



الكيمياء

كتاب الطالب

المستوى العاشر

CHEMISTRY
STUDENT BOOK | **GRADE 10**

الفصل الدراسي الأول
FIRST SEMESTER
2021 - 2020



حضره صاحب السّموّ الشيخ تميم بن حمد آل ثاني
أمير دولة قطر

النشيد الوطني

قَسَمًاً يَمْنُ رَفَعَ السَّمَاءُ
قَطَرُ سَتَبَقَى حَرَّةً
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الْأَلَى
قَطَرُ بِقَلْبِي سِيرَةً
قَسَمًاً يَمْنُ شَرَّالضِيَاءِ
قَطَرُ سَتَبَقَى حَرَّةً
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الْأَلَى
قَطَرُ الرِّجَالِ الْأَوَّلِينَ
تَسْمُو بِرُوحِ الْأَوْفِيَاءِ
عِزٌّ وَأَمْجَادُ الْإِبَاءِ
حُمَّاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءِ
جَوَارِحُ يَوْمَ الْفِدَاءِ



المراجعة والتدقيق العلمي والتربوي

كلية الآداب والعلوم - جامعة قطر

خبرات تربوية وأكاديمية من المدارس

الإعداد والإشراف العلمي والتربوي

فريق من الخبراء التربويين

إدارة المناهج الدراسية ومصادر التعلم

مقدمة

الحمدُ لله رب العالمين، والصلوة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، سيدنا محمدٌ وعلى آلِه وصحبه أجمعين، وبعد..

أبناءنا الطلبة:

تسعى دولة قطر من خلال رؤية 2030، واستناداً إلى «الإطار العام للمنهج التعليمي الوطني لدولة قطر»، إلى تطوير نظامها التعليمي، وإعداد مناهج وطنية ملتزمة بمعايير الجودة العالمية، بغية بناء الإنسان وإعداده إعداداً سليماً، وتسليحه بالمعرفة والقيم والمهارات والاتجاهات التي تؤهلُه لمواكبة التطورات العالمية في المجالات كافة، حتى أصبحت دولة قطر تنافس الدول المتقدمة في مجال التعليم وال مجالات الأخرى.

ويُعد الكتاب المدرسي مصدراً رئيساً من مصادر المعرفة، وأحد الركائز المهمة في العملية التعليمية؛ جاء حصيلةً لمزيج متجانسٍ من الخبرات المعرفية والثقافية والاجتماعية والفنية، وُضعت من قبل خبراء متخصصين، فالكتاب وسيلة منظمةٌ من وسائل التعليم، وهو أداةٌ من أدوات التوجيه الريفي، والأساس الذي يستعين به المعلم في إعداد دروسه.

لقد تم تأليف هذا الكتاب الذي يستهدف طلبة المستوى العاشر في التعليم العام، ويتوافق مع قدراتهم؛ بحيث تتدرج المعلومات فيه من السهل إلى الصعب، ومن العام إلى الخاص، ويهدف إلى رفع مستوى كفاءة الطلبة وخبراتهم، وإثارة دافعياتهم وتفاعلياتهم مع زملائهم ومعلمهم؛ لاكتساب المعلومات والمهارات والكفايات، من خلال الأنشطة الصحفية واللائقية.

يحقق محتوى الكتاب تنمية مهارات التفكير والبحث العلمي والاستقصاء بنوعيه؛ الموجه والمفتوح، وحل المشكلات. ويتضمن كل درس أنشطةً عمليةً متنوعةً، وأسئلةً تقويم تمهيدي وتكويني وختامي؛ حيث تجدر في مقدمة كل درس أسئلةً تمهيديةً لتحديد معرفة الطلبة وخبراتهم السابقة، وأسئلةً في نهاية كل فقرة تحت عنوان «اخبر نفسك» تقيس ما تم تعلمه، ثم تقويمًا خاصًا بكل درس، وفي نهاية كل وحدة. كما يشتمل الكتاب على رسوم وأشكالٍ توضيحيةٍ تحقق مهارة قراءة الأشكال والرسوم البيانية. يحتوي كتاب الكيمياء للصف العاشر في فصليه على خمس وحدات دراسية تشمل: «الدورية في خصائص العناصر، ومفهوم المول والحسابات الكيميائية، والكيمياء الحركية، التغيرات في الطاقة، والكيمياء العضوية».

ونحن إذ نضع بين يديك هذا الكتاب، لندعوك إلى التفاعل الإيجابي مع محتواه وأنشطته المختلفة؛ لتحقيق الهدف المنشود منه.

ونسأل الله عز وجل لك التوفيق والسداد،،

بعض أقسام هذا الكتاب

مفتاح الكفايات:

التفكير الإبداعي والتفكير الناقد Creative and Critical Thinking	
الكتابية اللغوية Literacy	
الكتابية العددية Numeracy	
التواصل Communication	
التعاون والمشاركة Cooperation and Participation	
الاستقصاء والبحث Inquiry and Research	
حل المشكلات Problem Solving	

مسائل حسابية:

نوعيّف العلاقات الكمية والقوانين العلمية لتنمية الميارات الحسابية

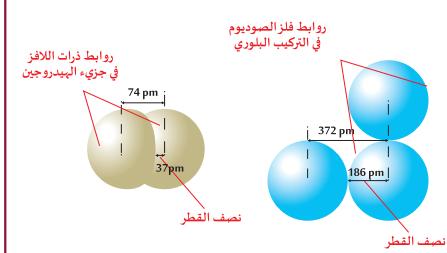
الخاصية			
Al ³⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	النوع الإلكتروني للذرة
2.8.3	2.8.2	2.8.1	الذري الإلكتروني للنatrium
2.8	2.8	2.8	الذري الإلكتروني للألومنيوم
13	12	11	عدد البروتونات في النواة (العدد الذري)
3	2	1	عدد الإلكترونات المفقودة
10	10	10	عدد الإلكترونات متبقية في الأيون
50	65	99	نصف قصر الأيون (pm)

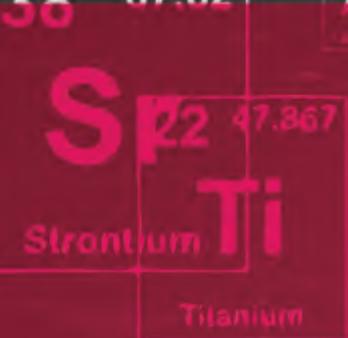
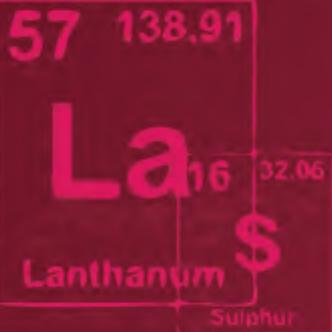
الجدول 8-1 التركيز الإلكتروني لبعض الأيونات الموجة.

وكذلك الحال في الأيونات المئالية، فإنه أيضاً بالاتصال من التسار إلى التمرين غير الدورة الواحدة

الأشكال التوضيحية:

معينات بصرية توضح المحتوى العلمي عن طريق صور ورسوم وأشكال بيانية، تبني مهارة قراءة الأشكال وتحليل الرسوم البيانية وتمثيل العلاقات العلمية لدى الطالبة





اخبر نفسك:

التحقق من مدى استيعاب الطالب للأفكار أثناء الدرس

ما سبب زيادة نصف قطر الأيون السالب ونقص نصف قطر الأيون الموجب عن نصف القطر الذري لكلٍّ منها.



اخبر نفسك

الأنشطة:

مواقف تفاعلية لتنمية القدرة على التطبيق العملي للأفكار الجديدة، والتدريب على الأنشطة العملية

الجدول الدوري للعناصر		نشاط 3-1
يصمم جدولًا دورياً لعدة من العناصر.		الهدف:
بطاقات ملونة، علبية ألوانٍ مائية أو خشبية، مقصٌ، مسطرة، لاصقٌ صناعيٌّ.		المواد الأدوات:
إحذز عند استخدام المقص.		الأمن والسلامة:

المصطلحات العلمية:

المفردات الرئيسية

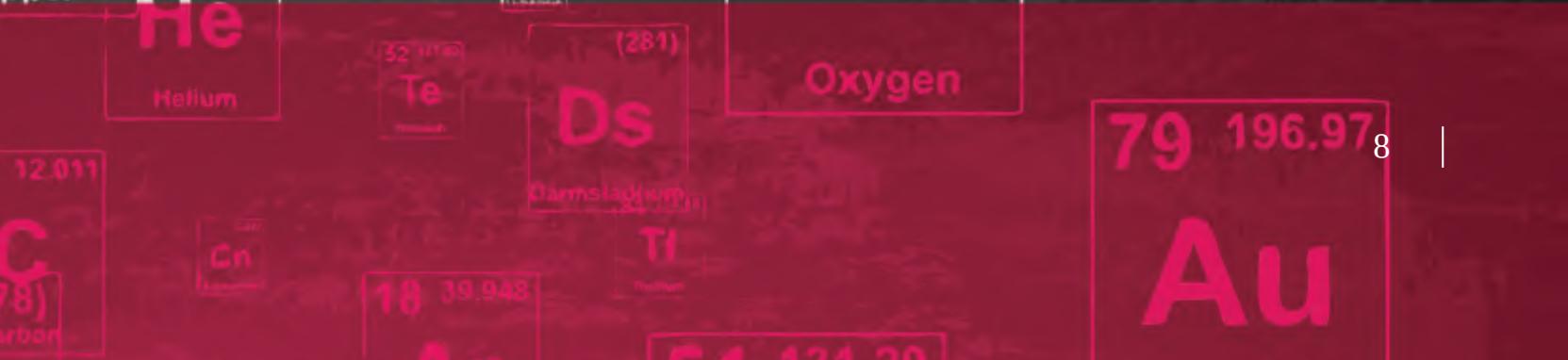


Mendeleev's Table
Periodic Table
Atomic mass

جدول ميندلييف
الجدول الدوري
الكتلة الذرية

الجدالات التوضيحية:

بعض خصائص الهايوجينات					
درجة الانصهار التقريرية	الحالة الفيزيائية عند درجة حرارة الغرفة	اللون	العدد الذري	الرمز	الهايوجين
-220	غاز	أصفر باهت	9	F	فلور
-102	غاز	أصفر مخضر	17	Cl	كلور



مراجعة الدرس:

مراجعة الدرس الثاني

مجموعة من الأفكار الرئيسية التي يتناولها الدرس

- الأفكار الرئيسية:
 - يساعد التركيب الإلكتروني للعنصر في تحديد موقعه في الجدول الدوري.
 - يمكن تحديد موقع العنصر في الجدول الدوري بمعرفة رقم درجة ورممه.
 - يمكن معرفة الخصائص الفيزيائية والكميائية للعناصر بمعرفة تركيبها الإلكتروني.
 - من صفات العناصر التي ساعدت في دراسها، صليتها إلى فلزات وألفلزات وأشباه فلزات، وكذلك صليتها إلى فلزات وألفلزات وعناصر المقاومة.
 - تحتفل الفلزات والألفلزات في خصائصها العامة.

تمهيد ١١٢

تقويم الدرس:

تقويم الدرس الرابع

مجموعة من الأسئلة لقياس مدى استيعاب الطلبة للأفكار الواردة في الدرس، تشمل أسئلة الاختيار المتعدد والأسئلة ذات الإجابة القصيرة.

- أولاً، أسللة الاختبار من متعدد:
اخذ رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:
في الجدول الدوري يطلب الترتيب المتصاعد الصحيح للنظام الكيميائي لعناصر الفلزات الفلزية?
 - Na → K → Li → a
 - K → Na → Li → b
 - Li → Na → k → c
 - Li → K → Na → d
- ما ناتج تفاعل الفلزات الفلزية مع الماء?
 - محلول قلوي ويتضاعف حفاز البيروروجين.
 - محلول حمضي ويتضاعف حفاز البيروروجين.
 - محلول قلوي ويتضاعف حفاز الأكسجين.

تقويم الوحدة:

تقويم الوحدة الأولى

مجموعة أسئلة مهارية متنوعة لقياس مدى تحقق مخرجات دروس الوحدة كاملة.

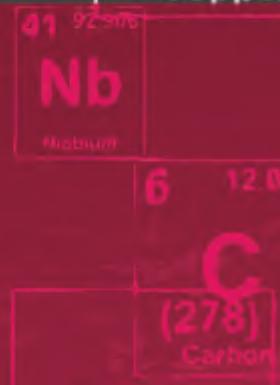
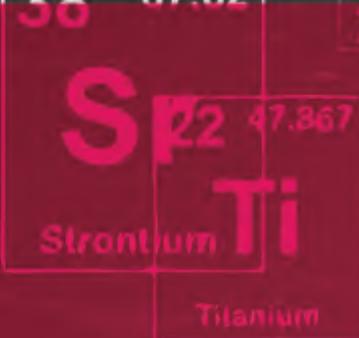
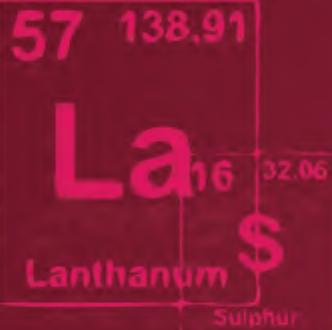
- أولاً، أسللة الاختبار من متعدد:
اخذ رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:
ما العناصر التي تم إعداده عند ترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث?
 - العدد الأولي.
 - الكثافة المئوية.
 - عند البيروروجين.
 - العدد الثاني.
- ما تأسى المكملة الرئيسية في الجدول الدوري?
 - عنصر.
 - ذرات.
 - مجموعات.

هل تعلم:

هل تعلم

معلومات إضافية تعزز المفاهيم والأفكار العلمية في الدرس

التفاعل النووي هو تفاعل يحدث عندما تصطدم نواتي ذرتين ببعضهما أو عندما يصطدم جسيم أولي مثل البروتون.



العلم والعلماء:

Mendeleev's Table



الشكل 1-1: نسخة صحفية للجدول الدوري في سويفاكا.

ذكرها باسم سيفاكا.

تعزيز القيم من خلال تقدير

جهود ومساهمات العلماء في اكتشاف وتطور المعرفة العلمية

تم تكرار العالم الكيميائي الروسي ديمتري ميدليف بعد مرور 150 عاماً لمنطقة ألمانيا في عام 1869م عن أول جدول دوري يضم فيه ترتيب العناصر الكيميائية المكتشفة في ذلك الوقت، وكان عددها 63 عنصرًا انظر الشكل (1-1) الذي يجوي محسنًا ضخماً لجدل ديف وجدوله.

جدول الدوري ميدليف																	
1	H	2	Li	3	Be	4	B	5	C	6	N	7	O	8	F	9	Ne
1	He	2	Li	3	Be	4	B	5	C	6	N	7	O	8	F	9	Ne
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
10	Na	11	Mg	12	Al	13	Si	14	P	15	S	16	Cl	17	Ar	18	Kr
10	Na	11	Mg	12	Al	13	Si	14	P	15	S	16	Cl	17	Ar	18	Kr
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
28	Si	29	Al	30	Si	31	P	32	S	33	Cl	34	Ar	35	Br	36	Kr
28	Si	29	Al	30	Si	31	P	32	S	33	Cl	34	Ar	35	Br	36	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
37	As	38	Se	39	Br	40	Ar	41	Se	42	Te	43	Kr	44	Br	45	Te
37	As	38	Se	39	Br	40	Ar	41	Se	42	Te	43	Kr	44	Br	45	Te
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
46	Ge	47	As	48	Se	49	Br	50	Ar	51	Te	52	Kr	53	Br	54	Te
46	Ge	47	As	48	Se	49	Br	50	Ar	51	Te	52	Kr	53	Br	54	Te
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
55	Br	56	Ar	57	Se	58	Br	59	Te	60	Kr	61	Br	62	Te	63	Kr
55	Br	56	Ar	57	Se	58	Br	59	Te	60	Kr	61	Br	62	Te	63	Kr
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
64	Se	65	Te	66	Br	67	Ar	68	Se	69	Te	70	Br	71	Ar	72	Se
64	Se	65	Te	66	Br	67	Ar	68	Se	69	Te	70	Br	71	Ar	72	Se
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
73	Te	74	Br	75	Ar	76	Se	77	Te	78	Br	79	Ar	80	Se	81	Te
73	Te	74	Br	75	Ar	76	Se	77	Te	78	Br	79	Ar	80	Se	81	Te
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
81	Te	82	Br	83	Ar	84	Se	85	Te	86	Br	87	Ar	88	Se	89	Te
81	Te	82	Br	83	Ar	84	Se	85	Te	86	Br	87	Ar	88	Se	89	Te
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
91	Fr	92	Ra	93	Ac	94	Th	95	Pa	96	U	97	Ne	98	Fr	99	Ra
91	Fr	92	Ra	93	Ac	94	Th	95	Pa	96	U	97	Ne	98	Fr	99	Ra
107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
107	Fr	108	Ra	109	Ac	110	Th	111	Pa	112	U	113	Ne	114	Fr	115	Ra
107	Fr	108	Ra	109	Ac	110	Th	111	Pa	112	U	113	Ne	114	Fr	115	Ra

الشكل 2-1: الجدول الدوري ميدليف.

حيث قام ميدليف بمحاولات عديدة لتصنيف العناصر، بعد أن لاحظ تشابهها في بعض صفاتها. فيما

يكتبة

أسماء العناصر المكتشفة آنذاك على بطاقات، وكانت بجانب كل عنصر بعض الشخصيات الثانية.

مخطط المادة:

UNIT

1

الوحدة الأولى: الدّوريَّةُ في خصائص العناصر

Periodic Table Of Elements

الدرس الأول: 1- الجَدُولُ الدُّوريُّ لِلْعَناصِرِ

الدرس الثاني: 2- التَّرْكِيبُ الْإِلْكْتَرُونِيُّ وَتَصْنِيفُ الْعَناصِرِ

Electronic configuration and Classification of Elements

الدرس الثالث: 3- تَدْرُجُ خَواصِ الْعَناصِرِ

Trend in properties of elements

الدرس الرابع: 4- التَّشَاطُعُ الْكِيمِيَّانيُّ لِلْعَناصِرِ

Chemical reactivity of elements

UNIT

2

الوحدة الثانية: التَّرْكِيبُ وَالرُّوْابِطُ فِي الْمَادِّ

Symbolic and Ionic Equations

الدرس الأول: 1- المعادلاتُ الْكِيمِيَّانِيَّةُ الرَّمِيزِيَّةُ وَالْأَيُونِيَّةُ

الدرس الثاني: 2- الْكَتْلَةُ الْذَّرِيَّةُ النَّسْبِيَّةُ وَالْكَتْلَةُ الْجَزِيَّةُ النَّسْبِيَّةُ

Relative Atomic and Relative Molecular Mass

الدرس الثالث: 3- مَفْهُومُ الْمَوْلِ وَالْحَسَابَاتُ الْكِيمِيَّانِيَّةُ

Mole Concept and Chemical Calculations

الكيمياء Chemistry

علم الكيمياء هو علم دراسة خواصِ الموادِ والتفاعلاتِ الكيميائيةِ وارتباطِها بالطاقة، وهو فرعٌ من فروعِ العلومِ الطبيعيةِ (الكيمياء، الفيزياء، الأحياء وعلومِ الأرض)، الذي يتعاملُ مع بنيةِ المادةِ ومكوناتها وخصائصِها، وهو يهتمُ بدراسةِ كلِ شيءٍ يحيطُ بنا؛ ومنها الموادُ التي تتكونُ منها أجسامُنا، وما يحيطُ بنا من طبيعةِ الأرضِ والهواءِ والماءِ من حولنا التي تؤثُرُ فينا وتتأثرُ بنا، ويهتمُ علمُ الكيمياءِ كذلك بدراسةِ التَّغييراتِ التي تطرأُ على المادةِ، وتؤدي إلى إنتاجِ موادٍ جديدةٍ يستخدمُها الإنسانُ في الحياةِ اليوميةِ؛ مثلَ البلاستيك، والأدويةِ التي تدخلُ في صناعتها عناصرٌ كيميائية.

يُطلقُ على علمِ الكيمياءِ أيضًا اسمُ «العلمُ المركزي»؛ لأنَّه يجمعُ أكثرَ من نوعٍ من أنواعِ العلومِ؛ مثلَ الفيزياءِ، وعلمِ الأحياءِ، وعلمِ الفلكِ، والجيولوجيا؛ لذلك يُقالُ إنَّ الكيمياءَ هي الحياة.

وعلى عكسِ ما يعتقدُه بعضُ الناسِ مِنْ أنَّ علمَ الكيمياءَ يستهدفُ المهتمينِ بعلومِ الكيمياءِ والتفاعلاتِ الكيميائيةِ فحسب، بل إنَّ المعرفةَ بعلومِ الكيمياءِ المختلفةِ ممتعةٌ ومبهجةٌ وستساعدُك على فهمِ البيئةِ من حولك، وعلى حلِّ العديدِ من المشكلاتِ التي تواجهُك في حياتِك اليوميةِ.

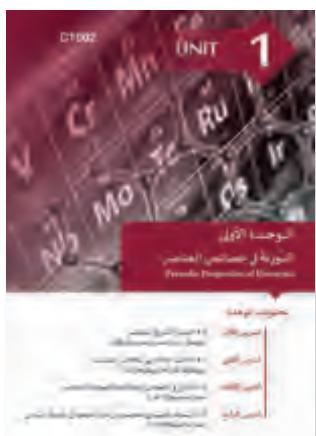
ينقسمُ علمُ الكيمياءِ بصفةٍ عامَّةٍ إلى عِدَّةٍ فروعٍ رئيسيةٍ، منها:
الكيمياءُ التَّحليليةُ: التي تهتمُ بتحليلِ عِيناتٍ من المادةِ لمعرفةِ التركيبِ الكيميائيِ لها وكيفيةِ بناءِها.

الكيمياءُ الحَيويَّةُ: التي تهتمُ بدراسةِ الموادِ الكيميائيةِ الحياتيةِ، والتفاعلاتِ الكيميائيةِ التي تحدثُ في الكائناتِ الحيةِ.

الكيمياءُ غيرُ العُضويَّةُ: التي تهتمُ بدراسةِ خواصِ المركباتِ غيرِ العُضويَّةِ وتفاعُلاتها.
الكيمياءُ العُضويَّةُ: التي تهتمُ بدراسةِ المركباتِ العُضويَّةِ، من حيثِ التركيبِ، والخواصُ، والتفاعلاتِ.

الكيمياءُ الفيزيائيةُ: التي تهتمُ بدراسةِ الطَّاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وحركَّةِ التفاعلاتِ.
وقد أُسْهِمَ العُلماءُ المسلمونَ في تطويرِ علمِ الكيمياءِ؛ ومنهم جابرُ بنُ حيَّانَ، وأبنُ سِينا، وأبو بكرِ الرَّازِي، ويعُدُّ هؤلاءِ من أشهرِ العلماءِ المسلمينِ الذينَ تركوا بصمةً في هذا المجالِ.

وفي عصْرِنا الحديثِ أصبحَ للْتِكنولوجيا أثْرٌ كبيرٌ في الطريقةِ التي يَعْمَلُ بها الكيميائيونَ ويتعلَّمونَ بِواسطِهَا. ومُنْذُ أنَّ أصبحَ الحاسوبُ مُتاحًا فقد أصبحَ من السَّهْلِ تعلُّمُ الكيمياءِ في مَوَاضِيعَ عِدَّةٍ؛ مثلَ: وزنِ المعادلاتِ الكيميائيةِ، والتَّعرُّفِ على الكثيرِ من التفاعلاتِ باستخدامِ الفيديو والمخبراتِ الافتراضيةِ.



الوحدة الأولى:

الدَّوْرِيَّةُ فِي خَصَائِصِ الْعَنَاصِرِ

Periodic Properties of Elements

الدرس الأول: 16

1-1 الجدول الدوري للعناصر

Periodic Table Of Elements

الدرس الثاني: 32

2-1 التَّرْكِيبُ الْإِلْكْتَرُونِيُّ وَتَصْنِيفُ الْعَنَاصِرِ

Electronic configuration and Classification of Elements

الدرس الثالث: 40

3-1 تَدْرُجُ خَواصِ الْعَنَاصِرِ.

Trend in properties of elements

الدرس الرابع: 59

4-1 النَّشَاطُ الْكِيَمِيَّائِيُّ لِلْعَنَاصِرِ.

Chemical reactivity of elements

الفهرس



الوحدة الثانية :

التركيب والروابط في المادة

Structure and Bonding in Matter

الدرس الأول: 92

1-2 المعادلات الكيميائية الرمزية والأيونية

Symbolic and Ionic Equations

الدرس الثاني: 110

2-2 الكتلة الذرية النسبية والكتلة الجزيئية النسبية

Relative Atomic and Relative Molecular Mass

الدرس الثالث: 127

3-2 مفهوم المول والحسابات الكيميائية

Mole Concept and Chemical Calculations

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهاج التعليمي الوطني لدولة قطر

QNCF Key Competencies

التفكير الإبداعي والتفكير الناقد Creative and Critical Thinking	(CT)	
الكفاية اللغوية Literacy	(L)	
الكفاية العددية Numeracy	(N)	
التواصل Communication	(C)	
التعاون والمشاركة Cooperation and Participation	(CP)	
الاستقصاء والبحث Inquiry and Research	(IR)	
حل المشكلات Problem Solving	(PS)	



C1002

UNIT

1

الوحدة الأولى

الدَّوْرِيَّةُ فِي خَصَائِصِ الْعَنَاصِرِ

Periodic Properties of Elements

محتويات الوحدة:

الدرس الأول:

1-1 الجَدْوَلُ الدَّوْرِيُّ لِلْعَنَاصِرِ

Periodic Table Of Elements

الدرس الثاني:

2-1 التَّرْكِيبُ الْإِلْكْتْرُوْنِيُّ وَتَصْنِيفُ الْعَنَاصِرِ

Electronic configuration and Classification of Elements

الدرس الثالث:

3-1 تَدْرُجُ خَواصِ الْعَنَاصِرِ.

Trend in properties of elements

الدرس الرابع:

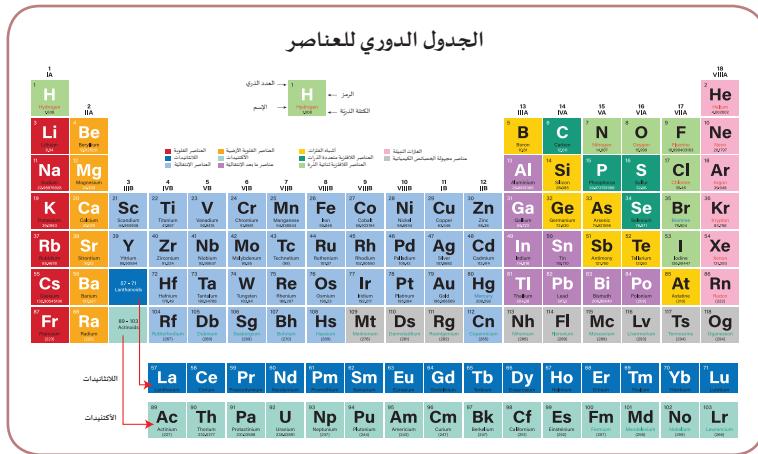
4-1 النَّشَاطُ الْكِيْمِيَائِيُّ لِلْعَنَاصِرِ.

