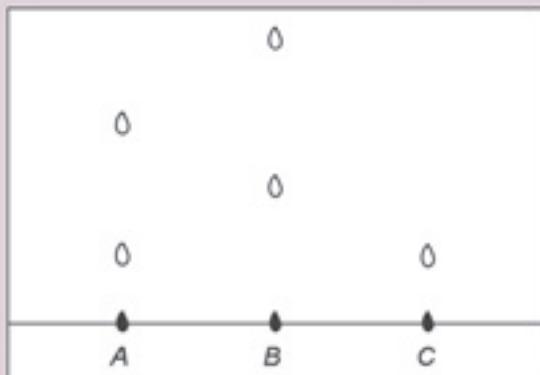


- (1) ضع علامات على كل من الشكلين، حيث تتوقع ظهور الصبغات الصفراء والزرقاء المفصولة.  
 (2) في أي هاتين الطريقتين ينتقل الماء أسرع؟ فسر إجابتك.  
 (3) لماذا تكون بقعة الدليل في بداية التجربة أعلى في (الطريقة التصاعدية)، أو أدنى في (الطريقة التنازلية) من مستوى الماء؟



## ركن التفكير

### المهارة: الاستنتاج



مبين بأعلى البطاقات الملصقة على ثلاث زجاجات لصبغات أطعمة، الماء والكحول الأيزوبروبيلي مذيبات، والسوربيتول مادة حافظة. تم تحضير مخلط استشراب لهذه الأصباغ الثلاث وعرضت النتيجة في الشكل المقابل. استنتج أي صبغة طعام وُضعت على كل من البقع A، B، C

# The Structure of the Atom

## بنية الذرة



عند انطلاق الطاقة الموجودة داخل نواة الذرة يمكن أن تكون النتيجة مدمرة.

### أهداف التعلم



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

- ✓ تحدد الشحنات النسبية والكتل النسبية الملائمة للبروتون، والنيترون، والإلكترون.
- ✓ تصف مستعيناً بمخططات توضيحية بنية الذرة ومكوناتها: البروتونات والنيترونات (نوكليونات) في النواة، والإلكترونات مرتبة في أخلفة (مستويات الطاقة).
- ✓ تُعرّف العدد الذري ( $Z$ ) (البروتوني)، والعدد النووي ( $A$ ) (الكتلي) للعنصر.
- ✓ تُعرّف النظائر.
- ✓ تُعرّف الكتلة الذرية النسبية ( $A_p$ ) للعنصر.
- ✓ تستدل على عدد البروتونات، والنيترونات، والإلكترونات في ذرة العنصر، بدلالة العدد الذري ( $Z$ )، والعدد النووي ( $A$ ) للعنصر مثل:  $^{12}\text{C}$ .
- ✓ تذكر أن الأعمدة الرئيسية للعناصر في الجدول الدوري تعرف بمجموعات العناصر، وتحتوي جميع عناصر المجموعة الواحدة على نفس العدد من الإلكترونات في غلافها الخارجي (إلكترونات التكافؤ).
- ✓ تذكر أن الصفوف الأفقية للعناصر في الجدول الدوري تعرف بدورات العناصر، وأن رقم الدورة يدل على عدد الأخلفة الإلكترونية.

## 1-2 جسيمات الذرة:

**Particles in an Atom:  
Protons, Neutrons  
and Electrons**

### بروتونات، ونيوترونات، وإلكترونات

تشكلون كل العناصر من ذرات. وتشابه ذرات كل عنصر من جميع النواحي، وتختلف عن ذرات كل العناصر الأخرى. تكون الذرات من جسيمات دون ذرية تسمى البروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات.

يبين جدول 1 الكتيل والشحنة النسبية لتلك الجسيمات. تتساوى كتلة البروتون مع كتلة النيوترون، ولكن تكون كتلة الإلكترون  $\frac{1}{1840}$  فقط من كتلة إما البروتون أو النيوترون. وبما أن عدد الإلكترونات أكبر الذرات مازال أقل من 100 الإلكترون، فإن كتلة الإلكترون تعتبر صغيرة جدًا بدرجة يمكن إهمالها.

الجسيم	الرمز	الكتلة النسبية	الشحنة النسبية
بروتون	p	1	1+
نيوترون	n	1	0
إلكترون	e	$\frac{1}{1840}$	1-

جدول 1 الجسيمات دون الذرية

## 2-2 هوية العنصر:

**An Element's Identity:  
Proton Number and Nucleon  
Number**

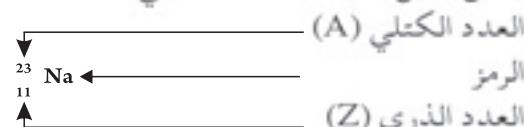
### العدد الذري والعدد الكتلي

لكل عنصر عدد ذري ( $Z$ ) وعدد كتلي ( $A$ ).  
العدد الذري للعنصر هو عدد البروتونات في ذرته (الذي يساوي عدد الإلكترونات).

العدد الكتلي للعنصر هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في ذرته.

تأمل ذرة الصوديوم وعددها الكتلي 23 مما يعني أن الذرة تحتوي ما إجماليه 23 بروتون ونيوترون. غير أن العدد الذري للصوديوم 11 مما يعني احتواه على 11 بروتونًا و11 إلكترونًا. وبطرح العدد الذري من العدد الكتلي نحصل على عدد النيوترونات الموجودة بالذرة.

يمكن تمثيل هذه الأعداد كما يلي :



نستخلص من ذلك أن ذرة الصوديوم تحتوي على 11 بروتونًا، و11 إلكترونًا، و12 نيوترونًا. حُسِّنت بهذه الطريقة في جدول 2 في الصفحة التالية عدد الجسيمات دون الذرية لأول عشرين عنصرًا بالجدول الدوري.

## اخبر فهمك 1



- (1) ما شحنة وكتلة البروتون؟
- (2) ما شحنة وكتلة الإلكترون؟
- (3) ما شحنة وكتلة النيوترون؟
- (4) اشرح معنى العدد الذري للعنصر.
- (5) اشرح معنى العدد الكتلي للعنصر.
- (6) احسب عدد البروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات في كل من الذرات الآتية:  
 $^{64}_{29}\text{Cu}$ ,  $^{56}_{26}\text{Fe}$ ,  $^{108}_{47}\text{Ag}$ ,  $^{207}_{82}\text{Pb}$

العنصر	العدد الذري Z	العدد الكتلي A	عدد البروتونات	عدد الإلكترونات	عدد النيوترونات A-Z
الهيدروجين	1	1	1	1	$(1-1)=0$
الهيليوم	2	2	2	2	$(4-2)=2$
اللithium	3	3	3	3	$(7-3)=4$
البوريوم	4	4	4	4	$(9-4)=5$
البورون	5	5	5	5	$(11-5)=6$
الكريون	6	6	6	6	$(12-6)=6$
النيتروجين	7	7	7	7	$(14-7)=7$
الأكسجين	8	8	8	8	$(16-8)=8$
الفلور	9	9	9	9	$(19-9)=10$
النيون	10	10	10	10	$(20-10)=10$
الصوديوم	11	11	11	11	$(23-11)=12$
الماغنيسيوم	12	12	12	12	$(24-12)=12$
الألومينيوم	13	13	13	13	$(27-13)=14$
السيليكون	14	14	14	14	$(28-14)=14$
الفوسفور	15	15	15	15	$(31-15)=16$
الكبريت	16	16	16	16	$(32-16)=16$
الكلور	17	17	17	17	$(35-17)=18$
الأرجون	18	18	18	18	$(40-18)=22$
اليوتاسيوم	19	19	19	19	$(39-19)=20$
الكالسيوم	20	20	20	20	$(40-20)=20$

جدول 2 أعداد ذرية وأعداد كتالية

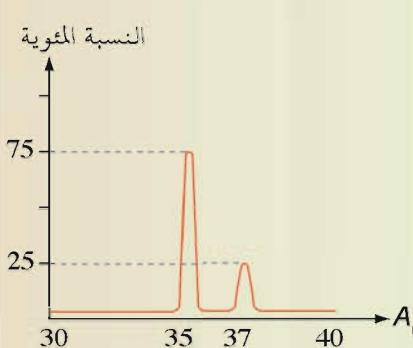
### 3-2 النظائر : ذرات لنفس العنصر مختلفة في عدد النيوترونات

النظائر هي ذرات لنفس العنصر لها أعداد مختلفة من النيوترونات. وبما أن للنظائر أعداد مختلفة من النيوترونات، فإن كتلتها تكون مختلفة. ومع ذلك تعتبر النظائر متماثلة كيميائياً، لأنها تحتوي على نفس العدد من الإلكترونات والبروتونات. وإن لم تكن كذلك، لتغيير عددها البروتوني، ومن ثم يتغير العنصر.

تأمل عنصر الهيدروجين. يمكن أن يتواجد لهذا العنصر ثلاثة نظائر، كما هو مبين في جدول 3.

اسم النظير	تركيبه الذري	رمزه	عدد النيوترونات به	وفرة النظير (%)
هيدروجين		$^1\text{H}$	0	%99.985
ديوتيريوم		$^2\text{H}$	1	%0.015
تريتيوم		$^3\text{H}$	2	آثار (نسبة ضئيلة جداً)

جدول 3 نظائر الهيدروجين



شكل 1-2 رسم مقاييس طيف الكتلة للكلور

غاز الهيدروجين الطبيعي هو مخلوط من تلك النظائر الثلاثة المختلفة، وكتلتها الذرية هي متوسط الأعداد الكتليلية للهيدروجين، والديوتيريوم، والтриتيوم، طبقاً لوفرتها النظرية. يقترب هذا العدد من 1.008 وهو قريب جداً من الواحد الصحيح، نظراً للوفرة الكبيرة لنظير الهيدروجين الأول. لذا نقول إن الكتلة الذرية النسبية للهيدروجين تساوي 1.008.

**تعريف الكتلة الذرية النسبية (A<sub>r</sub>)** للعنصر بنسبة "متوسط كتلة الذرة" إلى  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة  $^{12}\text{C}_6$ .

اختير الكربون 12 كذرة قياسية لأن كتلتها المكونة من 12 وحدة احتسبت بدقة شديدة باستخدام أجهزة حديثة منها مطيافات الكتلة. يمكن لهذا الجهاز تسجيل الكتلة ووفرة الذرات المختلفة في صورة رسم (انظر شكل 1-2).

تساوي الكتلة الذرية النسبية للكلور 35.5. يرجع هذا العدد إلى وجود النظائر، وليس لأنه يحتوي على نصف بروتون أو نيوترون. يتواجد الكلور الطبيعي في صورة نظيرين  $^{37}\text{Cl}_{17}$   $^{35}\text{Cl}_{17}$ .

تحتوي عينة عاديّة من الكلور على حوالي 75% كلور 35، و 25% كلور 37. لذلك تكون الكتلة الذرية النسبية أقرب إلى 35 من 37 (انظر جدول 4).

النظائر	
وجه الاختلاف	وجه التشابه
عدد النيوترونات	عدد البروتونات
الأعداد الكتليلية	الأعداد الذرية
الخواص الفيزيائية، مثل معدل الانتشار، الكثافة	الخواص الكيميائية

العدد الكتلي	النسبة	A <sub>r</sub>
37	%75	
35	%25	
$\frac{25}{100} \times 37 + \frac{75}{100} \times 35 = 35.5$		

جدول 4 نظائر الكلور

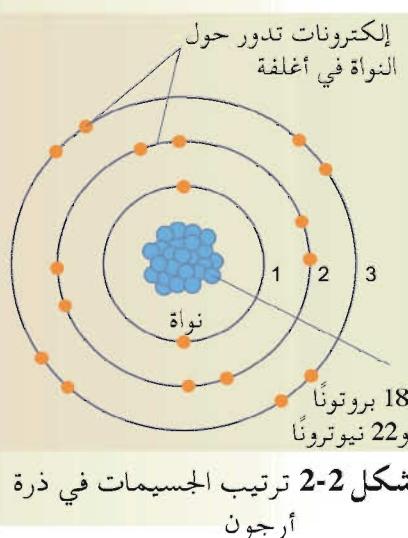
جدول 5 النظائر

Arrangement of Particles in an Atom

## 4-2 ترتيب الجسيمات في الذرة

تكون البروتونات والنيوترونات مرتبطة بشكل محكم الوثاق في مركز الذرة الذي يعرف بالنواة. يسمى عدد الجسيمات (البروتونات والنيوترونات) في النواة **العدد النووي**، ويتساوى العدد الكتلي للعنصر. ولأن النواة تحتوي على بروتونات، فإنها تكون الجزء موجب الشحنة للذرّة. ويكون حجم النواة صغيراً جداً بالمقارنة بالحجم الكلي للذرّة. فإذا افترضنا أن كرة القدم تمثل ذرة الهيدروجين، فتكون نواتها في حجم رأس الدبّوس.

تطوف الإلكترونات حول النواة، مثلما تطوف الكواكب حول الشمس. غير أن الإلكترونات تتحرك بسرعة، وعلى مسافات كبيرة نسبياً من النواة الصغيرة. ولا يمكن تحديد موضع محدد للإلكترونات داخل أي مدار في أي وقت. ولكن يكون لكل مدار طاقة محددة، فيمكننا القول أن هذه الإلكترونات تشغل مستويات طاقة معينة. يطلق أيضاً على هذه المستويات **أغلفة** (انظر شكل 2-2). يكون كل غلاف قادرًا على استيعاب عدد معين من الإلكترونات.



شكل 2-2 ترتيب الجسيمات في ذرة أرجون

ترُّقام الأغلفة أو مستويات الطاقة بدءاً من النواة باتجاه الخارج. يستوعب الغلاف الأول حتى 2 إلكترون ويسمى ثانئ duplet . ويستوعب الغلاف الثاني حتى 8 إلكترونات ، ويسمى ثالثي . ويمكن للغلاف الثالث استيعاب حتى ثمانية عشر إلكتروناً، ولكن عندما يتواجد فيه ثمانية إلكترونات يكتسب استقراراً إضافياً . وتذهب الإلكترونات الإضافية إلى الغلاف الرابع قبل تمام امتلاء الغلاف الثالث.

تسمى الإلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة إلكترونات تكافؤ . ويكون لذلك الإلكترونات أهمية كبيرة في تحديد الخواص الكيميائية للذرة وكيفية ارتباط الذرات معاً كما سُرِّى في الوحدة 3 عن الروابط .

يمكن للغلاف الأول استيعاب من 1 إلى 2 إلكترونات .

يمكن للغلاف الثاني استيعاب من 1 إلى 8 إلكترونات .

يمكن للغلاف الثالث استيعاب من 1 إلى 18 إلكتروناً .

أكبر عدد من الإلكترونات	الغلاف
$2n^2 = 2$	n = 1
$2n^2 = 8$	n = 2
$2n^2 = 18$	n = 3

جدول 6 أقصى عدد من الإلكترونات في الغلاف

## مراجعة سريعة



جزيم موجب في النواة

البروتون

جزيم متعادل في النواة

النيوترون

جزيم سالب ( ذو كتلة مهملة ) حول النواة

الإلكترون

عدد البروتونات في النواة

العدد الذري

إلكترون في الغلاف الخارجي للذرة

إلكترون التكافؤ

عدد البروتونات والنيوترونات في النواة

العدد الكتلي

ذرات نفس العنصر لها أعداد مختلفة من النيوترونات

النظير

متوسط كتلة الذرة

الكتلة الذرية النسبية

يبين جدول 7 التشكيل الإلكتروني لأول عشرين عنصراً في الجدول

الدوري . ويبين شكل 2-3 كيفية

ترتيب تلك الإلكترونات حول

النواة .

النواة	الرابع	الثالث	الثاني	الأول	الإلكترونات	العدد الذري (Z)	الرمز	العنصر
				1	1	1	H	الهيدروجين
				2	2	2	He	الهيليوم
1	2	2	3		3	3	Li	الليثيوم
2	2	2	4		4	4	Be	البريليوم
3	2	2	5		5	5	B	البورون
4	2	2	6		6	6	C	الكريون
5	2	2	7		7	7	N	النيتروجين
6	2	2	8		8	8	O	الأكسجين
7	2	2	9		9	9	F	الفلور
8	2	2	10		10	10	Ne	النيون
1	8	2	11		11	11	Na	الصوديوم
2	8	2	12		12	12	Mg	الماغنيسيوم
3	8	2	13		13	13	Al	الآلومينيوم
4	8	2	14		14	14	Si	السيليكون
5	8	2	15		15	15	P	الفوسفور
6	8	2	16		16	16	S	الكبريت
7	8	2	17		17	17	Cl	الكلور
8	8	2	18		18	18	Ar	الأرجون
1	8	8	2	19		19	K	اليوتاسيوم
2	8	8	2	20		20	Ca	الكالسيوم

جدول 7 التشكيل الإلكتروني لأول عشرين عنصراً من عناصر الجدول الدوري



شكل 2-3 توزيع الإلكترونات في ذرات أول 20 عنصراً بالجدول الدوري

## الجدول الدوري 2-5

سوف يُدرس الجدول الدوري بالتفصيل في الصف الثالث الثانوي، ولكن من المهم توضيح الآتي:

- يتحدد موضع العنصر في الجدول الدوري وفقاً لعدده الذري.
- يُقرأ الجدول الدوري من اليسار إلى اليمين، وهو قائمة مرتبة وفقاً للعدد الذري المتزايد.

● توجد الفلزات في الجانب الأيسر للجدول، وهي تلك العناصر التي لها من 1-3 إلكترونات تكافؤ (عدا البورون).

● توجد الفلزات في الجانب الأيمن للجدول، وهي تلك العناصر التي لها من 4-7 إلكترونات تكافؤ (عدا الرصاص، والقصدير، والبزموت).

● توجد الغازات الخاملة في أقصى الجانب الأيمن للجدول، وهي غير نشطة لأن أغلفتها الخارجية تكون مكتملة (حيث تحتوي على 2 أو 8 إلكترونات تكافؤ).

من الجدول السابق:

- (1) أي الذرات لها أعلى عدد ذري؟
- (2) أي الذرات لها أعلى عدد كتلي؟
- (3) أي ذرتين تعتبران نظائر؟
- (4) اكتب التشكيل الإلكتروني للذرة S.

عدد البروتونات	عدد البيوترونات	عدد الإلكترونات	الذرات
15	16	15	P
17	18	17	Q
17	20	17	R
19	20	19	S

تسمى الأعمدة الرئيسية للعناصر في الجدول الدوري **مجموعات**. يحتوي كل عنصر في المجموعة على نفس العدد من إلكترونات التكافؤ في غلافه الخارجي. ويحدد رقم المجموعة عدد إلكترونات التكافؤ. تعتبر العناصر في جدول 8 فلزات، وتنتهي أيضاً العناصر الثلاثة إلى المجموعة I لاحتواء كل منها على إلكترون تكافؤ واحد.

المجموعة I	العدد الذري	الشكل الإلكتروني	إلكترون تكافؤ
ليثيوم	3	1, 2	1
صوديوم	11	1, 8, 2	1
بوتاسيوم	19	1, 8, 8, 2	1

### جدول 8 مجموعه I فلزات قلوية

تسمى الصفوف الأفقية للعناصر في الجدول الدوري **دورات**، ويبدل رقم الدورة على عدد الأغلفة الإلكترونية. يكون لجميع العناصر في نفس الدورة نفس عدد الأغلفة، وعند تتابع الدورة عرضياً، تتجدد تدريجياً بالإلكترونات (انظر جدول 9).

رقم المجموعة ↘  
I II H III IV V VI VII O  
↑ رقم الدورة ↗

1																		
2	Li	Be																He
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra																

شكل 4-2 الجدول الدوري

الدورة 2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
العدد البروتوني (الذري)	3	4	5	6	7	8	9	10
التشكيل الإلكتروني	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8

جدول 9 الدورة الثانية للجدول الدوري

## اختبار فهمك 3



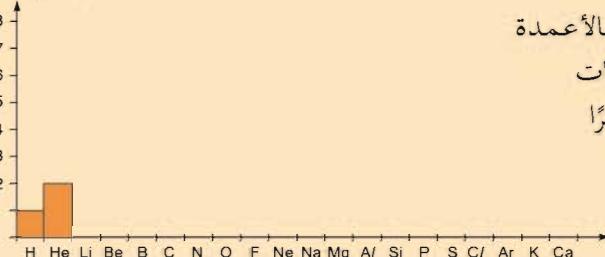
- (1) ماذا يسمى العمود الرأسي للعناصر بالجدول الدوري؟
- (2) ماذا يسمى الصف الأفقي للعناصر بالجدول الدوري؟
- (3) في أي جانب من الجدول الدوري توجد العناصر الفلزية؟
- (4) كم عدد إلكترونات التكافؤ التي توجد في الغلاف الخارجي للعناصر اللافلزية؟
- (5) لماذا تعتبر الغازات الخاملة غير نشطة؟

## فكِّر علمياً



أكمل الشكل البياني بالأعمدة التي تبين عدد الإلكترونات التكافؤ لأول 20 عنصراً بالجدول الدوري.

عدد إلكترونات التكافؤ



ماذا تستنتج من هيئة الشكل البياني؟

## مراجعة سريعة



- الجدول الدوري  
رقم المجموعة  
رقم الدورة  
إلكترون التكافؤ  
الفلز  
اللافلز  
غاز خامل
- عناصر مرتبة طبقاً للعدد الذري المتزايد  
عدد الإلكترونات في الغلاف الخارجي (إلكترونات التكافؤ)  
عدد الأغلفة الإلكترونية  
إلكترون في الغلاف الخارجي  
عنصر له من 1 - 3 إلكترونات تكافؤ  
عنصر له من 4 - 7 إلكترونات تكافؤ  
عنصر ذو غلاف خارجي مكتمل

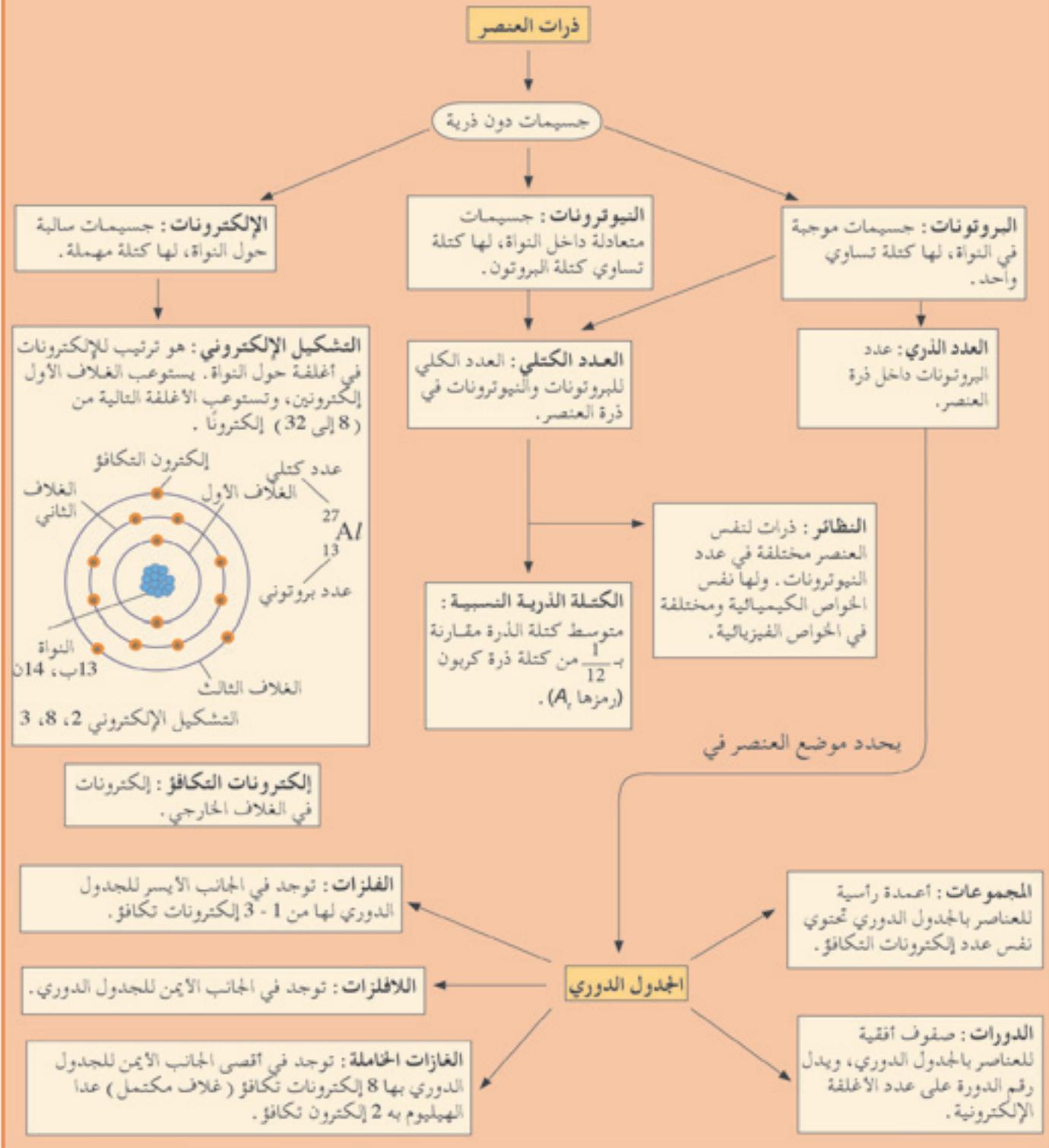
## ملخص



فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها.

- للبروتون نفس الكتلة النسبية مثل النيوترون تقريباً، ولكن تكون له شحنة نسبية +1 في حين يكون النيوترون غير مشحون.
- للإلكترون كتلة مهملة، ولكن تكون شحنته النسبية -1 [تساوي شحنة البروتون ولكن عكسها].
- العدد الذري ( $Z$ ) للعنصر هو عدد البروتونات داخل النواة. يساوي دائمًا هذا العدد في الذرات عدد الإلكترونات التي تطوف حول النواة.
- العدد الكتلي ( $A$ ) للعنصر هو إجمالي عدد البروتونات والنيوترونات (التكليلونات) داخل النواة.
- النظائر هي ذرات لعناصر لها أعداد مختلفة من النيوترونات. النظائر لها خواص كيميائية متماثلة، ولكن تختلف في الخواص الفيزيائية.
- الكتلة الذرية النسبية ( $A_i$ ) للعنصر هي نسبة متوسط كتلة الذرة بالمقارنة إلى  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة الكربون.
- تطوف الإلكترونات حول النواة في أغلفة إلكترونية. يستوعب الغلاف الأول إلكترونين (ثاني)، ويستوعب الغلاف الثاني 8 إلكترونات (ثاني).
- إلكترونات التكافؤ هي تلك الموجودة في الغلاف الخارجي للذرة. يكون للغلافات من 1 - 3 إلكترونات تكافؤ ويكون للغلافات من 4 - 7 إلكترونات تكافؤ.
- تسمى الأعمدة الرئيسية للعناصر بالجدول الدوري مجموعات، ويُحدد رقم المجموعة بعدد إلكترونات التكافؤ.
- تسمى الصفوف الأفقية للعناصر بالجدول الدوري دورات، ويُحدد رقم الدورة بعدد الأغلفة الإلكترونية.
- الغازات الخاملة هي عناصر غير نشطة حيث يكون لها غلاف مكتمل من إلكترونات التكافؤ.