Chemical reactivity of elements

الجَدْوَلُ الدَّوْرِيُّ لِلْعَناصِرِ

Periodic Table of Elements

الدَّرْسُ الْأَوَّلُ ١-١



في جدول واحد؟ وكيف تدرج العناصر في خواصها الفيزيائية والكيميائية؟

المُفرَدَاتُ الرَّئِيسَةُ

Mendeleev's Table
Periodic Table
Atomic mass
Group
Period
Periodic
Periodicity
Representative elements
Alkali Metals
Alkaline Earth Metals
Halogens
Noble Gases
Main Transition elements
Inner Transition elements
isotopes
Radioactivity

جدولٌ مُنْدَلِيفٌ
الجدولُ الدُّورِيُّ
الكتلةُ الدَّرِيَّةُ
مجموعةٌ
دُورَةٌ
دُورِيٌّ
الدَّورِيَّةُ
العناصرُ المُمثَلَةُ
الفلَّرَاتُ الْقَلْوَيَّةُ
الفلَّرَاتُ الْقَلْوَيَّةُ ا
الهالوجيناتُ
العناصرُ النَّبِيلَةُ
العناصرُ الانتِقالِيَّةُ
النَّظَائِرُ
النشاطُ الإشعاعيُّ

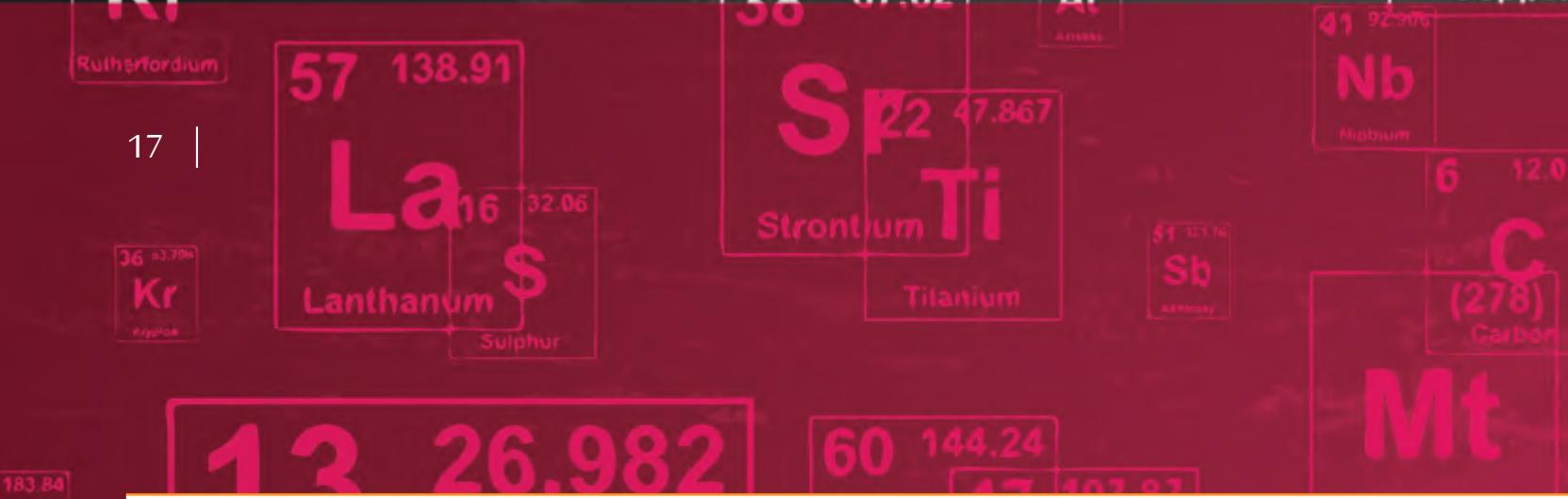
التجارب والأنشطة

- 1-1 جَدُولُ مِنْدَلِيف.
 - 1-2 ترتِيبُ الْعِنَاصِرِ وِفقَ أَسْلَوْبِ مِنْدَلِيف.
 - 1-3 الجَدُولُ الدَّوْرِيُّ لِلْعِنَاصِر.

مُخَرَّجَاتُ التَّعْلُمُ

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- ٠ يُعرَّفُ جَدُولً مِنْدِلِيفَ الدُّورِيِّ، بِوَصْفِهِ وَسِيلَةً لِتَصْنِيفِ الْعَنَاصِرِ وَفَقًا لِخَصائِصِهَا.
 - ٠ يُجْرِي نِشَاطًا لِمَحاكَاةِ اشْتِقَاقِ جَدُولِ مِنْدِلِيفَ الدُّورِيِّ، بِاسْتِخْدَامِ مَعْلُومَاتٍ عَنِ الْعَنَاصِرِ الْمُعْرُوفَةِ حَتَّى عَام١٨٦٩.
 - ٠ يَسْتَنْتَجُ أَنَّ الْعَنَاصِرَ ذَاتِ الْخَصائِصِ الْمُتَشَابِهَةِ مَرْتَبَةً في أَعْمَدَةِ فِي الْجَدُولِ الدُّورِيِّ، وَأَنَّ خَصائِصَ الْعَنَاصِرِ تَغْيِيرُ تَدْرِيْجِيًّا خَلَالَ الصُّفُوفِ.
 - ٠ يَرِبِطُ التَّصْنِيفَ الدُّورِيِّ الْحَدِيثَ بِالْتَّرْكِيبِ الْإِلْكْتُرُوْنِيِّ لِلْعَنَاصِرِ، وَيُشَرِّحُ مِنْ خَلَالِ النَّظَارِ كِيفَ أَدَى هَذَا إِلَى تَغْيِيرِ التَّرْتِيبِ الَّذِي اقْتَرَحَهُ مِنْدِلِيفُ، وَإِلَى اكْتِشافِ عَنَاصِرًا مَا بَعْدَ الْبِيُورِ الْأَنْيُونِ.



بلغ عدد العناصر المعروفة في عام 1861 م حوالي 61 عنصراً، وكان على علماء الكيمياء أن يتعرفوا على خواص تلك العناصر بالإضافة إلى المركبات العديدة التي يكوّنها كل عنصر منها. ولكن ذلك يبدو صعباً لأنه لم يكن لدى العلماء طريقة موحدة لقياس الكتل الذرية للعناصر المختلفة، أو لتحديد عدد ذرات كل عنصر في مركب كيميائي معين، بل كان لكل عنصر معروف أكثر من كتلة ذرية؛ ما أدى إلى تقديم مقتراحات عدة من قبل الكيميائيين حول كيفية ترتيب هذه العناصر.

نـاطـ 1-1	جـدـولـ مـنـدـلـيفـ
الـهـدـفـ:	يـجـريـ مـحاـكـاـةـ لـاـشـتـقـاـقـ جـدـولـ مـنـدـلـيفـ
الـمـوـادـ الـأـدـوـاتـ:	بـطـاقـاتـ مـلـوـنـةـ، وـأـقـلـامـ مـلـوـنـةـ

خـطـوـاتـ الـعـمـلـ:

- أرسّم جـدـولـاـ على وـرـقـةـ بـيـضـاءـ؛ بـحـيـثـ يـحـتـويـ الجـدـولـ عـلـىـ 3ـ صـفـوفـ أـفـقيـةـ، وـ3ـ أـعـدـاءـ رـأـسـيـةـ.
- أدرـسـ الـبـطـاقـاتـ الـتـيـ يـوـزـعـهـاـ الـمـعـلـمـ عـلـىـ الـمـجـمـوعـاتـ وـالـتـيـ تـحـمـلـ كـلـ مـنـهـاـ الـبـيـانـاتـ الـخـاصـةـ بـكـلـ عـنـصـرـ؛ مـثـلـ العـدـدـ الـذـرـيـ، وـدـرـجـاتـ الـانـصـهـارـ، وـدـرـجـاتـ الـغـلـيـانـ، وـالـنـشـاطـ الـكـيـمـيـائـيـ.
- تعاونـ معـ زـمـلـائـكـ فيـ المـجـمـوعـةـ فيـ تـرـتـيـبـ الـبـطـاقـاتـ فيـ مـرـبـعـاتـ جـدـولـ فـارـغـ حـسـبـ التـشـابـهـ فيـ خـواـصـهـ، وـكـذـلـكـ حـسـبـ التـدـرـجـ فيـ خـواـصـهـ.

الـتـحـلـيلـ:

- هلـ وـجـدـتـ نـمـطـاـ مـتـكـرـراـ مـنـ الـخـواـصـ فيـ الجـدـولـ؟
- هلـ تـرـكـتـ فـرـاغـاتـ فيـ الجـدـولـ؟
- بـافـرـاضـ أـنـ هـنـاكـ عـنـصـرـاـ لـمـ يـكـنـ مـعـرـوفـاـ فيـ وـقـتـ وـضـعـ الجـدـولـ، كـيـفـ تـتـوـقـعـ خـصـائـصـهـ؟

الـأـسـتـنـاجـ :

.....

.....

.....

الجدول الدوري لِمندليف



الشكل 1-1: مجسم ضخم للجدول الدوري في سلوفاكيا تكريماً للعالم مِنديليف

تم تكريم العالم الكيميائي الروسي ديمتري مِنديليف بعد مرور 150 عاماً مُنذَّ أُعلنَ في عام 1869 م عن أول جدولٍ دوريٍّ يتُم فيه ترتيب العناصر الكيميائية المكتشفة في ذلك الوقت، وكان عَدُّها 63 عنصراً. انظر الشكل (1-1)؛ الذي يحوي مجسماً ضخماً لِمندليف وجدوله.

الجدول الدوري لِمندليف								
مجموعة دورة	1	2	3	4	5	6	7	8
1	H: 1							
2	Li: 7	Be: 9,4	B: 11	C: 12	N: 14	O: 16	F: 19	
3	Na: 23	Mg: 24	Al: 27,3	Si: 28	P: 31	S: 32	Cl: 35,5	
4	K: 39	Ca: 40	?: 44	Ti: 48	V: 51	Cr: 52	Mn: 55	Fe: 56, Co: 59, Ni: 59
5	Cu: 63	Zn: 65	?: 68	?: 72	As: 75	Se: 78	Br: 80	
6	Rb: 85	Sr: 87	?Yt: 88	Zr: 90	Nb: 94	Mo: 96	?: 100	Ru: 104, Rh: 104, Pd: 106
7	Ag: 108	Cd: 112	In: 113	Sn: 118	Sb: 122	Te: 128	J: 127	
8	Cs: 133	Ba: 137	?Di: 138	?Ce: 140				
9								
10			?Er: 178	?La: 180	Ta: 182	W: 184		Os: 195, Ir: 197, Pt: 198
11	Au: 199	Hg: 200	Tl: 204	Pb: 207	Bi: 208			
12				Th: 231		U: 240		

الشكل 1-2: الجدول الدوري لِمندليف

فقد أعدَ العالمُ الكيميائيُّ مِنديليف قائمةً بالعناصر الكيميائية التي كانت معروفةً آنذاك، وقام بجمعها في جدولٍ سُيّيَ فيما بعد بجدولٍ مِنديليف، أو الجدول الدوري لِمندليف، واعتمدَ في ترتيبِه على التدرج في الكتلة الذرية لهذه العناصر. انظر الشكل (2-1).

حيثُ قام مِنديليف بمحاولاتٍ عِدَّةٍ لتصنيفِ العناصر، بعد أن لاحظَ تسامُّها في بعض صفاتِها. فبدأ بكتابَةِ أسماءِ العناصر المكتشفة آنذاك على بطاقاتٍ، وكتب بجانبِ كُلِّ عنصرٍ بعضَ الخصائص الثابتة المعروفةٍ عنه، مثل: درجة الانصهار، والكثافة، واللون، والكتلة الذرية، وكذلك عدد الروابط التي يستطيع العنصرُ تكوينها. وقد لاحظَ أنَّ هناك نمطًا محدَّداً يتكرَّرُ من خلال ترتيبِ هذه العناصر حسبَ الزيادة في الكتلة الذرية، مما يعني أنَّ العنصرَ له الخاصيةُ نفسُها التي يمتلكُها العنصرُ الذي يقعُ في العمود نفسه من الجدول الدوري، سواءً كانَ فوقَه أم تحتَه. فوجَدَ مِنديليفُ أنَّ هناكَ صفاتٍ محدَّدةً تتكرَّرُ بعْدَ عَدِّ معينٍ من العناصر، وبترتيبِ العناصر في خطٍّ مستقيمٍ:

Li, Be, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca

ما المهاراتُ التي اعتمدَ عليها مِنديليف في ترتيبِ العناصر؟



اختبار نفسك

حيث وجد أن بعض الصفات تتشابه وتتكرر في الليثيوم(Li) والصوديوم(Na) والبوتاسيوم(K)؛ لذلك وضعاها في عمود واحد، ووجد أيضاً أن هناك تشابهاً كبيراً في الصفات بين البريليوم(Be) والماغنيسيوم(Mg) والكلاسيوم(Ca)، وكذلك يتشارب البورون(B) مع الألومنيوم(Al)، والناتروجين(N) مع الفوسفور(P)، والأكسجين(O) مع الكبريت(S)، والفلور(F) مع الكلور(Cl)، وقد قاده ذلك إلى وضع العناصر المتشابهة بعضها تحت بعض، كما هو موضح في الجدول(1-1).

Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca					

الجدول 1-1: ترتيب بعض العناصر في الجدول الدوري منديليف

وأطلق على الجدول كلمة دوري Periodic، لأن خواص العناصر تتكرر بشكلٍ دوريٍ في كل صفيٍ أفقى (وهذا ما يسمى الدورية Periodicity) في صفات العناصر وعلى الرغم من وجود علماء آخرين قاموا بوضع جداول مشابهة لجدول منديليف، إلا أن منديليف كان أول من أعلن عن جدوله.

وعلى الرغم من هذا لم يكن جدول منديليف مكتملاً؛ لأن ترتيب العناصر فيه اعتمد على زيادة الكتلة الذرية للعناصر، فلم يستطع تفسير عدم وجود بعض العناصر، وكذلك لم يفسر سبب تدرج الخواص الكيميائية للعناصر. وقد ترك هذا الترتيب ثلاثة فراغات بجدوله؛ حيث أخبر منديليف أن هذه الفراغات ستملأ بعناصر سترى اكتشافها فيما بعد، ومن خلال موقع هذه العناصر في جدوله استطاع أن يبيّن خواص كل منها وخصائصها الفيزيائية ويشار إلى هذه العناصر بالرمز «؟»، انظر الجدول(1-2).

درجة الانصهار °		الكثافة g/cm ³		الكتلة الذرية		اسم العنصر وفق منديليف		الفراغ بين العناصر
الصحيحة	المتوقعة	الصحيحة	المتوقعة	الصحيحة	المتوقعة	بعد الاكتشاف	قبل الاكتشاف	
29.8	قليلة	5.95	5.9	69.72	68	جاليوم	شبيه الألومنيوم	In ? Al
937	عالية	5.35	5.5	72.59	72	جرمانيوم	شبيه السيليكون	Sn ? Si
1538	عالية	3	3.5	44.96	44	سكانديوم	شبيه البورون	Y ? B

الجدول 1-2: توقع منديليف لموقع بعض العناصر وخصائصها الفيزيائية

لاحظ من خلال الجدول التقارب الكبير بين ما توقعه مندليف لخواص هذه العناصر الثلاثة التي لم تكن مكتشفة في ذلك الوقت، ولكنه حجز لها مكاناً في جدوله إلى أن يتم اكتشافها.

وبعد مرور سنوات عدّة على جدول مندليف، استطاع الكيميائيون اكتشاف العناصر الثلاثة المفقودة من الجدول؛ وهي السكانديوم، والجاليوم، والجرمانيوم. وكانت خواصها تشبه ما ذكره مندليف عنها إلى حد كبير.

نشاط 2-1



ترتيب العناصر وفق أسلوب مندليف

الهدف:

يتبع أسلوب مندليف في ترتيب العناصر.

المواد الأدوات:

بطاقات عليها مقطع من الجدول الدوري للعناصر.

خطوات العمل:

أدرس وزميلك بطاقة الجدول الدوري التي أحضرها لك معلمك، كما هو مبين في الشكل.

H								
Li	⁹ Be							
²³ Na								
K	⁴⁰ Ca							
Rb	Sr							
		B	¹² C	N	O	¹⁹ F		
		²⁷ Al		³¹ P	³² S			
		Ga	⁷² Ge	As			⁸⁰ Br	
		In	Sn	Sb	¹²⁷ Te	I		

التحليل:

- لديك جزء من الجدول الدوري يحتوي على فراغات لعناصر غير مكتشفة، اتبع أسلوب مندليف للتنبؤ بخواص هذه العناصر وكتلها الذرية، ثم ضع رمز العنصر الافتراضي الذي يناسب كل فراغ. علماً بأن العدد الكتلي للعناصر الافتراضية الآتية هو:

²⁸X, ³⁵Z, ²⁴Y, ⁷⁹L

- ما نقاط القوّة في جدول مندليف؟ وما نقاط الضعف فيه؟

الاستنتاج:

.....

.....

.....

يمكن تلخيص نقاط القوة ونقاط الضعف في جدول مندليف للعناصر، كما هو موضح في الجدول (3-1).

نقاط الضعف	نقاط القوة
أخل بالترتيب التصاعدي لبعض العناصر؛ فوضعها في أماكن غير صحيحة.	صحّح الكتل الذريّة لبعض العناصر والتي كانت مُقدّرة خطأً في السابق؛ فمثلاً تنبأ بقيمة الكتلة الذريّة للبريليوم 9، وقد وجد فيما بعد أن الكتلة الصحيحة هي 9.01.
وضع أكثر من عنصر في مربع واحد؛ مثل: النikel، والكوبالت. لم يفسّر سبب تدرج الخواص الكيميائية.	ترك أماكن فارغةً لعناصر جديدة تقع اكتشافها بعد أن حددَ قيم كتلها الذريّة وخواصها؛ مثل: عنصر مجهول سماه (إيكا سيليكون)، أي شبيه السيليكون، وقد تم اكتشافه عام 1886م، وأطلق عليه اسمُ الجermanium، وكانت له الخواص نفسها التي توقعها مندليف.
لم يتطرق جدول مندليف إلى العناصر النبيلة؛ لأنّها لم تكن معروفةً حينها. ولم يتطرق إلى النظائر؛ لأنّها لم تكن معروفةً أيضًا في ذلك الوقت.	

الجدول 1-3: نقاط القوة والضعف في جدول مندليف

ما زالت الدّوريّة في صفات العناصر؟



الجدول الدوري الحديث Modern Periodic Table

في ضوء المستجدات والحقائق العلمية الجديدة أصبح جدول مندليف بحاجة إلى تعديل؛ حيث يحتوي الجدول الدوري الحديث على العناصر الكيميائية التي تم اكتشافها حتى الآن، ويختلفُ عن جدول مندليف من حيث ترتيب العناصر، وشكل الجدول نفسه، فإذا دققتَ النظر في الجدول الدوري الحديث، ستجد أن آخر عمود من العناصر لم يكن موجودًا في جدول مندليف، هذا العمود يضم الغازات النبيلة؛ وهي عناصر غازية في الهواء الجوي ليس لها لون أو رائحة، ولم يتم التعرف إليها في زمن مندليف؛ لأنّها لا تكون مركبات معروفة.

وعندما تم اكتشاف هذه العناصر فيما بعد، وجد أن الكتلة الذريّة لعنصر الأرجون أكبرُ بقليل من الكتلة الذريّة لعنصر البوتاسيوم، والذي يقع في المجموعة الأولى من الجدول الدوري، في حين أن الأرجون ينتمي إلى مجموعة العناصر النبيلة، وهذا يعني وجود عنصرين في جدول مندليف وُضعا في المكان غير المناسب وفقاً لمبدأ تزايد الكتلة الذريّة للعناصر؛ حيث إنّ الأرجون يسبق البوتاسيوم في جدول مندليف مع

أن كتلته الذرية أكبر، وكذلك اكتشاف النظائر (التي سيتم دراستها لاحقاً) لعددٍ من العناصر الكيميائية، والتي لم يكن لها مكانٌ في جدولِ مندليف؛ مما دفع العلماء إلى اعتماد مبدأ آخر لترتيب العناصر في الجدول الدورى وهو تزايد العدد الذري.

وفي عام 1913م، تمكّن العالم موزلي من خلال دراسة الأشعة السينية إلى إيجاد علاقةٍ بين طاقة الأشعة السينية (أشعة X) وموقع العنصر في الجدول الدورى؛ حيث أعطى موزلي كُلَّ عنصر رقمًا متسلسلاً، فالعنصر الذي يُنتج أشعة سينية ذات طاقة أقل يُعطى رقمًا أقل، وأطلق موزلي على هذا الرقم العدد الذري؛ ولذلك يأخذ الهيدروجين رقم 1، والهيليوم رقم 2، والليثيوم رقم 3، وهكذا، وبذلك يتطابق رقمُ العنصر مع موقعه المتسلسلي في الجدول الدورى، مما يعني الوصول إلى النتيجة الآتية: تظهر الدورى في صفات العناصر إذا رُتبَت حسب تسلسلي أعدادها الذرية، وتبين للعالم موزلي أن العدد الذري يُمثلُ عدد البروتونات في النواة.

وقد اكتمل الجدول الدورى للعناصر في وقتنا الحالي، عندما قام الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC بإضافة أربعة عناصر جديدة في عام 2015م، حتى وصل عدُّ العناصر الموجودة في الجدول الدورى الحديث إلى 118 عنصراً. وقد توالَت اكتشافات العناصر وتصنيعها حتى أصبح الجدول الدورى الحديث، كما هو موضح في الشكل (3-1).

أطلقت الأمم المتحدة على عام 2019م اسم «العام العالمي للجدول الدورى»، باعتباره أحد أهم الإنجازات التي شهدتها العلوم الحديثة، ولما له من أثرٍ بارزٍ في تطوير العلم والتكنولوجيا الحديثة، وبناءً على دوره في توفير الحلول العلمية للتحديات العالمية في مجالات الطاقة، والتعليم، والزراعة، والصحة، وتعزيز التنمية المستدامة في هذه المجالات.

الجدول الدورى للعناصر

The periodic table is a tabular arrangement of chemical elements, ordered by atomic number (number of protons in the nucleus). It consists of 18 groups (vertical columns) and 7 periods (horizontal rows). The table is color-coded to highlight different element categories:

- Actinides** (lanthanides and actinides) are shown in blue.
- Alkaline Earth Metals** (Group 2) are shown in orange.
- Alkaline Metals** (Group 1) are shown in green.
- Chalcogens** (Group 16) are shown in red.
- Halogens** (Group 17) are shown in purple.
- He** (Group 18) is shown in pink.
- Transition Metals** (Groups 3-12) are shown in grey.
- Post-transition metals** (Groups 13-17) are shown in yellow.
- Post-transition metals** (Groups 13-17) are also shown in grey.

 The table includes element symbols, atomic numbers, and atomic masses. Red arrows point to specific groups: the lanthanides (Actinides) and the actinides.

الشكل 3-1 : الجدول الدورى الحديث

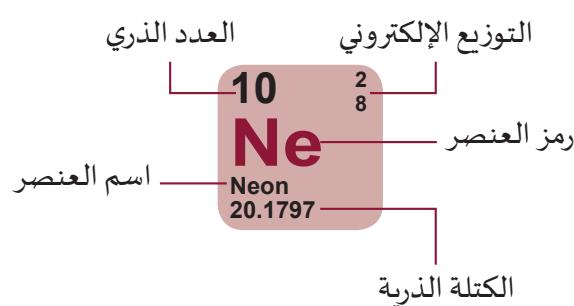
نشاط 3-1



الجدول الدوري للعناصر

يصمم جداولًا دوريًا لعددٍ من العناصر.	الهدف:
بطاقاتٌ ملوّنةٌ، علبةُ الوانِ مائيةٌ أو خشبيةٌ، مقصٌ، مسطرةٌ، لاصقٌ صمغٌ.	المواد الأدوات:
احذرُ عند استخدامِ المقصِ.	الأمن والسلامة:

مفتاح عنصر النيون.



خطوات العمل:

- تعاون مع زملائك في تصميم بطاقاتٍ مربعةٍ الشكل، مدوّناً على كلٍّ بطاقةً اسم العنصر ورممه وعدده الذري وكتلته الذرية وعدد إلكتروناته مستوى الطاقة الأخير كما في مفتاح عنصر النيون في الشكل المقابل، على أنْ تبدأ البطاقاتُ من العنصر الذي له العدد الذري 3، وتنهي بالعنصر الذي له العدد الذري 36 (استثنى الأرقام من 21 إلى 30).
- لون العناصر التي لها نفس عدد إلكترونات المستوى الأخير باللون نفسه.
- الصيغة المطابقة على لوحٍ جداريٍّ بشكٍلٍ مرتبٍ حسب زيادة عددها الذري من 3 إلى 10؛ بحيث ينبع عنها صفةً أُفقيةً.
- قارِن بين عدد إلكترونات مستوى الطاقة الأخير في العناصر. وألصق باقي البطاقات حسب زيادة العدد الذري من 11 إلى 18 في صفيٍّ أُفقيٍ آخر، ثم من 19 إلى 36 في صفيٍّ ثالثٍ.

التحليل:

- ما أوجه الشبه والاختلاف بين العناصر في الصُّفوفِ: الأولى، والثانية، والثالثة في اللوحة التي صممتها، والجدول الدوري للعناصر؟
- لو أحضرَ زملاؤك في المجموعة بطاقاتٍ أخرى عليها أعدادً ذريةً من 49 إلى 54، فما الأسسُ التي تعتمدُ عليها لكي ترتتبها في جدولك؟

الاستنتاج:

.....

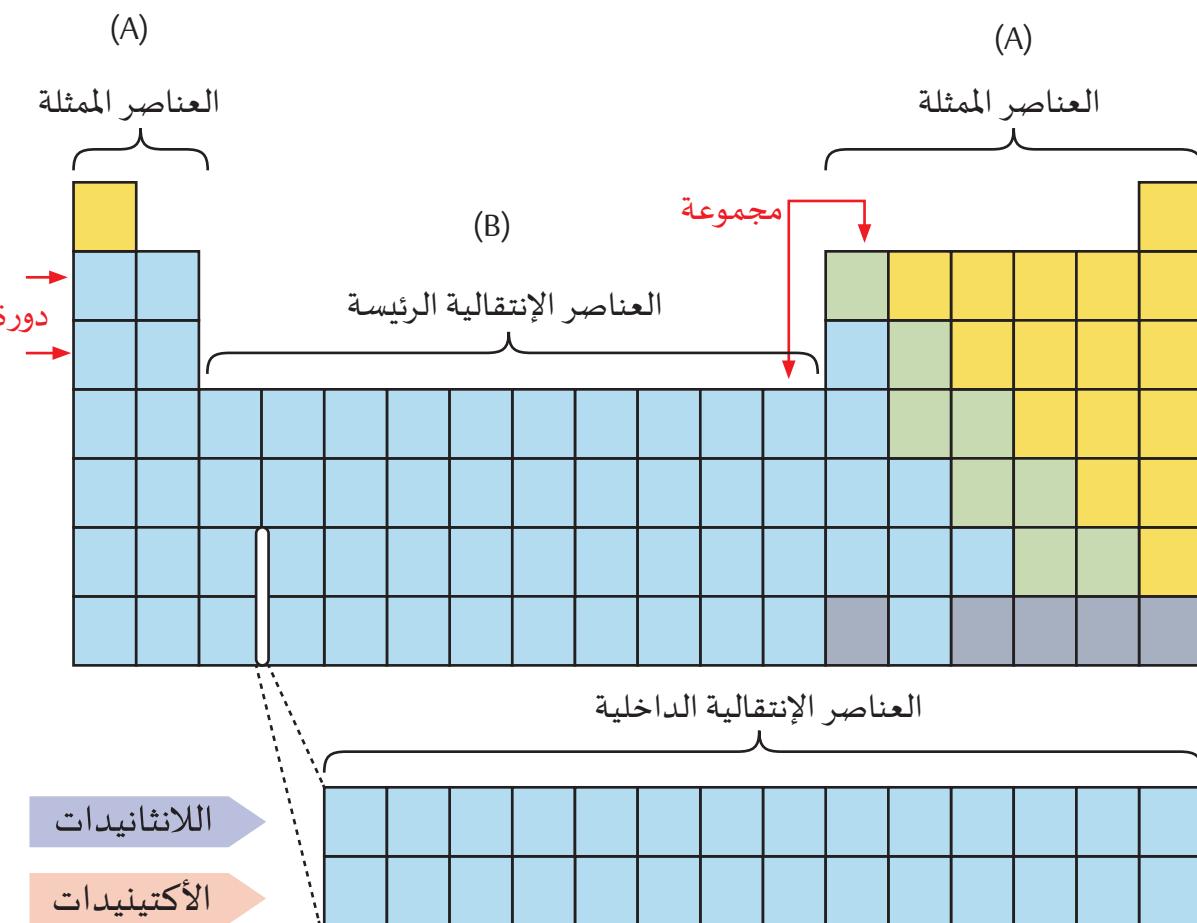
.....