## خريطة مفاهيم





7- عنصر X له نظيران موضحان في الجدول التالي . ما الكتلة الذرية النسبية له؟

النفحة النظرية	النظير
%25	$^{146}\text{X}$
%75	$^{154}\text{X}$

- (أ) 150      (ب) 148  
 (د) 153      (ج) 152

-8

نواة الذرة .  
 (أ) تحتوي دائمًا على نيوترونات .  
 (ب) تحتوي دائمًا على بروتونات ونيوترونات .  
 (ج) تحتوي دائمًا على بروتونات فقط .  
 (د) تحتوي عادة على بروتونات ونيوترونات .

9- الماناديوم عنصر خيالي (Ma) يحتوي على 111 بروتون و 141 نيوترون . أي ما يلي يمثل ذرة الماناديوم؟

- (أ)  $^{111}_{30}\text{Ma}$       (ب)  $^{141}_{30}\text{Ma}$   
 (ج)  $^{141}_{111}\text{Ma}$       (د)  $^{252}_{111}\text{Ma}$

10- أي الجسيمات التالية تحتوي على 20 نيوترونًا، و 19 بروتونًا، و 18 إلكترونًا؟

- (أ)  $^{39}_{19}\text{K}^+$       (ب)  $^{39}_{19}\text{K}$   
 (ج)  $^{40}_{18}\text{Ar}^{2+}$       (د)  $^{40}_{18}\text{Ar}$

### أسئلة تركيبية

11- أكمل التعريفات التالية :

- (أ) العدد الذري للعنصر هو عدد ..... في نواهيه الذي يساوي عدد ..... .  
 (ب) العدد النووي أو الكتلي للعنصر هو مجموع أعداد ..... .  
 (ج) ..... هو جسيم موجب الشحنة يوجد داخل ..... الذرة .  
 (د) النيوترون هو جسيم ..... له كتلة تساوي كتلة ..... .  
 (ه) ..... هو جسيم مشحون بشحنة سالبة له كتلة يفترض أنها ..... .  
 (و) ذرات نفس ..... لها كتل مختلفة تسمى ..... . وبها أعداد مختلفة من ..... .

-1- ترتيب العناصر في الجدول الدوري طبقاً لـ:  
 (أ) العدد الكتلي      (ب) العدد الذري  
 (ج) النشاط      (د) الكثافة

-2- ذرة لها عدد ذري 19 ، وعدد كتلي 40 :  
 (أ) توجد في المجموعة II .  
 (ب) توجد في الدورة الثالثة .  
 (ج) لها نفس عدد البروتونات والإلكترونات .  
 (د) لها نفس عدد البروتونات والنيوترونات .

-3- تحتوي دائمًا العناصر في دورة معينة على :  
 (أ) نفس عدد الإلكترونات في غلافها الخارجي .  
 (ب) نفس عدد البروتونات في نواتها .  
 (ج) نفس عدد الأغلفة الإلكترونية .  
 (د) عناصر متشابهة الفاعلية .

-4- نظائر نفس العنصر بها :  
 (أ) نفس عدد البروتونات .  
 (ب) نفس عدد النيوترونات .  
 (ج) مختلفة في عدد الإلكترونات .  
 (د) نفس العدد الكتلي .

-5- جسيم النيوترون :  
 (أ) كتلته 1 جم .  
 (ب) كتلته تساوي تقريباً كتلة البروتون .  
 (ج) شحنته تساوي شحنة الإلكترون، ولكن عكسها .  
 (د) يوجد في جميع الذرات .

-6- فيما يلي قائمة بالأعداد الذرية لبعض العناصر . أي منها يمثل عنصراً غير موجود في نفس الدورة التي توجد بها العناصر الأخرى ؟

- (أ) 3      (ب) 9  
 (ج) 10      (د) 12

-12- من خلال المخطط الهيكلي التالي للجدول الدوري، أجب عما يلي :

- اذكر اسم أربعة عناصر في نفس الدورة.
- اذكر اسم أربعة عناصر في نفس المجموعة.
- اذكر اسم أربعة عناصر غازية.
- أي العناصر له خواص مغناطيسية؟
- أي العناصر تعتبر سوائل في درجة حرارة وضغط الغرفة؟

-13- أعطيت بعض العناصر حروفًا من A إلى G (ليست رموزها الكيميائية) لها أعداد بروتونية كالتالي :

A 3, B 10, C 9, D 17, E 11, F 18, G 20

- أي تلك العناصر أغلفتها الخارجية مكتملة؟
- أي تلك العناصر في المجموعة I بالجدول الدوري؟
- أي تلك العناصر في المجموعة II بالجدول الدوري؟
- أي تلك العناصر في المجموعة VII بالجدول الدوري؟
- أي تلك العناصر في المجموعة 0 بالجدول الدوري؟

## ركن التفكير

### المهارة: الفهم

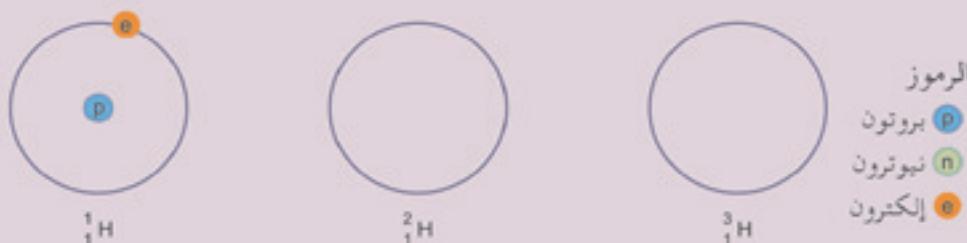


الفقرة التالية هي عن نظائر الهيدروجين الثلاثة.

يمكن لعنصر الهيدروجين أن يتواجد في ثلاثة نظائر تسمى بروتون H<sup>1</sup> (عادة يسمى هيدروجين)، وديوتريوم H<sup>2</sup> (يسمى هيدروجين ثقيل)، والترتيوم H<sup>3</sup>. تكون وفرة تلك النظائر في الهيدروجين الطبيعي 99.984% ديوتريوم 0.015% ديوتريوم. الترتيوم نادر جدًا ومشع. تكون بالطبع البنية الإلكترونية لتلك النظائر متماثلة، ولذا تتشابه خواصها الكيميائية. ومع ذلك تختلف خواصها الفيزيائية، وتكون نسبة فروق الكتلة أكبر من النسب لغير نظائر أخرى لعناصر أخرى. تتوارد معظم ذرات الهيدروجين في الماء على هيئة H<sub>2</sub>O إلا أنها تجدر أن بين كل 6 000 جزيء ماء عادي يوجد جزيء واحد فقط على هيئة D<sub>2</sub>O (ماء ثقيل). يبين الجدول التالي مقارنة للخواص الفيزيائية لهذين الجزيئين. الماء الثقيل أو D<sub>2</sub>O له استخدامات مهمة، ويُصنع باستخدام التحليل الكهربائي للماء العادي. يتحرر الهيدروجين العادي في الماء بسهولة أكثر من الهيدروجين الثقيل، لذلك يزداد تركيز D<sub>2</sub>O باستمرار التحليل الكهربائي. يكون الاستخدام الرئيسي للماء الثقيل كمهدئ في المفاعلات النووية.

D <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	
3.82 °س	0 °س	درجة الانصهار
101.4 °س	100 °س	درجة الغليان
3 جم	3.6 جم	ذوبانية الملح (عند 25 °س لكل 100 جم)

◀ أكمل الأشكال التالية لتوضيح تركيب نظائر الهيدروجين الثلاثة.



◀ لماذا يكون لنظائر الهيدروجين "نسبة فروق كتلة" هي الأعلى بين نظائر العناصر الأخرى؟

◀ فسر

- كون درجة غليان الماء الثقيل D<sub>2</sub>O أعلى منها للماء العادي H<sub>2</sub>O.
- كون ذوبانية الملح في الماء الثقيل أقل منها في الماء العادي.

# Bonding and Structure

## الترابط والبنية



### أهداف التعلم



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

- ✓ تصف تكوين الأيونات عن طريق فقد / اكتساب إلكترونات للحصول على التشكيل الإلكتروني (غاز خامل).
- ✓ تصف تكوين الروابط الأيونية بين الفلزات واللافلزات، مثل كلوريد الصوديوم ( $\text{NaCl}$ )، وكلوريد الكالسيوم ( $\text{CaCl}_2$ )، وأكسيد البوتاسيوم ( $\text{K}_2\text{O}$ ).
- ✓ تذكر أن المواد الأيونية تتكون من شبكات كبيرة تتماسك فيها الأيونات المختلفة مع بعضها عن طريق الجذب الإلكتروني-ستاتيكي مثل شبكة كلوريد الصوديوم.
- ✓ تستنتج صيغة مركب أيوني ثانوي من مخطط لبيته شيكته.
- ✓ تصف تكوين الروابط التساهمية بمشاركة زوج من الإلكترونات لتكوين التشكيل الإلكتروني لغاز خامل.
- ✓ تصف مستخدماً "مخططات النقط و X" ، تكوين روابط تساهمية بين العناصر اللافلزية مثل  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ .
- ✓ تقارن تركيب المواد المزبطة والممواد ذات الجزيئات الضخمة كالماس والجرافيت.
- ✓ تصف الفلزات كشبكة للأيونات الموجبة في بحر من الإلكترونات.
- ✓ تربط التوصيل الكهربائي للفلزات بحركة الإلكترونات في البنية.
- ✓ تتنبأ بالخواص الفيزيائية ( بما في ذلك الخاصية الكهربائية ) للمركبات الأيونية، وتربط تلك الخواص ببنيتها وترابطها.
- ✓ تتنبأ بالخواص الفيزيائية للمركبات التساهمية، وتربط تلك الخواص بتركيبتها وترابطها.

يوجد في بلورة الماس بلايين من ذرات الكربون مرتبطة مع بعضها مكونة جزيئاً واحداً ضخماً وعملاقاً.

### 1-3 ماذا يقصد بالترابط والبنية؟

What are Bonding and Structure?

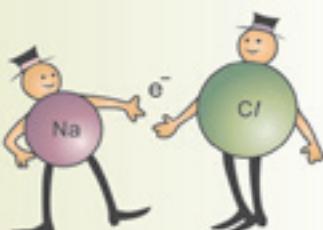
تعرفنا في الوحدة الرابعة على ترتيب البروتونات، والنيترونات، والإلكترونات في الذرات. ويعتبر توزيع الإلكترونات، وخصوصاً إلكترونات التكافؤ، هو المسؤول عن عملية الترابط. الترابط هو طريقة اندماج الذرات معًا واتحادها مع بعضها البعض. ويسمى ترتيب الجسيمات الناتجة البنية.



شكل 1-3 تركيبات غاز نبيل

### 2-3 الأيونات والروابط الأيونية: انتقال الإلكترونات

Ions and Ionic Bonds:  
The Transfer of Electrons

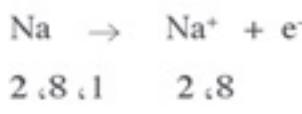


تحد الذرات معًا في هذا النوع من الترابط بانتقال الإلكترونات من ذرة لأخرى.

ويتضمن ذلك إما فقد أو اكتساب إلكترونات، مما يتسبب في تكوين الأيونات. والأيونات جسيمات مشحونة بشحنات موجبة أو سالبة، وتتماسك معًا عن طريق الجذب الإلكتروني.

ولفهم ذلك النوع من الترابط،تناول كلوريد الصوديوم باعتباره مادة شائعة، تعرف بملح الطعام، وهي ضرورية للحياة وتعتبر عديمة الفرار رغم تكونها من عنصرين هما الصوديوم المتفجر في الهواء، والكلور السام للغاية. كيف يكون هذان العنصران الخطيران عند اتحادهما ملح الطعام، المركب غير المؤذي والمفيد للغاية؟

ذرة الصوديوم ذرة شديدة الفاعلية نظرًا لتوزيعها الإلكتروني (التشكيل) 2, 8, 1، وتحتوي على إلكترون تكافؤ واحد في غلافها الثالث، ممسوك على نحو غير محكم حيث يعتبر الأبعد عن قوة جذب النواة موجبة الشحنة. وعند فقد هذا الإلكترون، يصبح للصوديوم خالقًا خارجيًا ثابتًا ومكتملاً يسمى ثانوي. ويكون أيون صوديوم موجب الشحنة، حيث فقد إلكترونًا سالب الشحنة (يحتوي أيون الصوديوم على 11 بروتوناً، و 10 إلكترونات فقط).



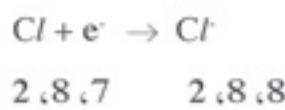
الشحنة على أيون الصوديوم:

الشحنة على 11 بروتون = 11+

الشحنة على 10 إلكترون = 10-

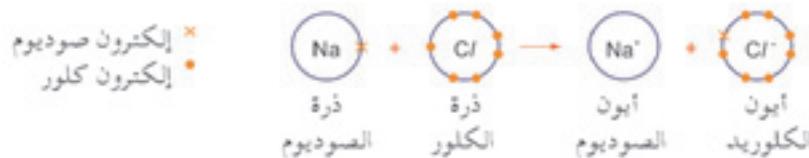
الشحنة الكلية = 1+

ويسهل التشكيل الإلكتروني لذرة الكلور 2، 8، 7 على ذرة الصوديوم عملية فقد إلكترونها الخارجي . فالتشكيل الإلكتروني للكلور هو 2، 8، 7 حيث يبحث الكلور عن إلكترون لتمكّله غلافه الثالث ، حتى يكون غالباً ثمانياً مستقراً . تجذب نواة الكلور إلكتروننا من ذرة الصوديوم ، ويصبح الكلور أيون كلوريد سالب الشحنة ( لأنه يحتوي الآن على 17 بروتوناً فقط ، و 18 إلكترونًا) .



**الشحنة على أيون الكلوريد:**  
الشحنة على 17 بروتون = 17+  
الشحنة على 18 إلكترون = 18-  
**الشحنة الكلية**

يمكننا عموماً تمثيل ذلك باستخدام مخطط النقط و لإيضاح الإلكترونات في الذرات المختلفة ( شكل 2-3 ) .



شكل 2-3 مخطط باستخدام النقط و لتوضيح تفاعل ذرات الصوديوم والكلور (الأغلفة الثالثة فقط هي المبينة) .

ت تكون الروابط الأيونية بنفس الطريقة في كل من المركبات المبينة في جدول 1.

المركب	تكوين الأيون
فلوريد البوتاسيوم (KF)	$\text{K} + \text{F} \rightarrow \text{K}^+ + \text{F}^-$
كلوريد الليثيوم (LiCl)	$\text{Li} + \text{Cl} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{Cl}^-$
أكسيد الماغنيسيوم (MgO)	$\text{Mg} + \text{O} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{O}^{2-}$ (فقد 2 إلكترون)
كلوريد الكالسيوم ( $\text{CaCl}_2$ )	$\text{Ca} + 2\text{Cl} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
أكسيد البوتاسيوم ( $\text{K}_2\text{O}$ )	$2\text{K} + \text{O} \rightarrow 2\text{K}^+ + \text{O}^{2-}$ (اكتسب 2 إلكترون)

جدول 1 مخططات النقاط و لبعض المركبات الأيونية (إلكترونات الثكاف فقط هي المبينة)

		1 H <sup>+</sup>						
I	II				VI	VII		2
3 Li <sup>+</sup>	4 Be <sup>2+</sup>		5	6	7	8 O <sup>2-</sup>	9 F <sup>-</sup>	10
11 Na <sup>+</sup>	12 Mg <sup>2+</sup>		13 Al <sup>3+</sup>	14	15	16 S <sup>2-</sup>	17 Cl <sup>-</sup>	18
19 K <sup>+</sup>	20 Ca <sup>2+</sup>							

الرابطة الأيونية هي السائدة بين فلزات المجموعتين I، II في الجدول الدوري، وبين اللافلزات في المجموعتين VI، VII. أما مجموعات وسط الجدول الدوري فتحتوي على إلكترونات عديدة في أغلفتها الخارجية لتكون أيونات، ويطلب ذلك طاقة كبيرة لفقد أو اكتساب ثلاثة أو أربعة إلكترونات. يعتبر أيون الألومنيوم  $Al^{3+}$  استثناءً، ولكنه يبيّن أيضًا بعض الخواص التساهمية ويبين شكل 3-3 الأيونات التي تكونها العشرون عنصرًا الأولى في الجدول الدوري.

شكل 3-3 بعض أيونات العشرون عنصرًا الأولى

### Molecules and Covalent Bonds: The Sharing of Electrons

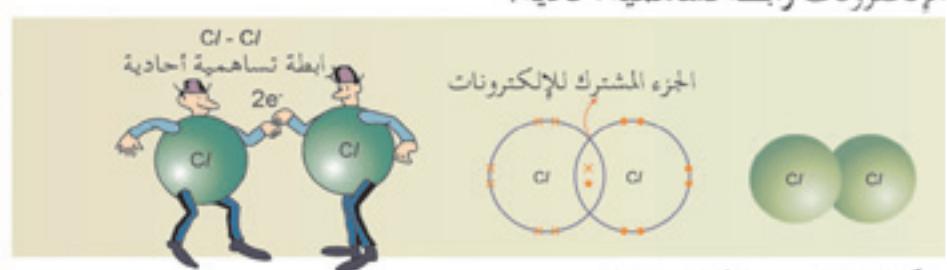
### 3-3 الجزيئات والروابط التساهمية: المشاركة الإلكترونية

تعتبر المشاركة الإلكترونية بديلاً للترابط الأيوني، تفضله العناصر غير الفلزية ومركباتها في المجموعات III، IV، V، VI ويتضمن مشاركة إلكترونات دون انتقالها. ولا تكون بالتالي جسيمات مشحونة، بل تكون مجموعات من الذرات تسمى جزيئات.

لتوضيح ذلك النوع من الترابط، سندرس جزيئاً بسيطاً كجزيء غاز الكلور. يكون لدى كل ذرة كلور 7 إلكترونات في غلافها الخارجي. ويكون تشكيلها الإلكتروني  $2, 7$  مما يعني أن إلكترونًا واحدًا ينقصها في الغلاف الثالث للوصول إلى الحالة الثمانية المستقرة. وتحقق هذا الثبات بمشاركة إلكترون واحد مع ذرة كلور أخرى التي تشارك بدورها بـ إلكتروناتها. ويُكوّن ذلك الزوج المشترك من الإلكترونات رابطة تساهمية أحادية.



(أ) كلور



شكل 4-3 جزيء الكلور ( $Cl_2$ )

أما في جزيء الأكسجين فنجد أن كل ذرة أكسجين لديها ستة إلكترونات في غلافها الخارجي، ويكون تشكيلها الإلكترونى  $2, 6$  مما يعني أنها ينقصها إلكترونين لتصل إلى الحالة الثمانية المستقرة. وتحقق الثبات بمشاركة ذرة أكسجين أخرى بـ إلكترونين، التي تشارك بدورها بـ إلكترونات من إلكتروناتها. ويكون الإجمالي أربعة إلكترونات (2 زوج من الإلكترونات)، تشتراك فيهم ذرتا الأكسجين، فتشكلون بينهما رابطة تساهمية ثنائية.



(ب) أكسجين

نمذج للجزيئات



شكل 5-3 جزيء أكسجين ( $O_2$ )

## فكرة علمية



غاز النيتروجين ( $N_2$ ) مثل غاز الأكسجين هو جزيء تساهمي، ولكن لكل ذرة نيتروجين خمسة إلكترونات في غلافها الخارجي.

(أ) أكمل المخطط الموضح لتبين كيف تتحقق ذرتا غاز النيتروجين غالباً خارجياً ثابتاً بمشاركة الإلكترونات.

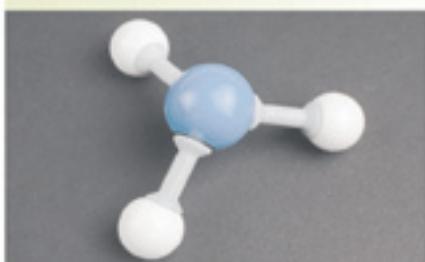
(ب) أي أنواع الروابط التساهمية تطلق على تلك الرابطة؟



(أ) هيدروجين



(ب) ميثان



(ج) أمونيا

نمذاج لجزيئات مواد تساهمية

يبين جدول 2 أمثلة أخرى لجزيئات تساهمية شائعة.

الروابط التساهمية	الجزيء
$H^\bullet + \bullet H \rightarrow \begin{array}{c} H \\    \\ H \end{array}$ $H - H$	هيدروجين $H_2(g)$
$4H^\bullet + \bullet C \bullet \rightarrow \begin{array}{c} H \\   \\ H \\   \\ H \\   \\ C \\   \\ H \\   \\ H \end{array}$ $H - C - H$	ميثان $CH_4(g)$
$2H^\bullet + \bullet O \bullet \rightarrow \begin{array}{c} H \\   \\ H \\   \\ O \\   \\ H \end{array}$ زوجان منفردان لا يشتركان في الترابط	ماء $H_2O(g)$
$3H^\bullet + \bullet N \bullet \rightarrow \begin{array}{c} H \\   \\ H \\   \\ N \\   \\ H \\   \\ H \end{array}$ زوج منفرد	أمونيا $NH_3(g)$
$\bullet C \bullet + 2 \bullet O \bullet \rightarrow \begin{array}{c} O \\    \\ C \\    \\ O \end{array}$ $O = C = O$	ثاني أكسيد كربون $CO_2(g)$

جدول 2 جزيئات تساهمية شائعة

## مراجعة سريعة

- ◀ تهدف كل ذرة إلى بلوغ تركيب غاز نبيل.
- ◀ تُستخدم في الترابط إلكترونات تكافؤ الغلاف الخارجي فقط.
- ◀ يتطلب الترابط الأيوني انتقال إلكترونات.
- ◀ تكون الذرات التي تفقد إلكترونًا (واحدًا أو أكثر) أيونات موجبة. تكون الذرات التي تكتسب إلكترونًا (واحدًا أو أكثر) أيونات سالبة.
- ◀ الترابط الأيوني شائع بين عناصر المجموعتين I أو II وبين عناصر المجموعتين VI أو VII.
- ◀ يتضمن الترابط التساهمي مشاركة إلكترونات لتكوين الجزيئات.
- ◀ من أمثلة الجزيئات التساهمية الشائعة هي الماء  $H_2O$ ، والميثان  $CH_4$ ، والأمونيا  $NH_3$ ، وثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ .

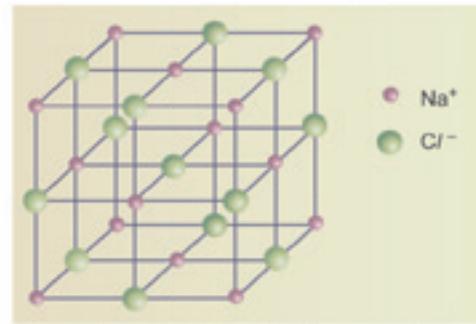
### 4-3 بنية المركبات الأيونية: الشبكات البلورية

The Structure of Ionic Compounds: Crystal Lattices

تترتب بانتظام الأيونات المتكونة نتيجة فقد أو اكتساب إلكترونات في شكل شبكة بلورية علامة.



شكل مكعب منتظم لبلورة  
كلوريد الصوديوم



شكل 3-6 شبكة بلورية لكلوريد الصوديوم

تكون تلك الشبكات مستقرة للغاية بسبب القوى الإلكتروستاتيكية القوية بين الأيونات. ومن ثم فإن معظم المركبات الأيونية تكون صلبة ذات درجات انصهار وغليان عالية. وتكون بعض تلك المركبات مثل الماغnesia ( $MgO$ )، والألومنيا ( $Al_2O_3$ ) مستقرة جدًادرجة استخدامها كمادة مقاومة للحرارة refractory material، لتطبيقات باطن الأفران. يجب أن تكون مثل هذه المواد مستقرة حتى درجة حرارة  $1500^{\circ}\text{C}$  على الأقل. تمتاز الشبكات البلورية بخاصية أخرى هي عدم توصيلها للكهرباء. ويرجع ذلك إلى اتخاذ أيوناتها مواضع ثابتة فلن تكون غير قادرة على الحركة.

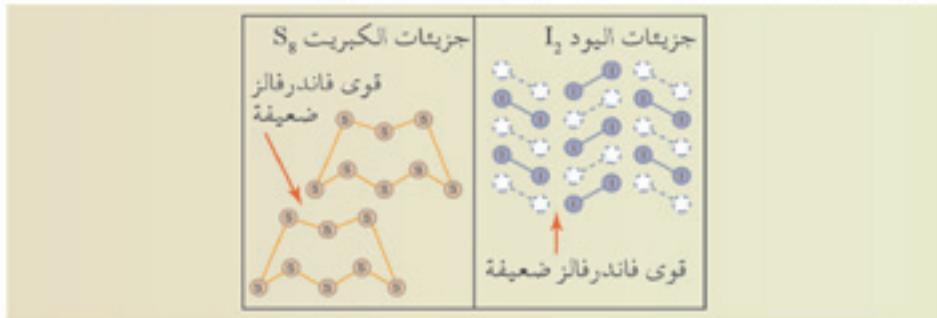
The Structure of Covalent Compounds: Molecules and Macromolecules

### 5-3 بنية المركبات التساهمية : الجزيئات ، والجزيئات الضخمة

يمكن تقسيم المركبات التساهمية إلى مركبات تُكوّن جزيئات بسيطة مستقلة، وإلى مركبات تُكوّن شبكات جزيئية كبيرة.