.....

الدّورات والمجموعات في الجدول الدّوري

Periods and Groups in the Periodic Table

يتكون الجدول الدّوري من معالم رئيسية، فهو يتكون من صفوفٍ أفقيةٍ تُسمى دّورات، ومن أعمدةٍ رأسيةٍ تُسمى مجموعات، انظر الشّكل (1-4).



الشكل 1-4: يتكون الجدول الدوري من 7 دّورات أفقية و 18 مجموعة رأسية

أولاً: الدّورات Periods

يتكون الجدول الدوري من صفوفٍ أفقيةٍ عددها سبعة، وهي تمثّل عدّدَ مستويات الطّاقة الرّئيسية حول النّواة؛ إذ تحتوي الدّورة الأولى على عنصري الهيدروجين والهيليوم فقط؛ ويوجد حول نواة ذرّة كُلٍّ منهما مستوى طاقةٍ رئيسيٍ واحد؛ لذلك فهما يشغلان الصّفَّ الأفقيَّ الأوَّل؛ أي الدّورة الأولى، أما الدّورة الثانية فإنّها تحتوي على ثمانية عناصر؛ تبدأ بعنصر الليثيوم (عدّه الذّري 3)، وتنتهي بعنصر النّيون (عدّه الذّري 10)، وتحتوي الدّورة الثالثة على ثمانية عناصر أيضًا؛ تبدأ بعنصر الصُّوديوم (عدّه الذّري 11)، وتنتهي بعنصر الأرجون (عدّه الذّري 18)، وهكذا يستمرُّ ترتيب العناصر في الجدول الدوري.

وبالنظر إلى الجدول الدوري الحديث، فإن هناك صفين من العناصر يوضعا خارج الجدول الدوري، ويُسمى الصفُّ الأول الذي يقع في الدورة السادسة سلسلة اللانثانيدات؛ لأنها تُشبه في صفاتها عنصر lanthanum La (عده الذري 57) وعددها أربعة عشر عنصراً، وهذه السلسلة تبدأ بعنصر السيريوم Ce (عده الذري 58)، وتنتهي بعنصر اللوتينيوم Lu (عده الذري 71).

أما الصفُّ الثاني الذي يقع في الدورة السابعة فيسمى سلسلة الأكتينيدات لأنها تُشبه في صفاتها عنصر الأكتينيوم Ac (عده الذري 89) وعددها أربعة عشر عنصراً، وهذه السلسلة تبدأ بعنصر الثوريوم Th (عده الذري 90)، وتنتهي بعنصر الورانسيوم Lr (عده الذري 103). انظر الشكل (3-1).

ما المقصود بالدورة في الجدول الدوري؟



ثانياً: المجموعات Groups

تم ترتيب كل مجموعة من العناصر المتشابهة في خواصها الكيميائية في عمود واحد أطلق عليه اسم مجموعة Group، تحتوي عناصر المجموعة الواحدة عدد إلكترونات متسوى الطاقة الأخير نفسه (أي عدد إلكترونات التكافؤ نفسه)، ويحتوي الجدول الدوري على ثمانية عشرة مجموعة. ويضم الجدول الدوري نوعين من المجموعات؛ المجموعة الأولى تُسمى العناصر المُمثَّلة Representative Elements، ويرمز لمجموعاتها بالرمز A، وهي عبارة عن ثمانية مجموعات حيث يُشار إلى رقم كل مجموعة منها بعده إلكترونات في مستوى الطاقة الأخير (الخارجي). أما النوع الثاني فيتكون من عشر مجموعات من العناصر، تُسمى العناصر الانتقالية الرئيسية Main Transition Elements، ويرمز لمجموعاتها بالرمز B، ويوجد أسفل الجدول سلسلتين أفقيتين هما اللانثانيدات والأكتينيدات، تُسمى العناصر الانتقالية الداخلية Inner Transition Elements، انظر الشكل (4-1).

وتحمل بعض المجموعات أسماء خاصةً بها؛ فالمجموعة الأولى من العناصر المُمثَّلة (التي تبدأ بعنصر Na) تُسمى الفلزات القلوية، وتُسمى المجموعة الثانية من العناصر المُمثَّلة (التي تبدأ بعنصر Be) القلويات الأرضية، بينما تُسمى عناصر المجموعة السابعة عشرة (التي تبدأ بعنصر F) الهالوجينات، وتُسمى عناصر المجموعة الثامنة عشرة (التي تبدأ بعنصر He) الغازات النبيلة.

استقصاء: ابحث في أسباب تسمية مجموعات العناصر (المُمثَّلة - الانتقالية).



النّظائرُ Isotopes

تُعرفُ النّظائرُ بأنّها ذرّاتٍ للعنصرِ الواحد لها عددُ البروتوناتِ نفسهِ، ولكنّها تختلفُ في عددِ النّيوتوناتِ، أيَّ أنّها تختلفُ في العددِ الكُتليِ. وعلى العموم فإنَّ هناك نظائرَ لعناصرَ مختلفةٍ في الجدولِ الدّوريِّ.

فمثلاً لعنصرِ الكربونِ C ثلاثةٌ نظائرٌ في الطّبيعةِ تسمّى كربون-12، كربون-13، كربون-14 وتمثّلُ هذه النّظائرُ بالرموزِ كما يلي:

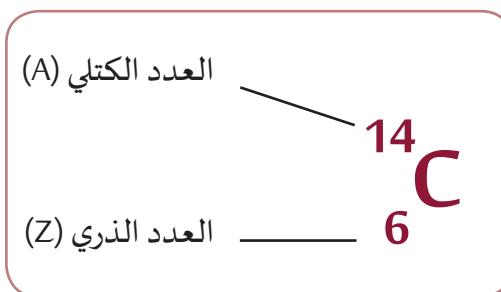


وتشيرُ الأرقامُ (12، 13، 14) إلى مجموعِ عددِ البروتوناتِ والنّيوتوناتِ في نواةِ ذرّةِ كُلِّ نظيرٍ، كما في الجدولِ (4-1).

الكربون-14	الكربون-13	الكربون-12	الرمز
$^{14}_6 C$	$^{13}_6 C$	$^{12}_6 C$	العددُ الكُتليُّ
14	13	12	عددُ البروتوناتِ
6	6	6	عددُ النّيوتوناتِ
8	7	6	

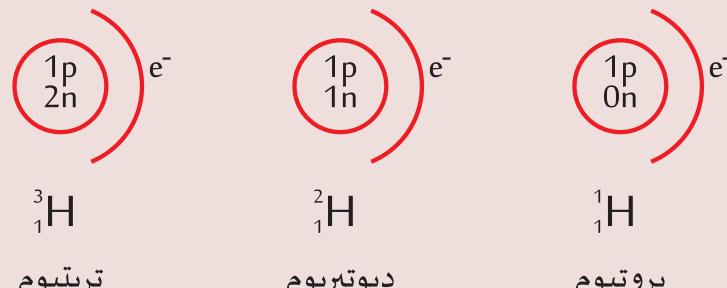
الجدولِ 4-1: نظائر عنصرِ الكربون

حيثُ يشيرُ رمزُ كُلِّ منها إلى العددِ الكُتليِ والعددِ الذّريِ، كما يلي:



والنّظائرُ هي ترجمةٌ لكلمةٍ مشتقةٍ من اللّغة اليونانيةِ isotopes، التي تعني المكانَ نفسهِ؛ وذلك لأنَّ جميعَ النّظائرِ المختلفةِ للعنصرِ الواحدَ تُشغِّلُ المكانَ نفسهِ في الجدولِ الدّوريِّ. ومن الأمثلةُ أيضًا على النّظائرِ: عنصرُ الهيدروجينِ، فإنَّ له ثلاثةَ نظائرٍ هي بروتنيوم H^1 ، ديوتنيريوم H^2 ، وتريتيديوم H^3 . وتلاحظُ أنَّها تمتلكُ عددَ البروتوناتِ نفسهِ، ولكنَّها تختلفُ في عددِها الكُتليِ.

لديك الشكل الآتي الذي يمثل نظائر عنصر الهيدروجين، أدرسه جيداً، ثم أكمل الجدول الذي يليه المتعلق بنظائر الهيدروجين.



الهيدروجين-3	الهيدروجين-2	الهيدروجين-1	
$^3_1 \text{H}$	$^2_1 \text{H}$	$^1_1 \text{H}$	الرَّمْزُ
			العَدُدُ الْكُتْبَيُّ
			عَدُدُ الْبُرُوتُونَاتِ
			عَدُدُ الْنِيُوتُونَاتِ

وبين الجدول (5-1) أمثلةً لبعض نظائر العناصر:

العنصر	النطائر
$^{17}_8 O$ ، $^{16}_8 O$	الأكسجين O
$^{41}_{19} K$ ، $^{40}_{19} K$ ، $^{39}_{19} K$	البوتاسيوم K
$^{37}_{17} Cl$ ، $^{35}_{17} Cl$	الكلور Cl
$^{238}_{92} U$ ، $^{235}_{92} U$ ، $^{234}_{92} U$ ، $^{233}_{92} U$	اليورانيوم U

الجدول 1-5: نظائر بعض العناصر

وتوجد معظم العناصر في الطبيعة على شكل خليطٍ من النّظائر، وعند الحصول على أيٍّ عَيْنَةٍ من العنصر فإنَّ نسبة وجود النّظير فيها تكون ثابتةً.

وبسبب تشابه نظائر العنصر في عدد البروتونات، فإنّ خصائصها الكيميائية تكون نفسها، في حين تختلف خصائصها الفيزيائية لاختلافها في عدد النيوترونات، أي في عددها الكتلي؛ فمثلاً ذرة الكربون 12-¹²C لها الخصائص الكيميائية لذرة الكربون 14-¹⁴C نفسها؛ لامتلاكهما عدّة البروتونات نفسه وهو 6، ولكن لاختلافهما في عدد النيوترونات فإنّ هناك اختلافاً في خصائصهما الفيزيائية؛ إذ تُعدُّ نوافر 12-¹²C مستقرةً ليس لها نشاط إشعاعيٌّ، في حين أنّ نوافر 14-¹⁴C غير مستقرة، ولها نشاط إشعاعيٌّ.

العناصر المشعة:

عناصر غير مستقرة تحتوي أنوبيها على عدد نيوترونات أكبر من عدد البروتونات (نسبة n/Z أو n/P عالية حيث Z العدد الذري). فيحدث تفكك لأنوبيه هذه الذرات وينطلق عنها إشعاعات مختلفة وتحوّل لأنوبيه ذرّات عناصر أخرى مستقرة.

عناصر ما بعد اليورانيوم Trans Uranium Elements

هل تعلم

التفاعل النووي هو تفاعل يحدث عندما تصطدم نواتي ذرتين ببعضهما أو عندما يصطدم جسيم أولي مثل البروتون أو النيوترون بنواعة ذرّة، وينشأ عن هذا الاصطدام مكونات جديدة تختلف عن المكونات الداخلة في التفاعل وتنطلق طاقة هائلة تُعرف بالطاقة النووية.

عناصر ما بعد اليورانيوم هي عناصر أعدادها الذريّة أكبر من العدد الذري لعنصر اليورانيوم (92)، وتأتي مواقعها في الجدول الدوري بعد اليورانيوم. وبعض هذه العناصر غير مستقرة، وذات نشاط إشعاعي. وقد كان لتصنيع هذه العناصر عن طريق التفاعلات النووية الأثر الكبير في اكتساب المعرفة عنها، فقد مكّنت العلماء من التنبؤ بخواصها الأساسية، وبإمكان وجود عناصر أثقل من العنصر 112، وهو آخر عنصر اكتشف حتى عام 1996 م.

لم يتطرق جدول مِنْدليف إلى هذه العناصر، لأنّها لم تكن معروفة في ذلك الزَّمان، ولكن بعد أن تم اكتشاف اليورانيوم، وتصنيع الكثير من العناصر المشعة، أصبح الجدول الدوري بشكّلِه الحالي يختلف عن جدول مِنْدليف تمام الاختلاف؛ وذلك بسبب وجود نظائر عِدَّة لعنصر الواحد، والتي لا يمكن وضعها في موقع العنصر نفسه في الجدول الدوري؛ فالقصدير مثلاً له عشرة نظائر، تراوح كتلها الذريّة بين: 112 و 124؛ وهو بذلك يحتاج إلى عشرة أماكن في الجدول الدوري، فتخيل لو أن كلّ عنصر تم وضعه في الجدول الدوري مع نظائره جميعها، فكيف سيكون شكل الجدول الدوري؟!

ابحث عن دور التفاعلات النووية في توليد الطاقة النووية للأغراض السلمية.



أختبر نفسك

مراجعة الدرس الأول

الأفكار الرئيسية:

- رتب مندليف العناصر حسب تزايد كتلها الذرية، ثم رتب فيما بعد بناءً على تزايد أعدادها الذرية في الجدول الدوري الحديث.
- سمي الجدول الدوري بهذا الاسم لأنّه يعتمد الدورية في صفات العناصر؛ إذ تتردّج الخواص الكيميائية والفيزيائية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين، ثم تكرّر مره أخرى في الدورة التي تلّها.
- الصّف الأفقي في الجدول يسمى دورة؛ وهو يمثّل عدد مستويات الطاقة الرئيسية حول نواة الذرة.
- الصّف العمودي في الجدول يسمى مجموعة؛ وهو يمثّل عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير.
- النّظائر ذرّات للعنصر الواحد، لها عدد البروتونات نفسه، وتحتّل في العدد الكثلي بسبب اختلافها في عدد النّيوترونات.
- عناصر ما بعد اليورانيوم هي عناصر أعدادها الذرية أكبر من العدد الذري لليورانيوم، ولمعظمها نشاط إشعاعي.

تقويم الدَّرْسِ الأوّل



أولاً: أسئلة الاختيار من متعدد:

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. ماذا تسمى الصفوف الأفقية في الجدول الدوري؟

- a. مجموعات.
- b. عناصر.
- c. ذرات.
- d. دورات.

2. أيٌ من الآتي يمثل الأسماء الذي اعتمدَه مندليف عند ترتيب العناصر في جدوله الدوري؟

- a. العدد الذري.
- b. الكتلة الذرية.
- c. عدد النيوترونات.
- d. عدد الإلكترونات.

3. ما عدد مستويات الطاقة الرئيسية في الدورة الخامسة؟

- 7 .a
- 6 .b
- 5 .c
- 4 .d

4. ما رقم المجموعة التي تسمى بالقلويات الأرضية؟

- a. الثانية.
- b. الأولى.
- c. السابعة عشرة.
- d. الثامنة عشرة.

5. وفق أيٍ من الآتي تَظَهُرُ الدَّوريات في صفات العناصر بصورة صحيحة؟

- a. الحالة الفيزيائية.
- b. عدد النيوترونات.
- c. العدد الذري.
- d. الكتلة الذرية.

تابع تقويم الدرس الأول

إذا كان رمزاً نظير الكربون (C^{13}_6) فما عدد النيوترونات فيه؟ .6

- 6 .a
- 7 .b
- 13 .c
- 19 .d



ثانياً: أسئلة الإجابات القصيرة:

أجب عن الأسئلة الآتية:

1. أذكِر الفرق بين جدول مندليف والجدول الدوري الحديث، من حيث الأساس الذي اعتمد لترتيب العناصر. [A] [B]
2. فيَّ سبب قيام الأمم المتحدة بإطلاق اسم العام العالمي للجدول الدوري على عام 2019م.
3. لماذا تتشابه عناصر المجموعة الواحدة في خواصها؟ [A] [B]
4. أكمل الفراغات في الجدول الآتي الذي يمثل نظائر عنصر الماغنيسيوم:

^{26}Mg	^{25}Mg	^{24}Mg	العنصر
			العدد الذري
			العدد الكتلي
			عدد البروتونات
			عدد النيوترونات
			عدد الإلكترونات

الدَّرْسُ الثَّانِي

الْتَّرْكِيبُ الْإِلْكْتَرُونِيُّ وَتَصْنِيفُ الْعَناصِرِ Electronic Configuration and Classification of Elements



المفردات الرئيسية



التجارب والأنشطة

Atomic Number	العدُّ الدَّرِّيُّ
Electron Configuration	الْتَّرْكِيبُ الْإِلْكْتَرُونِيُّ
Metals	الْفِلَزَاتُ
Non Metals	اللَّافِلَزَاتُ
Metalloids	أَشْبَاهُ الْفِلَزَاتِ

4- التَّرْكِيبُ الْإِلْكْتَرُونِيُّ لِلْعَناصِرِ

5- خَصَائِصُ الْفِلَزَاتِ وَاللَّافِلَزَاتِ

مُخْرَجَاتُ التَّعْلُمِ

يُتَوقَّعُ فِي نِهايَةِ الدَّرْسِ أَنْ يَكُونَ الطَّالِبُ قَادِرًا عَلَى أَنْ:

- يَرِبطُ التَّصْنِيفَ الدَّوْرِيَّ الْحَدِيثَ بِالْتَّرْكِيبِ الْإِلْكْتَرُونِيِّ لِلْعَناصِرِ.
- يَحْدِدُ مَوْقِعَ الْفِلَزَاتِ الْأَكْثَرِ نَشَاطًا وَالْأَقْلَ نَشَاطًا فِي الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ، وَيَحْدِدُ مَوْقِعَ الْفِلَزَاتِ وَاللَّافِلَزَاتِ.

علاقة التركيب الإلكتروني للعنصر وترتيبه في الجدول الدوري:

نشاط 4-1

التركيب الإلكتروني للعنصر

يُستنتج موقع العنصر في الجدول الدوري بدلالة تركيبه الإلكتروني.

الهدف:

جدول دوري، بطاقة عليها التركيب الإلكتروني لذرّات عناصر: Li, Na, K, Mg, Al, Ca

المواد الأدوات:

خطوات العمل:



1. أدرّسْ مع زملائك في المجموعة البطاقات الآتية التي تبيّن التركيب الإلكتروني لبعض العناصر.

2. اختر عنصراً، ثم اطلب من كُل زميل من زملائك في المجموعة اختيار عنصر مختلفٍ من العناصر السابقة، ومن ثم الإجابة عن الأسئلة المتعلّقة به مستعيناً بالجدول الدوري، في الجدول الآتي:

رقم دورة العنصر	رقم مجموعة العنصر	عدد مستويات الطاقة الرئيسية	عدد الإلكترونات في المستوى الخارجي	اسم العنصر ورموزه

3. بعد الانتهاء من الإجابة عن الأسئلة، قارن إجابتك مع إجابات زملائك.

التحليل:

- ما العلاقة بين رقم مجموعة العنصر وعدد الإلكترونات مستوى الطاقة الأخير في ذرّته؟
- ما العلاقة بين رقم دورة العنصر وعدد مستويات الطاقة الرئيسية في ذرّته؟
- كيف يمكن تحديد موقع العنصر في الجدول الدوري؟

الاستنتاج :

من النشاط السابق نستنتج أن رقم مجموعة العنصر في الجدول الدوري يساوي عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير (بالنسبة للعناصر الممثلة)، وأن رقم دورة العنصر في الجدول الدوري يساوي عدد مستويات الطاقة الرئيسية حول نواة الذرة.

عرفت سابقاً أنه تم ترتيب العناصر في الجدول الدوري تبعاً لزيادة العدد الذري، فكل ذرة عنصر تزيد عن ذرة العنصر التي تسبقها بروتون واحد.

وتلاحظ من النشاط السابق أنه يمكن تحديد موقع العنصر في الجدول الدوري من خلال رقم دورته ورقم مجموعة. ويوضح الجدول (6-1)، التركيب الإلكتروني لبعض العناصر في الجدول الدوري.

العنصر	الرمز	العدد الذري	التركيب الإلكتروني	مستوى الطاقة المجموعة (رقم الدورة)	عدد الإلكترونات	رقم مجموعة الطاقة الرئيسية (رقم الدورة)	عدد مستويات الطاقة
الليثيوم	Li	3	2,1	1	2	2	
الفلور	F	9	2,7	7	2	2	
النيون	Ne	10	2,8	8	2	2	
الصوديوم	Na	11	2,8,1	1	3	3	
الكلور	Cl	17	2,8,7	7	3	3	
الأرجون	Ar	18	2,8,8	8	3	3	
البوتاسيوم	K	19	2,8,8,1	1	4		

الجدول 6-1 : التركيب الإلكتروني لبعض العناصر في الجدول الدوري

ومن خلال الجدول السابق نجد أنَّ عنصر الصوديوم مثلاً، له التركيب الإلكتروني $2,8,1$ ، ولذلك فإنه يقع في الدورة الثالثة من الجدول الدوري؛ لأنَّه يمتلك ثلاثة مستويات طاقة رئيسية، ويقع في المجموعة الأولى من الجدول الدوري؛ لوجود إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجية (الأخير).

أكمل الفراغات في الجدول الآتي :



اخبر نفسك

العنصر	العدد الذري للعنصر	التركيب الإلكتروني للعنصر	مستوى الطاقة الرئيسية	رقم دورة العنصر	عدد الإلكترونات	رقم مجموعة العنصر
X	14					4
Y		2,5				
Z			3			3
W	20					

وبناءً على التركيب الإلكتروني للعناصر، فإنه يمكن تصنيفها في الجدول الدوري ليسهل دراستها ومعرفة خصائصها الفيزيائية والكيميائية. ومن التصنيفات التي ساعدت على دراسة العناصر، ومعرفة خصائصها، تصنيفها إلى فلزات ول AFLZAT وAshba al-felzat: أشباه الفلزات.

الفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات:

نشاط 5-1



خصائص الفلزات واللافلزات

الهدف:

يستنتج بعض خواص الفلزات واللافلزات.

المواد الأدوات:

عينات من عناصر مختلفة، مثل: الكبريت S ، النحاس Cu ، الألومنيوم Al ، أسلاك توصيل، مصباح كهربائي صغير، بطارية، مسمار، مطرقة.

الأمن والسلامة:

تعامل مع المسمار والمطرقة بحذر.

خطوات العمل:



- صلِّ الدائرة الكهربائية - كما في الشّكل - مستخدماً قطعة الألومنيوم. هل أضاء المصباح؟ لماذا؟
- كرر الخطوة السابقة مستخدماً الكبريت والنحاس في كُلِّ مرّة.
- استخدم المسمار واحدِّش القطع المستخدمة في النشاط كُلَّا على حِدة. ماذا تلاحظ؟
- استخدم المطرقة لطريق القطع السابقة، ولا حِظْ قابلية للطرق.
- دون نتائج النشاط في جدولٍ يوضح خصائص كُلِّ عنصرٍ منها:

العنصر	الحالة الفيزيائية	الكهرباء	اللّمعان	القابلية للطرق	فلز/ لا فلز
Al					
Cu					
S					

التحليل:

- ما خواص الفلزات؟
- ما خواص اللافلزات؟

الاستنتاج:

الاستclusion: كرر التجربة مع الكربون وحدد هل هو فلز أم لا فلز بناءً على النتائج.

يمكُن ملاحظة موقع الفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات في الجدول الدوري من خلال الشكل (5-1) الآتي:

The table illustrates the periodic table with color-coded regions. The legend indicates: أشباه فلزات (Metalloids) in purple, فلزات (Metals) in blue, and لا فلزات (Non-metals) in green. The purple region (Metalloids) includes groups 13-15 and the transition metals. The blue region (Metals) includes groups 1-12 and the transition metals. The green region (Non-metals) includes groups 16-18 and the noble gases.

الشكل 5-1 موقع الفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات في الجدول الدوري

الفلزات Metals

تتميز الفلزات بخصائص عامة؛ فجميعها صلبة في الظروف العاديَّة من الحرارة والضغط، ما عدا الزئبق فهو سائل. وللفلزات درجات انصهارٍ عالية، وهي موادٌ لامعةٌ وموصلةٌ جيَّدةً للكهرباء والحرارة، وقابلةٌ للطرق والسُّحب. ومن الأمثلة على الفلزات -كما لاحظت من الشكل (5-1)- مجموعة الفلزات القلوية، ومجموعة الفلزات الأرضية، وعناصر المجموعة الثالثة (باستثناء عنصر البورون B)، وبعض العناصر من مجموعات العناصر الممثلة الأخرى، إضافةً إلى مجموعات العناصر الانتقالية.

وعند مقارنة النشاط الكيميائي لفلزات المجموعات الثلاث الأولى، فإنَّ مجموعة الفلزات القلوية هي الأكثر نشاطاً كيميائياً، ويقلُّ هذا النشاطُ بالاتِّجاهِ من اليسار إلى اليمين، أي بالاتِّجاهِ من المجموعة الأولى إلى المجموعة الثالثة. وستتعرَّفُ لاحقاً علاقَةَ النشاطِ الكيميائيِّ بالتركيبِ الإلكترونيِّ للعناصرِ.

اللافلزات Non-metals

من الخَصائص العامة لعناصر اللافلزات أنَّ معظمَها غازية، ومنها ما هو صلبةٌ هشٌّ ومنها ما هو سائلٌ عند درجة حرارة الغُرفة، وهي غير لامعة، ورديةٌ التوصيل للكهرباء والحرارة، وبعضُها غير موصَّل (باستثناء الجرافيت فهو موصَّل، ويعُدُّ شكلاً من أشكال الكربون).

ومن أمثلة الالافلزات -كما لاحظت من الشكل (1-5)- مجموعة الهالوجينات، ومجموعة الغازات النبيلة، وبعض عناصر المجموعات الرابعة عشرة والخامسة عشرة والسداسة عشرة. وكذلك فإن عناصر الالافلزات نشاط كيميائي يزداد بالاتجاه من اليسار إلى اليمين، حيث تكون عناصر المجموعة السابعة عشرة (الهالوجينات) هي الأكثر نشاطاً مقارنةً بما قبلها من الالافلزات.

ويبيّن الجدول (1-7) بعض خصائص العناصر الفلزية والالافلزية:

العنصر الالافلزية	العنصر الفلزية	الصفة
معظمها غير لامعة.	لها لمعان أو بريق فلزي.	البريق واللمعان
غازية، سائلة، صلبة.	صلبة ما عدا الرزبق سائل	الحالة عند درجة حرارة الغرفة
غير قابلة للطرق والسحب (هشة)	قابلة للطرق والسحب	القابلية للطرق والسحب
رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء، أو عازلة لهما. (ما عدا الكربون (الجرافيت)).	موصولة جيدة للحرارة والكهرباء	التوصيل الكهربائي والحراري

الجدول 1-7 بعض صفات العناصر الفلزية والالافلزية

أذكر ثلاثة خصائص فيزيائية للتمييز بين عنصر الماغنيسيوم والفوسفور.



تلاحظ من الشكل (1-5) خطأ متدرجًا لمجموعة من العناصر يفصل بين الفلزات والالافلزات. وتسمى هذه العناصر أشباه الفلزات. وهي مجموعة من العناصر لها خصائص متوسطة بين الفلزات والالافلزات. ومن أمثلتها عناصر البورون B، والسيليكون Si، والجرمانيوم Ge. ولهذه العناصر استخدامات كثيرة؛ فغالبًا هي مواد شبه موصولة للتيار الكهربائي، وتدخل في صناعة رقاقات الحاسوب، والخلايا الشمسية، وغيرها.