#### المركبات الجزيئية

تشكلون من وحدات جزيئية مستقلة، كالالمينة في شكل 3-7. وبما أن تلك المركبات لا تكون في حالة أيونية، فإن قوى الجذب بين الجزيئات في المركبات التساهمية الصلبة كالليود والكبريت تكون أضعف بكثير. وتسمى قوى فاندرفالز، وتؤدي إلى تكوين شبكة جزيئية ضعيفة لها درجات انصهار منخفضة.

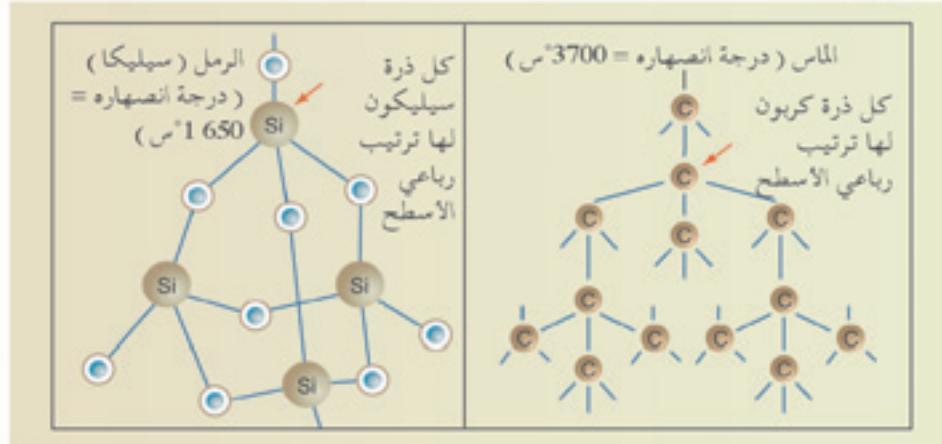


شكل 3-7 مواد تساهمية جزيئية

تكون الجزيئات في السوائل التساهمية كالماء أبعد عن بعضها؛ لذلك تكون قوى فاندرفالز أضعف، وتكون تلك القوى غير موجودة تقريباً في الغازات التساهمية كالأمونيا والميثان، ولكن توجد في الماء قوى جذب أخرى بين الجزيئات. تسمى تلك القوى **الروابط الهيدروجينية**، وتحصل للماء درجات انصهار وغليان أعلى مما يمكن توقعه مع قوى فاندرفالز الضعيفة هذه.

### المركبات ضخمة الجزيئات

تحتوي هذه المركبات على جزيئات تساهمية عملاقة ذات شبكات جزيئية ضخمة للغاية. وتكون مستقرة جداً، حيث ترتبط جميع الذرات معاً بروابط تساهمية قوية لتعطي شبكة قوية ثلاثة الأبعاد. وكثيراً ما يكون شكل الشبكة رباعي السطوح، فترتبط كل ذرة تساهمياً مع أربعة ذرات أخرى. ومن أمثلة الجزيئات الضخمة الماس والرمل (انظر شكل 3-8). بلورة الماس أو حبة الرمل هي مجرد جزيء واحد عملاق. ولأن تلك الجزيئات صلبة وقوية للغاية، فإن لها درجات انصهار مرتفعة جداً.

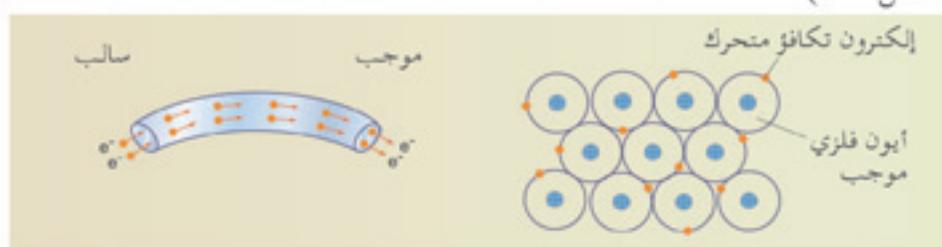


شكل 3-8 الجزيئات الضخمة التساهمية

### Metallic Bonding: Ions in a Sea of Electrons

### 6-3 الترابط الفلزي: أيونات في بحر من الإلكترونات

يوجد هذا النوع من الترابط في الفلزات فقط. الفلزات كهروموجبة بطبعتها أي تميل لفقد الإلكترونات تكافؤها لتكون أيونات موجبة. وبما أن الذرات تكون محتشدة ومتقاربة جداً من بعضها، تصبح الإلكترونات التكافؤ الخارجية غير متمركزة. وينتتج عن ذلك ترتيب منظم لأيونات فلزية موجبة محزومة معاً، ومحاطة بـ"بحير" من الإلكترونات تكافؤاً متراكمة تربط الأيونات معاً. وتعمل الإلكترونات التكافؤ الحرة "كالغراء"، فترتبط الأيونات الفلزية معاً في طبقات (انظر شكل 3-9).



شكل 3-9 الترابط الفلزي

## اختبار فهمك 2

- (1) ماذا تسمى الرابطة التي تتم بانتقال الإلكترونات؟
- (2) ماذا تسمى الرابطة التي تتم بمشاركة الإلكترونات؟
- (3) كم عدد الإلكترونات المشتركة في الرابطة الثنائية؟
- (4) إذا فقدت ذرة ثلاثة إلكترونات ماذا تكون شحنتها؟
- (5) إذا اكتسبت ذرة إلكترونين، ماذا تكون شحنتها؟
- (6) ما نوع الرابطة التي تجدها في الجزيئات؟
- (7) لماذا تعتبر الفلزات موصلات جيدة للكهرباء؟
- (8) أعط أربع خواص أخرى للفلزات.

عند توصيل فلز في دائرة كهربية، تتحرك الإلكترونات التكافؤ حرقة الحركة نحو العرف الموجب، لتحول محلها إلكترونات يتم تغذية الفلز بها من العرف السالب. لذلك تعتبر الفلزات موصلات جيدة للكهرباء.

هذا الترابط الوثيق ثلاثي الأبعاد للأيونات الفلزية، يعطي أيضًا الفلزات خواصها المميزة الأخرى. فالإلكترونات التكافؤ الحرقة يجعل الفلزات جيدة التوصيل للحرارة فتشتغل الطاقة الحرارية من أيون إلى آخر مجاور له عن طريق التذبذب ليكون الأيونات قريبة جدًا من بعضها البعض، كما أنها تجعل العديد من الفلزات قوية، وذات كثافة عالية، ودرجات انصهار مرتفعة، ورغم بنيتها القوية لا تكون قاسية. وتسمح تلك البنية لقوة خارجية بالتبسب في انزلاق طبقات الجسيمات فوق بعضها البعض، مما يجعل الفلزات قابلة للطرق (نطراق الفلزات إلى أشكال مختلفة)، والسحب (سحب الفلزات إلى أسلاك).

## مراجعة سريعة

- ◀ تترتب الأيونات في المركبات الأيونية، في شبكات بلورية.
- ◀ تكون عادة الشبكات البلورية مواد صلبة مستقرة.
- ◀ تكون المركبات التساهمية إما جزيئات بسيطة أو جزيئات ضخمة.
- ◀ تنجذب الجزيئات البسيطة مع بعضها البعض بقوى جذب ضعيفة، وتكون عادة غازات أو سوائل.
- ◀ تكون عادة الجزيئات الضخمة مستقرة جدًا كالرمل، والماس.
- ◀ ترجع خواص الماس والجرافيت الطبيعية إلى نوع الترابط، والبنية التركيبية.
- ◀ يتضمن الترابط الفلزي عدم تمركز إلكترونات التكافؤ، فينتج عن ذلك أيونات فلزية موجبة محاطة ببئر من الإلكترونات.
- ◀ يعطي الترابط الفلزي للفلزات كثافة عالية، ودرجات انصهار مرتفعة لأن القوى بين الجسيمات تكون قوية. والفلزات أيضًا موصلات جيدة للحرارة والكهرباء.

Properties of Ionic and Covalent Substances

## 7-3 خواص المواد الأيونية والتساهمية

الرابطة	المادة	درجة الانصهار (°س)	درجة الغليان (°س)	الذوبان (في الماء)	الوصيل الكهربائي (للمعهور)
أيونية	كلوريد الصوديوم كلوريد النحاس (II) بروميد البوتاسيوم كلوريد كالسيوم	801+ 620+ 728+ 778+	1 413+ 990+ 1 376+ 1 600+	ذواب ذواب ذواب ذواب	جيد جيد جيد جيد
تساهمية	ميثان ثاني أكسيد الكربون ماء بود كبريت	182- 78- 0 114+ 144+	161- 78- 100+ 184+ 444+	غير ذواب قليل الذوبانية — قليل الذوبانية غير ذواب	رديء رديء رديء رديء رديء

جدول 3 الخواص الفيزيائية للمركبات

### اخبر فهمك 3



يبين جدول 3 مقارنة بين المواد الأيونية والتساهمية بدلالة خواص التطاير ( درجة الانصهار والغليان ) ، والذوبانة ، والتوصيل الكهربائي .

الوصول الكهربائي			درجة الانصهار (س)	درجة الغليان (س)	درجة	النوع
النوع	النوات	اللسان				
حيد	حيد	حيد	1 210	650	A	
حيد	رديم	رديم	14	93	B	
لابور	جيد	جيد	357	39	C	
جيد	رديم	رديم	59	8	D	
لابور	رديم	رديم	2 360	1 800	E	
لابور	جيد	جيد	3 000	1 535	F	

مستخدماً الجدول ، تحرير المادة التي

تعتبر

- (1) غازاً تساهماً.
- (2) سائلًا تساهماً.
- (3) صلباً أيونياً.
- (4) شبكة جزيئية تساهمية عملاقة.
- (5) عنصرًا فلزياً صلباً.
- (6) عنصرًا فلزياً سائلاً.

ترى من جدول 3 أن المواد الأيونية تكون عادة صلبة ، وذات درجات انصهار وغليان مرتفعة . ويرجع السبب في ذلك لوجود قوى الجذب الإلكتروني-ستاتيكي القوية بين الأيونات ذات الشحنات المتشبطة . يؤدي ذلك إلى تركيبات مستقرة تسمى شبكات بلورية يصعب صهرها . وتكون دائمًا الأيونات مرصوصة بشكل منتظم داخل تلك الشبكات لتعطي شكلًا كثليًا للبلورة . ففي شبكة كلوريد الصوديوم ، تكون الأيونات مرصوصة في مكعبات ، ليكون الشكل العام للبلورة مكعباً .

تكون عادة المركبات التساهمية غازات ، أو سوائل متقطالية ، أو مواد صلبة لها درجات انصهار وغليان منخفضة ، مما يعني تبخرها بسهولة وتصاعد راحتها . لذلك يمكن استخدام المركبات التساهمية كمكبسات طعم أو كعطور . يعتبر الوقود كالبنزين والغاز الطبيعي جزيئات تساهمية ، وكذلك المواد الموجودة داخل طفایيات الحريق والأبرسولات .

### الذوبانية

تدوب معظم المواد الأيونية في الماء ، لأن الماء رغم كونه تساهمي الترابط إلا أنه جزيء قطبي مثل المغناطيس . ويسمى ذلك بالقطبية ، ويتسبب في ترتيب جزيئات الماء نفسها حول الأيونات . تجذب الأيونات الموجبة القطب السالب لجزيء الماء (طرف الهيدروجين) . وتحذب الأيونات السالبة القطب الموجب لجزيء الماء (طرف الهيدروجين) .

لا تذوب معظم المركبات التساهمية في الماء ، ولكنها تذوب في مذيبات غير قطبية مثل رباع كلوريد الميثان ، أو البنزين ، وتسمى بالمذيبات العضوية .

### التوصيل الكهربائي (الموصلة)

عندما تكون المركبات الأيونية صلبة ، فإنها لا توصل التيار الكهربائي ، ولكن عندما تكون مصهورة أو ذائبة في الماء ، فإنها توصل الكهرباء . يرجع ذلك لأنكسار الشبكة البلورية الأيونية ، وتحرك الأيونات منها . تحمل هذه الأيونات المتحركة التيار الكهربائي . غير أن المركبات التساهمية تعتبر موصلات رديئة للكهرباء ، حتى إذا كانت مصهورة ، وذلك لأنها لا تحتوي على أيونات ، ولكن تكون من جزيئات لا تستطيع حمل التيار الكهربائي .

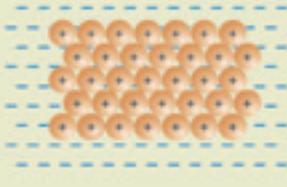
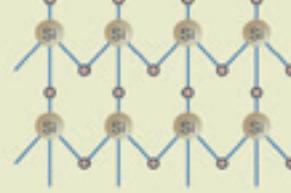
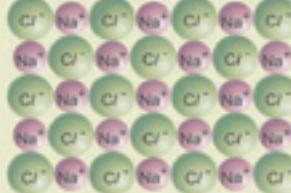


شكل 3-10 تكسير الشبكة البلورية بالتسخين

## ملخص



سوف يساعدك هذا الجدول على تذكر النقاط المهمة لهذه الوحدة.

فلزات	مواد تساهمية		مواد أيونية
	جزيئات بسيطة	جزيئات ضخمة	
<ul style="list-style-type: none"> <li>الجسيمات تكون ذرات مثل <math>\text{Na}</math>, <math>\text{Cu}</math>, <math>\text{Fe}</math></li> <li>بها أيونات موجبة في بحر من الإلكترونات</li> <li>تُكون شبكات ثابتة قوية</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>الجسيمات تكون جزيئات صغيرة مثل الرمل، واللأس، وبولي إيثيلين، والجرافيت</li> <li>بها إلكترونات مشاركة</li> <li>تُكون جزيئات بسيطة، تكون قوى الجذب بين ذراتها ضعيفة</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>الجسيمات تكون جزيئات ضخمة مثل <math>\text{H}_2\text{O}</math>, <math>\text{O}_2</math>, <math>\text{CO}_2</math></li> <li>بها إلكترونات</li> <li> تكون قوى الجذب بين ذراتها قوية</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>الجسيمات هي أيونات مثل <math>\text{Na}^+\text{Cl}^-</math>, <math>\text{Mg}^{2+}\text{O}^{2-}</math></li> <li>فقدت أو اكتسبت إلكترونات</li> <li>تُكون شبكات بلورية علاقاة ذات قوى جذب كبيرة بين الأيونات</li> </ul> 
مثلاً فلز النحاس	مثلاً الرمل	مثلاً غاز الأمونيا	مثلاً شبكة كلوريد الصوديوم
<ul style="list-style-type: none"> <li>مواد صلبة (عدا الزئبق)</li> <li>لها درجات انصهار وغليان عالية</li> <li>بعضها يذوب في الماء</li> <li>توصل الكهرباء عندما تكون صلبة أو منصهرة</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>عادية غازات أو سوائل متطابقة</li> <li>لها درجات انصهار وغليان منخفضة</li> <li>ذوبان في الماء</li> <li>لا توصل الكهرباء (عدا الجرافيت)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>مواد صلبة</li> <li>لها درجات انصهار وغليان مرتفعة</li> <li>عادية ذوبان في الماء</li> <li>تُوصل الكهرباء عندما تكون مصهورة أو مذابة في الماء</li> </ul>	

## خريطة مفاهيم



**الأيونات السالبة:** لاقلرات وشقوق حمضية (مجموعة ذرات) اكتسبت إلكترونًا (أو أكثر) مثل  $O^{2-}$  أيون الأكسيد، يتكون عندما تكتسب ذرة الأكسجين إلكترونين.

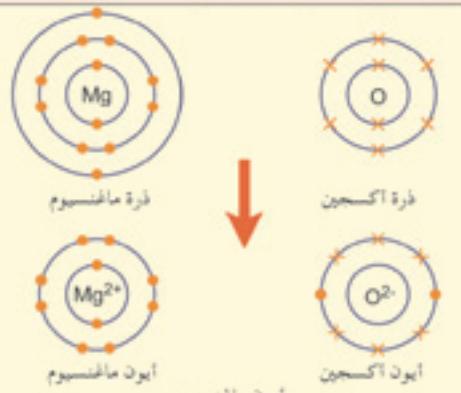
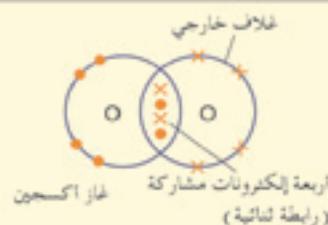
**الأيونات الموجبة:** ذرات هيدروجين أو ذلت فقد إلكترونًا (أو أكثر) مثل  $Mg^{2+}$  وهو أيون ماغنيسيوم تكون عندما تفقد ذرة الماغنيسيوم إلكترونين.

**الرابط:** ترابط الذرات معًا لتحقيق الاستقرار (أغلفة خارجية مكتملة).

**الرابط الأيوني:** انتقال إلكترونات لتكون غلاف خارجي مكتمل. يحدث ذلك بين الفلزات (مجموعة I و II)، وبين اللاقلرات (مجموعة VI و VII).

**الربط التساهمي:** مشاركة الإلكترونات لتكون غلاف خارجي مكتمل. يحدث ذلك بين ذرات اللاقلرات لتكون الجزيئات.

**الثماني:**  
غلاف خارجي مكتملاً بثمانية إلكترونات.



**رابطة ثنائية:** بمشاركة أربعة إلكترونات كما في غاز الأكسجين  $O=O$  أي  $O_2$

**رابطة أحادية:** بمشاركة إلكترون  $Cl-Cl$  كما في غاز الكلور  $Cl_2$  أي  $Cl - Cl$

**شبكة بلورية:** تركيب مستقر تنسكب فيه الأيونات معًا في مواضع ثابتة يقوى إلكتروستاتيكياً قوية.

**خواص المركبات التساهمية:** جزيئات تكون عادة غازات أو سوائل متناثرة لها درجات غليان منخفضة، لا تذوب عموماً في الماء وهي غير موصلة للكهرباء.

**خواص المركبات الأيونية:** عادة صلبة لها درجات انصهار ودرجات غليان عالية، وذوابة في الماء، وتوصيل الكهرباء فقط عندما تكون مصهورة أو مالية.

**جزيئات ضخمة:** جزيئات تساهمية عاملقة مثل الرمل، والماسن، والجرافيت..... إلخ. ترجع خواص هذه الجزيئات إلى تركيباتها المستقرة.

**الشبكة الفلزية:** شبكة من أيونات موجبة في بحر من الإلكترونات. تعزى خواص الفلزات إلى تركيب هذه الشبكات.



- P<sup>2+</sup> (ب) P<sup>+</sup> (أ)  
P<sup>2-</sup> (د) P<sup>-</sup> (ج)
- 8- أثناء تكون الرابطة الأيونية، فإن الذرات المشتركة:  
 (أ) تكتسب إلكترونات فقط.  
 (ب) تشارك بالإلكترونات.  
 (ج) تفقد وتكتسب إلكترونات.  
 (د) تفقد إلكترونات فقط.
- 9- التشكيل الإلكتروني للفلور هو 2, 7 وللاكسجين 2, 6 ومن ثم تكون صيغة أكسيد الفلور هي:  
 (أ)  $\text{Fl}_2\text{O}$  (ب)  $\text{F}_2\text{O}$   
 (ج)  $\text{F}_2\text{O}_2$  (د)  $\text{F}_2\text{O}_3$
- 10- أي العبارات التالية غير صحيحة عن الروابط التساهمية؟  
 (أ) يحتوي  $\text{HCl}$  على زوج واحد من إلكترونات مشتركة.  
 (ب) يحتوي  $\text{CCl}_4$  على أربع أزواج من إلكترونات مشتركة.  
 (ج) يحتوي  $\text{H}_2\text{O}$  على ثلاثة أزواج من إلكترونات مشتركة.  
 (د) يحتوي  $\text{NH}_3$  على ثلاثة أزواج من إلكترونات مشتركة.
- أسئلة تركيبية**
- 11- صنف العناصر والمركبات التالية إلى أيونية أو تساهمية، مع ذكر السبب:  
 (أ) ماء نقي ( $\text{H}_2\text{O}$ )  
 (ب) كلوريد بوتاسيوم ( $\text{KCl}$ )  
 (ج) ميثان ( $\text{CH}_4$ )  
 (د) فلوريد الليثيوم ( $\text{LiF}$ )  
 (هـ) رمل ( $\text{SiO}_2$ )  
 (و) يود ( $\text{I}_2$ )  
 (ز) كبريت ( $\text{S}_8$ )
- 12- بين مستخدماً مخطلطات (النقط ، ×) الروابط في المواد الأيونية التالية. الأعداد الذرية لبعض العناصر هي:  
 $\text{S} = 16, \text{F} = 9, \text{Ca} = 20, \text{Cl} = 17, \text{Na} = 11, \text{O} = 8, \text{K} = 19, \text{Mg} = 12$   
 (أ) كلوريد كالسيوم.  
 (ب) كبريتيد بوتاسيوم.  
 (ج) أكسيد كالسيوم.

- أسئلة الاختيار من متعدد
- 1- تسمى الذرة أو مجموعة الذرات المشحونة:  
 (أ) إلكترون (ب) جزيئاً  
 (ج) فلزًا (د) أيوناً
- 2- عنصر X في المجموعة VI بالجدول الدوري، يمكن تمثيل أيونه به:  
 (أ)  $\text{X}^{2+}$  (ب)  $\text{X}^+$   
 (ج)  $\text{X}^{2-}$  (د)  $\text{X}^-$
- 3- أي أزواج العناصر الآتية يرتبط ليكون مركباً بنسبة 4:1:  
 (أ) الماغنيسيوم والكلور.  
 (ب) الصوديوم والأكسجين.  
 (ج) البوتاسيوم والفلور.  
 (د) الليثيوم والكبريت.
- 4- عندما تصبح ذرة الكالسيوم أيون كالسيوم ( $\text{Ca}^{2+}$ ):  
 (أ) تفقد إلكترونات.  
 (ب) تفقد إلكترونين.  
 (ج) تكتسب إلكترونين.  
 (د) يزداد عدد بروتوناتها.
- 5- بلورة تكون درجة انصهارها منخفضة إذا:  
 (أ) كانت جزيئاً ضخماً.  
 (ب) كانت شبكة بلورية.  
 (ج) بها إلكترونات تكافؤ غير متمركزة.  
 (د) بها قوى فاندرفالز ضعيفة.
- 6- أي عنصرين مما يأتي يمكنهما تكوين مركب تساهمي؟  
 (أ) الصوديوم والأكسجين.  
 (ب) النحاس والأكسجين.  
 (ج) الكربون والأكسجين.  
 (د) الماغنيسيوم والأكسجين.
- 7- العناصر R و Q بالجدول الدوري لها أعداد ذرية متزايدة على التوالي. إذا كان عنصر R غازاً نبيلاً، فيكون رمز أيون العنصر P هو

17- (١) أكمل الجدول التالي الذي يوضح خواص بلورات

التصنيف الكهربائي للسائل المنصهر	للجسم الصلب	درجة الانصهار*	الجسيمات الموجودة البلورية	نوع الشبكة متعددة
رديء	.....	.....	ذرات	تساهمية بسيطة
.....	رديء	عالية	أيونات	.....
.....		جيد	أيونات موجبة في بحر من الإلكترونات	.....
رديء	.....	.....	.....	ضخمة الجزيئات

(ب) تعبير الكثافة الجزيئية النسبية لكلوريد الصوديوم ( $\text{NaCl}$ )، والكتلة الجزيئية النسبية للبيوتان ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) متساوية تقريباً. تكون مع ذلك درجة غليان كلوريد الصوديوم أكثر من  $1000^{\circ}\text{C}$  أعلى من درجة غليان البيوتان. هل تستطيع تفسير ذلك؟

- (د) فلوريد ماغنسيوم.  
(هـ) كبريتيد صوديوم.

13- بين مستخدماً مخطلطات (النقط ،  $\times$ ) الروابط في المواد التساهيمية التالية، علماً بأن الأعداد البروتونية هي :

- $C = 6, Cl = 17, N = 7, F = 9, H = 1$   
(أ) غاز فلوريد الهيدروجين ( $\text{HF}$ )  
(ب) غاز الفلور ( $\text{F}_2$ )  
(ج) رابع كلوريد الميثان ( $\text{CCl}_4$ )  
(د) غاز كلوريد الهيدروجين  $\text{HCl}$   
(هـ) غاز ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ )

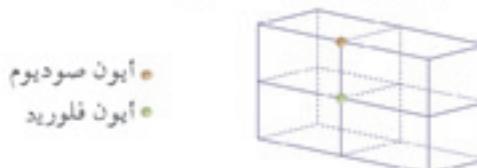
14- تخbir من عناصر الصوديوم، الأكسجين، البوتاسيوم، الكربون، الماغنسيوم، الكلور زوجاً يُكونون مركباً تساهيمياً.

- (ب) أربعة أزواج يُكونون مركبات أيونية.  
(ج) عنصرين يوجدان في الطبيعة كجزئيات ثنائية الذرة.  
(د) عنصرين غازيين.  
(هـ) العنصر الذي له أعلى درجة انصهار.  
(و) زوجاً لا يُكون مركباً مع بعضه.

15- السيلزيوم (Cs) عنصر في المجموعة I بالجدول الدوري.

- (أ) كم عدد الإلكترونات في خلافه الخارجي?  
(ب) اكتب رمز أيونه.  
(ج) اكتب رمز كلوريدته.  
(د) اكتب رمز أكسيدته.  
(هـ) علق على نشاطه.

16- (أ) أكمل شبكة فلوريد الصوديوم بوضع لايون الصوديوم و لايون الفلوريد.

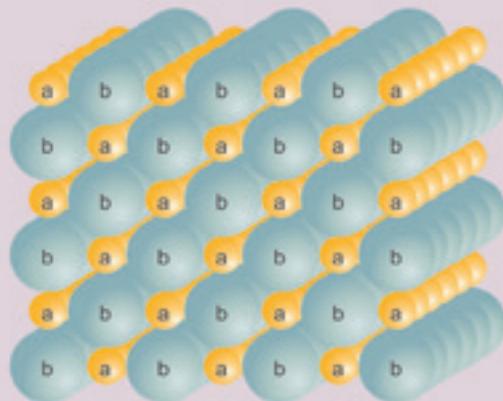


- (ب) فلوريد الصوديوم ( $\text{NaF}$ )، وأكسيد الماغنسيوم ( $\text{MgO}$ ) لهما نفس الشكل البلوري والبنية مع نفس المسافات بين الأيونات. ونجده مع ذلك أن درجة انصهار فلوريد الصوديوم هي  $992^{\circ}\text{C}$ ، ولكن لآكسيد الماغنسيوم هي  $640^{\circ}\text{C}$ . كيف تفسر ذلك؟

## ركن التفكير



### المهارة: الاستنتاج



استنتج أي المركبات الأيونية التالية لها شبكة أيونية كالمبيبة أعلاه.

أكسيد الماغنيسيوم، كبريتيد البوتاسيوم، فلوريد الصوديوم، بروميد الكالسيوم، أكسيد الصوديوم، كلوريد الماغنيسيوم، يوديد الليثيوم، كبريتيد الكالسيوم، كبريتيد الليثيوم.

# الصيغ والمعادلات الكيميائية

## Chemical Formulae and Equations



### أهداف التعلم



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

- ✓ تذكر الرموز الكيميائية للعناصر الشائعة.
- ✓ تستنتج صيغ المركبات الأيونية من الشحنات على الأيونات أو من تكافؤها.
- ✓ تستنتاج صيغ المركبات البسيطة من الأعداد النسبية للذرات الموجودة والعكس.
- ✓ تُعرف الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_r$ ) للمركب.
- ✓ تحسب الكتلة الجزيئية النسبية للمركب، عند إعطائك الكتل الذرية النسبية ( $A_i$ ) لعناصرها.
- ✓ تحسب نسبة كتلة العنصر في المركب عند إعطائك معلومات ملائمة.
- ✓ تحسب الصيغ التجريبية والجزئية من معلومات ذات صلة.
- ✓ تكتب المعادلات الكيميائية المتوازنة برموز الحالة.
- ✓ تكتب المعادلات الأيونية برموز الحالة.
- ✓ تفسر المعادلات الكيميائية برموز الحالة.

تعتبر برامج تشكيل النماذج بالحاسوب مثالية لتوضيح التغيرات التي تحدث أثناء التفاعلات الكيميائية عند تحول التفاعلات إلى نوافذ.

## الرموز الكيميائية: اختصارات عالمية

1-4

Chemical Symbols:  
Universal Abbreviations

يُمثل كل عنصر رمز كيميائي خاص به. يكون الرمز إما حرفًا مفردًا، أو حرفين، ويكون عادة الحرف الأول حرفًا كبيرًا، وإذا وجد حرف ثان يكون حرفًا صغيرًا. يبين جدول 1 اشتغال بعض الرموز الكيميائية.

من الاسم اللاتيني	الحروف الأول والثالث	أول حرفان	الحرف الأول فقط
Cu (Cuprum)	نحاس	Cl chlorine	اللومنيوم
Au (Aurum)	ذهب	Mg magnesium	بروم
Fe (Ferrum)	حديد	Mn manganese	كالسيوم
Pb (Plumbum)	رصاص	Zn zinc	كوبالت
Hg (hydriagyrum)	زئبق	Cr chromium	هيليوم
K (Kalium)	بوتاسيوم		نيتروجين
Ag (argentum)	فضة		أكسجين
Na (natrium)	صوديوم		كربون
Sn (stannum)	قصدير		هيدروجين
		Al aluminium	بoron
		Br bromine	carbon
		Ca calcium	hydrogen
		Co cobalt	iodine
		He helium	nitrogen
		Ne neon	oxygen
		Ar argon	أرجون
		Ni nickel	sulphur
		Ba barium	uranium
			فوسفور

جدول 1 اشتغال الرموز الكيميائية

### ملحوظة

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) هو الجهة المسئولة عالمياً عن تحديد الرموز، والمصطلحات، والكتل الذرية والجزيئية للمواد الكيميائية. وتلتزم جميع المنشورات الكيميائية العالمية تقريباً بما في ذلك المجالات الدورية والبحثية بقواعدة.

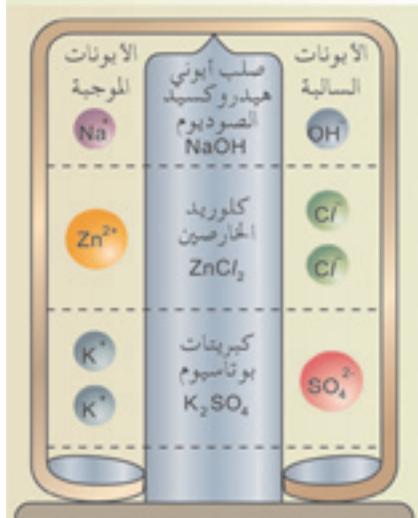
Chemical Formulae:  
The Chemist's Shorthand

## الصيغ الكيميائية: لغة الكيميائي المختزلة

2-4

يُمثل كل مركب كيميائي بصيغة كيميائية تعبر عن نسبة الأعداد المتحدة من الذرات أو الأيونات. ويمكن تحديد تلك الأعداد إما تجريبياً أو باستخدام قائمة أيونات. تعتبر الشحنة على الأيون مقيماً لقوة اتحاده أو تكافؤه.

عند تكون مركب أيوني، ينطوي ذلك على الانتقال الإلكتروني الذي ينبع عنه تكون أيونات موجبة وسالبة. ويكون المركب من عدد من الأيونات الموجبة والسلبية بحيث يكون عدد الشحنات الموجبة مساوياً لعدد الشحنات السلبية. تأمل مركب كلوريد الصوديوم، حيث يكون أيون الصوديوم ( $\text{Na}^+$ ) له شحنة موجبة أحادية، وأيون الكلوريد ( $\text{Cl}^-$ ) له شحنة سالبة أحادية. فتكون صيغته الكيميائية  $\text{NaCl}$ .



شكل 1-4 شحنات أيونية متوازنة

النطاق	أيونات موجبة الشحنة	أيونات سالبة الشحنة
1	صوديوم بوتاسيوم فضة نحاس (I) هيدروجين أمونيوم	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Ag <sup>+</sup> Cu <sup>+</sup> H <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
2	رصاص (II) نحاس (II) ماغنيسيوم كالسيوم خارصين باريوم حديد (II) زئبق (II)	Pb <sup>2+</sup> Cu <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup> Zn <sup>2+</sup> Ba <sup>2+</sup> Fe <sup>2+</sup> Hg <sup>2+</sup>
3	حديد (III) اللومنيوم	Fe <sup>3+</sup> Al <sup>3+</sup>

جدول 2 بعض الأيونات الشائعة

يوجد مع ذلك في مركب كربونات الصوديوم، أيونات صوديوم ( $Na^+$ )، وأيونات كربونات ( $CO_3^{2-}$ ). ولكن يتناسب عدد الشحنات الموجبة مع الشحنات السالبة، فمن الضروري وجود أيونين للصوديوم لكل أيون كربونات واحد. لذلك فإن الصيغة الكيميائية لكرбونات الصوديوم هي  $.Na_2CO_3$ .

$Na_2CO_3$	$\Leftarrow$	$CO_3^{2-}$	$Na^+$	
			$Na^+$	
0		2-	2+	الشحنة الكلية
		$NO_3^-$		
$Al(NO_3)_3$	$\Leftarrow$	$NO_3^-$	$Al^{3+}$	
		$NO_3^-$		
0		3-	3+	الشحنة الكلية

تأمل الآن مركب نترات الألومنيوم، نرى هنا أن أيون الألومنيوم ( $Al^{3+}$ ) يحتاج ثلاثة أيونات نترات ( $NO_3^-$ ) لموازنة شحناته الموجبة. وبناءً عليه تكون صيغته الكيميائية  $Al(NO_3)_3$ . يستخدم القوسان لتوضيح احتياجه لثلاث نترات كاملة. توجد في جدول 3 أمثلة أخرى للصيغة الكيميائية.

الصيغة الكيميائية	الأيونات التي يحويها		المركب
$\text{AgCl}$	$\text{Ag}^+$	$\text{Cl}^-$	كلوريد فضة
$\text{NaOH}$	$\text{Na}^+$	$\text{OH}^-$	هيدروكسيد صوديوم
$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	حمض كبريتيك
$\text{HCl}$	$\text{H}^+$	$\text{Cl}^-$	حمض هيدروكلوريك
$\text{HNO}_3$	$\text{H}^+$	$\text{NO}_3^-$	حمض نيتريك
$\text{H}_2\text{CO}_3$	$\text{H}^+$	$\text{CO}_3^{2-}$	حمض كربونيك
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{OH}^-$	هيدروكسيد كالسيوم
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	$\text{NH}_4^+$	$\text{CO}_3^{2-}$	كربونات أمونيوم
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{O}^{2-}$	أكسيد حديد (III)
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{SO}_4^{2-}$	كبريتات الالمنيوم
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$	بيكربونات كالسيوم

جدول 3 أمثلة لصيغ كيميائية (\*) تشير إلى ضرورة وجود الماء حتى تتشكل الأيونات

لاحظ احتواء الصيغ الكيميائية للأحماض دائمًا على أيونات هيدروجين.

تُذكر عمومًا النقاط التالية عند استنباط الصيغة الكيميائية من الأيونات :

- 1- اكتب اسم المادة.
- 2- اكتب الأيونات المستخدمة.
- 3- وازن الشحنات الموجبة والسلبية إذا كان ذلك ضروريًا.
- 4- اكتب الصيغة الكيميائية من دون الشحنات.

### اختر فهمك 1



أكمل الجدول التالي بكتابة الصيغ الكيميائية، وعدد الذرات الموجودة في كل مركب.

الصيغة	المركب	عدد الذرات الموجودة
$\text{H}_2\text{SO}_4$	حمض كبريتيك	2 هيدروجين 1 كبريت 4 أكسجين
	هيدروكسيد كالسيوم	
	كبريتات نحاس (II)	
	محلول أمونيا	
	كلوريد رصاص (II)	
	كبريتات حديد (III)	

غير أن الكثير من المركبات تكون تساهمية، ومن ثم لا تتشكل من أيونات، ويجب تعلم صيغها الكيميائية حيث لا يمكن استنباطها. يورد جدول 4 قائمة بالجزيئات المهمة.

الصيغة	المركب	الصيغة	المركب
$\text{CO}$	أول أكسيد الكربون	$\text{H}_2$	هيدروجين
$\text{CO}_2$	ثاني أكسيد الكربون	$\text{O}_2$	أكسجين
$\text{SO}_2$	ثاني أكسيد الكبريت	$\text{Cl}_2$	كلور
$\text{SO}_3$	ثالث أكسيد الكبريت	$\text{N}_2$	نيتروجين
$\text{NO}_2$	ثاني أكسيد النيتروجين	$\text{H}_2\text{O}$	ماء
$\text{HCl}$	كلوريد الهيدروجين	$\text{NH}_3$	أمونيا

جدول 4 صيغ الجزيئات التساهمية

### 3-4 التكافؤ والصيغة الكيميائية

#### Valency and Chemical Formulae

التكافؤ	الرمز	العنصر
0	He	هليوم
0	Ne	نيون
1	H	هيدروجين
1	F	فلور
1	Cl	كلور
1	Br	بروم
1	Li	لithium
1	Na	صوديوم
1	K	بوتاسيوم
1	Ag	فضة
2	Mg	ماغنيسيوم
2	Ca	كالسيوم
2	Ba	باريوم
2	Zn	خارصين
1 او 2	Cu	نحاس
3 او 2	Fe	حديد
4 او 2	Pb	رصاص
2 او 4 او 6	S	كبريت
5 او 3	N	نيتروجين
5 او 3	P	فسفور
3	Al	الuminum
4	C	كربون

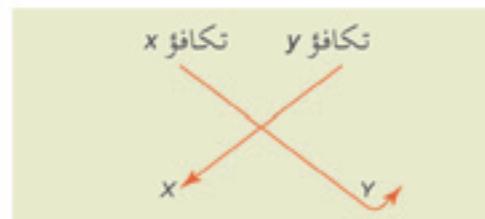
يمكن أيضاً تحديد الصيغة الكيميائية باستخدام تكافؤ الذرات أو الشقوق (مجموعات ذرية). ويساوي ذلك عددي الشحنة على الأيون.

التكافؤ هو قوة اتحاد الذرة أو الشق.

تكون دائمًا التكافؤات أعداداً صحيحة صغيرة أو صفراء ولا تكون العناصر التي لها تكافؤ صفر مركبات. لبعض العناصر أكثر من تكافؤ، ويقال إن لها تكافؤات متعددة. وللتمييز بينها، تستخدم الأرقام الرومانية، أيون النحاس (I) للتمييز بينه وبين أيون النحاس (II)، أو أيون الحديد (II) للتمييز بينه وبين أيون الحديد (III). لعرفة الصيغة الكيميائية للمركب، يكون من الضروري موازنة تكافؤ الذرات أو الشقوق الموجودة (بنفس الطريقة التي استخدمتها في موازنة الشحنات على الأيونات). عند اتحاد ذرات النحاس والأكسجين، توجد صيغتان محتملتان، ويعتمد ذلك على تكافؤ النحاس، مع أكسيد النحاس (II)، يكون لكل من ذرات النحاس والأكسجين نفس التكافؤ وهو اثنان، ولذلك تكون صيغته الكيميائية  $\text{Cu}_2\text{O}$ ، ولكن مع أكسيد النحاس (I)، تحتاج ذرة الأكسجين إلى ذرتين نحاس يكون تكافؤهما واحداً لذلك تكون صيغته الكيميائية  $\text{Cu}_2\text{O}_2$ . يصفة عامة، فيما يلي قاعدة بسيطة:

التكافؤ	الرمز	الشق
1	$\text{OH}^-$	هيدروكسيد
2	$\text{SO}_4^{2-}$	كبريتات
1	$\text{NO}_3^-$	نترات
2	$\text{CO}_3^{2-}$	كربيونات
1	$\text{H}^+$	هيدروجين
1	$\text{HCO}_3^-$	بيكربيونات
1	$\text{NH}_4^+$	أمونيوم

جدول 5 جدول تكافؤ



$$\text{الصيغة الكيميائية } XY = Y_x X_y \text{ إذا كانت } x = y \text{ فاكتبه}$$

### اختبار فهمك 2



#### Relative Molecular Mass ( $M_r$ )

### الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_r$ )

4-4

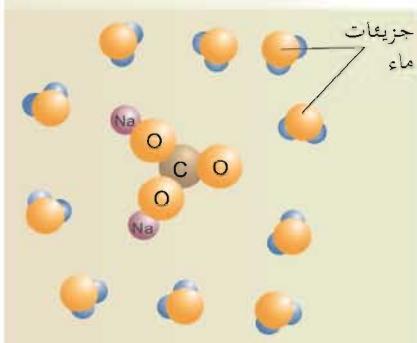
توقفت الكتلة الذرية النسبية ( $M_r$ ) للعنصر في الوحدة الثانية. بنفس الطريقة يكون أيضاً للمركب الذي يمثل بصيغته الكيميائية كتلة جزيئية نسبية ( $M_r$ ).

تُعرف الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_r$ ) لمادة (ما) بأنها متوسط كتلة جزيء المركب، مقارنة بكتلة ذرة  $\text{C}^{12}$  التي تعتبر 12 وحدة.

- (1) كبريتات الكالسيوم
- (2) نترات الالومنيوم
- (3) أكسيد الرصاص (II)
- (4) كبريتات الأمونيوم
- (5) كربونات البوتاسيوم
- (6) هيدروكسيد الليثيوم
- (7) كبريتات الحديد (III)
- (8) بيكربيونات الماغنيسيوم

$A_r$	العنصر	$A_r$	العنصر
35.5	كلور	1	هيدروجين
39	بوتاسيوم	4	هيليوم
40	كالسيوم	12	كريون
56	حديد	14	نيتروجين
64	نحاس	16	أكسجين
65	خارصين	23	صوديوم
108	فضة	24	ماغنسيوم
127	يود	27	اللومنيوم
207	رصاص	32	كبريت

جدول 6 الكتل الذرية النسبية التقريرية



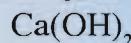
شكل 3 كربونات صوديوم مائية

## اختبار فهمك 3

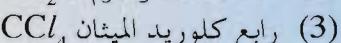


مستخدماً الكتل الذرية النسبية التقريرية في جدول 6، احسب الكتلة الجزيئية النسبية أو كتلة الصيغة النسبية للمواد التالية:

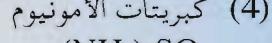
- (1) هيدروكسيد الكالسيوم



- (2) أكسيد الصوديوم



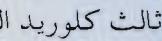
- (3) رابع كلوريد الميثان



- (4) كبريتات الأمونيوم



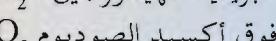
- (5) بيكربونات الكالسيوم



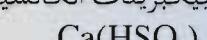
- (6) ثالث كلوريد النيتروجين



- (7) نيتريد الكالسيوم لأي مادة نقية، مثل: جزء الماء مركب يتكون من



- (8) كبريتيد الهيدروجين



- (9) فوق أكسيد الصوديوم



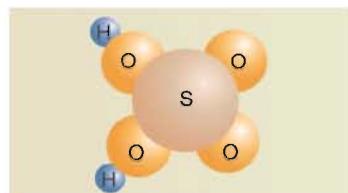
- (10) بيكربريتات الكالسيوم



يمكن أيضاً استخدام الكتلة الجزيئية للمركبات التي لا توجد كجزيئات وإنما كأيونات. تكون في تلك الحالات الكتلة الجزيئية هي كتلة وحدة الصيغة، التي هي أبسط تعبير لنسبة اتحاد أيونين أو أكثر. وعلى ذلك تكون وحدة الصيغة للكلوريد الصوديوم هي  $\text{NaCl}$  التي تدل على وجود عدد مساو من وحدات الصوديوم والكلور في كلوريد الصوديوم. توجد بعد ذلك كتلة الصيغة النسبية لمركب أيوني بدلاً من الكتلة الجزيئية له. لحساب الكتل الجزيئية أو كتل الصيغة النسبية، نجمع الكتل الذرية النسبية الفردية معًا. ويمكن الحصول عليها من الجدول الدوري.

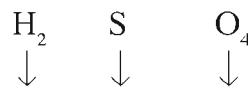
## الكتلة الجزيئية النسبية لحمض الكبريتيك

تأمل حمضاً شائعاً كحمض الكبريتيك ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )، يحتوي على ذرتين هيدروجين، وذرة كبريت، وأربع ذرات أكسجين. الكتل الذرية النسبية هي :



شكل 2-4 حمض الكبريتيك

$$A_r(\text{H}) = 1, A_r(\text{S}) = 32, A_r(\text{O}) = 16$$



$$M_r = (2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16) \\ = 98$$

## كتلة الصيغة النسبية لبلورات كربونات الصوديوم

تأمل مادة كيميائية شائعة كصودا الغسيل، والتي تعرف كيميائياً باسم كربونات الصوديوم المائية  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . تحتوي هذه المادة على ذرتين صوديوم، وذرة كربون، وثلاث ذرات أكسجين، وعشرة جزيئات ماء. يحتوي كل جزء ماء على ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين. الكتل الذرية النسبية هي :

$$A_r(\text{Na}) = 23, A_r(\text{C}) = 12, A_r(\text{O}) = 16, A_r(\text{H}) = 1$$



$$M_r = (2 \times 23) + (1 \times 12) + (3 \times 16) + 10((2 \times 1) + (1 \times 16)) \\ = 46 + 12 + 48 + 180 \\ = 286$$

## 5-4 التكوين النسبي المئوي للعناصر في الجزيء

إذا عرفنا الصيغة الكيميائية لأي مادة، يمكن حساب النسبة المئوية لمكوناتها بالكتلة، دون إجراء تجربة، طبقاً للقواعد التالية:

- 1 أكتب الصيغة الكيميائية للمادة.

- 2 أوجد الكتلة الجزيئية النسبية.

- 3 عبر عن الكتلة الكلية لكل عنصر كنسبة مئوية من الكتلة الجزيئية النسبية الكلية.

يجب أن يساوي مجموع جميع النسب 100%.

لا يتغير التكوين النسبي المئوي لأي مادة نقية، مثال: جزء الماء مركب يتكون من عنصرين: الهيدروجين، والأكسجين. يحتوي دائماً كل جزء ماء 11.11% هيدروجين، و88.89% أكسجين. يكون ذلك صحيحاً إذا أخذنا عينة الماء من الكفرة أو القاهرة، أو نيويورك، أو نيودلهي، أو نيوزيلندا. يكون حتى للكميات الصغيرة من الندوة المائية الموجودة على القمر نفس التكوين النسبي المئوي. يكون التكوين الكيميائي لأي مركب ثابتاً ولا يتغير.

## التكوين النسبي المثوي لحمض الكبريتيك

يمكن حسابه كالتالي :

1- الصيغة الكيميائية :  $\text{H}_2\text{SO}_4$

2- الكتلة الجزئية النسبية : 98

- 3- من بين وحدات الكتلة التي عددها 98، توجد وحدتان تخصان ذرتي هيدروجين، و32 وحدة تخص ذرة الكبريت، و 64 وحدة تخص الأربع ذرات أكسجين، وعليه :

$$\text{نسبة الهيدروجين} = \frac{2}{98} \times 100 = 2.04\%$$

$$\text{نسبة الكبريت} = \frac{32}{98} \times 100 = 32.65\%$$

$$\text{نسبة الأكسجين} = \frac{64}{98} \times 100 = 65.31\%$$

## التكوين النسبي المثوي لبلورات كربونات الصوديوم

يكون من الأفضل حساب نسبة الماء كوحدة مستقلة كاملة للمركبات التي تحتوي على جزيئات ماء، فعلى سبيل المثال :

1- الصيغة الكيميائية :  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

2- كتلة الصيغة النسبية = 286

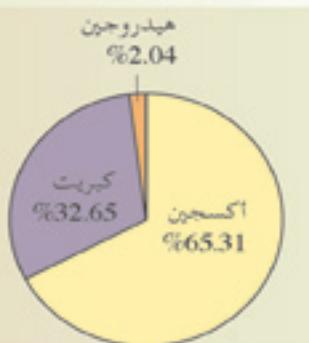
- 3- من وحدات الكتلة التي عددها 286 وحدة، توجد 46 وحدة تخص ذرتي الصوديوم، و12 وحدة تخص ذرة الكربون، و48 وحدة تخص ذرات الأكسجين، و180 وحدة تخص جزيئات الماء.

$$\text{نسبة الصوديوم} = \frac{46}{286} \times 100 = 16.08\%$$

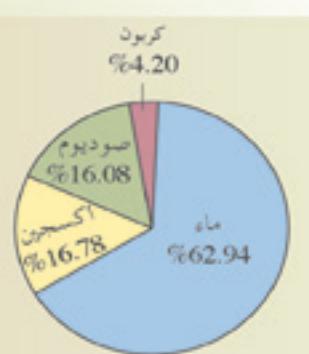
$$\text{نسبة الكربون} = \frac{12}{286} \times 100 = 4.20\%$$

$$\text{نسبة الأكسجين} = \frac{48}{286} \times 100 = 16.78\%$$

$$\text{نسبة الماء} = \frac{180}{286} \times 100 = 62.94\%$$



شكل 4-4 التكوين النسبي المثوي لحمض الكبريتيك



شكل 4-5 التكوين النسبي المثوي لكربونات الصوديوم المائية

## مراجعة سريعة



يعطى كل عنصر رمزه الكيميائي الخاص به .

تكافؤ الذرة أو الشق هو قوة اتحاده .

يمكن معرفة الصيغة الكيميائية للمركبات من تكافؤ الذرات أو الشقوف (مجموعات ذرية )

تكون الكتلة الجزئية النسبية ( $M$ ) لاي مادة هي مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة .

يكون لكل عنصر في المادة تكوين نسبي مثوي معين بالكتلة .

## فكِّر علمياً



كيميائياً 50% من العظام تقريباً فوسفات كالسيوم  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$



إذا كان وزن عظام الشخص البالغ 12 كجم، احسب

- مقدار الفوسفور الموجود فيها.
- مقدار الكالسيوم الموجود فيها.

$$[A_r(\text{Ca}) = 40, \\ A_r(\text{P}) = 31, A_r(\text{O}) = 16]$$

## حساب كتلة العنصر في المركب

6-4

Calculate the Mass of an Element in a Compound

إذا عرفنا نسبة العنصر في مركب ما، يكون من السهل حساب كتلة ذلك العنصر.

$$\text{كتلة العنصر} = \frac{\text{نسبة العنصر} \times \text{كتلة العينة}}{\frac{\text{لذرات العنصر في الصيغة}}{\text{للمركب}} \times \text{كتلة العينة}}$$

مثال

احسب كتلة الصوديوم في 10 جم من بلورات كربونات الصوديوم.

$$[A_r(\text{Na}) = 23, A_r(\text{C}) = 12, A_r(\text{O}) = 16, A_r(\text{H}) = 1] \\ 46 = 23 \times 2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \\ 286 = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{كتلة الصوديوم في 10 جم بلورات كربونات صوديوم} = 1.61 = 10 \times \frac{46}{286} \text{ جم}$$

## حساب كتلة الماء في المركب

7-4

Calculate the Mass of Water in a Compound

### اختبار فهمك 4



(1) ما التكوين النسبي المثوى لعناصر الكربون، والهيدروجين في الجزيئات الهيدروكربونية التالية؟

لاحظ أن:

$$A_r(\text{C}) = 12, A_r(\text{H}) = 1 \\ \text{(أ) ميثان} \quad \text{CH}_4 \\ \text{(ب) إيثان} \quad \text{C}_2\text{H}_6 \\ \text{(ج) بروبان} \quad \text{C}_3\text{H}_8 \\ \text{(د) بيوتان} \quad \text{C}_4\text{H}_{10}$$

(2) كل الهيدروكربونات السابقة سريعة الاشتعال، والميثان غاز طبيعي، والبروبان غاز البروباجاز، والبيوتان هو بيوتان الوقود.

كيف تؤثر زيادة نسبة الكربون في الجزيء على مقدار السنаж في لهبها؟

$$\text{كتلة الماء} = \frac{\text{نسبة الماء} \times \text{كتلة العينة}}{\frac{\text{لكل الماء في الصيغة}}{\text{للمركب}} \times \text{كتلة العينة}}$$

مثال

احسب كتلة الماء في 10 جم بلورات كربونات صوديوم.

$$[A_r(\text{Na}) = 23, A_r(\text{C}) = 12, A_r(\text{O}) = 16, A_r(\text{H}) = 1] \\ 180 = 18 \times 10 = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$$

$$286 = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{كتلة الماء في 10 جم بلورات كربونات صوديوم} = 10 \times \frac{180}{286} = 6.29 \text{ جم}$$

## الصيغة التجريبية (الأولية) : The Empirical Formula: The Formula from the Percentage Composition

8-4

المشوي

الصيغة من التكوين النسبي

الصيغة التجريبية للمركب الكيميائي هي أبسط صيغة توضح الأعداد النسبية لذرات العناصر المكونة للمركب.