أشباه الفلزات metalloids

مراجعة الدرس الثاني

الأفكار الرئيسية:

- يساعد التركيب الإلكتروني للعنصر في معرفة موقعه في الجدول الدوري.
- يمكن تحديد موقع العنصر في الجدول الدوري بمعرفة رقم دورته ومجموعته.
- يمكن معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر بمعرفة تركيبها الإلكتروني.
- من تصنيفات العناصر التي ساعدت في دراستها، تصنفها إلى فلزات ولافلزات وأشباه الفلزات، وكذلك تصنفها إلى عناصر مماثلة وعناصر انتقالية.
- تحتفل الفلزات واللافلزات في خصائصها العامة.

تقويم الدرس الثاني



أولاً: أسئلة الاختيار من متعدد:

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

- أي من التراكيب الإلكترونية الآتية يمثل عنصراً يقع في المجموعة السادسة عشرة، والدورة الثانية؟
 - 2,7 .a
 - 2,6 .b
 - 2,5 .c
 - 2,8,6 .d
- أي مما يلي لا يُعد من خصائص الفلزات؟
 - قابلة للطريق والسحب .a
 - رديئة التوصيل للكهرباء .b
 - لها لمعان وبريق .c
 - صلبة غالباً .d
- ما نوع العنصر الذي تبدأ به كل دورة من دورات الجدول الدوري (ما عدا الدورة الأولى)؟
 - فلز .a
 - لا فلز .b
 - شبيه فلز .c
 - غاز نبيل .d

تابع تقويم الدّرسِ الثاني

4. أي العبارات الآتية تنطبق على نظائر العنصر الواحد؟

- a. أعدادها الذرية مختلفة.
- b. أعدادها الكتليلية متساوية.
- c. متساوية في عدد النيوترونات.
- d. متساوية في عدد البروتونات.

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة:

أجب عن الأسئلة الآتية:

1. صُفْ موقع الفيلرات واللافيلرات وأشباه الفيلرات في الجدول الدوري.
2. لديك جزء من الجدول الدوري، يتضمن رموزاً لعناصر افتراضية، أدرسه جيداً، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

A	

	B					D
						C

- a. أكتب التوزيع الإلكتروني للعنصر A.
- b. ما عدد إلكترونات المستوى الأخير لذرة العنصر C؟ وإلى أي مجموعة ينتمي؟
- c. ما العدد الذري للعنصر B؟
- d. أذكر رقم مستوى الطاقة الذي ينتهي به التوزيع الإلكتروني للعنصر D؟ ما رقم الدورة التي يقع فيها؟
- e. لديك العناصر الافتراضية الآتية (M,W,G,R) ، ضع كل عنصر منها في المكان المناسب له في الجدول السابق، اعتماداً على المعلومات الآتية:

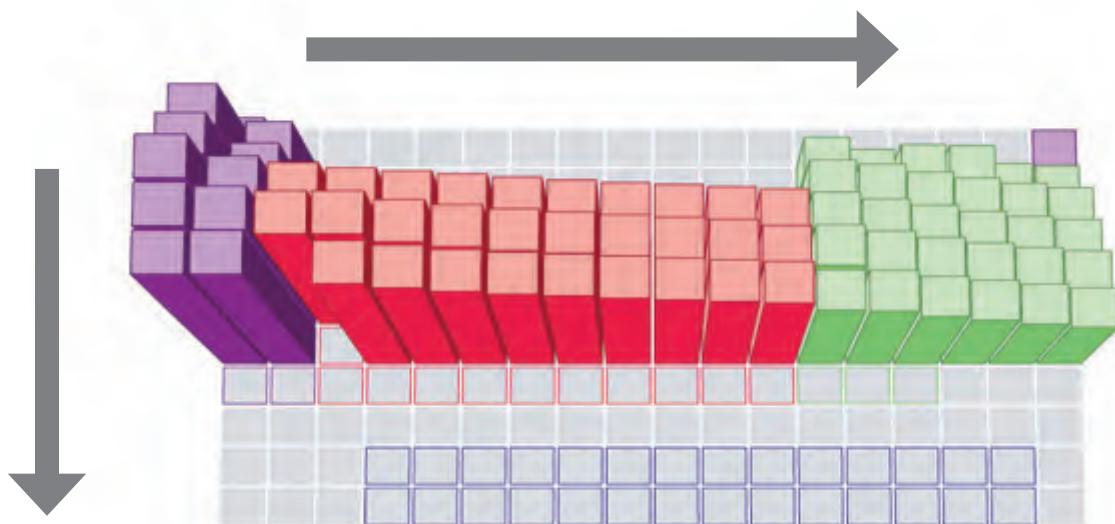
- .I. M: عدده الذري 15.
- .II. W: ينتهي التوزيع الإلكتروني له بوجود ستة إلكترونات في المستوى الثالث لذرته.
- .III. G: التوزيع الإلكتروني لذرته: 2,8,2
- .IV. R: يقع في المجموعة الخامسة عشرة والدورة الثانية.

الدَّرْسُ الثَّالِثُ

3-1

تَدَرُّجُ خَواصِّ الْعَناصِرِ Trend In Properties Of Elements

تَتَدَرُّجُ الْعَناصِرُ الْكِيمِيَائِيَّةُ فِي الْجَدُولِ الدَّوْرِيِّ فِي خَصَائِصِهَا الْفِيَزِيَائِيَّةِ وَالْكِيمِيَائِيَّةِ، وَيَعْتَمِدُ هَذَا التَّدَرُّجُ عَلَى الاِخْلَافِ فِي أَحْجَامِ الْذَّرَّاتِ، وَقَابِلِيَّتِهَا لِالْفُقْدَانِ الْإِلْكْتَرُونِيَّاتِ أَوِ اِكْتِسَابِهَا.



المُفَرَّدَاتُ الرَّئِيْسَةُ



Atomic Radius	نِصْفُ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ
Ionic Radius	نِصْفُ الْقُطْرِ الْأَيُونِيِّ
Melting point	دَرَجَةُ الْانْصِهَارِ
Electrical conductivity	التَّوْصِيلُ الْكَهْرَبَائِيُّ
Valence Electrons	الْإِلْكْتَرُونِيَّاتُ التَّكَافُؤُ

الْتَّجَارِبُ وَالْأَنْشِطَةُ

6-1 الأَحْجَامُ النِّسْبِيَّةُ لِلْذَّرَّاتِ

7-1 أَحْجَامُ الْأَيُونَاتِ

مُخْرَجَاتُ التَّعْلُمِ

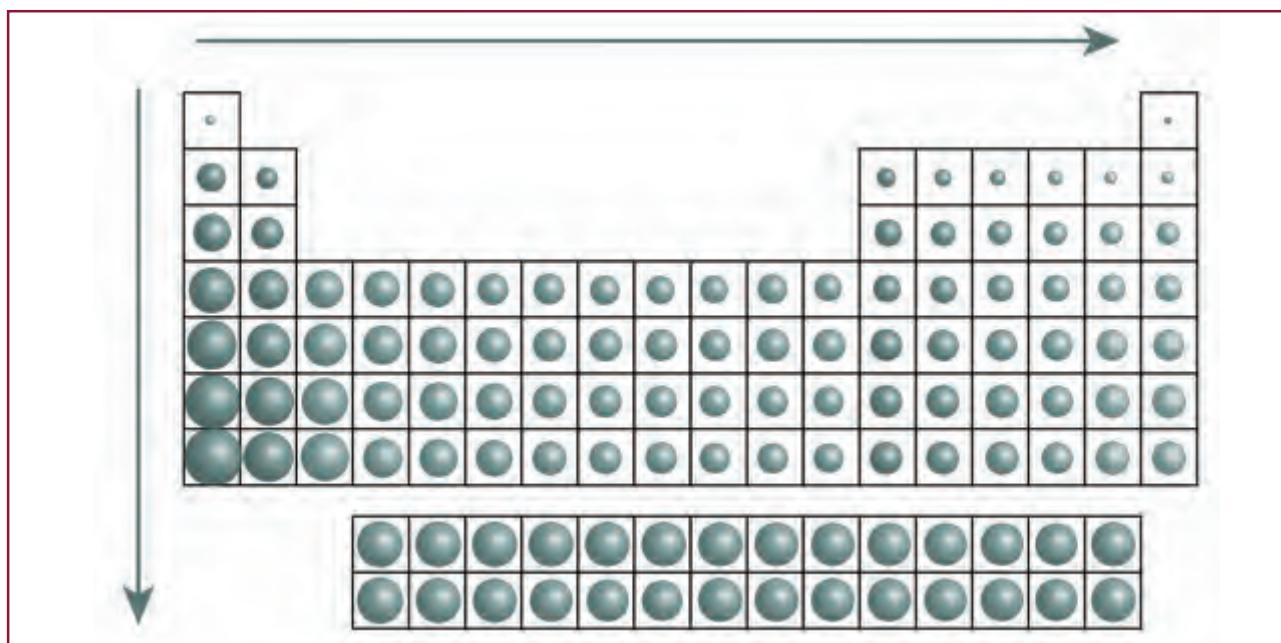
يُتَوقَّعُ فِي نِهَايَةِ الدَّرْسِ أَنْ يَكُونُ الطَّالِبُ قَادِرًا عَلَى أَنْ:

- يَصِفُ التَّدَرُّجَ فِي الْخَواصِ الْفِيَزِيَائِيَّةِ وَالْكِيمِيَائِيَّةِ لِلْعَناصِرِ وَمُرْكَبَاهَا الْبَسِيطةِ ضَمِّنَ الْمَجْمُوعَاتِ: I, II, VII, VIII، وَيَفْسِرُ هَذَا التَّدَرُّجَ مِنْ حِيثِ التَّرْكِيبِ الْذَّرِّيِّ. وَتَضَمَّنُ الْخَصَائِصُ الْفِيَزِيَائِيَّةُ نِصْفَ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ، وَنِصْفَ الْقُطْرِ الْأَيُونِيِّ، وَدَرَجَةُ الْانْصِهَارِ، وَالتَّوْصِيلُ الْكَهْرَبَائِيُّ.

التَّدْرُجُ فِي خَوَاصِ الْعَنَاصِرِ Trend In Properties of Elements

تعرَّفَتْ من خلال دراستِك للجدول الدُّوريِّ أنه يتكونُ من ثمانِي عشَرَ مجموَّعةً وسبعينَ دُورَاتً، وأن العناصرِ رُتبَتْ فيه وفقَ الزيادةِ في أعدادِها الذَّرِّيَّةِ، وتمَّ الأخذُ بعينِ الاعتبارِ التَّشابُهُ في الخصائصِ الفيزيائيَّةِ والكيميائيَّةِ لِهَذِهِ العناصرِ. وسُمِّيَّ الجَدولُ بِالدُّوريِّ؛ لأنَّ خَصائصِ العناصرِ تَتَكَرَّرُ في كلِّ دُورةٍ من دُورَاتِهِ.

وقد درسْتَ أيضًا أنَّ لِعَناصرِ المجموَّعةِ الواحدةِ العدَّ نفسهِ مِن إِلْكْتروناتِ مُسْتَوِيِ الطَّاقَةِ الْخَارِجيِّ تُسَمَّى (إِلْكْتروناتِ التَّكَافُؤِ Valence Electrons)، فِي حين يَزَدَادُ عدَّ إِلْكْتروناتِ مُسْتَوِيِ الطَّاقَةِ الْخَارِجيِّ عَنِ الْأَنْتِقَالِ مِنَ الْيَسَارِ إِلَى الْيَمِينِ فِي الدُّورةِ الْوَاحِدَةِ لِلْجَدُولِ الدُّوريِّ، مَعَ ثَبَاتِ عدَّ مُسْتَوِيَّاتِ الطَّاقَةِ الرَّئِيسَةِ. فَهُلْ لِذَلِكَ أَثْرٌ فِي تَدْرُجِ صَفَاتِ العَناصرِ فِي الجَدُولِ الدُّوريِّ؟ وَمَا أَهْمَ الخَصائصِ الدُّوريَّةِ لِلْعَناصرِ؟ وَكَيْفَ تَتَغَيَّرُ هَذِهِ الْخَصائصِ خَلَالِ الدُّورَاتِ وَالْمُجَمَوَّعَاتِ فِي الجَدُولِ الدُّوريِّ؟



الشكل 6-1 التَّدْرُجُ فِي الْأَحْجَامِ الْذَّرِّيَّةِ لِلْعَناصرِ

ولِعْرَفَةِ كَيْفَ يَتَغَيَّرُ الْحَجْمُ الذَّرِّيُّ لِعَناصرِ الدُّورَةِ وَالْمُجَمَوَّعَةِ فِي الجَدُولِ الدُّوريِّ المُوضَّحُ فِي الشَّكْلِ (6-1)، نَفِّذِ النَّشَاطَ الْأَتَى:

نشاط 6-1



الأَحْجَامُ النِّسْبِيَّةُ لِلذَّرَاتِ

يقارن بين الأَحْجَامُ النِّسْبِيَّةُ لبعض ذَرَاتِ عَناصِرِ الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ.

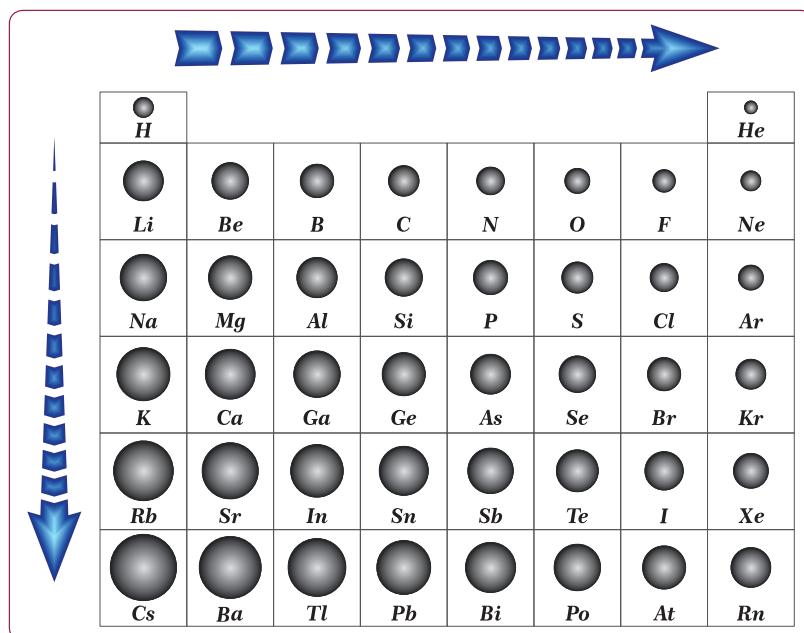
الهدف:

لوحة مرسوم عليها تدرج أحجام الذرات عبر الدورة والمجموعة في الجدول الدوري.

المواد الأدوات:

خطوات العمل:

1. تعاون مع زملائك في المجموعة للإجابة عن الأسئلة التي تلي الشكل الآتي:



a. أيهما أكبر حجماً: ذرة البوتاسيوم K أم ذرة السيلينيوم Se؟

b. أيهما أقل حجماً: ذرة النيتروجين N أم ذرة الأنتيمون Sb؟

c. رب العناصر الآتية: (Al, B, Ga)، تصاعدياً حسب الحجم الذري لها.

d. رب العناصر الآتية: (Si, Mg, Cl)، تنازلياً حسب الحجم الذري لها.

التحليل:

1. كيف تتغير أحجام الذرات بالانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة من الجدول الدوري؟

2. كيف تتغير أحجام الذرات بالانتقال من أعلى إلى أسفل المجموعة الواحدة من الجدول الدوري؟

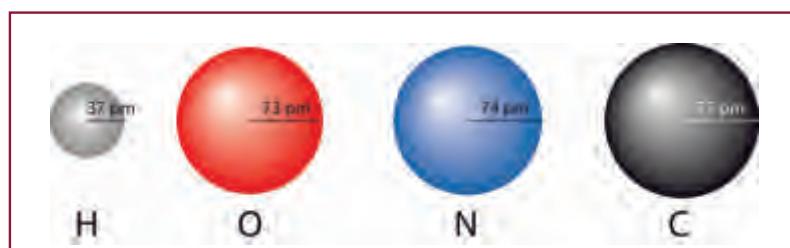
الاستنتاج:

الاستclusion: لاحظ ثم صرف تدرج العناصر الانتقالية الرئيسية مستعيناً بالشكل (3-1).

لاحظت من النشاط 1-6، أن الحجم الذري للدّرّات يتناقص في الدّورة الواحدة بالانتقال من اليسار إلى اليمين مع زيادة العدد الذري، في حين يزداد الحجم الذري في المجموعة الواحدة بالانتقال من الأعلى إلى الأسفل. كيف يفسّر ذلك عَبْر الدّورات وخلال المجموعات؟

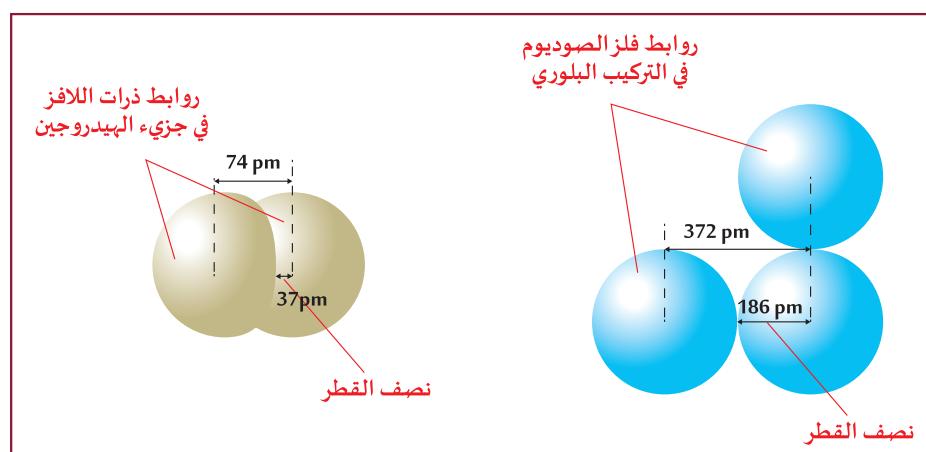
نصف القطر الذري Atomic Radius

يساهم الحجم الذري بشكلٍ كبير في تحديد العديد من خصائص العناصر وسلوكها، وهو يُعدُّ من الخصائص الدّوريّة التي تتأثر بالتركيب الإلكتروني لدّرّات العناصر. يرتبط مفهوم الحجم الذري بمتوسط المسافة التي تفصل بين إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي للدّرّة ونواتها، وهو ما يعرف بـ **نصف القطر الذري** **Atomic Radius**. وبما أن حجم الدّرّات صغيرٌ جدًا ويصعب رؤيته في العين المجردة، فقد اتفق على وحدة لقياس أقطار الدّرّات تُسمّى البيكومتر وهي وحدة لقياس الطول في النظام المتر، ويرمز لها بالرمز (pm)، وتعادل واحد من ترليون من المتر ($10^{-12}\text{m} = 1\text{pm}$) انظر الشكل (1-7)؛ الذي يبيّن قيم أنصاف قطرات بعض الدّرّات بوحدة البيكومتر.



الشكل 1-7 بعض الدّرّات وقيم أنصاف قطراتها بوحدة البيكومتر.

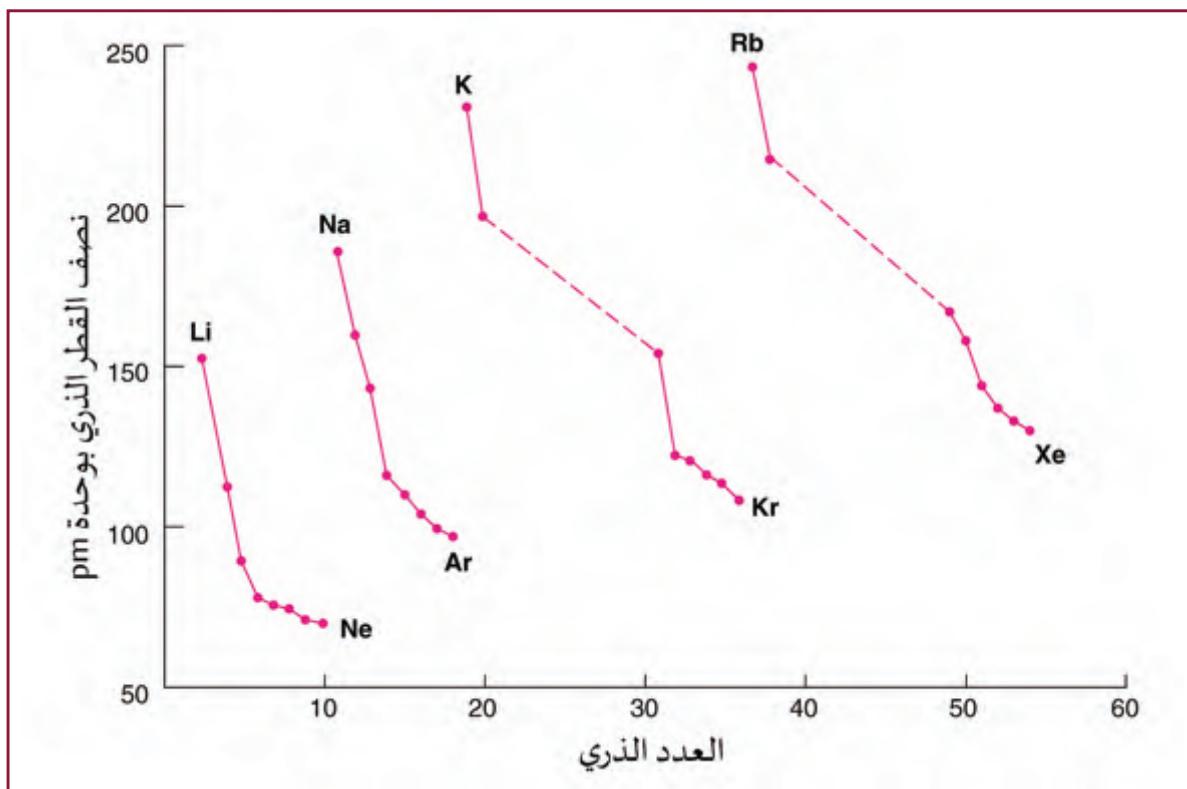
ويُعرَّف **نصف القطر الذري** **للفالِزات** **Metallic Atomic Radius** بأنه نصف المسافة بين نوّاتي ذرّتين متجاورتين في التركيب البلوري للعنصر. أمّا العناصر التي توجد على شكل جزيئات ثنائية مثل الالافِلزات، فيمكن تعريف **نصف القطر الذري** **للفالِزات** بـ **نصف المسافة** بين نوّاتي ذرّي عنصر في الحالة الغازية بينما رابطة تساهمية في الجزيئات ثنائية الدّرّة. انظر الشكل (1-8).



الشكل 1-8 نصف القطر الذري للفالِزات والفالِزات.

تَدْرُج نِصْفِ الْقُطْرِ النَّدَرِيِّ عَبْرَ الدَّوْرَاتِ وَخَلَالِ الْمَجْمُوعَاتِ:
من أهم العوامل المؤثرة في الحجم النَّدَرِيِّ عدد مستويات الطاقة الرئيسية حول نواة الدرَّة، وكذلك شُحْنَة النَّوَاءِ الموجَبَةِ (عدد البروتونات).

عَبْرَ الدَّوْرَةِ يَتَناَقَصُ نِصْفُ الْقُطْرِ النَّدَرِيِّ عِنْدَ الْإِنْتِقَالِ مِنَ الْيَسَارِ إِلَى الْيَمِينِ فِي الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ؛ وَيُمْكِنُ تَفْسِيرُ ذَلِكَ بِأَنَّهُ عِنْدَ زِيَادَةِ الْعَدْدِ النَّدَرِيِّ - بِالْإِنْتِقَالِ مِنْ يَسَارِ الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ إِلَى يَمِينِهِ - يَزْدَادُ عَدْدُ الْبُرُوتُونَاتِ فِي النَّوَاءِ مَعَ بَقَاءِ عَدْدِ مُسْتَوَاتِ الطَّاقَةِ الرَّئِيْسِيَّةِ فِي الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ ثَابِتًاً؛ مَمَّا يَؤْدِي إِلَى زِيَادَةِ قُوَّةِ جَذْبِ النَّوَاءِ لِلْكَتْرُونَاتِ مُسْتَوِيِّ الطَّاقَةِ الْخَارِجِيِّ؛ فَتَقْرَبُ مِنَ النَّوَاءِ وَبِذَلِكَ يَصْغُرُ حَجْمُ النَّدَرَةِ؛ أَيْ يَقْلُ نِصْفُ قُطْرِهَا النَّدَرِيِّ. انْظُرِ الشَّكْلَ (9-1) الَّذِي يَبْيَّنُ نِصْفَ الْقُطْرِ النَّدَرِيِّ مُقَابِلَ الْعَدْدِ النَّدَرِيِّ لِلْعَنَاصِرِ فِي بَعْضِ دُورَاتِ الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ.

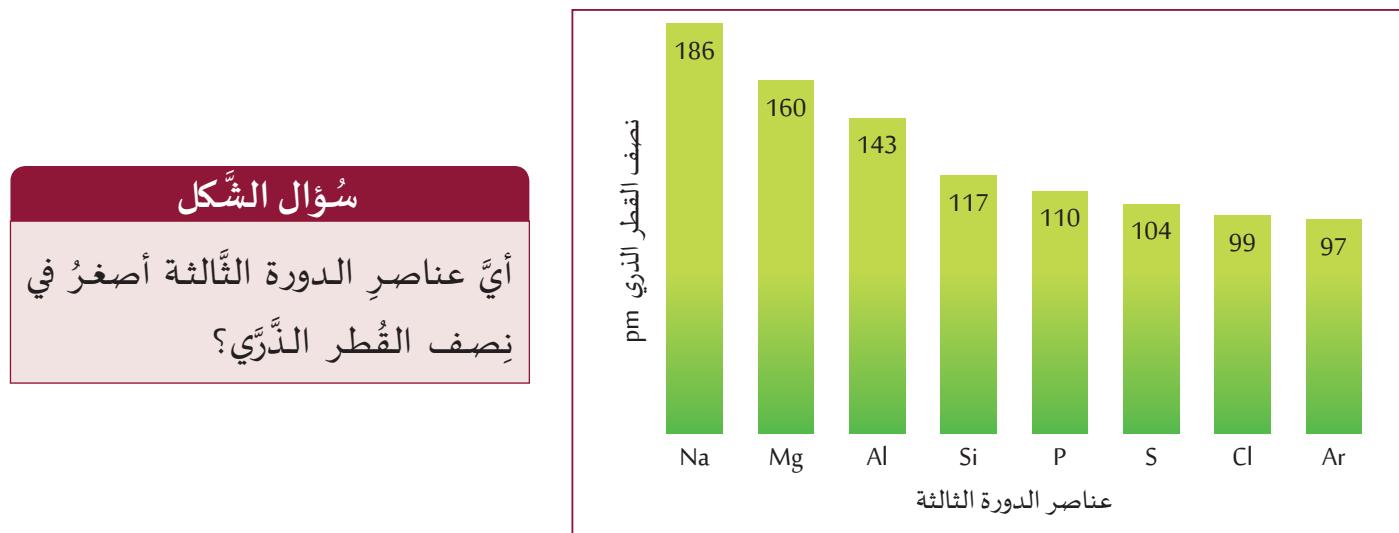


الشكل 9-1 نِصْفُ الْقُطْرِ النَّدَرِيِّ مُقَابِلَ الْعَدْدِ النَّدَرِيِّ لِلْعَنَاصِرِ فِي دُورَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ.