يمكن تحديد الصيغة التجريبية بمجرد معرفة نسبة أو كتلة كل عنصر. القواعد المتبعة هي :

- 1- اقسم نسبة أو كتلة كل عنصر على كتلته الذرية النسبية .
- 2- اقسم على أصغر عدد للحصول على النسبة الأبسط .
- 3- يكون عدد الذرات للعناصر المختلفة هو الصيغة التجريبية .

مثال

افترض جزيئاً يحتوي 88.89% أكسجين، و 11.11% هيدروجين. ما صيغته التجريبية؟

## اخبر فهمك 5



احسب الصيغة التجريبية لجزيئات الهيدروكربونات التالية مستخدماً تكويناتها النسبية المعطاة:

$$A_t(C) = 12, A_t(H) = 1$$

(أ) H %25, C %75

(ب) H %20, C %80

(ج) H %18.2, C %81.8

(د) H %17.3, C %82.7

O	H	
$5.55 = \frac{88.89}{16}$	$11.11 = \frac{11.11}{1}$	1- اقسم % على $A_t$
$1 = \frac{5.55}{5.55}$	$2 = \frac{11.11}{5.55}$	2- أبسط نسبة
O	$H_2$	3- الصيغة التجريبية

تساوي الصيغة التجريبية في هذه الحالة **الصيغة الجزيئية مثل الماء** غير أن جزيئات  $H_2O$ ، أو  $H_6O_4$ ، أو  $H_8O_4$  لها أيضاً نفس التكوين النسبي، وبالتالي تكون لها نفس الصيغة التجريبية.

من المهم عدم خلط الصيغة التجريبية مع الصيغة الجزيئية . ما يحدد ذلك هو الكتلة الجزيئية النسبية للمركب . للماء هي 18 لذلك تكون الصيغة الجزيئية  $H_2O$ . وإذا كانت الكتلة الجزيئية النسبية للماء هي 36، فتكون صيغته الجزيئية  $H_4O_2$ . ويمكن تحديد الصيغة التجريبية من التجارب العملية . يتحدد على سبيل المثال الماغنيسيوم مع الأكسجين لتكون أكسيد الماغنيسيوم .

## تجربة 4-4 جدول النتائج



Experiment 4-1  
Results Table



زن بوتقة فارغة بعضاطها، ثم أضف عينة نظيفة ملفوفة من شريط ماغنيسيوم وأعد الوزن . سخن البوتقة حتى يتحول كل الماغنيسيوم إلى رماد أبيض من أكسيد الماغنيسيوم . ارفع غطاء البوتقة كل فترة ليدخل الأكسجين، ولكن تأكد من عدم فقد أي رماد كدخان أبيض . أخيراً أعد وزن البوتقة عندما تبرد . يبين جدول النتائج نتائج العينة، ويمكن استخدام تلك النتائج لإيجاد الصيغة التجريبية .

O	Mg	
$0.025 = \frac{0.4}{16}$	$0.025 = \frac{0.6}{24}$	1- اقسم على $A_1$
$1 = \frac{0.025}{0.025}$	$1 = \frac{0.025}{0.025}$	2- أبسط نسبة
O	Mg	3- الصيغة التجريبية

كتلة البوتقة والماغنيسيوم = 26.2 جم  
كتلة البوتقة فارغة = 25.6 جم  
كتلة الماغنيسيوم = 0.6 جم  
كتلة البوتقة وأكسيد الماغنيسيوم = 26.6 جم  
كتلة أكسيد الماغنيسيوم = 1.0 جم  
كتلة الأكسجين المترافق مع الماغنيسيوم = 0.4 جم

### Chemical Equations: A Summary of a Chemical Reaction

### 9-4 المعادلات الكيميائية: ملخص التفاعل الكيميائي

المعادلة الكيميائية طريقة مفيدة لتلخيص ما حدث في أي تفاعل كيميائي . ويمكن كتابتها بالكلمات، ولكن يكون عادة من الأسهل، وبالتالي من الأسرع استخدام الصيغ الكيميائية التي هي عبارة عن كتابة كيميائية مختزلة .

تسمى المواد التي تبدأ بها في التفاعل الكيميائي متفاعلات، وتكتب في الجانب الأيسر للمعادلة . وتسمى المواد التي تصل إليها بعد التفاعل الكيميائي نواتج، وتكتب في الجانب الأيمن للمعادلة .

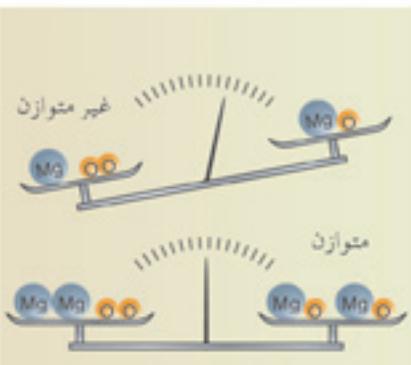
متفاعلات

نواتج

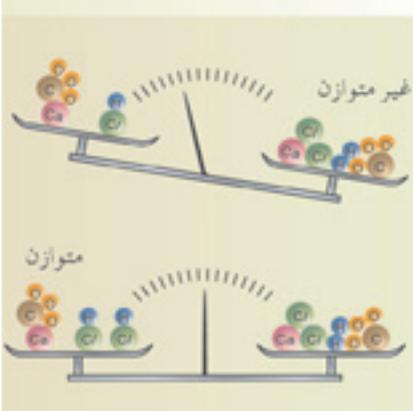
ينصح في البداية عند كتابة المعادلات الكيميائية، باتباع الخطوات التالية :

- اكتب المعادلة بالكلمات، مستخدماً إما معلومات معطاة، أو معرفتك الكيميائية .
- ثم اكتب الصيغة الكيميائية الصحيحة لكل متفاعل في الجانب الأيسر للمعادلة، ولكل ناتج في الجانب الأيمن .
- وزن المعادلة . ويتعطل ذلك التأكد من أن عدد الذرات لكل عنصر قبل وبعد التفاعل متساو . إذا كان ذلك غير صحيح، يكون قد تم إهمال قانون بقاء الكتلة وهذا غير مسموح به . تكون أحياناً موازنة المعادلات صعبة إلى حد ما، لكن يجب تذكر أنه يمكن تغيير نسب المتفاعلات والنواتج فقط، وليس صيغها الكيميائية .
- أخيراً وضع رموز الحالة في المعادلة لكل متفاعل وناتج . الصلب يكون (s)، والسائل (l)، والغاز (g)، والمائي (aq) . مائي يعني مذاب في الماء .

ملحوظة: تكتب أحياناً المعادلات اللفظية باللغة العربية من اليمنى إذا لم تصاحبها معادلات كيميائية .

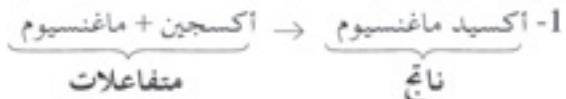


شكل 6-4 موازنة عدد ذرات الماغنيسيوم والأكسجين



شكل 7-4 موازنة تفاعل كربونات كالسيوم وحمض الهيدروكلوريك

**المعادلة الكيميائية لاحتراق الماغنيسيوم في الهواء**  
 عند احتراق الماغنيسيوم في الهواء، يتحدد مع الأكسجين ليكون أكسيد ماغنيسيوم.  
 يمكن تطبيق خطوات كتابة المعادلة، كما ذكرت سابقاً، كما يلي:



يجب أن تكون الصيغة الكيميائية لاحترق الماغنيسيوم هي  $\text{MgO}$ ، حيث يتطلب أيون الماغنيسيوم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) أيون أكسيد واحداً فقط ( $\text{O}^{2-}$ ) ليتوازن.

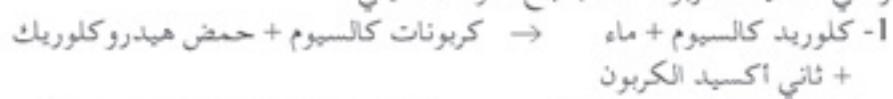


تضمن هذه الموازنة وجود ذرتين ماغنيسيوم، وذرتي أكسجين على جانبي المعادلة.



أكسيد الماغنيسيوم دخان أبيض يتكون من جسيمات صلبة "بيضاء" دقيقة.

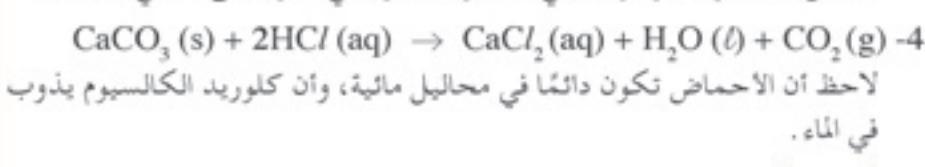
**المعادلة الكيميائية للتفاعل بين رقائق رخام وحمض الهيدروكلوريك**  
 رقائق الرخام كيميائياً هي كربونات الكالسيوم، وتفاعل مع حمض لتكون ملح، وماء، وثاني أكسيد الكربون. نجد باتباع القواعد ما يلي:



يجب أن تكون الصيغة الكيميائية لكلوريد الكالسيوم  $\text{CaCl}_2$ ، حيث يتطلب أيون الكالسيوم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) أيونين كلوريد ( $\text{Cl}^-$ ) ليتوازن.



تضمن هذه الموازنة وجود ذرتين هيدروجين، وذرتي كلور على جانبي المعادلة.



## مراجعة سريعة

### ملحوظة

الماغنيسيوم يحترق بضوء متوجّه، فتستخدم خيوط ضئيلة منه في المصابيح الومضية الفوتوفغرافية (فلاش).

يستخدم في المصابيح الومضية الصغيرة فلز اسمه زركونيوم يحترق بتوهج أكثر من الماغنيسيوم.

رمز لذرة العنصر	الرمز الكيميائي
صيغة توضح عدد الذرات المختلفة في الجزيء	الصيغة الجزيئية
يسهل صيغة توضح نسبة الذرات الموجودة في الجزيء	الصيغة التجريبية
ملخص لتفاعل كيميائي بكلمات، أو بصيغة كيميائية	المعادلة الكيميائية

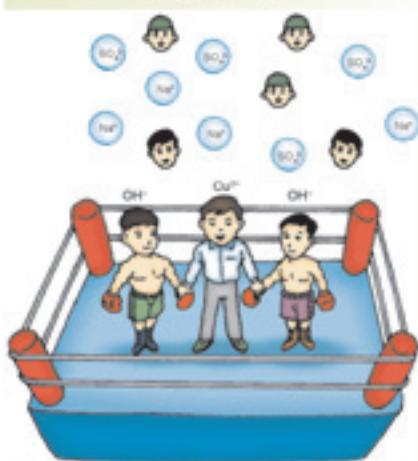
الحالة	الرموز
صلب	(s)
سائل	(l)
غاز	(g)
مائي (مذاب في الماء)	(aq)

## 10-4

## المعادلات الأيونية

## Ionic Equations

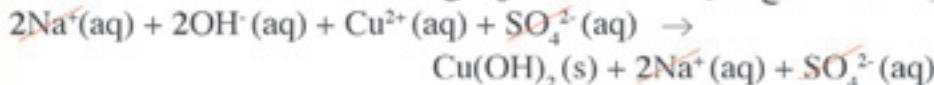
أيونات متفرجة



نكتب حتى الآن معادلات كيميائية كاملة لتمثيل التفاعلات الكيميائية، ولكن إذا تضمنت المعادلة اتحاد أيونات في محلول، فيكون من الأسرع كتابة المعادلة الأيونية. تأمل الحالة التي يُضاف فيها قلوي كمحلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كبريتات نحاس (II). تكون المعادلة المتوازنة الكاملة هي:



إذا كُتبت جميع الأيونات كاملاً، نحصل على:



غير أنها نجد أن أيونات الصوديوم، وأيونات الكبريتات مشتركة في طرفي المعادلة. لقد تواجدت على الدوام، وظللت دون تغيير، ولهذا السبب تسمى أيونات متفرجة. فيكون من الأبسط عند كتابة المعادلات الأيونية حذف هذه الأيونات. وتصبح المعادلة الأيونية للتفاعل كالتالي:



### اختر فهمك 6

وازن المعادلات التالية واذكر اسم كل النواج والتفاعلات.

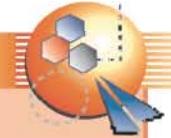
- (1)  $\text{Cu} \text{ (s)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{CuO} \text{ (s)}$
- (2)  $\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O} \text{ (g)}$
- (3)  $\text{CO}_2 \text{ (g)} + \text{C} \text{ (s)} \rightarrow \text{CO} \text{ (g)}$
- (4)  $\text{Mg} \text{ (s)} + \text{HNO}_3 \text{ (aq)} \rightarrow$   
 $\text{Mg(NO}_3)_2 \text{ (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$
- (5)  $\text{KOH} \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow$   
 $\text{K}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O} \text{ (l)}$
- (6)  $\text{Ag}^+ \text{ (aq)} + \text{Fe} \text{ (s)} \rightarrow$   
 $\text{Fe}^{2+} \text{ (aq)} + \text{Ag} \text{ (s)}$
- (7)  $\text{Cl}_2 \text{ (g)} + \text{Br}^- \text{ (aq)} \rightarrow$   
 $\text{Cl}^- \text{ (aq)} + \text{Br}_2 \text{ (l)}$
- (8)  $\text{Ca} \text{ (s)} + \text{H}^+ \text{ (aq)} \rightarrow$   
 $\text{Ca}^{2+} \text{ (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$



فيما يلي قائمة بالنقاط المهمة الواجب تذكرها .

- الرموز الكيميائية غالباً ما تكون الحرف الأول، أو الحرفين الاولين، أو الحرفين الاول والثالث لاسم العنصر باللغة الإنجليزية، إلا أن بعض الرموز الكيميائية تكون مشتقة من اسمائها اللاتينية .
- الشكافو هو قوة اتحاد الذرة أو الشق، ويساوي شحنة الايون في المركبات الايونية .
- لاستنتاج الصيغة الكيميائية لمركب ايوني ، يجب أن تكون الشحنة الموجبة الكلية مساوية للشحنة السالبة الكلية مثل  $Mg^{2+}O^{2-}$ .
- تُعرف الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_r$ ) لمادة بمتوسط كثافة جزيء العنصر أو المركب مقارنة بـ  $\frac{1}{12}$  من كثافة ذرة الكربون .
- لحساب الكتلة الجزيئية النسبية، تُجمع كل الكتل الذرية النسبية للذرات الموجودة في الجزيء .
- الكتلة النسبية لعنصر في مركب هي مجموع كتل ذراته بالنسبة للكتلة الجزيئية النسبية للمركب .
- الصيغة التجريبية للمركب هي أبسط صيغة تتوضع العدد النسبي لذرات العناصر الموجودة في الجزيء، ويمكن حساب الصيغة التجريبية من التكوير النسبي الملموسي .
- تُكتب المتفاعلات في الطرف الأيسر للمعادلة الكيميائية، وتُكتب النواج في الطرف اليمين .
- تكون المعادلة الكيميائية متوازنة عندما يتساوى العدد الكلي لذرات المتفاعلات مع العدد الكلي لذرات النواج .
- يجب كتابة رموز الحالة الفيزيائية للمواد في المعادلات الكيميائية؛ وهي صلب (s)، وسائل (l)، وغاز (g)، ومائي (aq) .
- تكون المعادلات الايونية أبسط من المعادلات الكيميائية الكاملة؛ لأنها لا تبين الايونات المشتركة في طرفي المعادلات .

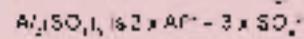
## خريطة مفاهيم



**النحاس الكيميائية**: مركبة صيغة  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> أو لاتيني معدن الحديد  
Ferrum

**النحاف**: قوة التجاذب التي تنشأ  
في الماء على عددي الشحنة على  
الأيون.

**الصيغ الكيميائية**: مقدمة تسمى الصيغة  
المولية، التي تحدد مolarية عامة بين المكونات  
والذرة والسترات.



**التكوين النصي المتربي**: عادة بالكلتبة

$$\text{التكوين النصي للعنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة الكلتبة}} \times 100$$

**المعادلات الكيميائية**: علاقات بين مكونات  
في التردد الأيوني موجود في الطفر الأيون.  
حيث أن تكون كل المعادلات الكيميائية مداردة  
حيث يكمل بها نفس عدد الذرات في الطفر.

قد تحدى في  
شكل  
لكل  
قد تعلق من

**رموز الحالة المعرفة**  
سائل (aq),  
غاز (g),  
 Liquide (l),  
Solid (s)

**معادلات أيونية**: معادلات كيميائية  
تحللت منها الأيونات المشتركة من  
غيري المعادلة

**الكتلة المعرفة المئوية**:  $M_{\text{m}}$  يعبر عن جمع الذرات  
المعرفة المئوية (M) لعنصر المعرفة مثلاً  
 $M_{\text{m}} \text{ for Ca(OH)}_2 = 40 + [16 \times 2] = 74$



## أسئلة

## أسئلة الاختيار من متعدد

للإجابة عن الأسئلة التالية، استخدم الكتالوج الذري النسبي للناتية.

$A_r$	العنصر	$A_r$	العنصر	$A_r$	العنصر
16	أكسجين	1	هيدروجين	27	اللومنيوم
31	فوسفور	56	حديد	137	باريوم
32	كربون	207	رصاص	40	كالسيوم
23	صوديوم	24	ماغنيسيوم	12	كربون
		14	نيتروجين	35.5	كلور
				64	نحاس

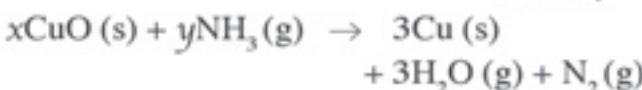
-6 وجد أن 1.2 جم ماغنيسيوم تحل محل 3.2 جم نحاس من محلول كبريتات نحاس (II). ما نسبة عدد جسيمات الماغنيسيوم المتفاعلة بالنسبة للنحاس؟

- (أ) 1 : 1 (ب) 1 : 2 (ج) 2 : 3 (د) 3 : 2

-7 انتشرت 100 سم<sup>3</sup> من ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  خلال إثناء ساعي في 50 ثانية. كم تكون الفترة التي يستغرقها نفس الحجم من غاز البروبان  $\text{C}_3\text{H}_8$  لينتشر؟

- (أ) 10 ثانية (ب) 25 ثانية (ج) 50 ثانية (د) 100 ثانية

-8 اختزال أكسيد النحاس الساخن (II) بالأمونيا، موضع بالمعادلة:



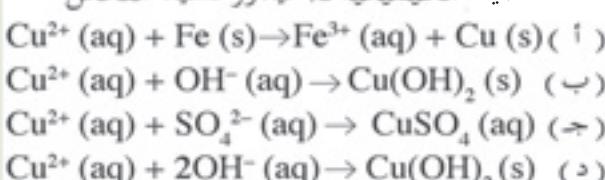
ما قيم كل من x و y التي توازن المعادلة؟

- (أ) x = 2, y = 1 (ب) x = 1, y = 1 (ج) x = 3, y = 2 (د) x = 2, y = 2

-9 يوجد فلز له تكافؤات متعددة كآيونات  $X^{3+}$ ,  $X^{2+}$ ,  $X^{1+}$ . الصيغة الكيميائية للكبريتات الممكنة له تكون:

- (أ)  $\text{XSO}_4$ ,  $\text{X}_2\text{SO}_4$  (ب)  $\text{XSO}_4$ ,  $\text{X}_2(\text{SO}_4)_3$  (ج)  $\text{XSO}_4$ ,  $\text{X}(\text{SO}_4)_2$  (د)  $\text{XSO}_4$ ,  $\text{X}(\text{SO}_4)_3$

-10 مستخدماً قائمة الأيونات الشائعة المعطاة في الوحدة، اكتب الصيغة الكيميائية لـ: هيدروكسيد النحاس



## أسئلة تركيبية

-11 مستخدماً قائمة الأيونات الشائعة المعطاة في الوحدة، اكتب الصيغة الكيميائية لـ:

- (أ) نترات الكالسيوم  
(ب) هيدروكسيد الباراسيتامول  
(ج) بروميد الفضة  
(د) كبريتات الصوديوم  
(ه) أكسيد اللومنيوم  
(و) أكسيد النحاس (I)  
(ز) كربونات الماغنيسيوم  
(ح) كبريتات الصوديوم  
(ط) كبريتات الأمونيوم  
(ي) بيكربونات البوتاسيوم

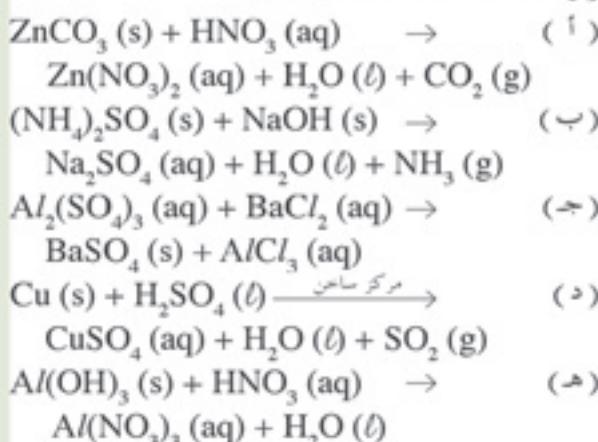
-4 يحتوي أكسيد كربون على 3.6 جم كربون و 4.8 جم أكسجين. ما صيغته؟

- (أ)  $\text{CO}_2$  (ب)  $\text{CO}$  (ج)  $\text{CO}_3$  (د)  $\text{C}_2\text{O}_3$

-5 مسحوق تجميل أحمر الشفاه هو صيغة تحتوي 2.8 جم حديد متعدد مع 1.2 جم أكسجين. ما صيغة تلك الصيغة؟

- (أ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (ب)  $\text{FeO}$  (ج)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (د)  $\text{Fe}_3\text{O}_2$

18- وزن المعادلات الكيميائية التالية:



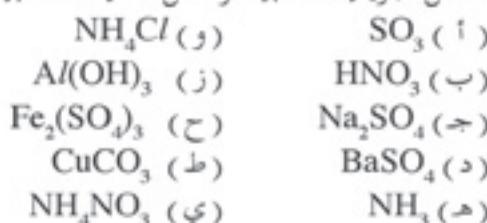
19- الصدا، كيميائياً هو أكسيد الحديد (III)،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ، وتباع كمية الصدا التي تتكون في سفينة كبيرة 16 كجم يومياً. احسب عدد كيلوجرامات الحديد وعدد كيلوجرامات الأكسجين التي تُكوّن تلك الكمية من الصدا.

20- تحتوي عينة من خام كبريتيد الرصاص على 10% كبريتيد رصاص (II),  $\text{PbS}$ . ويتم تعدين 200 طن يومياً من الخام بتكلفة 16 000 دينار.

(أ) ما كتلة كبريتيد الرصاص المستخرج يومياً؟  
(ب) ما نسبة الرصاص في كبريتيد الرصاص المستخرج يومياً؟

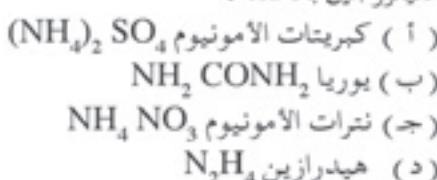
(ج) إذا استخلص الرصاص من الخام، يُباعطن بسعر 1 010 دنانير، كم يبلغ ربح الشركة يومياً؟

12- اذكر أسماء المركبات الكيميائية التالية، واحسب الكتل الجزيئية النسبية أو كتل الصيغة النسبية لها:



13- يمكن فرع الماء بالتسخين من بلورات كبريتات ماغنيسيوم  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . احسب نسبة كتلة الماء الموجودة في الجزيء.

14- أي الأسمدة التالية تحتوي على أكبر نسبة من عنصر النتروجين بالكتلة؟

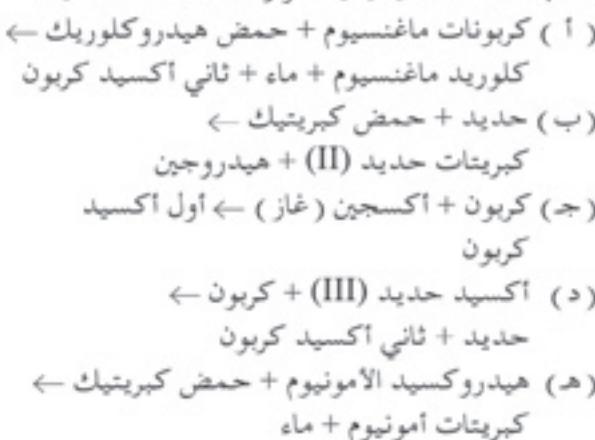


15- احسب الصيغة التجريبية لمادة وجد بالتحليل الكيميائي أنها تحتوي على: 50% ماء تبلر، 19.1% أكسجين، 18.2% صوديوم، و 12.7% كبريت.

16- مركب عضوي يحتوي على 12.8% كربون، و 2.1% هيدروجين، و 85.1% بروم بالكتلة، و كتلته الجزيئية النسبية تساوي 188.

(أ) احسب صيغته التجريبية.  
(ب) استنتج صيغته الجزيئية.

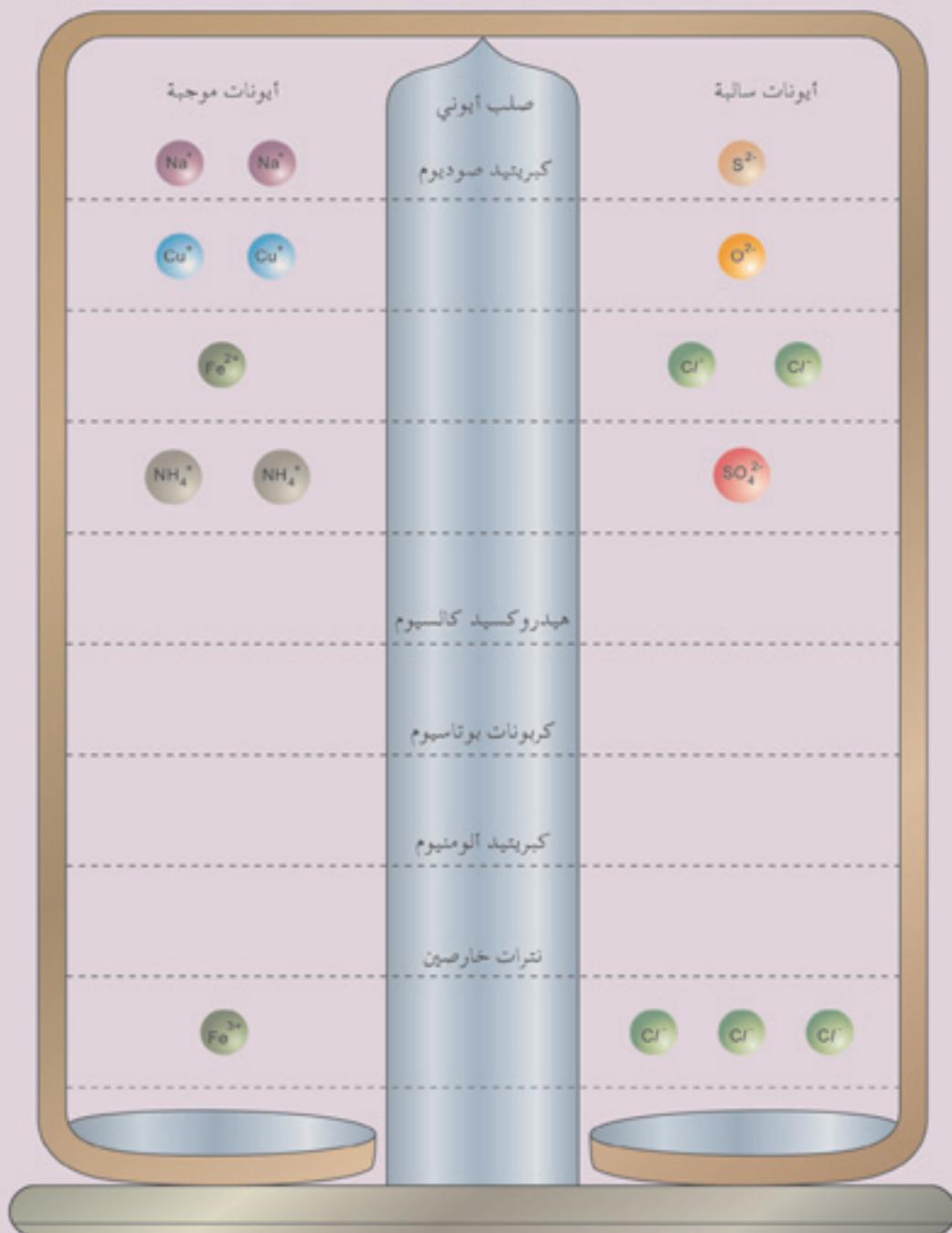
17- اكتب معادلات كيميائية متوازنة للتفاعلات التالية:



## ركن التفكير

### المهارة: الاستنتاج

المهارة هي استنتاج صيغة المركبات الأيونية من الشحنات على الأيونات الموجودة والعكس . يوضح المثال الأول المطلوب .





## أهداف التعلم



يتجمع الأطفال أثناء العطلة في المتنزهات، إذا جمعت كل البشر في العالم، سيظل عددهم أقل من واحد على ألف مليون من مول من البشر.

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

- ✓ تُعرف مول المادة ككمية تحتوي على عدد أفراد مول من الجسيمات.
- ✓ تحسب الكتل المتفاعلة في المعادلات الكيميائية بما في ذلك كتلة الناتج المنشورة من كمية متفاعلة محدودة، وكتلة المتفاعلات اللازمة للحصول على كتلة ناتج معينة.
- ✓ تحسب حجم الغازات في المعادلات الكيميائية باستخدام الحجم المولى للغاز، والذي ينص على أن المول الواحد لاي غاز يشغل  $24 \text{ ديسم}^3$  عند درجة حرارة وضغط الغرفة.
- ✓ تحسب النسبة المئوية لنقاء وحصلة المادة.
- ✓ تحدد أن تركيز الأخلوٌ يمكن قياسه بالمول  $\text{ديسم}^3$  (المولارية)، أو جرام  $\text{ديسم}^3$ .
- ✓ تطبق مفهوم تركيز الأخلوٌ لحل مسائل بسيطة من نتيجة التجارب الخيمية.

## What is a Mole?

## ما هو المول؟ 1-5

## ملحوظة

كان أميدو أفوجادرو (1776 - 1856) عالماً إيطالياً مشهوراً. وهو أول من ميز بين الذرات والجزيئات، وكان حفأً أول من استخدم الكلمة جزيء. وتميز أفوجادرو بين الكتلة الجزيئية والذرية، وكان أول من أيقن أن صيغة الماء هي  $H_2O$  بدلًا من  $HO$ .

المول هو كمية معينة للمادة، وهو مصطلح عام لوصف كمية ذرات، أو أيونات، أو جزيئات، ويمكن الكيميائي من حساب تلك الجسيمات بالوزن. يُعرف المول بأنه كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات. يُناسب هذا العدد إلى العالم الإيطالي أميدو أفوجادرو، وهو عدد كبير جدًا قيمته  $6.02 \times 10^{23}$  أو 602 000 000 000 000 000 000! هذا العدد كبير لدرجة أنه إذا بدأ جميع البشر في العد بمعدل واحد كل ثانية طوال حياتهم، فإن إجمالي تلك الأعداد سيقلل أقل من عدد أفوجادرو.

يُعرف عدد أفوجادرو (أو ثابت أفوجادرو)؛ بأنه عدد الذرات في 12 جم من نظير الكربون 12، وقيمتها  $6.02 \times 10^{23}$ .

## Moles of Atoms: Relative Atomic Mass in Grams

## 2-5 مولات الذرات: الكتلة الذرية النسبية بالجرامات

إذا وزنت 12 جم كربون في المعمل، فإن ذلك الوزن يحتوي على عدد أفوجادرو من ذرات الكربون، وبنفس الطريقة، فإن 23 جم صوديوم، أو 27 جم الومنيوم، أو 16 جم أكسجين، أو 1 جم هيدروجين تحتوي على عدد أفوجادرو من الذرات. وبناءً عليه ولأي عنصر، تكون:

كتلة واحد مول من الذرات هي كتلة الذرية النسبية بالجرامات.

وفي قول آخر تحتوي الكتلة الذرية النسبية لأي عنصر بالجرامات على نفس عدد الذرات: عدد أفوجادرو.



شكل 1-5 كميات مواد مختلفة

العنصر	كتلة الذرية النسبية	كتلة 1 مول	عدد الذرات في 1 مول
هيدروجين	1	1 جم	$6.02 \times 10^{23}$
كربون	12	12 جم	$6.02 \times 10^{23}$
أكسجين	16	16 جم	$6.02 \times 10^{23}$
صوديوم	23	23 جم	$6.02 \times 10^{23}$
الومنيوم	27	27 جم	$6.02 \times 10^{23}$
كالسيوم	40	40 جم	$6.02 \times 10^{23}$
حديد	56	56 جم	$6.02 \times 10^{23}$
فضة	108	108 جم	$6.02 \times 10^{23}$
رصاص	207	207 جم	$6.02 \times 10^{23}$

جدول 1 مولات لذرات

### 3-5 مولات الجزيئات: الكتلة الجزيئية النسبية بالجرامات



Moles of Molecules: Relative Molecular Mass in Grams

إذا وزنت 44 جم من ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) في المعمل، ستتجد أنه يحتوي على عدد أفوجادرو من جزيئات ثاني أكسيد الكربون. وبالمثل فإن 18 جم ماء ( $\text{H}_2\text{O}$ )، أو 32 جم غاز أكسجين ( $\text{O}_2$ )، أو 2 جم غاز هيدروجين ( $\text{H}_2$ ).... إلخ تحتوي على عدد أفوجادرو من الجزيئات. وبناءً عليه ولأي مركب، تكون: كتلة واحد مول من الجزيئات هي كتلة الجزيئية النسبية بالجرامات. وفي قول آخر تحتوي الكتلة الجزيئية النسبية لأي مركب بالجرامات على نفس العدد من الجزيئات: عدد أفوجادرو.

### 4-5 مولات الغازات: الحجم المولي للغاز

Moles of Gases: Molar Gas Volume

تتكون الغازات من جسيمات، وتكون عادة على هيئة جزيئات، فيما عدا الغازات الخامدة، التي تتكون من ذرات. ولما كان المول يحتوي على نفس عدد الجسيمات، فإن واحد مول من الغازات المختلفة مقاس تحت نفس درجات الحرارة والضغط، يشغل حجمًا متماثلاً. الا وهو  $22.4 \text{ لتر}$  في (r.t.p.) وفي الحقيقة فإن

واحد مول لأي غاز عند درجة حرارة وضغط الغرفة ( $25^\circ\text{S}$ ) يشغل حجم  $24,000 \text{ سم}^3$  ( $24 \text{ ديسيمتر}^3$ ) أو ( $24 \text{ لتر}$ ).

يسمي ذلك أحياناً بالحجم المولي للغاز؛ لأنه يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات. وبصيغة أكثر عمومية، ينص قانون أفوجادرو على أن: الحجوم المتساوية لجميع الغازات والمقاسة عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي على نفس العدد من الجسيمات.

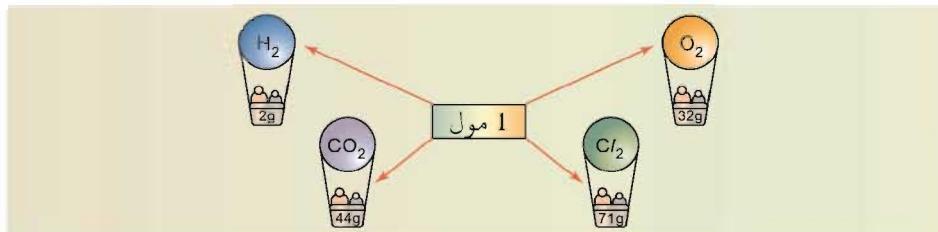
ومن المهم عند قياس حجوم الغازات تحديد درجة الحرارة والضغط، لأن كلها يؤثر على الحجم.

إذا زادت درجة الحرارة، يزيد الحجم (قانون شارل). إذا زاد الضغط، يقل حجم الغاز (قانون بويل).

يُقاس حجم الغاز في كل الحسابات الكيميائية عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.). ومن المتفق عليه أن درجة حرارة الغرفة هي  $25^\circ\text{S}$  ( $298 \text{ كلفن}$ ) وأن ضغط الغرفة هو واحد ضغط جوي ( $760 \text{ مم زئبق}$ ).

لذلك يحتوي 2 جم غاز هيدروجين ( $\text{H}_2$ ) عند درجة حرارة وضغط الغرفة نفس عدد الجسيمات مثل 32 جم غاز أكسجين ( $\text{O}_2$ )، أو 44 جم غاز ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ )، أو 71 جم غاز كلور ( $\text{Cl}_2$ ).

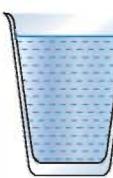
تكافئ كل من هذه الكتل لغازات مختلفة واحد مول. وتشغل حجمًا قدره  $24,000 \text{ سم}^3$  عند r.t.p. (انظر شكل 5-2).



شكل 5-2 يشغل واحد مول من أي غاز عند درجة حرارة وضغط الغرفة نفس الحجم

## تخيل أن

افترض أنك قررت تقسيم كوب ماء مع 6 000 مليون فرد في العالم اليوم. يكون نصيب كل رجل وامرأة وطفل 2 000 مليون حزيرء ماء. ومع ذلك لن يستطيع أي شخص حتى تذوقه!



## اخبر فهمك 1

كم عدد المولات في :

- 25 جم كربونات كالسيوم  
?CaCO3
- 49 جم حمضكبريتيك  
?H2SO4
- 585 جم كلوريد صوديوم  
?NaCl
- 64 جم غاز ميثان  
?CH4

$$\begin{aligned}A_r(H) &= 1, \\A_r(C) &= 12, \\A_r(O) &= 16, \\A_r(Na) &= 23, \\A_r(S) &= 32, \\A_r(Cl) &= 35.5, \\A_r(Ca) &= 40\end{aligned}$$

## تخيل أن

تخيل أنك تمتلك  $2^{23} \times 6.02 \times 10^{23}$  دينار وقررت تقسيمها بالتساوي مع الناس في العالم كله . هل تعرف أن نصيب كل شخص سيتعدى مائة مليون دينار؟

## مراجعة سريعة

المول هو كمية المادة بالجرams التي تحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.

كتلة واحد مول من الذرات هي كتلته الذرية النسبية بالجرams.

كتلة واحد مول من الجزيئات هي كتلته الجزيئية النسبية بالجرams.

يشغل واحد مول لأي غاز عند درجة حرارة وضغط الغرفة حجم

$24\text{,000 سم}^3$ ، أو  $24\text{ ديسن}^3$ ، أو  $24\text{ لتر}$ .

تحتوي الحجوم المتساوية من جميع الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط نفس العدد من الجسيمات.

## Calculations with Moles

### 5-5 عمليات حسابية بالمولات

#### مثال

كم عدد المولات التي توجد في

(أ) 88 جم ثاني أكسيد الكربون؟

$$(b) 64 \text{ جم من جزيئات الأكسجين } [A_r(\text{O}) = 16]$$

#### الحل

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة بالجرams}}{M_r \text{ أو لذرة أو جزء}}$$

(أ) لجزيئات ثاني أكسيد الكربون  $M_r(\text{CO}_2) = 44 = (16 \times 2) + (1 \times 12)$

$$\text{عدد المولات} = \frac{88}{44} = 2 \text{ مول}$$

(ب) لجزيئات الأكسجين  $M_r(\text{O}_2) = 32 = 16 \times 2$

$$\text{عدد المولات} = \frac{64}{32} = 2 \text{ مول}$$

#### مثال

كم عدد الجرامات التي توجد في

(أ) 10 مولات من الماء؟

(ب) 0.25 مولات من ذرات الأكسجين؟

$$[A_r(\text{H}) = 1, A_r(\text{O}) = 16]$$

#### الحل

$$\text{الكتلة بالجرams} = \text{عدد المولات} \times M_r \text{ أو } A_r \text{ للمادة}$$

(أ) لجزيئات الماء  $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18 = (1 \times 16) + (1 \times 2)$

$$\text{الكتلة بالجرams} = 18 \times 10 = 180 \text{ جم}$$

(ب) لذرات الأكسجين  $M_r(\text{O}) = 16$

$$\text{الكتلة بالجرams} = 16 \times 0.25 = 4 \text{ جم}$$

## اختبار فهمك 2



- (1) كم عدد الجرامات في :
- (أ) 5 مول ثاني أكسيد كربون  
? $\text{CO}_2$
- (ب) 0.5 مول إيثان  
? $\text{C}_2\text{H}_6$
- (ج) 0.1 مول من كربونات الكالسيوم  
? $\text{CaCO}_3$
- (د) 0.2 مول غاز البروم  
? $\text{Br}_2$
- (ه) 2 مول كبريت  
? $\text{S}_8$

- (2) كم عدد الجرامات في :
- (أ) 0.1 مول إيثان؟
- (ب) 5 مول بروم؟

$$A_r(\text{C}) = 12$$

$$A_r(\text{O}) = 16$$

$$A_r(\text{H}) = 1$$

$$A_r(\text{Ca}) = 40$$

$$A_r(\text{Br}) = 80$$

$$A_r(\text{S}) = 32$$

$$\text{عدد أفوجادرو} = 2^{23} \times 10 \times 6.02$$

$$2^{23} \times 10 \times 6 \approx$$

مثال

كم عدد الجسيمات التي توجد في

(أ) 16 جم جزيئات أكسجين؟

(ب) 11 جم جزيئات ثاني أكسيد كربون؟

$$[2^{23} \times 10 \times 6 = 16, A_r(\text{O}) = 16, A_r(\text{C}) = 12]$$

الحل

عدد الجسيمات = عدد المولات  $\times$  عدد أفوجادرو

$$(أ) M_r \text{ لجزيئات الأكسجين} = 16 = O_2 = 32 = 16 \times 2$$

$$\text{عدد مولات الأكسجين} = \frac{16}{32} = \frac{\text{الكتلة}}{M_r} \text{ مول}$$

$$\text{عدد الجسيمات} = 2^{23} \times 10 \times 3 = 2^{23} \times 10 \times 6 \times 0.5 \text{ مول}$$

$$(ب) M_r \text{ لجزيئات ثاني أكسيد الكربون} = CO_2 = 44 = (2 \times 16) + (1 \times 12)$$

$$\text{عدد مولات ثاني أكسيد الكربون} = \frac{11}{44} = \frac{\text{الكتلة}}{M_r} \text{ مول}$$

$$\text{عدد الجسيمات} = 2^{23} \times 10 \times 1.5 = 2^{23} \times 10 \times 6 \times 0.25 = 2^{23} \text{ جزيء}$$

مثال

ما الحجم الذي تشغله الغازات التالية عند درجة حرارة وضغط الغرفة؟

(أ) 2 مول غاز أكسجين

(ب) 0.1 مول غاز الهيدروجين

(الحجم المولي للغاز عند درجة حرارة وضغط الغرفة = 24 ديسيمتر<sup>3</sup>)

الحل

حجم الغاز = عدد المولات  $\times$  الحجم المولي للغاز

$$(أ) \text{حجم غاز الأكسجين} = 2 \times 24 = 48 \text{ ديسيمتر}^3$$

$$(ب) \text{حجم غاز الهيدروجين} = 0.1 \times 24 = 2.4 \text{ ديسيمتر}^3$$

### اختر فهمك 3



- (1) ما الحجم الذي تشغله الغازات التالية عند قياسها تحت درجة حرارة وضغط الغرفة؟
- (أ) 0.2 مول غاز ثاني أكسيد الكربون.
- (ب) 3 مول غاز نيتروجين.
- (ج) 0.1 مول غاز كلور.
- (د) 4 جم غاز أكسجين  $O_2$ .
- (هـ) 4 جم غاز ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$ .
- (2) ما كتلة 12 ديسيمتر<sup>3</sup> من الغازات التالية عند قياسها تحت درجة حرارة وضغط الغرفة؟
- (أ) غاز كلور  $Cl_2$ .
- (ب) غاز ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$ .
- (ج) غاز أكسجين  $O_2$ .
- $A_r(O) = 16, A_r(S) = 32,$   
 $A_r(Cl) = 35.5$
- الحجم المولي للغاز عند درجة حرارة وضغط الغرفة = 24 ديسيمتر<sup>3</sup>

### ملحوظة

الهيموجلوبين جزيء يوجد في الدم مسئول عن حمل الأكسجين، وله صيغة تجريبية  $C_{759}H_{1208}N_{210}S_2O_{204}Fe$  ويحتوي على 1000 ذرة ولذلك فإن صيغته الجزيئية هي  $(C_{759}H_{1208}N_{210}S_2O_{204}Fe)_4$

### مثال

ما الحجم الذي تشغله الغازات التالية عند درجة حرارة وضغط الغرفة؟

(أ) 8 جم غاز هيدروجين

(ب) 32 جم غاز ميثان

$$[A_r(H) = 1, A_r(C) = 12, \text{ديسم}^3]$$

### الحل

$$\text{حجم الغاز} = \frac{\text{كتلة الغاز}}{M_r \text{ للغاز}} \times \text{الحجم المولي للغاز}$$

$$(أ) لغاز الهيدروجين  $H_2 = 1 \times 2 = H_2$$$

$$\text{حجم الغاز} = 24 \times \frac{8}{2} = 96 \text{ ديسيم}^3$$

$$(ب) لغاز الميثان  $CH_4 = (1 \times 4) + (1 \times 12) = CH_4$$$

$$\text{حجم الغاز} = 24 \times \frac{32}{16} = 48 \text{ ديسيم}^3$$

### مثال

ما الكتلة بالجرامات التي تشغله حجوم الغازات التالية (عند درجة حرارة وضغط الغرفة)؟

(أ) 4 ديسيم<sup>3</sup> ثاني أكسيد كربون

(ب) 3 ديسيم<sup>3</sup> نيتروجين

الحجم المولي للغاز 24 ديسيم<sup>3</sup>

$$[A_r(C) = 12, A_r(O) = 16, A_r(N) = 14]$$

### الحل

$$\text{الكتلة بالграмм} = \frac{\text{حجم الغاز}}{M_r \text{ للغاز}} \times \text{الحجم المولي للغاز}$$

$$(أ) لثاني أكسيد الكربون  $CO_2 = (16 \times 2) + (1 \times 12) = CO_2 = 44 \text{ جم}$$$

$$\text{كتلة ثاني أكسيد الكربون} = 44 \times \frac{4}{24} = 7.33 \text{ جم}$$

$$(ب) لغاز النيتروجين  $N_2 = 14 \times 2 = N_2 = 28 \text{ جم}$$$

$$\text{كتلة النيتروجين} = 28 \times \frac{3}{24} = 3.5 \text{ جم}$$

Moles and Formulae:  
Empirical Formulae

### 5-6 المولات والصيغ: الصيغة التجريبية

تدل الصيغة الكيميائية للمركب على نوع وعدد ذرات العناصر الداخلة في تركيبه. مثال: يحتوي جزيء الماء  $H_2O$  على ذرتين هيدروجين متحددين مع ذرة أكسجين. إذا استخدمنا المولات، فإن واحد مول من جزيئات الماء يحتوي على مولين من ذرات الهيدروجين متحددين مع مول واحد من ذرات الأكسجين. يمكن استخدام عدد المولات الموجودة لحساب الصيغة التجريبية.

**مثال**

وجد أن 0.5 جم هيدروجين تتحدد مع 4.0 جم أكسجين لتكوين الماء.  
أوجد الصيغة التجريبية للماء؟

لاستنباط الصيغة التجريبية، نتبع نفس الخطوات السابقة:

O	H	
$\frac{4.0}{16.0}$	$\frac{0.5}{1}$	1- اقسم الكتلة على $A_r$
0.25	0.50	2- عدد المولات
$1 = \frac{0.25}{0.25}$	$2 = \frac{0.5}{0.25}$	3- أبسط نسبة
O	H <sub>2</sub>	4- الصيغة التجريبية

**مراجعة سريعة**

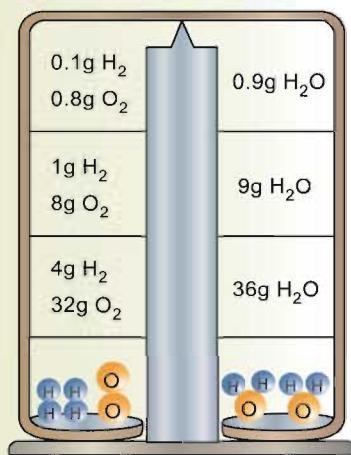
$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{الكتلة بالجرام}}{A_r \text{ أو } M_r \text{ أو جزء}}$$

$$\text{الكتلة بالجرام} = \text{عدد المولات} \times A_r \text{ أو } M_r \text{ للمادة}$$

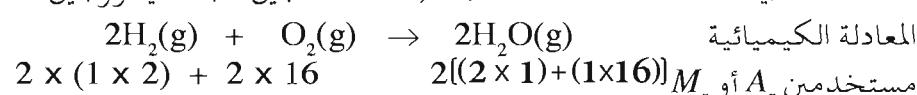
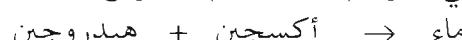
$$\text{عدد الجسيمات} = \text{عدد المولات} \times \text{عدد أفراد}$$

$$\text{حجم الغاز} = \text{عدد المولات} \times \text{الحجم المولى للغاز}$$

$$\text{حجم الغاز} = \frac{\text{كتلة الغاز}}{M_r \text{ للغاز}} \times \text{الحجم المولى للغاز}$$

**7-5 حسابات من المعادلات****Calculation from Equations**

يمكن استخدام المعادلات الكيميائية المتوازنة لحساب كمية المتفاعلات والنواتج.  
تأمل مثال احتراق الهيدروجين في الهواء (الأكسجين) لتكوين ماء.



$$\underline{4} \qquad \underline{32} \qquad \underline{36}$$

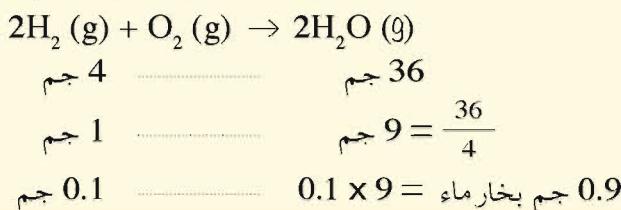
$$4 \text{ جم} + 32 \text{ جم} = 36 \text{ جم}$$

بالتحويل للجرام  
وتبين المعادلة أن 4 جم هيدروجين تتطلب 32 جم أكسجين لتكوين 36 جم بخار ماء. لاحظ أن الكتلة الكلية للمتفاعلات تساوي دائمًا الكتلة الكلية للنواتج.

طالما كانت نسبة المتفاعلات والنواتج متساوية، فيمكننا حساب الكتل الأخرى.

### مثال

احسب كتلة بخار الماء الناتجة عند احتراق 0.1 جم هيدروجين في وفرة من الأكسجين.



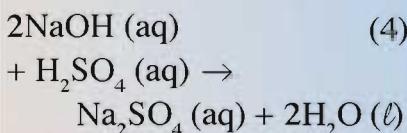
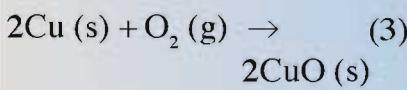
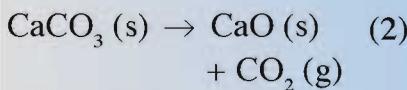
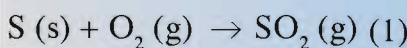
### Moles and Equations

## 8-5 مولات ومعادلات

قياس التحاد العناصر Stoichiometry هو دراسة التكوين الكمي للمواد الكيميائية، والغيرات الكمية التي تحدث في التفاعلات الكيميائية. وتكون هذه المعرفة مهمة عند التنبؤ بمحصلة النواتج الكيميائية. افترض أن صانع صواريخ يستخدم هيدروجين سائل كوقود، ويحتاج لتحديد كمية الوقود اللازمة لرحلة معينة. عند احتراق الهيدروجين في الأكسجين، يتكون بخار ماء، وتمثل المعادلة الكيميائية المتوازية عدد الجزيئات المستخدمة.

### اختبار فهمك 4

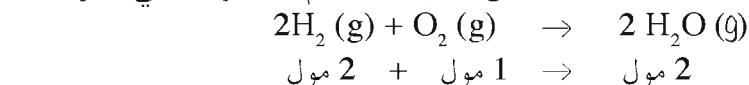
لكل من المعادلات التالية، حدد عدد المولات لكل متفاعل وناتج، ثم حول المولات إلى جرامات.