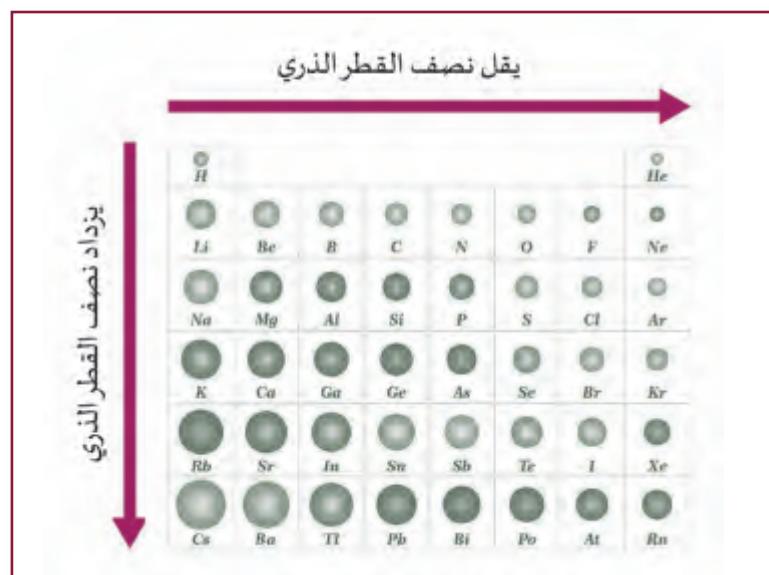
- فِسْر: يَقْلُ نِصْفُ الْقُطْرِ النَّدَرِيِّ عَبْرَ الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ فِي الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ؟
- فِسْر: الْحَجْمُ النَّدَرِيِّ لِعَنَصِيرِ الْفَلُورِ F، أَصْغَرُ مِنَ الْحَجْمِ النَّدَرِيِّ لِعَنَصِيرِ الْلَّيْتِيُومِ Li.
- فِسْر: لِمَاذَا يَكُونُ نِصْفُ الْقُطْرِ النَّدَرِيِّ لِذَرَةِ الْأَرْجُونِ (Ar¹⁸) أَصْغَرُ مِنْ نِصْفِ قُطْرِ ذَرَةِ الصُّودِيُومِ (Na¹¹)؟



ويمكن تمثيل التَّدْرُج في نصف القُطْرِ الْذَّرِّيِّ لعناصر الدَّوْرَةِ الثَّالِثَةِ من الجَدُولِ الدَّوْرِيِّ عن طَرِيقِ الأَعْمَدَةِ في الرَّسْمِ الْبَيَانِيِّ الْمُوضَّحِ في الشَّكْلِ (10-1).



الشكل 10-1 نصف القطر الذري لعناصر الدورة الثالثة من الجدول الدوري.



الشكل 11-1 يوضح التَّدْرُجَ في خَصِيَّةِ نِصْفِ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ عَبْرَ الدَّوْرَاتِ وَالْمَجْمُوعَاتِ

عَبْرَ الْمَجْمُوعَةِ يُزداد نِصْفُ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ فِي الْمَجْمُوعَةِ الْوَاحِدَةِ عَنْ الْاِنْتِقَالِ مِنَ الْأَعْلَى إِلَى الْأَسْفَلِ؛ وَيُمْكِن تَفْسِيرُ ذَلِكَ أَنَّهُ يُزداد عَدُّ مَسْتَوَيَاتِ الطَّاقَةِ الرَّئِيْسِيَّةِ؛ فَتَقْلُلُ قُوَّةُ جَذْبِ النَّوَافِعِ لِإِلْكْتَرُونَاتِ مَسْتَوَيِ الطَّاقَةِ الْخَارِجِيِّ، وَتَبْتَعُدُ عَنِ النَّوَافِعِ؛ وَبِذَلِكَ يَكْبُرُ حَجْمُ الْذَّرَّةِ وَيُزداد نِصْفُ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ اَنْظِرِ الشَّكْلِ (11-1)؛ الَّذِي يُوضِّحُ التَّدْرُجَ فِي خَصِيَّةِ نِصْفِ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ عَبْرَ الدَّوْرَاتِ خَلَالِ الْمَجْمُوعَاتِ فِي الْجَدُولِ الدَّوْرِيِّ.

- فَسِّرْ: يُزداد نِصْفُ الْقُطْرِ الْذَّرِّيِّ فِي الْمَجْمُوعَةِ الْوَاحِدَةِ فِي الْجَدُولِ الدَّوْرِيِّ، بِالْاِنْتِقَالِ مِنَ الْأَعْلَى إِلَى الْأَسْفَلِ؟
- فَسِّرْ: الْحَجْمُ الْذَّرِّيِّ لِبُوْتَاسِيُومِ K، أَكْبَرُ مِنْ الْحَجْمِ الْذَّرِّيِّ لِعُنْصُرِ الصُّوْدِيُومِ Na.



نصف القطر الأيوني Ionic Radius

درست سابقاً أن ذرة الفلز تفقد إلكترونًا أو أكثر ويكون أيون موجب الشحنة، وأن ذرة الالفلز تكتسب إلكترون أو أكثر ويكون أيون سالب الشحنة. ولما كان للذرات المتعادلة أحجام مختلفة تُقاس بِنِصْفِ قُطْرِ الذَّرَّةِ، فإن الأيونات أيضًا لها أحجام مختلفة. فكيف تغير أحجام الأيونات عبر الدورات والجموعات في الجدول الدوري؟ وما علاقته حجم الأيون بحجم ذرته المتعادلة؟

نشاط 7-1



أحجام الأيونات

الهدف:

يستنتج التَّدَرُّج في أحجام الأيونات في الجدول الدوري.

المواد والأدوات:

لوحة عليها شكل أحجام الأيونات.

خطوات العمل:

تعاون مع مجموعتك في الإجابة عن الأسئلة التي تلي الشكل الآتي:

Group 1	Group 2	Group 13	Group 15	Group 16	Group 17
Li^+ 59	Li 152	Be^{2+} 31	Be 111	B^{3+} 20	B 80
Na^+ 99	Na 186	Mg^{2+} 65	Mg 160	Al^{3+} 50	Al 143
K^+ 138	K 227	Ca^{2+} 99	Ca 197	Ga^{3+} 62	Ga 122
Rb^+ 148	Rb 248	Sr^{2+} 113	Sr 215	In^{3+} 92	In 163

مفتاح العنصر



1. أيهما أكبر حجماً: أيون الصوديوم Na^+ أم ذرته المتعادلة Na ؟

2. أيهما أكبر حجماً: أيون الكلوريد Cl^- أم ذرته المتعادلة Cl ؟

3. رتب الأيونات: B^{3+} ، Li^+ ، Be^{2+} من الأكبر حجماً إلى الأقل حجماً.

4. أي الأيونين أصغر حجماً: O^{2-} أم F^- ؟

5. أي الأيونين أصغر حجماً: F^- أم N^{3-} ؟

6. أي الأيونين أكبر حجماً: B^{3+} أم In^{3+} ؟

7. أي الأيونين أكبر حجماً: Se^{2-} أم Te^{2-} ؟

التحليل:

1. كيف يتغير حجم الأيون الموجب مقارنة بحجم ذرته المتعادلة؟

2. كيف يتغير حجم الأيون السالب مقارنة بحجم ذرته المتعادلة؟

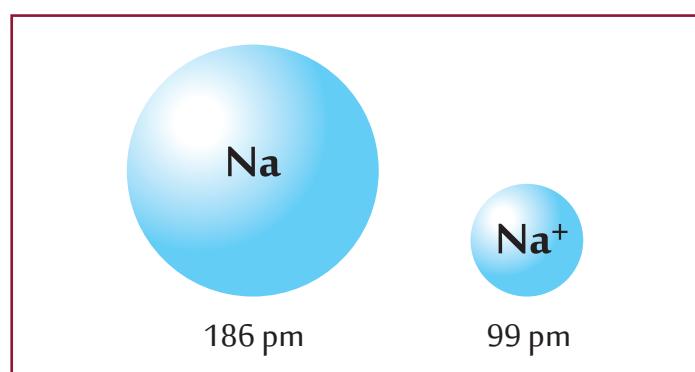
3. كيف تتغير أحجام الأيونات بالانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة للجدول الدوري؟

4. كيف تتغير أحجام الأيونات بالانتقال من اليسار إلى اليمين في الدورة الواحدة للجدول الدوري؟

الاستنتاج :

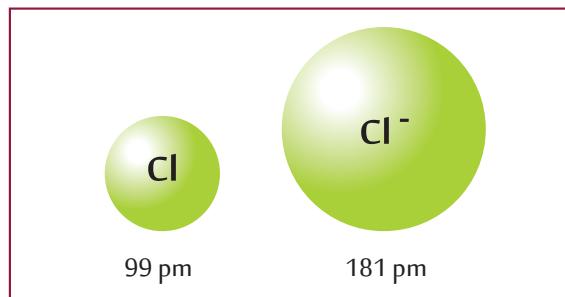
تفكيرناقد : توقع أيهما أصغر حجماً Mg^{2+} أم Mg^{1+} .

في الفلزات بوجه عام عندما تفقد الذرة إلكترونات التكافؤ فإنه يصغر حجمها، وكما تلاحظ من النشاط السابق؛ فإن حجم الأيون الموجب أصغر من حجم ذرته المتعادلة. أي أن نصف قطر الأيون الموجب أصغر من نصف قطر ذرته المتعادلة. ويفسّر ذلك بأن فقد الذرة لإلكترونات التكافؤ يؤدي إلى فراغ المستوى الخارجي للذرة؛ وبذلك يقل عدد الإلكترونات المتبقية؛ فيزداد تجاذبها مع النواة الموجبة الشحنة، فينقص نصف قطر الأيون. انظر الشكل (1-12)؛ الذي يوضح العلاقة بين الذرة المتعادلة وأيونها الموجب.



الشكل 1-12 يوضح العلاقة بين الذرة المتعادلة وأيونها الموجب.

وفي المقابل، في الالفلزات عندما تكتسب الذرة إلكترونًا أو أكثر فإنه يزداد حجمها، وكما لاحظت من النشاط السابق، فإن حجم الأيون السالب أكبر من حجم ذرته المتعادلة؛ أي أن نصف قطر الأيون السالب أكبر من نصف قطر ذرته المتعادلة. ويفسّر ذلك بأن إضافة إلكترون إلى المستوى الخارجي للذرة يجعل عدد الإلكترونات السالبة أكبر من البروتونات الموجبة في النواة مما يؤدي إلى ازدياد تنافر الإلكترونات ببعضها وتندفع بقوة نحو الخارج وبذلك تزداد المسافة بين تلك الإلكترونات ويضعف تجاذبها مع النواة فيزداد نصف قطر الأيون. انظر الشكل (1-13)؛ الذي يوضح العلاقة بين الذرة المتعادلة وأيونها السالب:



الشكل 1-13 يوضح العلاقة بين الذرة المتعادلة وأيونها السالب.

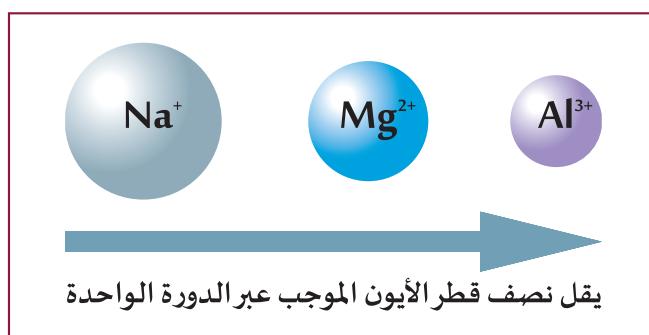
ما سبب زيادة نصف قطر الأيون السالب ونقص نصف قطر الأيون الموجب عن نصف القطر الذري لكلاً منهما.



تَدَرُّجُ نِصْفِ الْقُطْرِ الْأَيُونِي عَبْرَ الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ

Ionic radius trend through Periods

تَتَدَرَّجُ أَنْصَافُ أَقْطَارِ الْأَيُونَاتِ الْمُوجَبَةِ وَالسَّالِبَةِ لِذَرَّاتِ الْعَنَاصِرِ الْمُمَثَّلَةِ عَبْرَ الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ. فَتَلَاحِظُ مِنْ خَلَالِ عَنَاصِرِ الْمَجْمُوعَاتِ الْثَلَاثِ الْأُولَى وَالَّتِي تَكُونُ أَيُونَاتٍ مُوجَبَةً، أَنَّهُ بِالْأَنْتَقَالِ مِنَ الْيَسَارِ إِلَى الْيَمِينِ عَبْرَ الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ يَتَنَاقَصُ حَجْمُ الْأَيُونِ الْمُوجَبِ، فَيَقِيلُ نِصْفُ قُطْرِهِ؛ فَمَثَلًا نَجُدُ أَنَّ أَيُونَاتَ Na^+ ، Mg^{2+} ، Al^{3+} في الدورة الثالثة تتدرّج في حجمها، كما في الشكل (1-14)؛ الذي يبيّن تناقص نصف قطر الأيون الموجب عَبْرَ الدَّوْرَةِ الْوَاحِدَةِ مِنَ الْيَسَارِ إِلَى الْيَمِينِ.



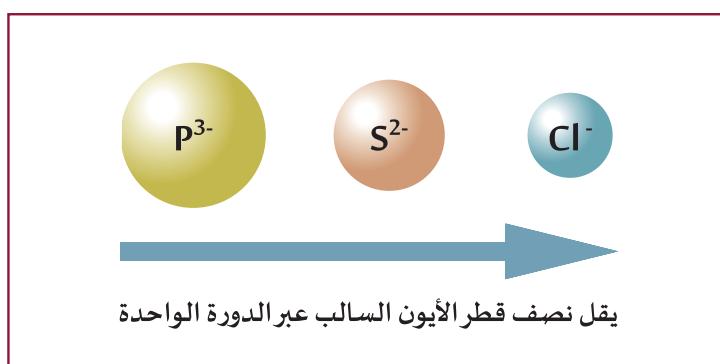
الشكل 1-14 تدرج أنصاف أقطار الأيونات الموجبة لنرات العناصر الممثلة عبر الدورة الواحدة.

ويمكن تفسير ذلك بزيادة قوّة التجاذب بين النّواة موجبة الشّحنة والإلكترونات المتبقية في الأيون؛ إذ أن عدد البروتونات في النّواة يزداد بالانتقال من اليسار إلى اليمين، وبذلك عندما تفقد الذرة إلكترونات تكافئها فإنه يتبقى عدد ثابت من الإلكترونات يكون أقل من عدد البروتونات الموجبة مما يسمح بزيادة قوّة جذب النّواة لإلكترونات المستوى الخارجي لتصبح أقرب إلى النّواة فيقل حجم الأيون الموجب. انظر الجدول (1-8).

$_{13}Al^{3+}$	$_{12}Mg^{2+}$	$_{11}Na^{1+}$	الخاصيّة
2,8,3	2,8,2	2,8,1	التركيب الإلكتروني للذرة
2,8	2,8	2,8	التركيب الإلكتروني للأيون
13	12	11	عدد البروتونات في النّواة (العدد الذري)
3	2	1	عدد الإلكترونات المفقودة
10	10	10	عدد الإلكترونات المتبقية في الأيون
50	65	99	نصف قطر الأيون (pm)

الجدول 8-1 التركيب الإلكتروني لبعض الأيونات الموجبة.

وكذلك الحال في الأيونات السالبة، فإنه أيضًا بالانتقال من اليسار إلى اليمين عَبْر الدّورة الواحدة يتناقص حجم الأيون السالب. فتلاحظ من خلال عناصر المجموعات 15، 16، 17 والتي تكون أيونات سالبة، أنه بالانتقال من اليسار إلى اليمين عَبْر الدّورة الواحدة يتناقص حجم الأيون السالب فيقل نصف قطره، فمثلاً نجد أن أيونات Cl^- ، S^{2-} ، P^{3-} في الدّورة الثالثة تَتَدَرَّجُ في حجمها، كما في الشكل (1-15)؛ الذي يبين تناقص نصف قطر الأيون السالب عَبْر الدّورة الواحدة من اليسار إلى اليمين.



الشكل 1-15 تدرج أنصاف قطرات الأيونات السالبة لنرات العناصر الممثلة عبر الدورة الواحدة.

ويمكن تفسير ذلك بأنه كلما تم إضافة إلكترون إلى المستوى الخارجي للذرّة، تزداد قوّة تنافر الإلكترونات عن بعضها، ويزاد اندفاعها نحو الخارج، وتضعف قوّة انجذابها نحو التّواه؛ وبذلك يكُبُر حجم الأيون السالب الناتج. انظر الجدول (9-1).

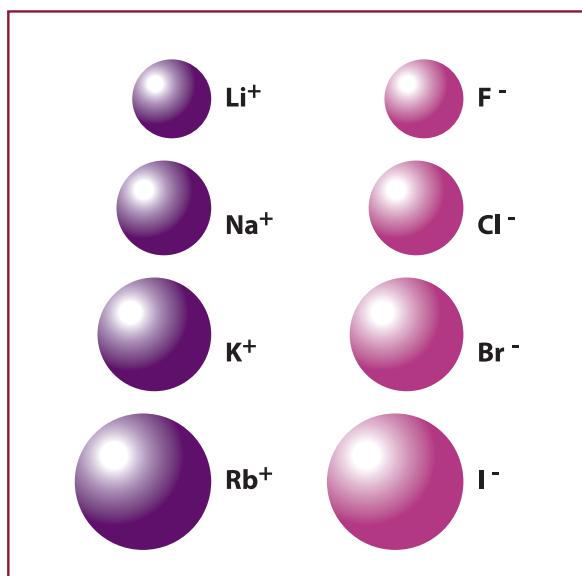
$_{15}P^{3-}$	$_{16}S^{2-}$	$_{17}Cl^{-}$	الخاصيّة
2,8,5	2,8,6	2,8,7	التركيب الإلكتروني للذرّة
2,8,8	2,8,8	2,8,8	التركيب الإلكتروني للأيون
15	16	17	عدد البروتونات في التّواه (العدد الذّري)
3	2	1	عدد الإلكترونات المكتسبة
18	18	18	عدد الإلكترونات في الأيون
212	184	181	نصف قطر الأيون (pm)

الجدول 9-1 التركيب الإلكتروني لبعض الأيونات السالبة

تَدَرُّج نِصْفِ قُطْرِ الأَيُونِيِّ خَلَالِ المَجْمُوعَةِ الْوَاحِدَةِ

Ionic radius trend within groups

عند الانتقال في المجموعة الواحدة من أعلى إلى أسفل، يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسية، وبذلك يزداد بُعد الإلكترونات مستوى الطاقة الخارجي عن التّواه، فيزداد حجم الأيون؛ أي يزداد نصف قطر كل من الأيون الموجب والأيون السالب. انظر الشكل (16-1)؛ الذي يوضح زيادة أحجام الأيونات في المجموعة الواحدة بالانتقال من أعلى إلى أسفل.



الشكل 16-1 يوضح زيادة أحجام الأيونات في المجموعة الواحدة بالانتقال من أعلى إلى أسفل.

- رتب الأيونات الآتية تصاعدياً حسب حجمها: ${}^4\text{Be}^{2+}$, ${}^3\text{Li}^{1+}$, ${}^8\text{O}^{2-}$, F^{1-} .
- أي الأيونين له أكبر نصف قطر في أزواج الأيونات الآتية:



؟ Ca^{2+} أم K^{1+} .a

؟ N^{3-} أم F^{1-} .b

؟ Al^{3+} أم Al .c

؟ P^{3-} أم P^{3-} .d

التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity

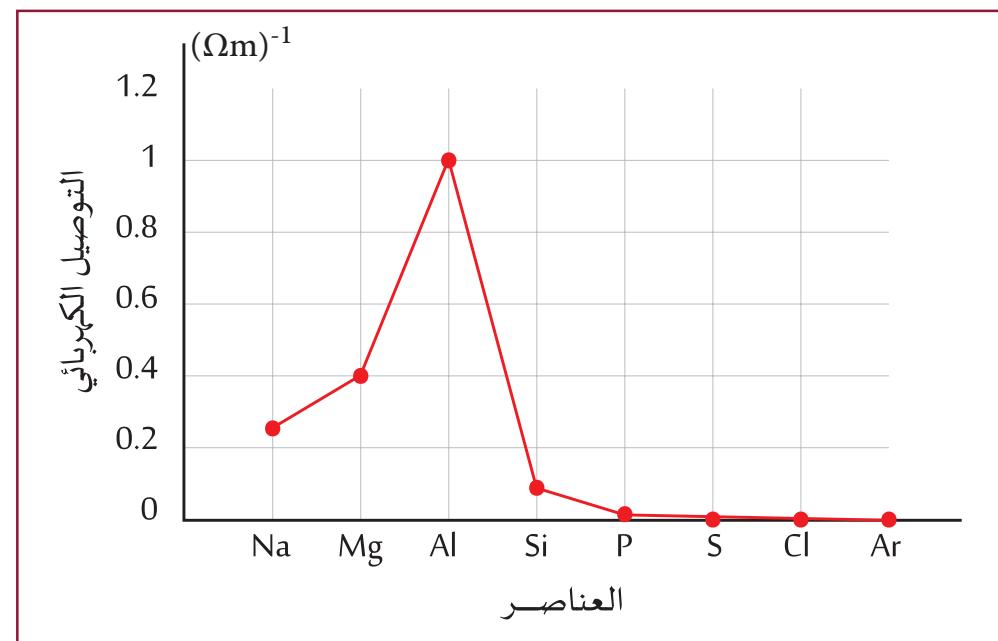
يُقصد بالتصوّيل الكهربائي Electrical Conductivity قابلية المادة لتدفق الإلكترونات من نقطة إلى أخرى خلأها. وقد درست سابقاً أن الفلزات عموماً توصل التيار الكهربائي؛ ويعزى ذلك إلى وجود الإلكترونات حرّة الحركة في مستوى الطاقة الخارجي، تقوم بنقل الحرارة والكهرباء بسهولةٍ عبر بلورة الفلز.

تدرج خاصيّة التوصيل الكهربائي عبر الدورات وعبر المجموعات:

عبر الدورة الواحدة يوضح الشكل (17-1) التدرج في خاصيّة التوصيل الكهربائي لعناصر الدورة الثالثة في الجدول الدوري.

سؤال الشّكل

صف تدرج خاصيّة التوصيل الكهربائي في الدورة الثالثة في الجدول الدوري؟



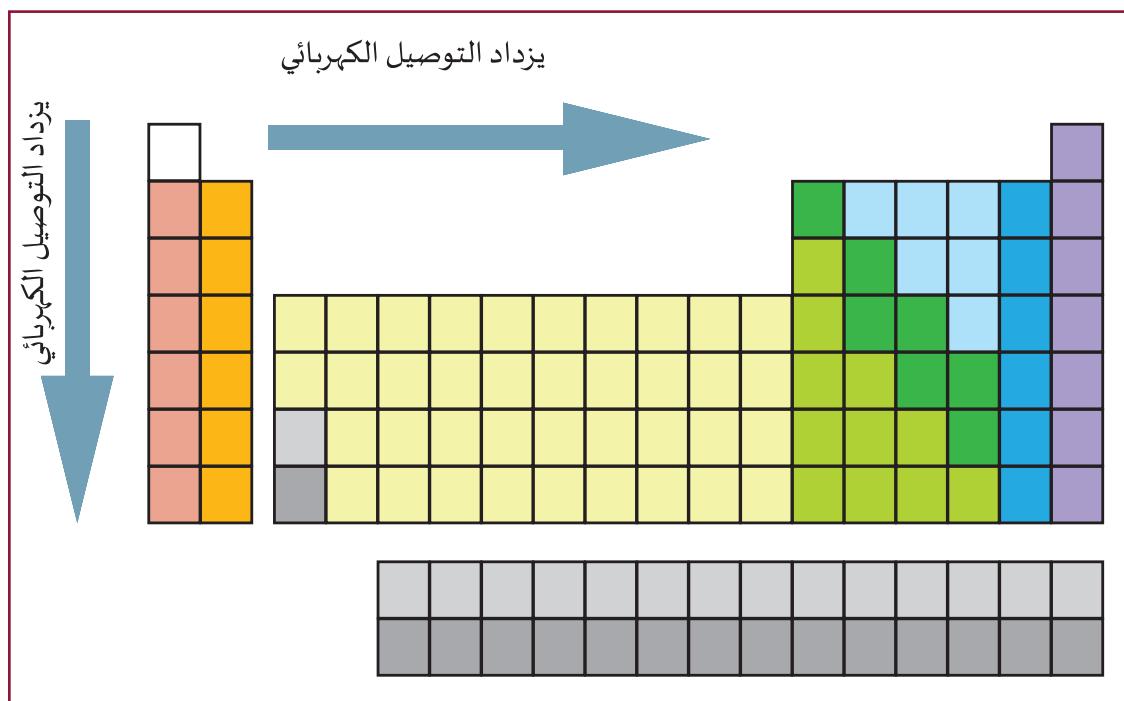
الشكل 17-1 التدرج في خاصيّة التوصيل الكهربائي لعناصر الدورة الثالثة في الجدول الدوري.

لاحظ من الرسم البياني السابق لعناصر الدورة الثالثة أن التوصيل الكهربائي يزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة من عناصر المجموعة الأولى وحتى عناصر المجموعة الثالثة عشرة، ثم يقل من عناصر المجموعة الرابعة عشرة حتى نهاية الدورة.

وتلاحظ أن خاصية التوصيل الكهربائي مرتفعة نسبياً لعنصر الصوديوم الذي يمتلك إلكترونًا واحدًا حرّركة في مستوى الطاقة الخارجي له، ويزداد التوصيل الكهربائي لعنصر الماغنيسيوم بشكل أكبر؛ وذلك لامتلاكه إلكترونين حرّة حرّقة في مستوى الطاقة الخارجي له، ويزداد ارتفاع التوصيل الكهربائي لعنصر الألومنيوم؛ لامتلاكه ثلاثة إلكترونات حرّة حرّقة في مستوى الطاقة الخارجي؛ ولهذا فإنه بشكل عام كلما زاد عدد الإلكترونات حرّة حرّقة في مستوى الطاقة الخارجي لذرة الفلز، زادت قدرة ذلك العنصر الفلزّي على التوصيل الكهربائي.

خلال المجموعة: لا توجد اتجاهات واضحة للتدرج في خاصية التوصيل الكهربائي لعناصر عبر المجموعات. ولكن يمكن القول بشكل عام أن عناصر مجموعات الفلزات جيدة التوصيل للكهرباء، أما عناصر مجموعات الالفلزات فهي رديئة التوصيل أو لا توصل التيار الكهربائي.

وبشكل عام، يزداد التوصيل الكهربائي لعناصر الفلزية عند الانتقال من أعلى المجموعة الواحدة إلى أسفلها، بسبب زيادة حجم الذرة وابتعاد إلكترونات المستوى الخارجي عن النواة وضعف تجاذبها معها، مما يسمح لها بحرية حركة أكبر. انظر الشكل (18-1).

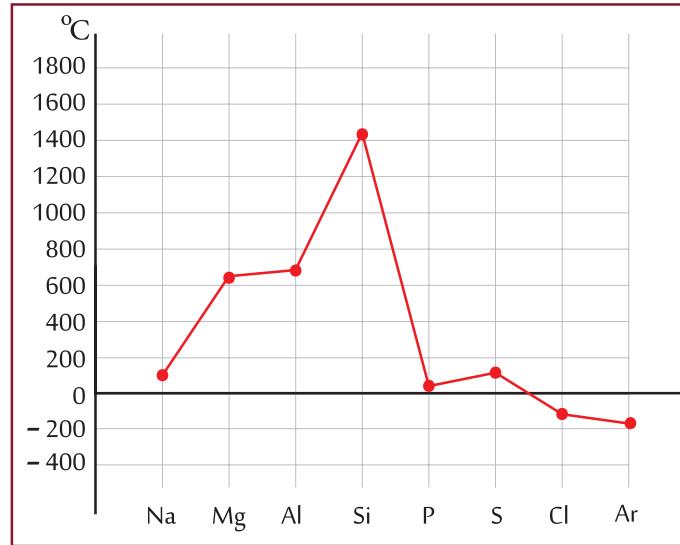


الشكل 18-1 التدرج في خاصية التوصيل الكهربائي لعناصر في الجدول الدوري.