هل تساوي دائمًا الكتلة الكلية للمتفاعلات الكتلة الكلية للنواتج؟

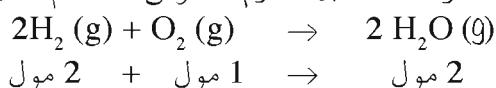
يتفاعل على سبيل المثال جزيئان هيدروجين مع جزيء أكسجين لتكوين جزيئين من بخار الماء. إذا حسبناها بالمولات فإن اثنين مول من غاز الهيدروجين يتفاعل مع واحد مول من غاز الأكسجين لتكوين اثنين مول من بخار الماء. توضح المعادلة الكيميائية المتوازنة نسبة التحاد العناصر والتي تعطي كمية المتفاعل والناتج بالضبط.

**حساب كتلة الناتج المتكونة من كمية محددة من المتفاعل ما كمية بخار الماء الناتجة من احتراق 10 جم هيدروجين في الهواء؟**



واحد مول هيدروجين = 2 جم، ومن ثم 10 جم = 5 مول هيدروجين  
5 مول هيدروجين تنتج 5 مول بخار ماء  
5 مول بخار ماء =  $(18 = M_r) \times 5 = 90$  جم بخار ماء

**حساب كتلة المتفاعلات الالزمة للحصول على كتلة ناتج معطاة ما مقدار الأكسجين اللازم لتكوين 54 جم بخار ماء باحتراق الهيدروجين؟**



واحد مول بخار ماء = 18 جم، ومن ثم 54 جم = 3 مولات بخار ماء  
3 مولات ماء يلزمها 1.5 مول غاز أكسجين  
1.5 مول أكسجين =  $(32 = M_r) \times 1.5 = 48$  جم أكسجين.

## حساب النسبة المئوية لنقاء وحصيلة المادة

### Calculating Percentage Purity and Yield

#### نسبة النقاء

لا تكون معظم المواد الكيميائية التي نستخدمها نقية بنسبة 100%. وتسمى المواد النقية تماماً **أنانالار**, لأنها تستخدم كـ**كواشف تحليلية**, وتكون نسبة نقايتها 99.5% تقريباً. تختلف المواد الكيميائية الأخرى في درجة نقايتها، ويعتمد ذلك على طرق تحضيرها وتنقيتها.

عند مقارنة نقاء المواد الكيميائية، نشير إلى نقايتها النسبية. تُباع على سبيل المثال بلورات نترات البوتاسيوم بنسبة نقاء 99% على الأقل.

**مثال : نترات البوتاسيوم :**

الحد الأدنى لدرجة النقاء 99%

الحدود القصوى للشوائب :

كلوريد %0.02

كبريتات %0.02

صوديوم %0.05

#### نسبة الحصيلة

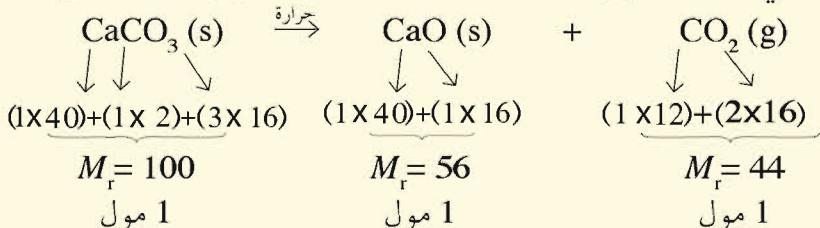
في أي تفاعل كيميائي، تكون دائمًا كمية الناتج المتكون بالتجارب العملية أقل من تلك التي يتم حسابها نظرياً (المحسوبة من المعادلة). ويمكن التعبير عن ذلك بما يسمى **نسبة الحصيلة** وهي قياس لكفاية التفاعل. وتتأثر نسبة الحصيلة بعوامل متعددة منها درجة الحرارة، والضغط، ووجود عامل حفاز، ونقاء المواد المستخدمة، وكفاية فصل النواج ..... إلخ.

$$\text{نسبة الحصيلة} = \frac{\text{القيمة العملية}}{\text{القيمة النظرية}} \times 100\%$$

#### مثال

احسب نسبة الحصيلة إذا تم تسخين 50 جم حجر جيري ( $\text{CaCO}_3$ ), ونتج منها 21 جم جير ( $\text{CaO}$ ).

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



100 جم (1 مول)  $\text{CaCO}_3$  ينتج 56 جم (1 مول) من  $\text{CaO}$

50 جم (0.5 مول)  $\text{CaCO}_3$  ينتج 28 جم (0.5 مول) من  $\text{CaO}$

ومن ثم فإن القيمة النظرية = 28 جم من الجير

القيمة العملية = 21 جم من الجير

$$\text{نسبة الحصيلة} = \frac{\text{القيمة العملية}}{\text{القيمة النظرية}} \times 100\%$$

$$75\% = 100 \times \frac{21}{28} =$$

## ملحوظة

## مراجعة سريعة

المذاب	مادة صلبة تذوب
المذيب	سائل يذيب
المخلول	مذاب + مذيب
المخلول المشبع	محلول لا يذوب فيه مذاب أكثر
ذواب	مادة تذوب في مذيب
غير ذواب	مادة لا تذوب في مذيب

نترات الأمونيوم هي من أكثر المواد الصلبة ذوبانية. فيذوب عند درجة حرارة الغرفة 1920 جم من هذا الملح في لتر من الماء (ديسم<sup>3</sup>). والكتلة الجزئية النسبية ( $M_r$ ) لنترات الأمونيوم هي 80 لذلك يكون تركيزها =  $\frac{1920}{80} \text{ الكتلة} = \frac{1920}{M_r}$  مول ديس<sup>3</sup> = 24 مول ديس<sup>3</sup>

## اختبار فهمك 5



تأمل القلوي هيدروكسيد البوتاسيوم . KOH

$$A_r(\text{K}) = 39, A_r(\text{O}) = 16, \\ A_r(\text{H}) = 1 \\ \text{عدد أوجادرو } 6 \times 10^{23}$$

(1) كم عدد الجرامات الموجودة في 1 مول هيدروكسيد بوتاسيوم؟

(2) كم عدد الأيونات في 0.5 مول هيدروكسيد بوتاسيوم؟

(3) كم عدد مولات المذاب في 1000 سم<sup>3</sup> من محلول 1 مول ديسيمتر<sup>-3</sup>؟

(4) كم عدد مولات المذاب في 1 ديسيمتر<sup>-3</sup> من محلول 1 مول ديسيمتر<sup>-3</sup>؟

(5) كم عدد مولات المذاب في 500 سم<sup>3</sup> من محلول 1 مول ديسيمتر<sup>-3</sup>؟

(6) كم عدد مولات المذاب في 1000 سم<sup>3</sup> من محلول 2 مول ديسيمتر<sup>-3</sup>؟

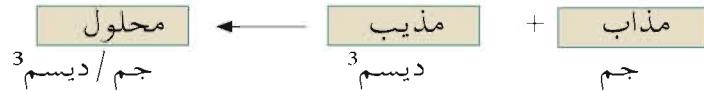
(7) كم عدد جرامات المذاب في 500 سم<sup>3</sup> من محلول 2 مول ديسيمتر<sup>-3</sup>؟

(8) كم عدد جرامات المذاب في 100 سم<sup>3</sup> من محلول 5 مول ديسيمتر<sup>-3</sup>؟

## Moles and Solutions

## 10-5 مولات ومحاليل

إذا ذابت مادة في سائل تسمى مذاباً، ويسمى السائل مذيباً. ويسمى المخلوط الناتج محلولاً.



تستخدم جميع المحاليل الماء في هذا الجزء كمذيب؛ ولذلك تسمى محاليل مائية.

يقاس حجم المحلول بوحدة ديسـ<sup>3</sup> (اللتر). ويدل تركيز المحلول على كمية المذاب الذي تم إذابته في 1 ديسـ<sup>3</sup> من المحلول. ويمكن قياس كمية المذاب بالجرامات أو المولات.

تركيز 10 جم ديسـ<sup>3</sup> يعني أنه تم إذابة 10 جم من المذاب في 1 ديسـ<sup>3</sup> من المحلول. تركيز 2 مول ديسـ<sup>3</sup> يعني أنه تم إذابة 2 مول من المذاب في 1 ديسـ<sup>3</sup> من المحلول.

1 مول ديسـ<sup>3</sup> يعني أنه تم إذابة 1 مول من مذاب في 1 ديسـ<sup>3</sup> من المحلول.

تكون معظم الأحماض والقلويات المخففة التي تستخدمها في المعمل 2 مول ديسـ<sup>3</sup>. تكون الأحماض والقلويات المركزة 10 مول ديسـ<sup>3</sup> تقريباً.

التركيز بالحجم ديسـ<sup>3</sup> = التركيز بالمول ديسـ<sup>3</sup> × كتلة 1 مول من المذاب

تأمل إذابة هيدروكسيد صوديوم NaOH ( $M_r = 40$ ) في الماء.

1 مول (40 جم) في 1000 سم<sup>3</sup> (1 ديسـ<sup>3</sup>) = 1 مول ديسـ<sup>3</sup>.  
(هذا هو تعريف التركيز).

2 مول (80 جم) في 1000 سم<sup>3</sup> (1 ديسـ<sup>3</sup>) = 2 مول ديسـ<sup>3</sup>.  
(ضعف كمية المذاب في نفس حجم المذيب).

0.5 مول (20 جم) في 1000 سم<sup>3</sup> (1 ديسـ<sup>3</sup>) = 0.5 مول ديسـ<sup>3</sup>.  
(نصف كمية المذاب في نفس حجم المذيب).

1 مول (40 جم) في 500 سم<sup>3</sup> (0.5 ديسـ<sup>3</sup>) = 2 مول ديسـ<sup>3</sup>.  
(نفس كمية المذاب في نصف حجم المذيب؛ لذلك هو مضاعف التركيز).

1 مول (40 جم) في 2000 سم<sup>3</sup> (2 ديسـ<sup>3</sup>) = 0.5 مول ديسـ<sup>3</sup>.  
(نفس كمية المذاب في ضعف حجم المذيب؛ لذلك هو نصف مركز).

## 11-5 تركيز المحاليل

### Concentration of Solutions

يجب على الكيميائي استنباط عدد مولات المذاب في حجم معين من المحلول. على سبيل المثال ما هي كمية هيدروكسيد الصوديوم التي يحتوي عليها 200 سم<sup>3</sup> من محلول هيدروكسيد صوديوم 2 مول ديسم<sup>-3</sup>? يمكن حساب ذلك كما يلي:

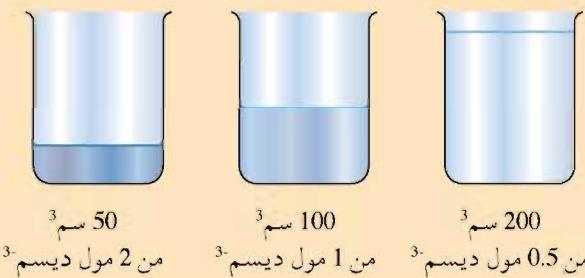
$$\begin{aligned} &\text{يحتوي } 1000 \text{ سم}^3 \text{ من محلول } 2 \text{ مول ديسم}^{-3} \text{ على } 2 \text{ مول من NaOH} \\ &\text{يحتوي } 1 \text{ سم}^3 \text{ من محلول } 2 \text{ مول ديسم}^{-3} \text{ على } \frac{2}{1000} \text{ مول من NaOH} \\ &\text{يحتوي } 200 \text{ سم}^3 \text{ من محلول } 2 \text{ مول ديسم}^{-3} \text{ على } 2 \times \frac{200}{1000} \text{ مول من NaOH} \\ &\quad \text{نحو } 0.4 = \end{aligned}$$

عموماً،

$$\text{عدد مولات المذاب} = \frac{\text{الحجم بالسم}^3}{\text{سم}^3 1000} \times \text{ التركيز بالمول ديسم}^{-3}$$

### فَكْرٌ عَلَمِيٌّ

ما الشيء المشترك في المحاليل الثلاثة التالية؟



### Moles and Titration

## 12-5 المولات والمعايرة

المعايرة تقنية تجريبية كمية تستخدمن في تفاعلات التعادل بين الأحماض والقلويات. وتحتاج إلى إضافة حمض من سجاجدة إلى دورق مخروطي يحتوي على القلوي. تستخدم الماصة لقياس حجم القلوي بالضبط، ويضاف دليل لبيان نقطة نهاية المعايرة.

يمكن التعبير عن العلاقة بين الحمض والقلوي بالمعادلة التالية

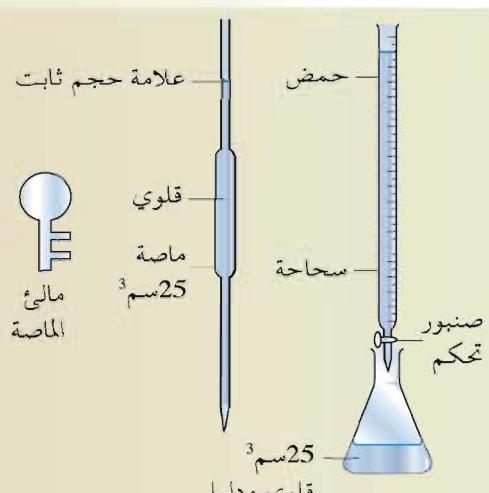
$$\left( \frac{MV}{n} \right)_{\text{قلوي}} = \left( \frac{MV}{n} \right)_{\text{حمض}}$$

حيث

$M$  = المolarية أو التركيز بالمول ديسم<sup>-3</sup>،

$V$  = الحجم بالسم<sup>3</sup>،

$n$  = عدد المولات الموضع في المعادلة الكيميائية.



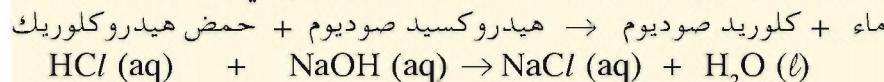
شكل 3-5 أدوات معايرة

## اختر فهمك 6



مثال

كم سٖمٖ٣ من حمض الهيدروكلوريك 0.1 مول ديسيمترٖ٣ تلزم لتعادل 25 سٖمٖ٣ من هيدروكسيد الصوديوم 0.2 مول ديسيمترٖ٣؟ معادلة التفاعل هي:



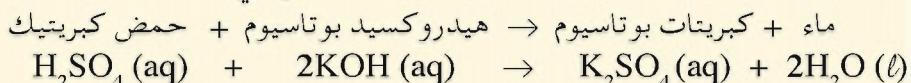
$$\begin{aligned} \text{حيث } M_{(\text{حمض})} &= 0.1 = \frac{\text{مول ديسيمتر}^3}{V} \\ V_{(\text{قلوي})} &= 25 \text{ سـمـ}^3 \\ n_{(\text{قلوي})} &= 1 = \frac{1}{n} \text{ (من المعادلة)} \\ \frac{25 \times 0.2}{1} &= \frac{V \times 0.1}{1} \end{aligned}$$

ومن ثم،

$$\text{وعليه فإن: } V_{(\text{حمض})} = 25 \times \frac{0.2}{0.1} = 50 \text{ سـمـ}^3$$

مثال

إذا تعادل 25 سـمـٖ٣ من هيدروكسيد البوتاسيوم مع 20 سـمـٖ٣ من حمض الكبريتيك 2.5 مول ديسيمترٖ٣، فما مolarية القلوي؟ معادلة التفاعل هي:



$$\begin{aligned} \text{حيث } M_{(\text{حمض})} &= 2.5 = \frac{\text{مول ديسيمتر}^3}{V} \\ V_{(\text{قلوي})} &= 20 \text{ سـمـ}^3 \\ n_{(\text{قلوي})} &= 2 = \frac{1}{n} \text{ (من المعادلة)} \end{aligned}$$

$$\frac{25 \times M}{2} = \frac{20 \times 2.5}{1}$$

ومن ثم،

$$\text{وعليه فإن: } M_{(\text{قلوي})} = \frac{20 \times 5}{25} = 4 \text{ مول ديسيمتر}^3$$

## Further Molar Calculations from Equations

### 13-5 حسابات مolarية إضافية

#### من المعادلات

مسألة 1

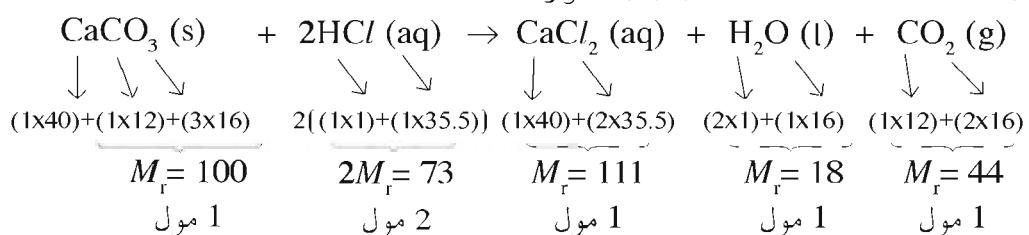
احسب كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المتبعة بالسمٖ٣ إذا ذاب 50 جم من الطباشير (كربونات كالسيوم) في حمض زائد. افترض أن التفاعل يحدث عند درجة حرارة وضغط الغرفة (r.t.p.)

$$A_r(\text{Ca}) = 40, A_r(\text{C}) = 12, A_r(\text{O}) = 16, A_r(\text{H}) = 1,$$

$$A_r(\text{Cl}) = 35.5$$

$$\text{الحجم المولي للغاز} = 24000 \text{ سم}^3$$

نبأ كالعادة بكتابة المعادلة الكيميائية المتوازنة:



## اختبار فهمك 7

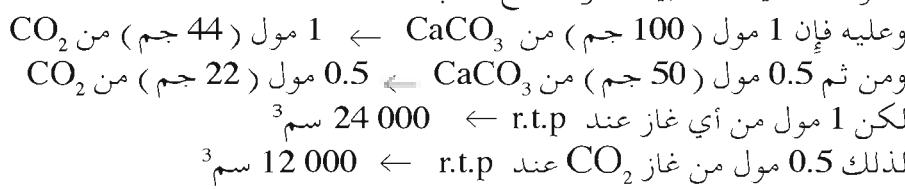


- (1) ما كتلة كل من :
- 0.5 مول ماء  $\text{H}_2\text{O}$
  - 2 مول بلوراتكبريتات نحاس(II)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- (ج) 0.25 مول ميثان  $\text{CH}_4$ ?  
 $A_r(\text{H}) = 1, A_r(\text{O}) = 16, A_r(\text{Cu}) = 64, A_r(\text{S}) = 32, A_r(\text{C}) = 12$
- (2) ما الحجم الذي يشغله كل ما يأتي عند درجة حرارة وضغط الغرفة؟  
 (أ) 2 مول أمونيا  
 (ب) 3 مول ميثان  
 (ج) 0.25 مول أكسجين (الحجم المولى)  
 $= 24000 \text{ سم}^3$   
 عند درجة حرارة وضغط الغرفة.

- (3) كم عدد المولات التي توجد في المحلول التالي؟  
 (أ) 250  $\text{سم}^3$  من محلول 2 مول ديسيمتر<sup>3</sup>  
 (ب) 2 ديسيمتر<sup>3</sup> من محلول 3 مول ديسيمتر<sup>3</sup>  
 (ج) 100  $\text{سم}^3$  من محلول 10 مول ديسيمتر<sup>3</sup>

تكون العملية الحسابية مجرد جمع نسب.

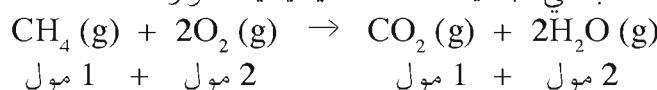


## مسألة 2

احسب كمية غاز الأكسجين بالسم<sup>3</sup> اللازمة لاحتراق 100 سم<sup>3</sup> من الميثان احتراقاً تاماً. تم قياس جميع المحجم عند درجة حرارة وضغط الغرفة.

$$\text{الحجم المولى للغاز} = 24000 \text{ سم}^3$$

نكتب في البداية المعادلة الكيميائية المتوازنة:



2 مول + 1 مول

بما أن 1 مول من أي غاز يشغل 24000 سم<sup>3</sup>, فإن 24000 سم<sup>3</sup> من غاز  $\text{CH}_4$  تتطلب 48000 سم<sup>3</sup> من  $\text{O}_2$  (من المعادلة).

$$\text{إذن } 1 \text{ سم}^3 \text{ من غاز CH}_4 \text{ تتطلب } \frac{48000}{24000} = 2 \text{ سم}^3 \text{ من O}_2 \text{ و} \\ 100 \text{ سم}^3 \text{ من CH}_4 \text{ تتطلب } 200 = 2 \times 100 \text{ سم}^3 \text{ من O}_2.$$

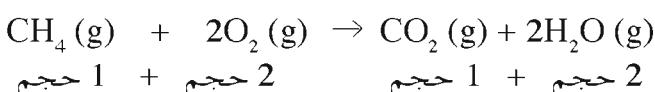
وتوجد طريقة بديلة أكثر مباشرة للإجابة، تكون باستخدام قانون جاي لوساك Gay Lussac's Law الذي ينص على:

تفاعل حجوم الغازات، بنسبة عددية بسيطة لبعضها البعض وبحجم الناتج، إذا كانت غازية وعند نفس درجة الحرارة والضغط.

يمكن استنفاد هذا القانون من قانون أفوجادرو الذي ينص على:

تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة على نفس العدد من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط.

وبناءً عليه،



2 حجم + 1 حجم



لذلك



لمساعدتك على الحسابات المولارية، قد يكون من المفيد أن تتذكرة العلاقات المهمة التالية.

$$\bullet \text{ عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجرامات}}{\text{كتلة 1 مول}}$$

$$\bullet \text{ الكتلة بالجرامات} = \text{عدد المولات} \times \text{كتلة 1 مول}.$$

$$\bullet \text{ عدد الجسيمات} = \text{عدد المولات} \times \text{عدد أفوجادرو}.$$

$$\bullet \text{ حجم الغاز} = \text{عدد المولات} \times \text{الحجم المولى للغاز}.$$

$$\bullet \text{ حجم الغاز} = \frac{\text{عدد الجرامات}}{\text{كتلة 1 مول}} \times \text{الحجم المولى للغاز}.$$

$$\bullet \text{ نسبة الحصيلة} = \frac{\text{القيمة العملية}}{\text{القيمة النظرية}} \times 100\%$$

$$\bullet \text{ التركيز (الحجم ديسىمتر}^3) = \text{التركيز (المول ديسىمتر}^{-3}) \times \text{كتلة 1 مول من المذاب}.$$

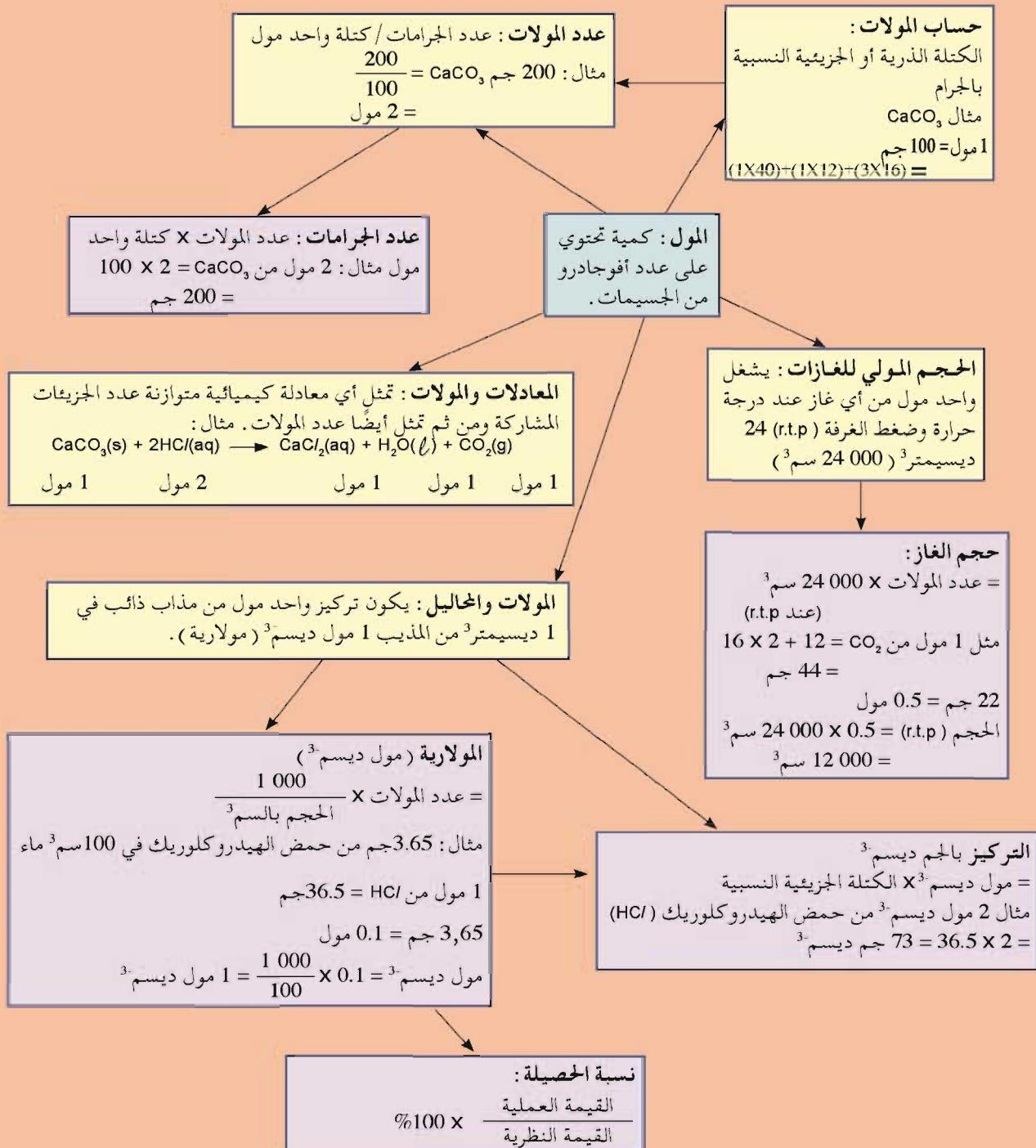
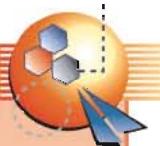
$$\bullet \text{ مول ديسىمتر}^3 = \text{مولارية (M)}$$

$$\bullet \text{ مول ديسىمتر}^3 = \frac{1\ 000}{\text{الحجم بالسم}^3} \times \text{عدد المولات}$$

$$\bullet \text{ عدد المولات} = \frac{\text{الحجم بالسم}^3}{1\ 000} \times \text{مول ديسىمتر}^3$$

$$\bullet \left( \frac{\text{مولارية} \times \text{الحجم}}{\text{عدد المولات}} \right) (\text{حمض}) = \left( \frac{\text{الحجم}}{\text{عدد المولات}} \right) (\text{فلوي})$$

## خريطة مفاهيم





### أسئلة الاختيار من متعدد

للاجابة عن الأسئلة التالية استخدم الكتلة الذرية النسبية المعلقة فيما يلي .

$A_r$	العنصر	$A_r$	العنصر	$A_r$	العنصر	$A_r$	العنصر
108	نضة	20	نيون	52	كروم	27	الومنيوم
23	صوديوم	14	نيتروجين	64	نحاس	40	أرجون
32	كبريت	16	أكسجين	4	هيليوم	80	بروم
		31	فوسفور	1	هيدروجين	40	كالسيوم
		39	بوتاسيوم	56	حديد	12	كريون
				24	ماغنيسيوم	35.5	كلور

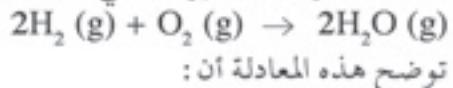
الحجم المولى للغاز =  $24 \text{ ديسن}^3 / 24000 \text{ سم}^3$  عند درجة حرارة وضغط الغرفة ، عدد أفوجادرو =  $6 \times 10^{23}$

-5 الإيثanol ( $C_2H_5OH$ ) كحول شائع . يمكن أن ينتج من تخمر محلول سكري مثل الجلوکوز ( $C_6H_{12}O_6$ )



- (أ) 0.05 مول (ب) 0.01 مول  
(ج) 0.10 مول (د) 0.25 مول

-6 معادلة احتراق الهيدروجين في الأكسجين هي :



- (أ) مولين هيدروجين يتحددان مع واحد مول أكسجين .  
(ب) ذرتين هيدروجين يتحددان مع ذرة أكسجين واحدة .  
(ج) مولين هيدروجين يتحددان مع ذرة أكسجين واحدة .  
(د) مولاً واحداً من بخار الماء يتكون من واحد مول أكسجين .

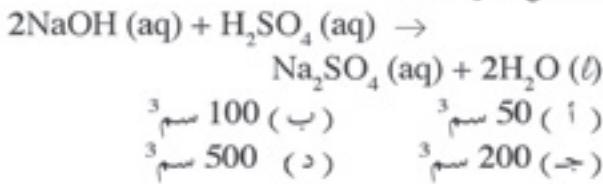
-1 كبريتات فلز صيغتها  $M_2SO_4$  . كتلة 1 مول منها 142 جم . ما الكتلة الذرية النسبية لم؟

- (أ) 14 (ب) 23 (ج) 22 (د) 28

-2 كم عدد جرامات هيدروكسيد الصوديوم اللازمة لتحضير 100 سم<sup>3</sup> من محلول 0.5 مول ديسن<sup>3</sup>؟

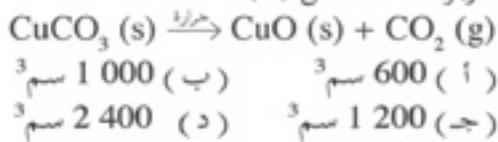
- (أ) 1 جم (ب) 2 جم (ج) 5 جم (د) 20 جم

-3 ما حجم 0.5 مول ديسن<sup>3</sup> هيدروكسيد صوديوم اللازمة لتعادل 50 سم<sup>3</sup> بالضبط من 1 مول ديسن<sup>3</sup> حمض كبريتيك؟



- (أ) 50 سم<sup>3</sup> (ب) 100 سم<sup>3</sup> (ج) 200 سم<sup>3</sup> (د) 500 سم<sup>3</sup>

-4 ما حجم ثاني أكسيد الكربون (مقاس عند درجة حرارة وضغط الغرفة) الناتج من تسخين 6.2 جم من كربونات النحاس (II)؟

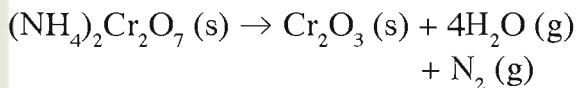


- (أ) 600 سم<sup>3</sup> (ب) 1 000 سم<sup>3</sup> (ج) 1 200 سم<sup>3</sup> (د) 2 400 سم<sup>3</sup>

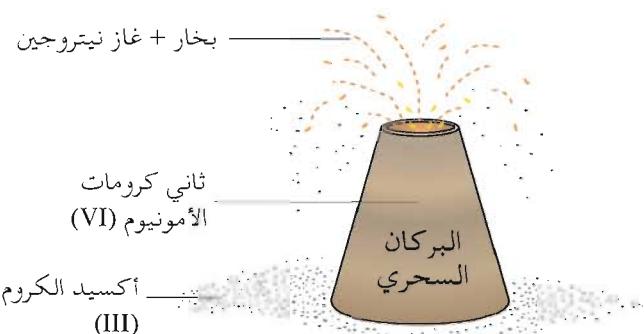
13- الحد القانوني لتركيز الكحول (الإيثanol) ( $C_2H_5OH$ ) بالدم في أوروبا هو 80 مجم لكل 100 سـ<sup>3</sup> من الدم. أكمل الجدول بحساب تركيز الكحول بالمول ديسيمتر<sup>-3</sup> للشخص عند حالات متنوعة من السكر؟ افترض أن 1 ديسـ<sup>3</sup> من الدم يحتوي على 1 ديسيمتر<sup>-3</sup> ماء.

تركيز الكحول في 1 مول ديسيمتر <sup>-3</sup>	الوصف	مسمى الكحول (مجم/100 سـ <sup>3</sup> )
	في إطار الحد القانوني	80 مجم
	سكر	200 مجم
	غيابوعي	300 مجم
	قد يؤدي للموت	500 مجم

14- تسمى إحدى الألعاب النارية المشهورة البركان السحري. تحتوي على بلورات برتقالية مادة كيميائية تسمى ثاني كرومات الأمونيوم (VI).  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ . عند إشعالها بعود الش CABAB ، تحرق لتكون سحباً من مسحوق دقيق أخضر يسمى أكسيد الكروم (III) ، وتنتج بخاراً كثيفاً وغاز نيتروجين . ومعادلة التفاعل هي



بخار + غاز نيتروجين



(أ) داخل إحدى هذه الألعاب النارية، 25.2 جم من ثاني كرومات الأمونيوم (VI). كم عدد تلك المولات؟

(ب) من هذه الكمية من ثاني كرومات الأمونيوم (VI) :

(1) ما مقدار مسحوق أكسيد الكروم (III) الأخضر الناتج؟

(2) كم عدد جرامات بخار الماء الناتج؟

(3) ما حجم غاز النيتروجين الناتج عند (r.t.p.)؟

7- تحت نفس شروط درجة الحرارة والضغط، يحتوي 16 جم غاز أكسجين  $O_2$  على نفس عدد الجسيمات كما في:

(أ) 20 جم غاز نيون.

(ب) 22 جم غاز ثاني أكسيد كربون.

(ج) 40 جم غاز أرجون.

(د) 71 جم غاز كلور.

8- أي مما يلي يحتوي على أكبر عدد من مولات حمض؟

(أ) 10 سـ<sup>3</sup> من حمض 10 مول ديسـ<sup>-3</sup>

(ب) 25 سـ<sup>3</sup> من حمض 4 مول ديسـ<sup>-3</sup>

(ج) 100 سـ<sup>3</sup> من حمض 1 مول ديسـ<sup>-3</sup>

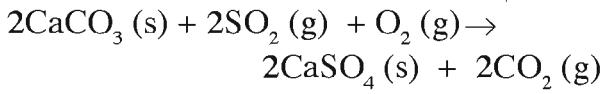
(د) 500 سـ<sup>3</sup> من حمض 0.5 مول ديسـ<sup>-3</sup>

9- اتحد 0.1 مول من الكلوريد  $XCl_2$  مع 10.8 جم من الماء لتكوين الهيدرات  $XCl_2.nH_2O$ . ما قيمة n؟

(أ) 2 (ب) 4

(ج) 6 (د) 10

10- إحدى طرق الحد من تلوث الهواء تكون بإزالة ثاني أكسيد الكبريت من غازات عادم محطة قدرة ضخمة لتوليد الكهرباء بمعالجتها بالحجر الجيري . يحول ذلك ثاني أكسيد الكبريت إلى كبريتات كالسيوم



إذا أنتجت محطة القدرة 256 طن من ثاني أكسيد الكبريت في اليوم، ما كتلة الحجر الجيري  $(CaCO_3)$  اللازمة؟

(أ) 100 طن (ب) 200 طن

(ج) 256 طن (د) 400 طن

### أسئلة تركيبية

11- احسب الكتلة بالграмм لكل من:

(أ) 1 مول من الحديد.

(ب) 2 مول من الكربون.

(ج) 0.5 مول من الماغنيسيوم.

(د) 0.1 مول من ذرات البروم.

(هـ) 0.025 مول من الفضة.

12- كم عدد المولات التي توجد في 8 جم من كل مما يلي:

(أ) غاز الأكسجين

(ب) ذرات كبريت

(ج) ذرات نحاس

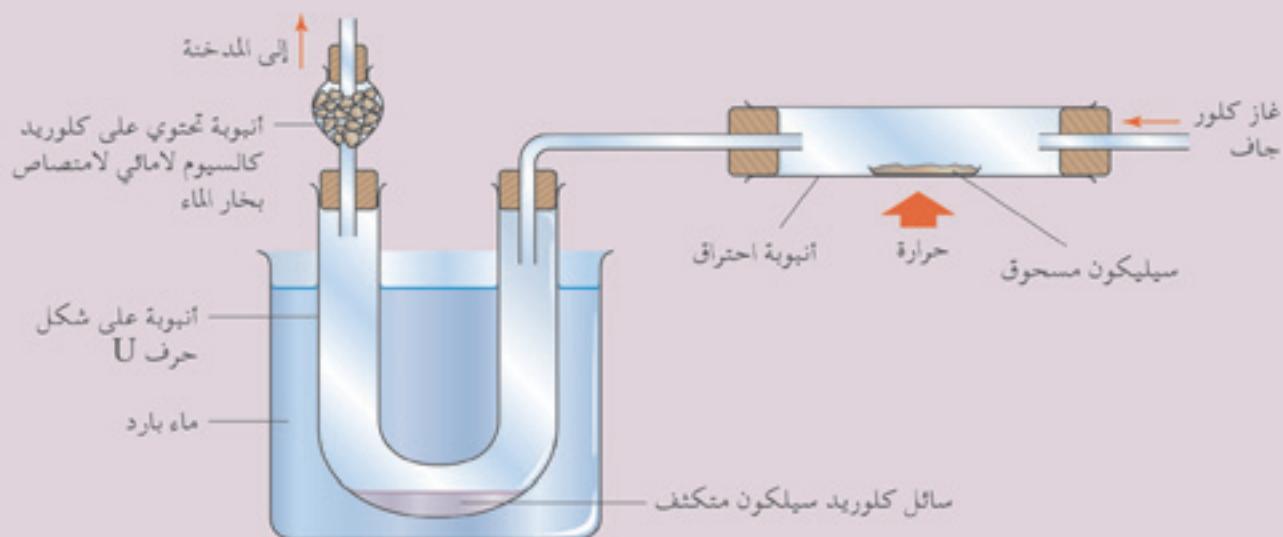
(د) غاز هيدروجين

(هـ) سائل البروم

## ركن التفكير

### المهارة: الاستنتاج

يستهدف هذا السؤال استنتاج الصيغة الكيميائية (الصيغة التجريبية) لكلوريد السيليكون. ويمكن تحضير ذلك السائل بتمرير غاز كلور جاف فوق كمية من سيليكون ساخن، باستخدام الجهاز المبين:



وزن السيليكون الموجود بانبوبة الاحتراق المقياس قبل وبعد التسخين، ثم تم إيجاد كتلة كلوريد السيليكون بوزن الانبوبة التي على شكل حرف U قبل وبعد التجربة.

.

أكمل النتائج التالية لاستنتاج صيغة كلوريد السيليكون.

كتلة أنبوبة الاحتراق والسيليكون قبل التسخين = 37.52 جم

كتلة أنبوبة الاحتراق والسيليكون بعد التسخين = 36.4 جم

كتلة السيليكون المستخدم = ..... جم

كتلة الأنبوبة U قبل التسخين = 132.41 جم

كتلة الأنبوبة U بعد التسخين = 139.21 جم

كتلة كلوريد السيليكون المتكون = ..... جم

من هذه النتائج

تحدد ..... جم سيليكون مع ..... جم كلور لتكون ..... جم كلوريد السيليكون. لذلك،

تحدد ..... مول ذرات السيليكون مع ..... مول ذرات الكلور  $[A_{\text{Si}} = 28, A_{\text{Cl}} = 35.5]$

وعليه:

تحدد 1 مول ذرات سيليكون مع ..... مول ذرات كلور. الصيغة التجريبية (الأبسط) لكلوريد السيليكون

هي ..... هي

## مسرد

يُعرف هذا المسرد المصطلحات الكيميائية التي وردت في السلسلة

monatomic	يتكون من ذرات مفردة مثل الغازات النبيلة.	أحادي الذرة
combustion	تفاعل كيميائي مع الأكسجين (الاحتراق)، وينتج عنه غالباً ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.	احتراق
reduction	نزع الأكسجين، أو اكتساب الهيدروجين، أو اكتساب إلكترونات، أو نقص عدد التاكسد.	احتزال
pH	عدد يبين تركيز أيونات الهيدروجين – يكون أقل من سبعة في الأحماض، و 7 في المحلول المتعادلة، وأكثر من 7 في محلول الكلوريات.	الأس الهيدروجيني
esters	مجموعة من المواد العضوية تحضر من تفاعل الأحماض العضوية مع الكحولات.	إستر
polarisation	تجمع فقاعات الهيدروجين على نقطاب التحليل مما يمنع سريان الكهرباء.	استقطاب
oxidation	الاتحاد مع الأكسجين، أو فقد الهيدروجين، أو فقد إلكترونات، أو زيادة عدد التاكسد.	أكسدة
acidic oxide	الأكسيد الذي يذوب في الماء منتجاً محلولاً حامضياً مثل ثاني أكسيد الكبريت $\text{SO}_2$ .	أكسيد حامضي
basic oxide	الأكسيد الذي يتعادل مع الحمض ليتحجج ملح وماء فقط.	أكسيد قاعدي
amphoteric oxide	أكسيد يتفاعل كحمض أو كقاعدة مثل أكسيد الزنك $\text{ZnO}$	أكسيد متعدد
alkane	هيدروكربون مشبع معادلته العامة $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ مثل الميثان $\text{CH}_4$ والإيثان $\text{C}_2\text{H}_6$ ..... إلخ.	الكان
electrode	ساق أو صفيحة للتوصيل تحمل الكهرباء من أو إلى الإلكترون.	إلكترود (قطب)
electron	جسم سالب الشحنة يدور حول نواة الذرة.	إلكترون
valence electron	إلكترون يوجد في الغلاف الخارجي للذرة.	إلكترون التكافؤ
electrolyte	محلول موصل للتيار الكهربائي.	إلكتروليت
non-electrolyte	سائل لا يوصل التيار الكهربائي مثل النفط.	لإلكتروليتي
alkene	هيدروكربون غير مشبع معادلته العامة $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ مثل الإيثين $\text{C}_2\text{H}_4$ ، والبروبين $\text{C}_3\text{H}_6$ ..... إلخ.	الكين
acid rain	الأمطار الملوثة بالأحماض الناجمة من ذوبان أكسيد النيتروجين (التي تنتج من اتحاد أكسجين ونيتروجين الهواء الجوي أثناء البرق) أو أكسيد الكبريت (التي تنتج من احتراق الوقود الحفري).	أمطار حمضية
diffusion	انتشار الجسيمات لتشغل كل الفراغ المتاح.	الانتشار

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

<b>synthetic polymer</b>	بوليمرات من صنع الإنسان مثل البلاستيك، والالياف الاصطناعية ... إلخ.	بوليمرات اصطناعية
<b>corrosion</b>	تفاعل كيميائي بين سطوح الفلزات والهواء الخبيث مثل الصدأ.	تآكل
<b>evaporation</b>	تحول السائل إلى بخار عند درجة أقل من درجة غليانه.	تبخير
<b>crystallisation</b>	تبريد المحلول الساخنة لكي تترسب المواد الصلبة المذابة على هيئة بلورات.	التبلور
<b>biodegradable</b>	التحلل الطبيعي للمواد بواسطة البكتيريا وضوء الشمس.	تحلل بيولوجي
<b>hydrolysis</b>	تحلل كيميائي بواسطة الماء.	تحلل مائي
<b>electrolysis</b>	تحلل نتيجة مرور التيار الكهربائي في الماء، وهي في الحالة السائلة (على هيئة محلول أو مصهور).	تحليل كهربائي
<b>synthesis</b>	بناء جزيء معقد من جزيئات أصغر.	تحليل أو تحضير
<b>fermentation</b>	تحول السكر إلى كحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة أنزيمات الخميرة.	تخمر
<b>filtration</b>	فصل مادة صلبة غير ذاتية من السائل.	ترشيح
<b>sublimation</b>	تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الغازية دون المرور بالحالة السائلة.	تسامي
<b>volatility</b>	سهولة تحول المركب إلى بخار. مثل النفط مادة متطرافية.	تطاير
<b>change of state</b>	تحول الصلب إلى سائل، أو السائل إلى غاز، أو العكس.	تغير الحالة
<b>physical change</b>	تغير مؤقت يمكن إرجاعه، وهو وبالتالي ليس تغيراً كيميائياً.	تغير فيزيائي
<b>chemical change</b>	تغير دائم ينتج عنه مادة جديدة، ويسمى غالباً تفاعلاً كيميائياً.	تغير كيميائي
<b>substitution reaction</b>	إحلال الفلز الأكثـر فاعـلـيـة محلـ الفلـزـ الأـقـلـ فـاعـلـيـةـ فيـ محـالـيلـ أـمـالـاحـ،ـ مـثـلـ إـحـلالـ الزـنـكـ محلـ النـحـاسـ فيـ محـالـيلـ أـمـالـاحــ.	تفاعل إحلال
<b>redox reaction</b>	التفاعل الذي تشم فيه عمليتا الأكسدة والاختزال في نفس الوقت.	تفاعل أكسدة (ريدوكس)
<b>displacement reaction</b>	نوع من التفاعل يحدث في المركبات المشبعة، وذلك بإحلال ذرة محل ذرة أخرى.	تفاعل إزاحة
<b>addition reaction</b>	إضافة جزيئين أو أكثر لبعضهما لتكوين جزيء واحد مثل إضافة جزيء البروم إلى جزيء الإيثين لتكوين جزيء 1 و 2 ثانـي بـروـموـإـثـانـ.	تفاعل إضافة
<b>exothermic reaction</b>	تفاعل كيميائي تنتـجـ عنه طـاقـةـ حرـارـيـةـ،ـ وـيـتـضـمـنـ تـكـوـيـنـ رـوابـطـ.	تفاعل طارد للحرارة
<b>reversible reaction</b>	تفاعل كيميائي يتم في كلا الجهتين ويتميز بالأسماء $\rightleftharpoons$ في المعادلة.	تفاعل عكوس
<b>endothermic reaction</b>	تفاعل كيميائي يستهـلـ طـاقـةـ حرـارـيـةـ لـتـكـسـيرـ الروـابـطـ.	تفاعل ماض للحرارة

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

boiling point	درجة الغليان
indicator	دليل
period	دورة
periodicity	الدورية
atom	ذرة
soluble	ذواب
dissolving	ذوبان
ionic bond	رابطة أيونية
covalent bond	رابطة تساهمية
double bond	رابطة مزدوجة
precipitate	راسب
filtrate	الريش (الراشح)
symbol	رمز
alloy	سبائك
burette	سحاحة
reactivity series	سلسلة الفاعلية (النشاط)
fertiliser	سماد
crystal	شبكة
semiconductor	شبه موصل
radical	شق
rusting	الصدأ
smelting	الصهر
empirical formula	الصيغة الأولية
formula	الصيغة الكيميائية
structural formula	صيغة بنائية
molecular formula	صيغة جزيئية
insulator	عازل

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

cathode	القطب السالب الشحنة في عمليات التحلل الكهربائي .	كاثود
atomic mass	عدد البروتونات والبيوترونات في نواة الذرة .	كتلة ذرية
relative molecular mass	مجموع الكتل الذرية النسبية للعناصر المختلفة في الجزيء فمثلاً $H_2O = 16 + (1 \times 2) = 18$	الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_i$ )
relative atomic mass	الأرقام التي تقارن كتل الذرات الخاصة للعناصر المختلفة مثلاً الهيدروجين = 1 والأكسجين = 16	الكتلة الذرية النسبية ( $A_i$ )
formula mass	الكتلة الجزيئية النسبية ( $M_i$ ) كما تبينها الصيغة الكيميائية .	كتلة الصيغة
alcohol	مادة عضوية تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل (-OH).	كحول
carbohydrate	مواد غذائية مهمة كمصدر للطاقة – ولها المعادلة العامة $(C_x(H_2O)_y)$ مثل الجلوكوز ( $C_6H_{12}O_6$ ).	كربيوهيدرات
chromatography	طريقة مناسبة لفصل المواد الملونة خاصة – أو الأحماض الامينية أو السكريات .	クロマトグラフィー
anhydrous	مادة لا تحتوي على ماء تبلور مثل كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$ .	لامائي
water of crystallisation	عدد محدد من جزيئات الماء داخل البلورة مثل بلورة كبريتات النحاس $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	ماء تبلور
distilled water	ماء النقى الناتج من عملية التقطر .	ماء مقطر
oxidising agent	المادة التي تقوم بعملية الأكسدة .	مادة مؤكسدة
pipette	جهاز زجاجي لقياس حجم السوائل (القلويات غالياً) بدقة متناهية .	ماصة (سحاحة)
depolarising mixture	خلط كيميائي يستخدم في البطاريات لمنع تكون الفقاعات الغازية على الأقطاب .	مانع الاستقطاب
residue	المادة غير الذائبة التي تبقى على ورقة الترشيح .	المتبقي (فضالة)
neutral	pH = 7 ليس حامضياً ولا قاعدياً وله	متعادل
reactants	المواد الابدية التي يتم التفاعل الكيميائي بينها .	متفاعلات
group	صنف رئيسي من العناصر في الجدول الدوري .	مجموعة
homologous series	مجموعة من المركبات العضوية لها نفس المعادلة العامة وخواص مشابهة .	مجموعة متتجانسة
solution	محلول المذاب والمذيب .	محلول
saturated solution	المحلول الذي لا يمكنه إذابة أي كمية إضافية من المذاب .	محلول مشبع
molar solution	محلول يحتوي اللتر منه على مول واحد من المذاب، ويسمى واحد مولر .	محلول مولاري
dot and cross diagrams	أشكال تبين ترتيب الإلكترونات المكونة للروابط .	مخلفات النقط و X
solute	المادة التي تذوب في المذيب .	مذاب
solvent	السائل الذي يذوب فيه المذاب .	مذيب
compound	ناتج الاتحاد الكيميائي بين عنصرين أو أكثر .	مركب

ionic compound	مركب ترتبط مكوناته بروابط أيونية.	مركب أيوني
covalent compound	مركب ترتبط ذراته معًا بروابط تساهمية.	مركب تساهمي
unsaturated compound	مركب عضوي ترتبط فيه ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثة مثل الإيثين $\text{C}_2\text{H}_4$ .	مركب غير مشبع
saturated compound	مركب عضوي تكون فيه جميع الروابط بين ذرات الكربون أحادية مثل الميثان $\text{CH}_4$ .	مركب مشبع
ionic equation	معادلة كيميائية تبين فقط الأيونات التي حدث لها تغير أثناء التفاعل الكيميائي.	معادلة أيونية
chemical equation	ملخص للتفاعل الكيميائي.	معادلة كيميائية
word equation	ملخص للتفاعل الكيميائي يسمى المتفاعلات والتواتج.	معادلة لفظية
titration	طريقة عملية لمعادلة الأحماض والقلويات، وتستخدم السحاحة والماصة.	معايرة
rate of reaction	سرعة التغير الكيميائي.	معدل التفاعل
mineral	مادة كيميائية طبيعية توجد في الأرض.	معدن
fraction	أحد مكونات الزيت الخام.	مقتليع
salt	المادة الناتجة من إحلال هيدروجين الحمض (جزئيًا أو كليًا) بفلز.	ملح
conductor	مادة صلبة تسمح بمرور الحرارة أو الكهرباء خلالها مثل الفلزات والجرافيت.	موصل
mole	كمية المادة التي تحتوي على العدد أفرجادرو من الجسيمات ويساوي $6.02 \times 10^{23}$ .	مول
monomer	جزيء صغير يمكن أن يرتبط عدد كبير منه (يتبلمر) فالإيثين هو المونومر للمولري إيثين.	مونومر
dehydration	انتزاع الماء من المادة.	نزع الماء
isotopes	ذرات لنفس العنصر تختلف في عدد النيوترونات مثل الكلور 35، والكلور 37	نظائر
kinetic theory	حركة الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة والغازية.	نظرية الحركة
nucleus	الجزيء الصغير المركزي في الذرة.	نواة
products	المواد الناتجة من التفاعل الكيميائي.	التواتج
neutron	جسم موجود في نواة الذرة غير مشحون وكتلته تساوي واحد كتلة ذرية.	نيوترون
halogens	المجموعة السابعة في الجدول الدوري (F, Cl, Br, I).	هالوجينات
hydrocarbons	مركبات عضوية تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.	هيدروكربونات
fuel	مادة تنتج كميات كبيرة من الحرارة عند احتراقها مثل الفحم والنفط.	وقود

## إجابات أسللة الاختبار من متعدد

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
الوحدة												
الوحدة الأولى	د	ب	د	أ	أ	أ	ب	د	ج	د	أ	د
الوحدة الثانية			أ	د	ج	ج	د	ب	أ	ج	ج	ب
الوحدة الثالثة			ج	ج	ج	ج	ج	د	ب	ج	د	د
الوحدة الرابعة			د	ب	د	ج	أ	ب	أ	ب	ب	ج
الوحدة الخامسة			د	ج	د	ب	أ	ج	ج	ج	ب	أ

## ملاحظات

## ملاحظات