درجة الانصهار Melting point

تعرف درجة الانصهار بأنها درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة بالتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. وتعتمد درجة الانصهار على نوع الروابط بين الذرات وقوى التجاذب بين الجزيئات؛ إذ كلما زادت قوى الروابط أو قوى التجاذب ارتفعت درجة الانصهار حيث يلزم طاقة أعلى للتغلب على تلك القوى.

وبالنظر إلى العناصر الممثلة في الدورة الواحدة للجدول الدوري، فإنها تبدأ بعناصر الفلزات يسار الجدول، وترتبط ذرات العنصر الواحد بالرابطة الفلزية، وتزداد قوة الرابطة الفلزية بزيادة عدد إلكترونات التكافؤ لهذه الفلزات مما يؤدي إلى زيادة درجة انصهارها بالانتقال من اليسار إلى اليمين للمجموعات 1، 2، و3. ثم يلي ذلك عناصر المجموعة الرابعة عشرة ذات درجات انصهار العالية جداً بسبب قدرة عناصر هذه المجموعة على تكوين تراكيب شبكية تساهمية ضخمة، فتحتاج إلى طاقة عالية جداً للتغلب على قوة الروابط التساهمية كما في عناصر الكربون والسيليكون، ثم تبدأ درجات انصهار اللافلزات بالانخفاض تدريجياً عند الانتقال من المجموعة الخامسة عشرة حتى المجموعة الثامنة عشرة والتي لها أقل درجات انصهار. ويعزى السبب في انخفاض درجات انصهار اللافلزات إلى ضعف قوى التجاذب بين جزيئاتها. انظر الشكل (19-1).



الشكل 19-1 رسم بياني يوضح التدرج في درجات الانصهار لعناصر الدورة الثالثة من الجدول الدوري.

وترتبط ذرات العنصر الواحد بالرابطة الفلزية، وتزداد قوة الرابطة الفلزية بزيادة عدد إلكترونات التكافؤ لهذه الفلزات مما يؤدي إلى زيادة درجة انصهارها بالانتقال من اليسار إلى اليمين للمجموعات 1، 2، و3. ثم يلي ذلك عناصر المجموعة الرابعة عشرة ذات درجات انصهار العالية جداً بسبب قدرة عناصر هذه المجموعة على تكوين تراكيب شبكية تساهمية ضخمة، فتحتاج إلى طاقة عالية جداً للتغلب على قوة الروابط التساهمية كما في عناصر الكربون والسيليكون، ثم تبدأ درجات انصهار اللافلزات بالانخفاض تدريجياً عند الانتقال من المجموعة الخامسة عشرة حتى المجموعة الثامنة عشرة والتي لها أقل درجات انصهار. ويعزى السبب في انخفاض درجات انصهار اللافلزات إلى ضعف قوى التجاذب بين جزيئاتها. انظر الشكل (19-1).

ويبين الجدول 10-1 تدرج القيم التقريبية لدرجة الانصهار لعناصر الدورة الثالثة بالانتقال من اليسار إلى اليمين.

تدرج القيم التقريبية لدرجة الانصهار لعناصر الدورة الثالثة								الجدول 10-1
العنصر	درجة الانصهار (°C)							
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
97	650	660	1414	44	115	-101	-189	درجة الانصهار (°C)

- فِسْر. درجة انصهار Al أعلى من K.
- فِسْر. لعنصر الكربون أعلى درجة انصهار بين عناصر الدورة الثانية من الجدول الدوري.



مراجعة الدرس الثالث

الأفكار الرئيسية:

- نصف القطر الذري للفلزات هو نصف المسافة بين نواي ذرتي متجاورتين في التركيب البلوري للعنصر.
- نصف القطر الذري للافلزات هو نصف المسافة بين نواي ذري عنصر في الحالة الغازية بينما رابطة تساهمية لجزئيات ثنائية الذرة.
- في الدورة الواحدة يقل نصف قطر الذرة بالانتقال من اليسار إلى اليمين.
- في المجموعة الواحدة يزداد نصف قطر الذرة بالانتقال من أعلى إلى أسفل.
- حجم الأيون الموجب أصغر من حجم ذريه المتعادلة، بينما حجم الأيون السالب أكبر من حجم ذريه المتعادلة.
- في الدورة الواحدة يقل حجم الأيون الموجب وكذلك يقل الأيون السالب بالانتقال من اليسار إلى اليمين.
- في المجموعة الواحدة يزداد حجم الأيون بالانتقال من أعلى إلى أسفل.
- في الدورة الواحدة يزداد التوصيل الكهربائي لعناصر الفلزات بزيادة العدد الذري بالانتقال من اليسار إلى اليمين، بينما في اللافلزات فغالبيتها عديمة التوصيل وبعضها رديء التوصيل.
- في الدورة الواحدة تزداد درجات انصهار فلزات العناصر الممثلة بالانتقال من اليسار إلى اليمين، بينما تنخفض، بشكل عام، درجات انصهار اللافلزات بالانتقال من المجموعة 15 إلى المجموعة 18، في حين تكون درجة انصهار عناصر المجموعة 14 بشكل عام مرتفعة جداً.

تقويم الدّرُسِ الثالث



أولاً: أسئلة الاختيار من متعدد:

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. أيُّ من الدّرَاتِ الافتراضيَّةِ الآتيةِ تُعدُّ الأكْبَرَ حِجْماً؟

- 3X .a
- 9Y .b
- 5Z .c
- 11W .d



2. أي العبارات الآتية تصف تدرج نصف القطر الأيوني بشكل صحيح؟

- .a. يزداد في المجموعة الواحدة من الأسفل إلى الأعلى.
- .b. يقل في المجموعة الواحدة من الأسفل إلى الأعلى.
- .c. يقل في الدُّورة الواحدة بنقصان العدد الذّري.
- .d. يقل في المجموعة الواحدة بزيادة العدد الذّري.

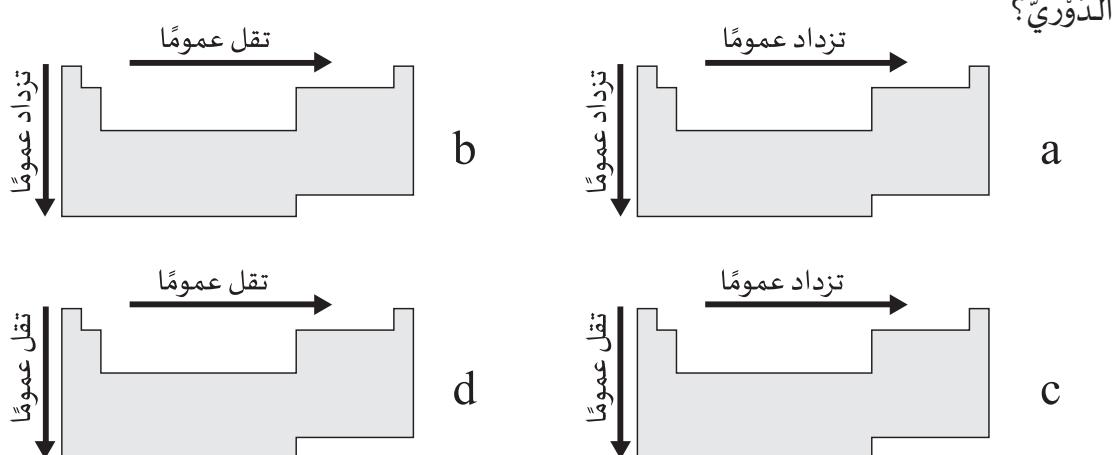


3. ما العنصر الأكْبَرُ توصيًّا للكهرباء؟

- ^{12}Mg .a
- ^{11}Na .b
- ^{14}Si .c
- ^{13}Al .d



4. أيِّ الأشكالِ الآتيةِ تُمَثِّلُ التَّدْرُجَ الصَّحِيحَ في أنصافِ أقطارِ الدَّرَاتِ عَبْرِ المجموعاتِ والدُّوراتِ في الجدولِ الدُّوريِّ؟

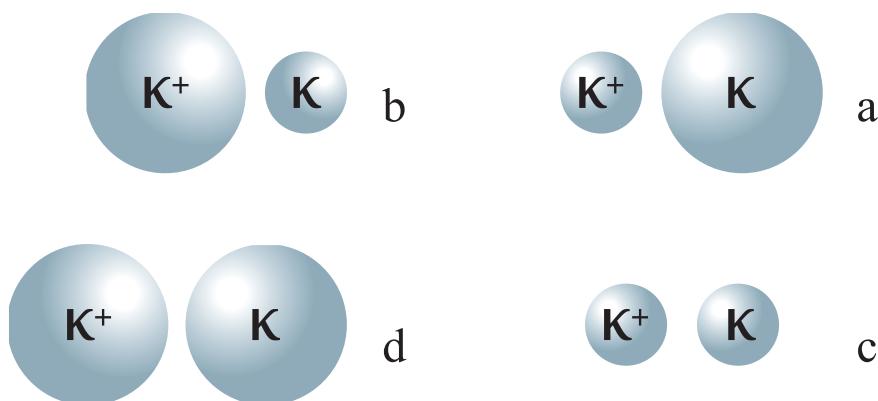


تابع تقويم الدرس الثالث

5. ما العنصر الأقل درجة انصهار؟

- 14Si .a
13Al .b
17Cl .c
11Na .d

6. أي الأشكال الآتية تمثل العلاقة بين نصف قطر ذرة البوتاسيوم K ونصف قطر أيونها؟



ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة:

أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ما المقصود بكلٍ من:

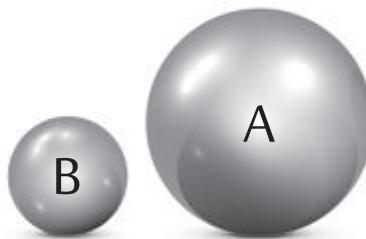
- a. نصف القطر الذري.
b. درجة الانصهار.
c. التوصيل الكهربائي.

2. فسر لماذا يقل نصف قطر الذرة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؟

3. كيف يتغير الحجم الذري لعناصر المجموعة الواحدة عند الانتقال من أعلى إلى أسفل؟ فسر إجابتك.

تابع تقويم الدرس الثالث

4. لديك الشكل الآتي؛ والذي يمثل ذرّي عنصرين يختلفان في الحجم الذري، تأمله جيداً، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



a. إذا كانت A تمثل أيوناً، وB تمثل ذرّة العنصر نفسه، فهل يكون الأيون موجباً، أم سالباً؟ فسّر ذلك.

b. إذا كان A وB يمثلان نصف قطر ذري عنصرين في الدّورة نفسها، فما ترتيبهما في الدّورة؟

c. إذا كان A وB يمثلان نصف قطر ذري عنصرين في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟

5. لديك الجدول الآتي؛ والذي يمثل عدد إلكترونات التكافؤ لعناصر افتراضية تقع في الدّورة الثانية من الجدول الدوري، ادرسه جيداً، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

رمز العنصر الافتراضي	X	Y	Z	W
عدد إلكترونات التكافؤ	3	2	5	7

• حدد رمز العنصر الافتراضي:

a. الأعلى توصيلاً للكهرباء.

b. الأقل درجة انصهار.

c. الأكبر نصف قطر ذري.

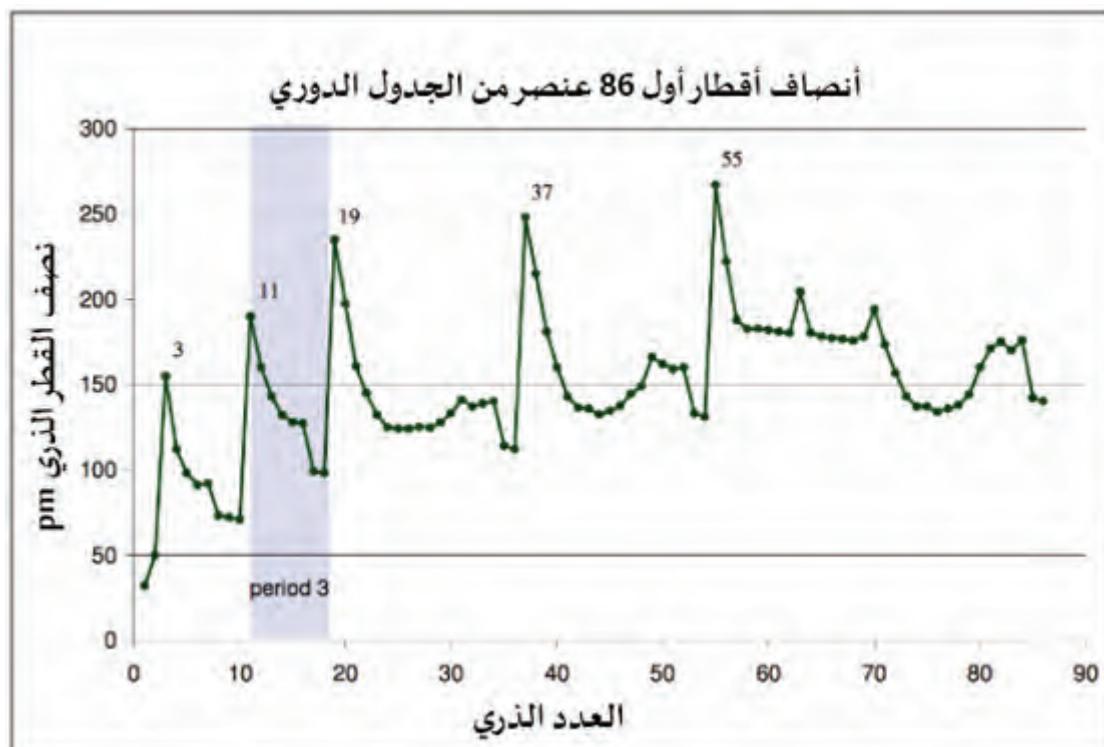
d. الأصغر حجماً ذرياً.

e. الذي يكُون أيوناً موجباً له أصغر حجم.

f. الذي يكُون أيوناً سالباً له أصغر حجم (Z أم W؟)

تابع تقويم الدَّرْسِ الثالث

6. يمثِّل الرَّسْمُ الْبَيَانِيُّ الْأَتِيُّ أَنْصَافَ أَقْطَارِ ذَرَّاتِ بَعْضِ عَنَاصِرِ الْجَدُولِ الدَّوْرِيِّ، مُقَدَّرَةً بِالْبِيْكُومِيْتَرِ، أَدْرُسُهُ جِيدًا، ثُمَّ أَجْبِهُ عَنِ الْأَسْئِلَةِ الَّتِي تَلِيهِ:



- a. حَدِّدُ الْعَدْدُ الذَّرِيُّ فِي الرَّسْمِ الْبَيَانِيِّ أَعْلَاهُ لِكُلِّ مِنَ الْنَّدْرَةِ الأَصْغَرِ حَجْمُ ذَرِيٍّ وَالْنَّدْرَةِ الأَكْبَرِ حَجْمُ ذَرِيٍّ؟
- b. مَا الْعَنَاصِرُ الْخَمْسَةُ الَّتِي تُمَثِّلُهَا الْقِيمَاتُ فِي الرَّسْمِ الْبَيَانِيِّ أَعْلَاهُ؟
- c. كَيْفَ يَتَدَرَّجُ نِصْفُ الْقُطْرِ الذَّرِيِّ خَلَالَ الدَّوْرَةِ الْثَالِثَةِ؟
تَحْفِيزٌ:
- d. كَيْفَ يَتَدَرَّجُ نِصْفُ الْقُطْرِ الذَّرِيِّ فِي عَنَاصِرِ مَجْمُوعَةِ الْغَازَاتِ النَّبِيلَةِ فِي الرَّسْمِ الْبَيَانِيِّ أَعْلَاهُ؟



المفرداتُ الرَّئِيْسَةُ



Alkali Metals

الْفِلَزَاتُ الْقَلْوَيَةُ

Alkaline Earth Metals

الْفِلَزَاتُ الْقَلْوَيَةُ الْأَرْضِيَّةُ

Halogens

الْهَالُوْجِيَّنَاتُ

Noble Gases

الْغَازَاتُ النِّيَّلَةُ

Substitution Reaction

تَفَاعُلُ الْاسْتِبْدَالِ (الْإِحْلَالِ)

الْتَّجَارِبُ وَالْأَنْشِطَةُ

8- تَفَاعُلُ الْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَةِ مَعَ الْمَاءِ.

9- تَفَاعُلُ الْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَةِ مَعَ الْأُكْسِيْجِينَ.

10- تَفَاعُلُ الْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَةِ الْأَرْضِيَّةِ مَعَ الْمَاءِ.

11- تَفَاعُلُ الْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَةِ الْأَرْضِيَّةِ مَعَ الْأُكْسِيْجِينَ.

مُخْرَجَاتُ التَّعْلُمِ

يُوقَعُ فِي نِهَايَةِ الْدَّرْسِ أَنْ يَكُونُ الطَّالِبُ قَادِرًا عَلَى أَنْ:

- يُصَفِّ الْخَوَاصُ الْكِيمِيَائِيَّةُ لِلْعَناصِرِ وَمُرْكَبَاهَا الْبَسِيْطَةِ ضِمِّنَ الْمَجْمُوعَاتِ: I, II, VII, VIII.
- يَتَوَقَّعُ التَّفَاعُلَاتِ الْمُمْكِنَةُ وَالنَّشَاطُ الْكِيمِيَائِيُّ الْمُحْتمَلُ لِلْعَناصِرِ مِنْ خَلَالِ مَوَاقِعِهَا فِي الْجَدُولِ الدَّوْرِيِّ.

خَصَائِصُ عَنَاصِرٍ بَعْضِ الْمَجْمُوعَاتِ فِي الْجَدْوَلِ الدَّوْرِيِّ

Properties of Elements of Some Groups in Periodic Table

يحتوي الجدول الدوري ثمانية مجموعاتٍ من العناصر المماثلة. ستتناول في هذا الدرس أربعةً منها، وهي: المجموعة الأولى والمجموعة الثانية، والمجموعة السابعة عشرة (VIIA)، والمجموعة الثامنة عشرة (الصفرية).

أولاً: عَنَاصِرُ الْمَجْمُوعَةِ الْأُولَى Elements of Group (I)

يُطلق على عناصر المجموعة الأولى، باستثناء عنصر الهيدروجين، اسم **الفلزات القلوية** Alkali metals، نسبةً إلى الكلمة القلي Alquili وهي التسمية التي اطلقها العلماء المسلمين نسبةً إلى رماد نباتٍ عُرف منذ القدم، ويحتوي على كربونات كلٍّ من البوتاسيوم والصوديوم، ومن هنا أطلق هذا الاسم على كامل المجموعة الأولى، والتي تشمل ستة عناصر هي: الليثيوم Li، الصوديوم Na، البوتاسيوم K، الروبيديوم Rb، السيلزيوم Cs، والفرانسيوم Fr، انظر الشكل (20-1).

1	H	Hydrogen	2	He	Helium
3	Li	Boron	5	C	Carbon
11	Na	Magnesium	13	N	Nitrogen
19	K	Calcium	15	O	Oxygen
37	Rb	Scandium	16	F	Fluorine
55	Cs	Titanium	17	Ne	Neon
87	Fr	Vanadium	18	Ar	Argon
		Chromium	19	Cl	Chlorine
		Manganese	20	Br	Bromine
		Iron	21	Kr	Krypton
		Cobalt	22	Se	Arsenic
		Nickel	23	Ge	Selenium
		Copper	24	Zn	Bromine
		Zinc	25	Ga	Gallium
			26	As	Antimony
			27	In	Tin
			28	Sn	Antimony
			29	Sb	Te
			30	Te	Iodine
			31	Br	Xenon
			32	I	
			33		
			34		
			35		
			36		
			37		
			38		
			39		
			40		
			41		
			42		
			43		
			44		
			45		
			46		
			47		
			48		
			49		
			50		
			51		
			52		
			53		
			54		
			55		
			56		
			57		
			58		
			59		
			60		
			61		
			62		
			63		
			64		
			65		
			66		
			67		
			68		
			69		
			70		
			71		
			72		
			73		
			74		
			75		
			76		
			77		
			78		
			79		
			80		
			81		
			82		
			83		
			84		
			85		
			86		
			87		
			88		
			89		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			112		
			113		
			114		
			115		
			116		
			117		
			118		
			104		
			105		
			106		
			107		
			108		
			109		
			110		
			111		
			11		



الليثيوم

البوتاسيوم

الصوديوم

الشكل 1-21 شكل بعض الفيلزات القلوية في المجموعة الأولى من الجدول الدوري.

تباعين الفيلزات القلوية في سلوكها الفيلي، حيث يقع العنصر الأكثر خاصيةً فيليًّا أسفل المجموعة، أي أنَّ الخواص الفيليّة تزداد بالانتقال من الأعلى إلى الأسفل في المجموعة؛ ولذلك نجد أنَّ عنصر البوتاسيوم مثلاً يمتلك خواصاً فيليًّا أكثر من عنصر الليثيوم.

رتب العناصر الآتية تصاعدياً حسب الخواص الفيليّة: $\text{Li} < \text{Na} < \text{K}$



اخبر نفسك

الخصائص الكيميائية للفيلزات القلوية

Chemical Properties of Alkali metals

تُعدُّ عناصر المجموعة الأولى أنشطَ الفيلزات كيميائياً؛ لاحتوائها على إلكترونٍ تكافؤ واحد في المستوى الخارجي يمكن أن تفقده بسهولة، لتصل إلى حالة استقرار تُشبه التركيب الإلكتروني لأقرب غازٍ نبيل، ولذلك لا توجد منفردةً في الطبيعة، بل تتفاعل بسرعةٍ مع عناصر أخرى، ولهذا توجد على شكل أيوناتٍ أحاديةٍ موجبة، متحدة مع أيونات سالبة. ومن أشهر المركبات التي تكوّنها عناصر المجموعة الأولى، كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام.

1. تفاعل الفيلزات القلوية مع الماء Reaction of Alkali Metals with Water

تمتاز عناصر المجموعة الأولى بتفاعلها مع الماء بشدة عند درجة حرارة الغرفة، مكونةً محلول هيدروكسيد الفيلز الذي يرمز له بشكل عام بالرمز (MOH) ؛ حيث يشير الرمز M إلى أيٍّ فيلزٍ من فيلزات المجموعة الأولى. ويكون محلول هيدروكسيد الفيلز تأثيراً قاعديًّا؛ حيث يغيّر لونَ ورقةٍ تباع الشّمس الحمراء إلى اللون الأزرق، ويتصاعد غاز الهيدروجين وتنتُج حرارةً من هذا التفاعل تكون كافيةً لإشعال الهيدروجين؛ لذلك لا يُستخدم الماء في إطفاء الحرائق الناتجة عن اشتعال أحد الفيلزات القلوية مثل الصوديوم.

نشاط 1-8



تفاعل الفلزات القلوية مع الماء

الهدف

المواد والأدوات

الأمن والسلامة

يستقصي تفاعل بعض الفلزات القلوية مع الماء.

قطعٌ صغيرٌ من كُلِّ مِنْ: الليثيوم، والصُّوديوم، حَوْضٌ زجاجي، ماءٌ مُقْطَر، مِلْقَطٌ، سِكِّينٌ، أَنْبُوبٌ بَايِرِكِسْ مفتوحُ الطَّرْفَيْنِ، أوراقٌ تَبَاعُ الشَّمْسِ الْحَمْرَاءُ وَالْزَّرَقاءُ، قَطَّارَةٌ.

استخدم المِلْقَطَ عند التعاملِ مع الفلزاتِ القلوية؛ فِي شَدِيدَةِ التَّفَاعُلِ مع الماء وَقَابِلَةِ الْاِشْتِعَالِ. (يُجْرَى النَّشَاطُ مِنْ قَبْلِ المَعْلَمِ).

خطوات العمل:

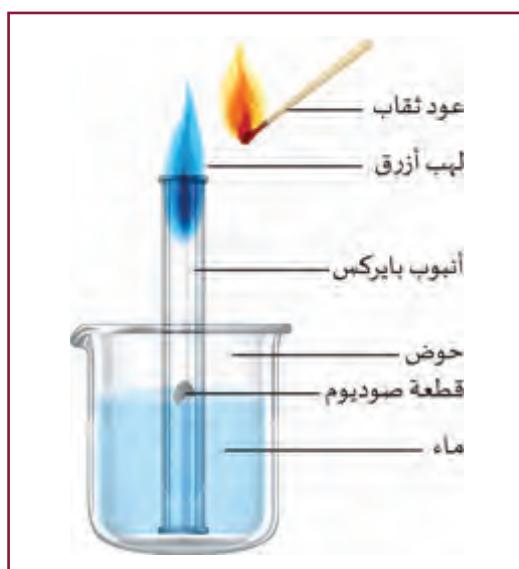
1. ضع كمِيَّةً من الماء في الحَوْضِ الرُّجَاجِيِّ إلى منتصفه.
2. ضع أَنْبُوبٍ بَايِرِكِسْ في الحَوْضِ على أَنْ يَكُونَ أَحَدُ طَرَفَيْهِ فَوْقَ سَطْحِ الماء كَمَا في الشَّكَلِ.
3. إِقْطَعْ -بَاسْتِخْدَامِ السِّكِّينِ، وَمِسْتَعِينًا بِالْمِلْقَطِ- قِطْعَةً صَغِيرَةً مِنَ الصُّودِيُومِ (بِحَجْمِ حَبَّةِ العَدَسِ).
4. اسْتَخْدِمِ الْمِلْقَطَ لِوَضْعِ قِطْعَةِ الصُّودِيُومِ فِي أَنْبُوبِ بَايِرِكِسْ فِي الحَوْضِ الرُّجَاجِيِّ. مَاذَا حَدَثَ؟
5. ضع قَطْرَةً مِنَ الْمَحْلُولِ بَاسْتِخْدَامِ الْقَطَّارَةِ، عَلَى وَرْقَةِ تَبَاعُ الشَّمْسِ الْحَمْرَاءِ، ثُمَّ ضع قَطْرَةً أُخْرَى عَلَى وَرْقَةِ الْزَّرَقاءِ، وَلَاحِظْ أَيِّ الْوَرْقَتَيْنِ يَتَغَيَّرُ لَوْنُهُمَا.
6. كرِّرِ الْخَطُواتِ السَّابِقَةِ مَسْتَخْدِمًا قِطْعَةً مِنَ الْلِيُثِيُومِ. (يُمْكِنُ الْاِسْتِعَانَةُ بِعَرْضِ فِيْدِيُو عَنْدَ عَدَمِ تَوَافُرِ الْمَوَادِ الْمُطَلُّوَةِ وَفِي حَالَةِ عَنْصَرِ الْبُوتَاسِيُومِ لِخَطُورَةِ اِجْرَاءِ التَّجْرِيَةِ فِيِ الْمَخْبَرِ).

التحليل:

1. هل تفاعل الصُّودِيُومُ مَعَ الماء؟ كَيْفَ عَرَفْتَ ذَلِكَ؟
2. هل تفاعل الليثيوم مع الماء؟ كَيْفَ عَرَفْتَ ذَلِكَ؟
3. أَكْتُبْ مُعَادَلَةً رَمْزِيَّةً مُوزُونَةً تمثِيلًا لِتَفَاعُلِ الصُّودِيُومِ مَعَ الماء.
4. مَا اسْمُ الغَازِ النَّاتِحِ مِنْ هَذِهِ التَّفَاعُلَاتِ؟ كَيْفَ يُمْكِنُ الكَشْفُ عَنْهُ؟
5. أَيُّهُمَا أَنْشَطُ كِيمِيَائِيًّا: الصُّودِيُومُ أَمِ الْلِيُثِيُومُ؟ كَيْفَ عَرَفْتَ ذَلِكَ؟
6. مَا طَبِيعَةِ الْمَحَالِلِ النَّاتِحةِ (حِمْضِيَّةٌ أَمْ قَاعِدِيَّةٌ)؟

الاستنتاج:

استقصاء: اقترح مع زملائك طريقةً لحفظ الصُّودِيُومِ أو الْبُوتَاسِيُومِ فِيِ الْمَخْبَرِ. ناقش النَّتَائِجَ مَعَ مَدَرِّسِكَ.



لعلك لاحظت أن الصوديوم يتميز بدرجة عالية من النشاط، ويتفاعل مع الماء بشدة. انظر الشكل (1-22): لذلك فهو يحفظ تحت سطح الكيروسين؛ لأنّه يشتعل تلقائياً في حال ملامسته للهواء أو للماء. ويمكن تمثيل التّفاعل الحاصل بين الفلزات القلوية والماء بـ **المعادلة اللفظية الآتية**:



ويُعبّر عن ذلك بـ **المعادلة الرّمزية** العامة الآتية:



ومثال ذلك **معادلة تفاعل فلز الصوديوم مع الماء**:



الشكل 1-22 تفاعل بعض الفلزات القلوية مع الماء

كيف يمكن إطفاء حرائق الصوديوم؟



2. تفاعل الفلزات القلوية مع الأكسجين Reaction of Alkali Metals with Oxygen

ينتُج عن تفاعل الفلز القلوبي مع الأكسجين أكسيد الفلز، الذي يُرمز له بشكل عام بالرّمز (M_2O)، ويكون محلول أكسيد الفلز تأثيراً قاعدياً يُغيّر لون ورقة تباع الشمس من الأحمر إلى الأزرق. فعند ذوبان أكسيد الفلز في الماء يكوّن أيون الفلز الموجب، وأيون الميدروكسيد (OH^-) المسؤول عن الخواص القاعدية للمحاليل. وللتعرّف أكثر على تأثير الأكسجين على الفلزات القلوية، نَفِذ النشاط الآتي:


نشاط 9-1
تفاعل الفلزات القلوية مع الأكسجين

يستقصي تفاعل بعض الفلزات القلوية مع الأكسجين.	الهدف
قطع صغيرة من الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، ملعقة مجوفة، لهب كحولي.	المواد والأدوات
تعامل مع الفلزات بحذر، فهي شديدة التفاعل مع الأكسجين وقابلة للاشتعال. (يُجرى النشاط من قبل المعلم أو عرض فيديو أو مختبر افتراضي لتوضيح النشاط).	الأمن والسلامة

خطوات العمل:

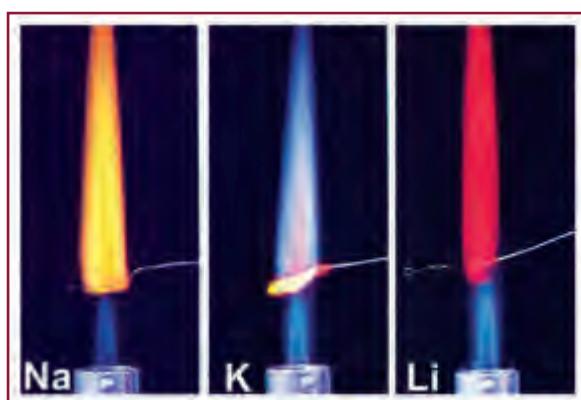

1. اقطع باستخدام السكين قطعة صغيرة من الصوديوم (بحجم حبة العدس).
2. استخدم الملقط لوضع قطعة الصوديوم في الملعقة المجوفة.
3. عرض الملعقة إلى اللهب فترة من الزمن. ماذا تلاحظ؟
4. اترك المادة الناتجة فترة من الزمن حتى تبرد، ثم ضعها في كأس من الماء.
5. كرر الخطوات السابقة مستخدماً قطعاً من البوتاسيوم والليثيوم في كل مرة.

التحليل:

1. هل حدث تفاعل عند تعريض الصوديوم إلى اللهب؟ ما لون اللهب الناتج؟
2. هل حدث تفاعل عند تعريض البوتاسيوم إلى اللهب؟ ما لون اللهب الناتج؟
3. هل حدث تفاعل عند تعريض الليثيوم إلى اللهب؟ ما لون اللهب الناتج؟
4. هل محلول الناتج من التفاعلات السابقة حمضي، أم قاعدي؟ كيف تتأكد من ذلك؟

الاستنتاج:

تلاحظ من النشاط أن الفلزات القلوية تتفاعل بشدة مع أكسجين الهواء الجوي، ويحترق كل منها بلهب ذو لون مميز له، انظر الشكل (1-23)، الذي يبين لون اللهب الناتج من احتراق الفلزات القلوية بما يُعرف بتجربة كشف اللهب، وهو اختبار يتم استخدامه في الكشف عن العناصر.

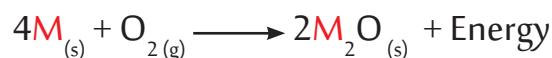


الشكل 1-23 احتراق عناصر الفلزات القلوية يعطي لوناً مميزاً.

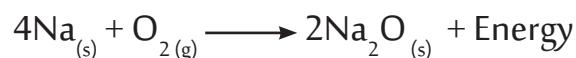
ويمكن تمثيل التفاعل الحاصل بين الفلزات القلوية والأكسجين بالمعادلة اللفظية الآتية:



ويُعبّر عن ذلك بالمعادلة الرمزية العامة الآتية:



ومثال ذلك مُعادلة تفاعل فلز الصوديوم مع الأكسجين:



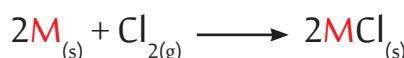
تلاحظُ من الشكل (1-23) أن لون اللهب الناتج من احتراق الصوديوم هو أصفر ذهبي، واللون الناتج عن احتراق البوتاسيوم بنفسجي فاتح، أما اللون الناتج عن احتراق عنصر الليثيوم فهو قرمزي.

مثيل بمعادلة كيميائية رمزية موزونة تفاعل فلز الليثيوم مع الأكسجين.

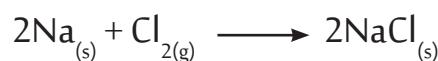


3. تفاعل الفلزات القلوية مع الكلور Reaction of Alkali Metals with Chlorine

تفاعل عناصر المجموعة الأولى مع الكلور وتنتج أملأًا أيونية تُسمى كلوريد الفلز، ويُرمز لها بالرمز (MCl)؛ حيث يشير الرمز M إلى الفلز، ويمكن تمثيل التفاعل بين الفلز القلوي وعنصر الكلور بمعادلة الكيميائية الرمزية العامة كما يلي:



ويُعبّر عن التفاعل الحاصل بين كل من الصوديوم والبوتاسيوم مع الكلور بمعادلة كيميائية رمزية موزونة كما يلي:



- مثل بمعادلة كيميائية رمزية موزونة تفاعل فلز الليثيوم مع الكلور.
- تقع النشاط الكيميائي لعناصر المجموعة الأولى المتبقية؛ مثل: الروبيديوم، والسيزيوم، والتفاعلات التي من الممكن حدوثها لكل منها؟



ثانيًا: عناصر المجموعة الثانية Group (II) Elements

يُطلق على عناصر المجموعة الثانية من الجدول الدوري اسم **الفلزات القلوية الأرضية** Alkaline Earth Metals، وتشكل هذه المجموعة العناصر الكيميائية الموجودة في العمود الثاني من الجدول الدوري، والتي تشمل الفلزات: البريليوم (Be)، والمغنيسيوم (Mg)، والكالسيوم (Ca)، والسترونشيوم (Sr)، والباريوم (Ba)، والراديوم (Ra). انظر الشكل (24-1).

1	H	2	He
3	Li	4	Be
11	Na	12	Mg
19	K	20	Ca
37	Rb	38	Sr
55	Cs	56	Ba
87	Fr	88	Ra
		89	Ac ^{..}
		104	Rf
		105	Db
		106	Sg
		107	Bh
		108	Hs
		109	Mt
		110	Ds
		111	Rg
		112	Cn
		113	Nh
		114	Fl
		115	Mc
		116	Lv
		117	Ts
		118	Og

الشكل 24-1: موقع عناصر المجموعة الثانية في الجدول الدوري.

الخصائص الفيزيائية للعناصر القلوية الأرضية Physical Properties of Alkaline Earth Metals

تمتاز العناصر القلوية الأرضية بلونها الأبيض الفضي، وهي ذات كثافة منخفضة نسبياً، وتعُد أكثر قساوةً من الفلزات القلوية، ودرجات انصهارها أعلى من درجات انصهار الفلزات القلوية، وتقل درجات انصهارها بالانتقال من أعلى المجموعة إلى أسفلها. فــذلك.

ويوضح الجدول (11-1) مقارنة بسيطةً بين عناصر المجموعة الأولى وعناصر المجموعة الثانية في بعض الخصائص الفيزيائية.

مقارنةٌ بين عناصرِ الفلزَاتِ القَلْوَيَةِ وعناصرِ الفلزَاتِ القَلْوَيَةِ الْأَرْضِيَّةِ		الخَاصِيَّةُ
المجموعَةُ الثَّانِيَةُ	المجموعَةُ الْأَوَّلِيَّةُ	
ينتهي بِالإِلْكْتْرُونِينِ فِي مُسْتَوِيِ الطَّاقَةِ الْخَارِجِيِّ.	ينتهي بِالإِلْكْتْرُونِ واحدٌ فِي مُسْتَوِيِ الطَّاقَةِ الْخَارِجِيِّ.	الْتَّرْكِيبُ الْإِلْكْتْرُونِيُّ
أَصْغَرُ (يُزَدَّادُ بِالْأَنْتِقَالِ مِنْ أَعْلَى المَجْمُوعَةِ إِلَى أَسْفَلِهَا).	أَكْبَرُ (يُزَدَّادُ بِالْأَنْتِقَالِ مِنْ أَعْلَى المَجْمُوعَةِ إِلَى أَسْفَلِهَا).	نِصْفُ الْقُطْرِ الْدَّرَرِيِّ
أَعْلَى (تُقلُّ بِالْأَنْتِقَالِ مِنْ أَعْلَى المَجْمُوعَةِ إِلَى أَسْفَلِهَا).	أَقْلَى (تُقلُّ بِالْأَنْتِقَالِ مِنْ أَعْلَى المَجْمُوعَةِ إِلَى أَسْفَلِهَا).	دَرْجَةُ الْانْصَهَارِ
تُوصِّلُ التَّيَارَ الْكَهْرِبَائِيَّ بِصُورَةٍ أَكْبَرِ نَسْبِيًّا مِنْ عَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ الْأَوَّلِيَّةِ.	تُوصِّلُ التَّيَارَ الْكَهْرِبَائِيَّ بِصُورَةٍ أَقْلَى نَسْبِيًّا مِنْ عَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ الثَّانِيَةِ.	الْتَّوْصِيلُ الْكَهْرِبَائِيُّ

الجدول 11-1 مقارنةٌ بين عناصرِ المَجْمُوعَةِ الْأَوَّلِيَّةِ وعَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ الثَّانِيَةِ

فِسْرَتْوْصِيلُ عَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ الْأَوَّلِيَّةِ أَقْلَى مِنْ تَوْصِيلِ عَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ الثَّانِيَةِ.



اخْتِرْنَفْسَك

الخَصَائِصُ الْكِيمِيَّيَّةُ لِلْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ

Chemical Properties of Alkaline Earth Metals

تُعَدُّ عَنَاصِرُ الْقَلْوَيَاتِ الْأَرْضِيَّةِ نِسْطَةً كِيمِيَّيَّا وَلَكِنَّهَا أَقْلَى نَشَاطًا مِنْ عَنَاصِرِ المَجْمُوعَةِ الْأَوَّلِيَّةِ، لَا حَتَّوَاهَا عَلَى إِلْكْتْرُونِينِ تَكَافُؤُ فِي مُسْتَوِيِ الطَّاقَةِ الْخَارِجِيِّ تَفَقَّدُهُمَا التَّصِلُ إِلَى حَالَةِ اسْتِقْرَارٍ تُشَبِّهُ التَّرْكِيبُ الْإِلْكْتْرُونِيُّ لِأَقْرَبِ غَازٍ نَبِيلٍ، وَهِيَ تُوجَدُ عَلَى شَكْلِ أَيُونَاتِ ثَنَائِيَّةٍ مُوجَبَةٍ، مُتَحَدَّةٍ مَعَ أَيُونَاتِ سَالِبَةٍ. وَمِنَ الْمَرْكَبَاتِ الَّتِي تَكُونُهَا عَنَاصِرُ المَجْمُوعَةِ الثَّانِيَةِ، كَلُورِيدُ الْمَاغْنِيُّسِيُّومِ $MgCl_2$ وَكَلُورِيدُ الْكَالْسِيُّومِ $CaCl_2$.

1. تَفَاعُلُ الْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ مَعَ المَاءِ

تَفَاعُلُ الْفِلَزَاتِ الْقَلْوَيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ مَعَ المَاءِ أَقْلَى مِنْ تَفَاعُلِ الْفِلَزَاتِ الْأَوَّلِيَّةِ، وَتَفَاقِطُ فِيمَا بَيْنَهَا فِي شَدَّةِ تَفَاعُلِهَا مَعَ المَاءِ. وَيَنْتَجُ مِنَ التَّفَاعُلَاتِ السَّابِقَةِ مَحْلُولٌ هِيدْرُوكَسِيدُ الْفَلَزِ الَّذِي يَرْمِزُ لَهُ بِشَكْلِ عَامٍ بِالرَّمْزِ $M(OH)_2$ حِيثُ يُشِيرُ الرَّمْزُ M إِلَى فِلَزٍ مِنْ الْفِلَزَاتِ الْأَرْضِيَّةِ الْثَّانِيَةِ فِي الْجَدَولِ الدُّورِيِّ وَكَذَلِكَ يَتَصَاعِدُ غَازُ الْهِيدْرُوْجِينِ، وَيَكُونُ مَحْلُولُ هِيدْرُوكَسِيدُ الْفَلَزِ تَأْثِيرًا قَاعِدِيًّا؛ حِيثُ يَغِيرُ لَوْنَ وَرَقَةِ تَبَاعِ الشَّمْسِ الْحَمْرَاءِ إِلَى اللَّوْنِ الْأَزْرَقِ.

نَشَاطٌ 1-10	الهدف
تفاعل الفلزات القلوية الأرضية مع الماء	يستقصي تفاعل بعض الفلزات القلوية الأرضية مع الماء.
قطع صغيرة من كل من: الكالسيوم، والماغنيسيوم، والبريليوم، حوض زجاجي، ماء مقطر، ملقط، أوراق تباع الشمس الحمراء والزرقاء، قطارة.	المواد والأدوات

خطوات العمل:

1. ضع كمية من الماء المقطر في الحوض الزجاجي إلى منتصفه.
2. استخدم الملقط لوضع قطعة الكالسيوم في الحوض الزجاجي. ماذما تلاحظ؟
3. بعد انتهاء التفاعل، ضع قطرة من محلول باستخدام القطارة، على ورقة تباع الشمس الحمراء ثم ضع قطرة أخرى على ورقة الزرقاء، ولاحظ أي الورقتين يتغير لونها.
4. كرر الخطوات السابقة مستخدماً قطعاً من والماغنيسيوم، والبريليوم في كل مرة.

(للمعلم: يمكن الاستعانة بعرض فيديو عند عدم توافر المواد المطلوبة)

التحليل:

1. هل حدث تفاعل بين الكالسيوم والماء؟ كيف عرفت ذلك؟
2. هل حدث تفاعل بين الماغنيسيوم والماء؟ كيف عرفت ذلك؟
3. هل حدث تفاعل بين البريليوم والماء؟ كيف عرفت ذلك؟
4. اكتب معادلة رمزية موزونة تمثل تفاعل الكالسيوم مع الماء؟
5. ما اسم الغاز الناتج من هذه التفاعلات؟ كيف يمكن الكشف عنه؟
6. أيهما أنشط كيميائياً: الكالسيوم أم البريليوم؟ كيف عرفت ذلك؟
7. ما طبيعة المحاليل الناتجة (حمضية أم قاعدية)؟

الاستنتاج:

تلاحظ من النشاط السابق أن البريليوم لم يتفاعل مع الماء، وأن الماغنيسيوم تفاعل مع الماء بصورة أقل نشاطاً من تفاعل الكالسيوم مع الماء، ويمكن تمثيل التفاعل الحاصل بين الفلزات القلوية الأرضية والماء باستثناء البريليوم كما هو موضح في المعادلة الكيميائية العامة الآتية:



ويُعبّرُ عن تفاعل الكالسيوم مع الماء بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية، لاحظ الشكل (25-1).



الشكل 25-1 لاحظ ظهور الفقاعات عند تفاعل الكالسيوم مع الماء.



2. تفاعل الفلزات القلوية الأرضية مع الأكسجين

Reaction of Alkaline Earth Metals with Oxygen

تحترق فلزات عناصر مجموعة القلويات الأرضية بوجود الأكسجين فينتج أكسيد الفلز، ويرمز له بشكل عام بالرمز (MO)، ويكون محلول أكسيد الفلز تأثير قاعديٌّ يغيّر لون ورقة تباع الشّمسِ من الأحمر إلى الأزرق. وللتعرّف على تأثير الأكسجين في الفلزات القلوية الأرضية، نفذ النشاط الآتي:

١١-١ نشاط

تفاعل الفلزات القلوية الأرضية مع الأكسجين



الهدف

يستقصي تفاعل بعض الفلزات القلوية مع الأكسجين.	الهدف
شريط من الماغنيسيوم، ورق صنفه، مصدر لهب، ملقط، جفنة، كأس زجاجية، ماء.	المواد والأدوات
إرتد النظارات الواقية، وينصح بعدم إطالة النظر بشكل مباشر إلى شريط الماغنيسيوم أثناء الاحتراق.	الأمن والسلامة

خطوات العمل:



- نظّف شريط الماغنيسيوم باستخدام ورق صنفه لإزالة أي أثرٍ لترسبات سابقة.
- أمسك شريط الماغنيسيوم بالملقط من طرفه.
- عرّض الطرف الحار من الشريط إلى اللهب. ماذا تلاحظ؟
- أترك المادة الناتجة فتّرةً من الزمن في الجفنة حتى تبرد، ثم ضعّها في كأسٍ من الماء.

التحليل:

- هل حدث تفاعل عند تعريض الماغنيسيوم إلى اللهب؟ ما لون اللهب الناتج؟
- هل محلول الناتج من التفاعل السابق حمضي، أم قاعدي؟ كيف تتأكد من ذلك؟

الاستنتاج:

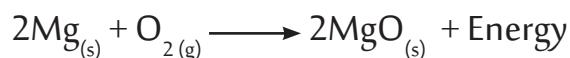
تلاحظُ من النشاط أنَّ عناصر الفلزاتِ القلويةِ الأرضيةِ تتفاعلُ مع أكسجين الهواءِ الجويِّ بدرجةٍ أقلَّ مقارنةً مع عناصر المجموعة الأولى. ويمكن تمثيل التفاعلِ الحاصل بين الفلزاتِ القلويةِ الأرضيةِ والأكسجين بالمعادلةِ اللفظيةِ الآتية:



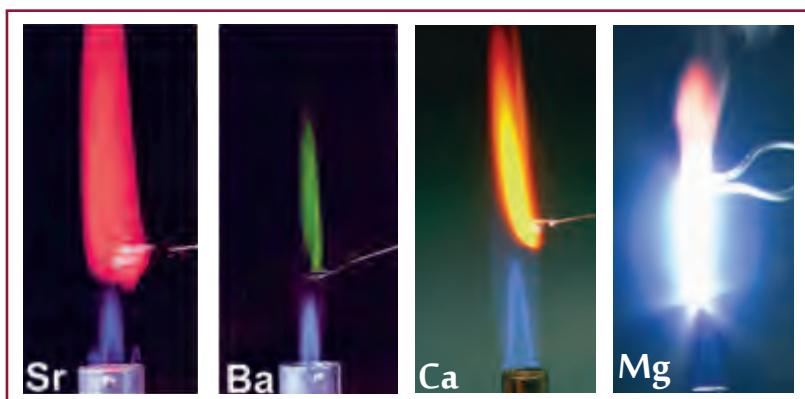
ويُعبَّرُ عن ذلك بالمعادلةِ الكيميائيةِ الرمزيةِ العامةِ الآتية:



ومثالٌ على ذلك مُعادلةُ تفاعلِ الماغنيسيوم والأكسجين كما يلي:



تفاعلُ الفلزاتِ القلويةِ الأرضيةِ بشدةٍ مع أكسجين الهواءِ الجويِّ، ويحترقُ كُلُّ منها بلَهَبِ ذِي لونٍ مُميَّزٍ لهُ؛ فمثلاً يحترقُ الماغنيسيوم بلَونٍ أبيضٍ ساطِعٍ، ويحترقُ الكالسيوم بلَونٍ أصفرٍ مائلٍ إلى اللَّونِ البرتقاليِّ المُحْمَّرِ، انظرِ الشكل (1-26).



الشكل 1-26 احتراق عناصر الفلزاتِ القلويةِ الأرضيةِ يعطي لوناً مميَّزاً لُكِلِّ منها.

مُثَلِّ بِمُعادلةِ كيميائيةِ رمزيةِ موزونةِ تفاعلِ فلزِ الكالسيوم مع الأكسجين.

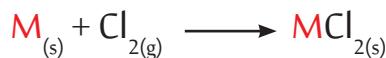


اخبر نفسك

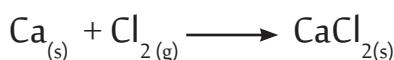
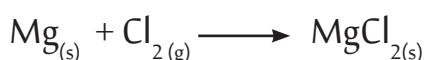
3. تفاعل الفلزات القلوية الأرضية مع الكلور

Reaction of Alkaline Earth Metals with Chlorine

تفاعل عناصر المجموعة الثانية مع الموجينات مثل الكلور، وتنتج أملاحاً أيونيةً تسمى كلوريد الفلز، ويرمز لها بالرمز MCl_2 ، ويمكن تمثيل ذلك التفاعل بمعادلة كيميائية رمزية عامة كما يلي:



ويُعبّر عن التفاعل الحاصل بين كل من الماغنيسيوم والكالسيوم مع الكلور بمعادلة كيميائية رمزية كما يلي:



مثلاً بمعادلة كيميائية رمزية موزونة تفاعل فلز البريليوم مع الكلور.



ثالثاً: عناصر المجموعة السابعة عشرة Group VIIA (17) Elements

تُسمى هذه المجموعة في الجدول الدوري الحديث المجموعة السابعة عشرة الموجينات **Halogens** وقد كان يُرمز لها بالرمز اللاتيني (VIIA) للإشارة إلى أنها المجموعة السابعة في العناصر المثلثة. وهي تشمل العناصر: الفلور (F)، الكلور (Cl)، البروم (Br)، اليود (I)، الأستاتين (At)، والتينيسيوم (Ts). انظر الشكل (27-1).

وتُعد جميع عناصر هذه المجموعة لافلزات باستثناء الأستاتين فهو شبه فلز. أما عنصر التينيسيوم (ذو العدد الذري 117) المصنّع فهو مُشع ولا زالت المعلومات عنه قيد الدراسة لإضافته حديثاً إلى الجدول الدوري. وتعني الكلمة (الموجين) بالإغريقية مكون الملح، لأن مركباتها الناتجة من تفاعليها مع الفلزات تُسمى أملاحاً.

1	H	2	He
3	Li	4	Be
11	Na	12	Mg
19	K	20	Ca
37	Rb	38	Sr
55	Cs	56	Ba
87	Fr	88	Ra
		4	Be
		12	Mg
		19	K
		37	Rb
		55	Cs
		87	Fr
			He
			Ne
			Ar
			Kr
			Xe
			Rn

الشكل 27-1 عناصر المجموعة السابعة عشرة (الموجينات) في الجدول الدوري.

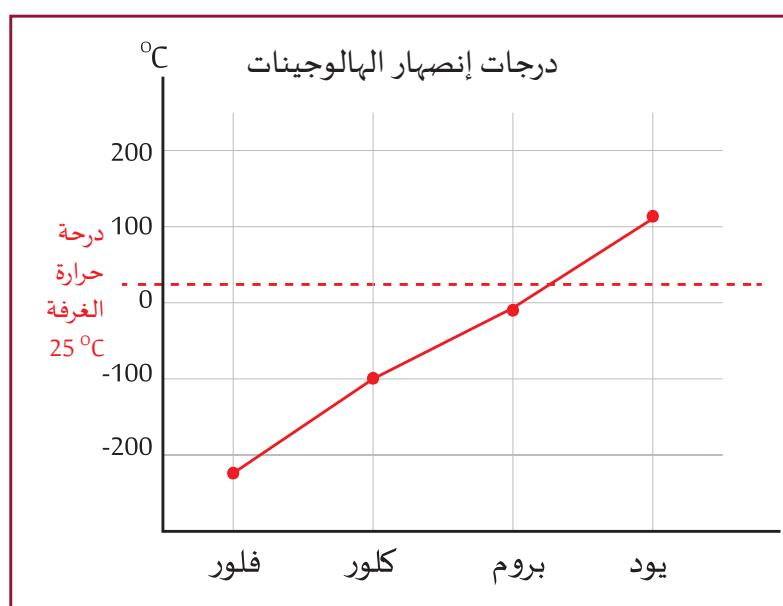
الخصائص الفيزيائية للهالوجينات Physical Properties of Halogens

يوجد الفلور على شكل غاز أصفر باهت، والكلور غاز أصفر مائل إلى اللون الأخضر، أما البروم فهو عبارة عن سائل بني داكن يميل إلى اللون الأحمر، واليود جسم صلب رمادي داكن، يتحول عند تسخينه إلى بخارًا بنفسجي اللون، أما الأستاتين فهو عنصر صلب نادر أسود اللون ذو نشاط إشعاعي. وللهالوجينات خصائص فيزيائية عديدة، يمكن تلخيصها في الجدول (12-1).

بعض خصائص الهالوجينات					
الرمز	العنصر	اللون	العدد الذري	الحالة الفيزيائية عند درجة حرارة الغرفة	درجة الانصهار التقريبية
F	فلور	أصفر باهت	9	غاز	-220
Cl	كلور	أصفر مخضر	17	غاز	-102
Br	بروم	بني محمر	35	سائل	-7
I	يود	رمادي داكن	53	صلب	114
At	أستاتين	أسود	85	صلب مشع	302

الجدول 12-1 مقارنة بين بعض خصائص الهالوجينات.

تلاحظ من الجدول أنه بزيادة العدد الذري للعناصر، أي بالانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة، تتغير الحالة الفيزيائية من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الصلبة، وتزداد درجة انصهار عناصر الهالوجينات، ويصبح لونها أكثر قتامة انظر الشكل (28-1).



الشكل 28-1 درجات انصهار عناصر المجموعة السابعة عشرة (الهالوجينات)

أي عناصر المجموعة السابعة له أعلى درجة انصهار.



الخصائص الكيميائية للهالوجينات Chemical Properties of Halogens

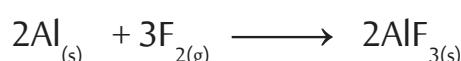
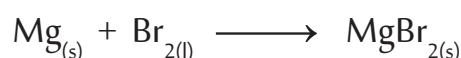
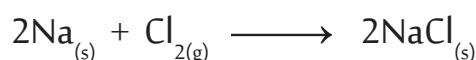
درست سابقاً أنّ عناصر هذه المجموعة تحوي في المستوى الخارجي لذراتها على سبعة إلكترونات تكافؤ، وبذلك فهي نشطة كيميائياً؛ إذ أن لها ميّل كبير لاكتساب إلكترون واحد أو المشاركة به ملء مستوى الطاقة الخارجي ويصبح لها تركيب إلكتروني مستقر مشابه للتركيب الإلكتروني لأقرب غاز نبيل، ولذلك فهي توجد في الطبيعة عادة إما على شكل جزيئات ثنائية الذرة (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2)، أو توجد متحدةً مع غيرها من عناصر الفلزات، أو الألافلزات مكونةً مركباتاً مختلفةً مثل: $NaCl$, $MgBr_2$, AlF_3 و OF_2 .

1. تفاعُلُ الْهَالُوجِينَاتِ مَعَ الْفِلِزَاتِ Reaction of Halogens with Metals

تفاعل الـهالوجينات مع الفلزات مكونة روابط أيونية لتنتج أملاحاً تسمى هاليد الفلز، فالـهالوجينات تعني مكونات الأملاح، مثل فلوريد أو كلوريد أو بروميد أو يوديد الفلز، ويمكن التعبير عن هذه التفاعلات بمعادلة لفظية عامة كما يلي:



وفيما يلي بعض المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة التي تمثل هذا التفاعل.



اكتب أسماء المركبات الناتجة من التفاعلات السابقة.

..... NaCl

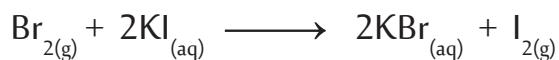
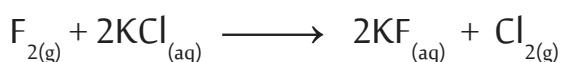
..... MgBr_2

..... AlF_3



2. تفاعل الإحلال للهالوجينات **Substitution Reaction of Halogens**

يتدرج نشاط العناصر بالانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة؛ إذ أن الفلور هو الأكثر نشاطاً في حين أن اليود أقلها نشاطاً. بذلك فإن عنصر الفلور يستطيع أن يحل مكان الهالوجينات التي تقع أسفله في المجموعة خلال التفاعلات المختلفة التي تسمى الاستبدال (الإحلال) **Substitution Reaction** حيث يحل عنصر الفلور (F_2) مكان أيونات الهاليدات السالبة الكلوريد (Cl^-), бромيد (Br^-), اليوديد (I^-), ويستطيع (Cl_2) أن يحل مكان (Br^-), (I^-) كما هو موضح بالمعادلات الآتية:



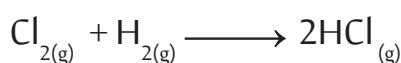
هل تمثل المعادلة الكيميائية الآتية تفاعلاً يمكن إجراؤه في المختبر؟ فسر إجابتك.



3. تفاعل الهالوجينات مع اللافلزات **Reaction of Halogens with Non-Metals**

تفاعل الهالوجينات مع اللافلزات وتنشأ روابط تساهمية، ومن الأمثلة على ذلك تفاعل الهالوجينات مع الهيدروجين حيث يتكون هاليد الهيدروجين الذي يكون تأثير محلوله حمضيّاً، حيث يحول ورقة تباع الشّمسِ الزرقاء إلى اللون الأحمر.

ويُعبّر عن تفاعل الكلور مع الهيدروجين بالمعادلة الكيميائية الرّمزية الموزونة الآتية:



رابعاً: عَنَاصِرُ الْمَجْمُوعَةِ الثَّامِنَةِ عَشْرَةَ Group VIIA (18) Elements

تُسمَّى هذه المجموعة في الجدول الدُّورِي الحديث المجموعة الثامنة عشرة، وكذلك تُسمَّى المجموعة الصِّفَرِيَّة؛ حيث كان يُعتقد سابقاً بأن تكافؤها صَفْر، وقد كان يُرمز لها بالرمز اللاتيني VIIA للإشارة إلى أنها المجموعة الثامنة في العناصر الممثَّلة.

يُطلق على عناصر هذه المجموعة اسم الغازات النَّبِيلَة Noble Gases، وهي تَشَمَّل العناصر: الهيليوم He، والنيون Ne، والأرجون Ar، والكريتون Kr، والراديون Rn، بالإضافة إلى عنصر الأوغانيسون Og، الذي تم اكتشافه حديثاً، انظر الشكل (29-1).

The image shows the periodic table with the 18th group (Group VIIA) highlighted. The group consists of the following elements: Hydrogen (H), Helium (He), Lithium (Li), Beryllium (Be), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Potassium (K), Calcium (Ca), Rubidium (Rb), Cesium (Cs), Francium (Fr), and Oganesson (Og). The table also includes the atomic number, element name, and symbol for each element.

الشكل 29-1 عناصر المجموعة الثامنة عشرة (الغازات النَّبِيلَة) في الجدول الدُّورِي.

الخَصَائِصُ الْفِيَزِيَّائِيَّةُ لِلْغَازَاتِ النَّبِيلَةِ Physical Properties of Noble Gases

تَوَجَّدُ الغازاتُ النَّبِيلَةُ في الهواءِ الجوي بِنَسْبَةِ ضَئِيلَةٍ مِنْ إِجمَالِيِّ حَجمِ الغازاتِ المَكَوَّنَةِ لَهُ، وَمُعَظَّمُهَا مِنْ غَازِ الأرجون.

وَخَلَالَ مُعَظَّمِ الْعَنَاصِرِ الغَازِيَّةِ، فَإِنَّ الغَازَاتِ النَّبِيلَةَ تَوَاجِدُ عَلَى شَكْلِ غَازَاتِ أَحَادِيَّةِ الدَّرَّةِ عَنْ دَرْجَةِ حَرَارَةِ الْغَرْفَةِ، وَلَا تَوَاجِدُ عَلَى شَكْلِ جَزِيَّاتِ ثَنَائِيَّةِ الدَّرَّةِ.

تَمْتَازُ جَمِيعِ الغَازَاتِ النَّبِيلَةِ بِأَنَّهَا عَدِيمَةِ اللَّوْنِ وَالرَّائِحَةِ، وَيَصُعبُ إِسَالُهَا، وَهَذِهِ الغَازاتُ قَلِيلَةُ الذُّوبَانِ فِي المَاءِ.

تُسْتَخَدَمُ الغَازاتُ النَّبِيلَةُ لِأَغْرَاضٍ مُتَعَدِّدَةٍ فِي الْحَيَاةِ الْيَوْمَيَّةِ، وَمِنْ أَهْمِ اسْتِخْدَامَاهَا مَا يَلِي:

1. يُسْتَخَدَمُ غَازُ الْهَيْلِيُومُ (He) فِي مَلِءِ الْمَنَاطِيدِ؛ كَوْنُهُ خَفِيفاً وَغَيْرِ قَابِلِ لِلَاشْتِعَالِ. انظر الشكل (30-1)، كما يُعَدُّ مَصْدِرًا لِتَكَوِينِ مَا يُسَمَّى بِالضَّغْطِ الْجَوِيِّ الْاَصْطَنَاعِيِّ، الَّذِي يَتَمُّ تَشْكِيلُهُ فِي الْمَعَالِمِ الْمُقَامَةِ فِي أَعْمَاقِ الْبِحَارِ وَالْمَحِيطَاتِ، وَيُسْتَخَدَمُ غَازُ الْهَيْلِيُومُ المَضْغُوطُ لِلتَّبَرِيدِ عَلَى شَكْلِ سَائِلٍ يَطْلُقُ عَلَيْهِ الْهَيْلِيُومَ السَّائِلَ Liquid Helium.

وقد أولت دولة قطر أهمية كبيرة لإنتاج لعنصر الهيليوم إذ تعد دولة رائدة في إنتاج وتصدير الهيليوم لجميع أنحاء العالم، من خلال مشروع هيليوم - 1 الذي تقوم عليه شركة قطر غاز من خلال مصنع راس لفان للهيليوم، الذي تم تأسيسه عام 2003، وبدأ العمل فيه عام 2005.



الشكل 30-1 منطاد وبالون غاز الهيليوم

2. يُستخدم الرادون (Rn) في الطب لعلاج بعض الأمراض ومنها السرطان.
3. يستخدم النيون والأرجون والكريتون والزينون بكثرة وعلى نطاق واسع في التطبيقات الكهربائية الضوئية؛ مثل أنابيب الإضاءة. انظر الشكل (31-1)، ولوحات الزينة، واللوحات الإعلانية، كما تستخدم الغازات النبيلة في مصابيح الفلاش التابعة لكاميرات التصوير.

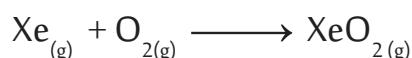


الشكل 31-1 مصابيح الإضاءة تستخدم بعض العناصر النبيلة.

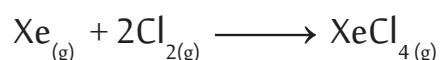
الخواص الكيميائية للغازات النبيلة Chemical Properties of Noble Gases

تمتاز عناصر هذه المجموعة بأنّها مستقرة، بسبب امتلاء مستوى الطاقة الأخير بالإلكترونات؛ إذ إنّ هناك ثمانية إلكترونات تكافؤ في مستوى الطاقة الأخير لكل منها، ما عدا الهيليوم الذي يمتلك مستوى طاقة واحد فقط يتسع لإلكترونين كحد أقصى، لذا فإن هذه العناصر لا تميل إلى فقد الإلكترونات أو اكتساحها في الظروف العاديّة، فلا تتفاعل مع العناصر الأخرى؛ ولذلك كانت تُعرف إلى عهد قريب بالغازات الخامّة، إلّا أنه تم التوصل حديثاً إلى أن بعض هذه العناصر يدخل في تفاعلات كيميائية تحت ظروف محدّدة؛ مثل الحرارة والضغط، وبذلك أصبحت تُسمى بالغازات النبيلة.

لذلك فإن النّشاط الكيميائي للغازات النبيلة منخفض جدّاً، وبالتالي لم يتّشكّل سوى مركّبات قليلة تحت ظروف خاصة ويزداد النّشاط الكيميائي للعناصر النبيلة بالانتقال من الأعلى إلى الأسفل في المجموعة. فمثلاً يتفاعل عنصر الزينون Xe مع الأكسجين، كما هو مبيّن في المعادلة الكيميائية الآتية:



وكذلك يتفاعل الزينون مع الكلور منتجاً كلوريد الزينون، كما هو موضّح في المعادلة الكيميائية الآتية:



فّسر: تسمية العناصر النبيلة بالغازات الخامّة لا يُعدّ دقيقاً علمياً.

ابحث بالتعاون مع زملائك عن جهود الدولة في توظيف ثرواتها ومن ضمنها إنتاج الهيليوم من الغاز الطبيعي، وقدم تقريراً لمدرّسك.



مراجعة الدرس الرابع

الأفكار الرئيسية:

- تسمى عناصر المجموعة الأولى **الفلزات القلوية**، بينما تسمى عناصر المجموعة الثانية **الفلزات القلوية الأرضية**، وتسمى عناصر المجموعة السابعة عشرة **الهالوجينات**، أما عناصر المجموعة الثامنة عشرة (المجموعة **الصفرية**) فتسمى **الغازات النبيلة**.
- تزداد الخواص **الفلزية** في المجموعتين الأولى والثانية من **الجدول الدوري** بالانتقال من الأعلى إلى الأسفل بشكل عام.
- تُعد عناصر المجموعة الأولى من **الجدول الدوري** أنشط **الفلزات كيميائياً**، لأنها تحتوي على إلكترون واحد في المستوى الخارجي، يسهل فقده لتصل إلى حالة الاستقرار.
- تتفاوت **الفلزات** في شدة تفاعلها مع كل من الماء والأكسجين والكلور.
- تتفاعل عناصر المجموعتين الأولى والثانية مع الماء **مكونةً محاليل قاعدية التأثير**.
- عناصر المجموعة السابعة عشرة **تسمى الهالوجينات**، ومنها **مكونات الأملاح**؛ لأنها تتفاعل مع **الفلزات مكونةً أملاحاً**.
- توجد **الغازات النبيلة** في الطبيعة في صورة ذراتٍ منفردة، وقد سُميت بهذا الاسم لأنها قليلة النشاط الكيميائي، وتفاعلاتها **بعضها محدودة**، وتحدُث في ظروفٍ خاصة.



تقويم الدرس الرابع



أولاً: أسئلة الاختيار من متعدد:

اختر رمزاً الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. أيُّ الخيارات الآتية تمثل الترتيب التصاعدي الصحيح للنشاط الكيميائي لعناصر الفلزات القلوية؟

- Na → K → Li .a
- K → Na → Li .b
- Li → Na → K .c
- Li → K → Na .d



ما ناتج تفاعل الفلزات القلوية مع الماء؟

- محلول قلويٌّ ويتصاعد غاز الهيدروجين.
- محلول حمضي ويتصاعد غاز الهيدروجين.
- محلول قلويٌّ ويتصاعد غاز الأكسجين.
- محلول حمضي ويتصاعد غاز الأكسجين.



[A] [B]

أيُّ العناصر الآتية يُعدُّ من عناصر المجموعة الثامنة عشر؟

- الكالسيوم.
- الأكسجين.
- الميليوم.
- الفلور.



[A] [B]

ما المجموعة التي تكون عناصرها أيوناتٍ أحادية موجبة عند تفاعلها؟

- الفلزات القلوية.
- الفلزات القلوية الأرضية.
- الغازات النبيلة.
- الهالوجينات.



[A] [B]

ما المقصود بالهالوجينات؟

- مكونات العناصر.
- مكونات الأحماض.
- مكونات القلوبيات.
- مكونات الأملال.

تابع تقويم الدرس الرابع

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة:

أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ما المقصود بكل من: A B

- الفلزات القلوية.
- الفلزات القلوية الأرضية.
- الهالوجينات.
- الغازات النبيلة.

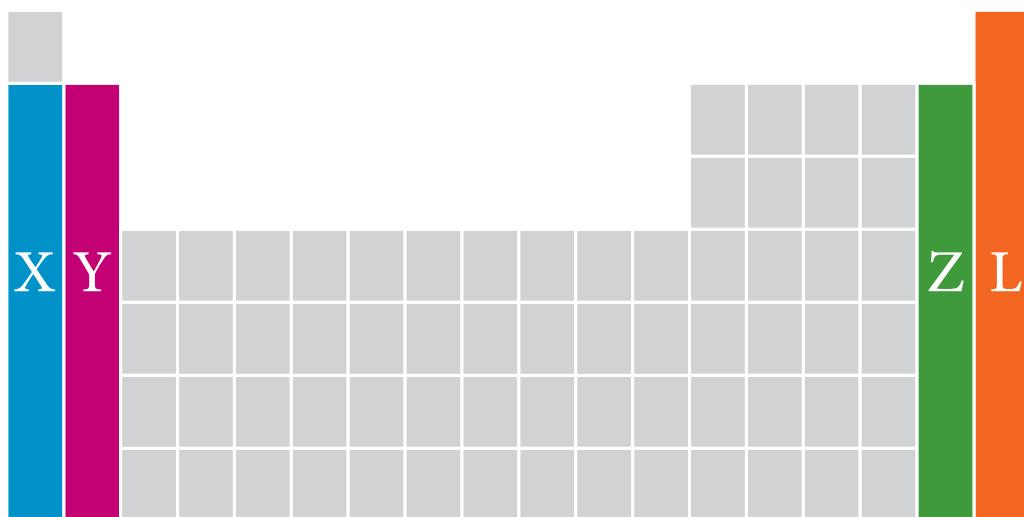
فسر: لا يستخدم الماء عند إطفاء الحرائق التي سببها الصوديوم.

اكتب معادلات كيميائية رمزية تمثل التفاعلات الآتية:



- a. تفاعل الليثيوم مع الماء.
- b. تفاعل البوتاسيوم مع الكلور.
- c. تفاعل الماغنيسيوم مع الأكسجين.
- d. تفاعل الكلور مع بروميد الصوديوم.

أدرس الشكل الآتي جيداً ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



a. ما الرمز الذي يشير إلى مجموعة الفلزات القلوية؟

b. ما الرمز الذي يشير إلى مجموعة الفلزات القلوية الأرضية؟

c. ما الرمز الذي يشير إلى مجموعة الغازات النبيلة؟

d. ما الرمز الذي يشير إلى مجموعة الهالوجينات؟

تقويم الوحدة الأولى



أولاً: أسئلة الاختيار من متعدد:

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. ما الأساس الذي تم اعتماده عند ترتيب العناصر في الجدول الدوري؟

- a. العدد الذري.
- b. الكتلة الذرية.
- c. عدد النيوترونات.
- d. العدد الكتلي.

2. ماذا تسمى الأعمدة الرئيسية في الجدول الدوري؟

- a. عناصر.
- b. ذرات.
- c. مجموعات.
- d. دورات.

3. ماذا تسمى عناصر المجموعة الأولى في الجدول الدوري؟

- a. الماليجينات.
- b. الفلزات القلوية.
- c. القلوية الأرضية.
- d. الغازات النبيلة.

4. بميزة العناصر التي تقع في مجموعة واحدة في الجدول الدوري؟

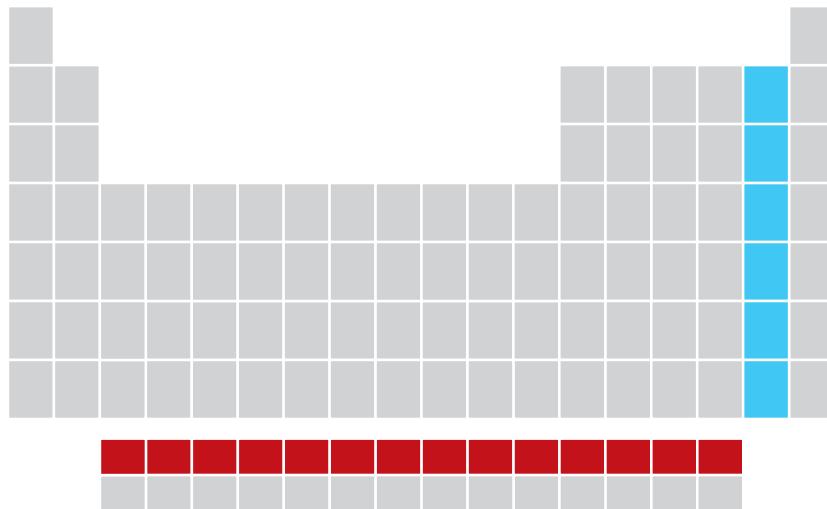
- a. لها عدد إلكترونات تكافؤ نفسه.
- b. لها خصائص فيزيائية نفسها.
- c. لها عدد بروتونات نفسه.
- d. لها توزيع إلكتروني نفسه.

5. ماذا يسمى متوسط المسافة بين نواة الذرة وإلكترونات المستوى الخارجي؟

- a. العدة الكتلي.
- b. الكثافة.
- c. الحجم الذري.
- d. النظائر.

تابع تقويم الوحدة الأولى

أدرس الشكل الآتي جيداً، ثم أجب عن السؤالين (6 – 7) التاليين:



6. ما اسم الجزء المشار إليه باللون الأحمر؟

- a. سلسلة اللانثنيات.
- b. سلسلة الأكتنيدات.
- c. الفلزات القلوية.
- d. الهاوجينات.

7. ما اسم المجموعة المشار إليها باللون الأزرق؟

- a. الهاوجينات.
- b. الفلزات القلوية.
- c. الفلزات القلوية الأرضية.
- d. الغازات النبيلة.

8. أي العبارات الآتية تصف العناصر في الجدول الدوري الحديث بشكل صحيح؟

- a. توجد العناصر جميعها بشكلٍ طبيعيٍ في مكونات الأرض.
- b. تم ترتيب العناصر في الجدول الدوري حسب تاريخ اكتشافها.
- c. العناصر المتشابهة في خواصها تقع في المجموعة نفسها.
- d. تم ترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث حسب الزيادة في الكتلة الذرية.

تابع تقويم الوحدة الأولى

9. أيٌ من العبارات الآتية غير صحيح فيما يتعلق بـ نصف قطر الذرة؟ 
- a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة المغنيسيوم Mg.
- b. يتناقص نصف قطر الذرة عند الانتقال من الأسفل إلى الأعلى في المجموعة الواحدة.
- c. نصف قطر الأيون Br⁻ أكبر من نصف قطر ذرة Br.
- d. حجم الأيون الموجب أصغر من حجم ذرته المتعادلة.

أدرس الشكل الآتي جيداً، ثم أجب عن السؤالين (10 – 11) التاليين: 

H									He
Li	Be	B	C	N	O	F		Ne	
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		Ar	
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr	
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I		Xe	
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn	

10. أيٌ من الذرات الآتية لها أكبر نصف قطر ذري؟

- Sn .a
C .b
Ge .c
Si .d

11. أيٌ من الذرات الآتية لها أصغر نصف قطر ذري؟

- Li .a
B .b
N .c
F .d

تابع تقويم الوحدة الأولى

ما الأيون الأكبر حجماً من بين الأيونات الآتية؟

Be^{2+} .a

Sr^{2+} .b

Mg^{2+} .c

Ca^{2+} .d

ما الأيون الأصغر حجماً من بين الأيونات الآتية؟

Te^{2-} .a

O^{2-} .b

S^{2-} .c

Se^{2-} .d

ما الأيون الأكبر في نصف القطر من بين الأيونات الآتية؟

F^- .a

O^{2-} .b

Be^{2+} .c

B^{3+} .d

أي من المجموعات الآتية تضم عناصر لافلزية فقط؟

.a. الأولى.

.b. الثانية.

.c. الثالثة.

.d. الثامنة عشرة.

جميع المواد الآتية غير موصلة للحرارة والكهرباء، ما عدا:

.a. النيتروجين.

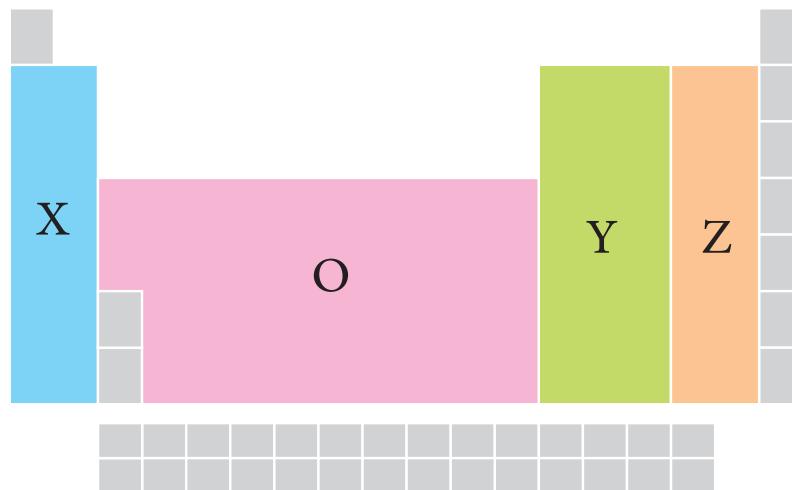
.b. الكلور.

.c. الكبريت.

.d. الألومنيوم.

تابع تقويم الوحدة الأولى

أدرس الشكل الآتي جيداً، ثم أجب عن السؤالين (17 – 18) التاليين:



17. تكون الخاصية الفلزية للعناصر أكبر ما يمكن عند الرمز:

- X .a
- O .b
- Y .c
- Z .d

18. تكون الخاصية اللافلزية للعناصر أكبر ما يمكن عند الرمز:

- X .a
- O .b
- Y .c
- Z .d

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة:

أجب عن الأسئلة الآتية:

1. صُف تدرج كلاً من الخصائص الآتية في الدورة الثانية من الجدول الدوري؟

- التوصيل الكهربائي.
- درجة الانصهار.
- نصف القطر الأيوني.

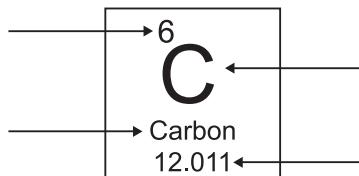
[A] [B]

تابع تقويم الوحدة الأولى

لماذا تتشابه عناصر المجموعة الواحدة في خواصها؟

2. A B

في الشكل الآتي الذي يمثل مفتاح أحد العناصر، أكتب أمام كل سهم ما يشير إليه من معلومات حول العنصر.



أدرس الجدول الآتي، وأجب عن السؤال (4):

3. 🔑

العنصر	العدد الذري	الكتلة الذرية	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C
ليثيوم	3	6.9	180	1340
صوديوم	11	23	98	890
بوتاسيوم	19	39	64	760
روبيديوم	-	-	-	-
سيزيوم	55	133	29	669

4. استناداً إلى أعمال مندليف ماذا تتوقع أن يكون العدد الذري لعنصر الروبيديوم، وكتلته الذرية، ودرجة انصهاره، ودرجة غليانه؟

4. 🔑

لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة؟

5. 🔎

وضع كيف ساهم مندليف في بناء الجدول الدوري؟

6. A B

ما الفرق بين الدورة والمجموعة في الجدول الدوري؟

7. A B

تم تعريف نصف القطر الذري بطريقتين مختلفتين، اذكر التعريف من خلال الطريقتين.

8. A B

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، أي الذرات الآتية أصغر حجماً في الأزواج الآتية:

?(F, Cl), (Mg, Na)

9. 🤔

تابع تقويم الوحدة الأولى

لديك الجدول الآتي الذي يمثل كلماتٍ متقطعةً متعلقةً بوحدة التَّدْرِج في خواص العناصر في الجدول الدوري، املأ الفراغات فيه عن طريق الإجابة عن الأسئلة التي تليه:



رأسي	أفقي	رأسي
1	أ	أفقي
	ي	2
	و	3
	ن	4
	م	5
	و	6
	ج	7
	ب	8
		9

أفقي	رأسي
<p>1. العنصر الثالث من العناصر النبيلة. 2. صف أفقي من العناصر. 5. أول من رتب العناصر بعَدَ الزيادة في الكتلة الذرية. 7. عنصر في المجموعة الخامسة عشرة والدورة الثانية من الجدول الدوري. (ترتيب حروفه معكوس).</p>	<p>1. عناصر المجموعة السابعة عشرة من الجدول الدوري. 3. ينبع عن فقد الذرة الكترون أو أكثر. 5. ترتيب للعناصر الكيميائية.</p>

11. صِف العلاقة بين نصف القُطْرِ الأيوني ونصف القُطْرِ الذَّرِّي للعناصر (الفلزية واللافلزية)؟



12. ما العلاقة بين نصف القُطْرِ الذَّرِّي في المجموعة الواحدة والعدد الذَّرِّي؟



تابع تقويم الوحدة الأولى

أكمل الجدول الآتي للعناصر الافتراضية:



المجموعة	الدورة	التوزيع الإلكتروني	العنصر
		2,8,5	A
		2,3	B
		2	C
		2,8,8,2	D

14. برأيك، ما الاختلاف الذي يحدث على الجدول الدوري إذا رتب عناصره حسب الترتيب في الكتلة الذرية؟



لديك العناصر الآتية: O, S, Se, Te ابحث عنها في الجدول الدوري، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



- رتب العناصر السابقة تصاعدياً حسب نصف القطر الذري للكل منهما.
- هل يُعد ترتيبك للعناصر السابقة مثلاً على تدرج الخصائص في الدورة الواحدة أم في المجموعة الواحدة؟

15. أكمل الجدول الآتي:



المجموعات	الدّورات	وجه المقارنة
		عددها في الجدول الدوري
-		الخاصية الفلزية في الدورة الواحدة.
-	-	الخاصية اللافلزية في الدورة الواحدة
	-	الخاصية الفلزية في المجموعة الواحدة.
	-	الخاصية اللافلزية في المجموعة الواحدة.

تابع تقويم الوحدة الأولى

لديك الجدول الآتي، ادرسه جيداً ثم أكمله بما يناسبه: 17.



الرمز	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني	مستوى الطاقة الخارجي	رقم مستوى الطاقة الخارجي	موقعه في الجدول الدوري	المجموعة	الدورة
1	H						
3	Li						
6	C						
8	O						
11	Na						
17	Cl						
18	Ar						

ابحث عن اسهامات هنري موزلي في تطوير الجدول الدوري، واكتب تقريراً بذلك واعرضه على زملائك



في صورة مقابلة صحافية.

بالتعاون مع زملائك في المجموعة، استخدم المصطلحات الآتية، أو ما يلزم منها لتصميم خريطة مفاهيمية تنظم فيها الأفكار الرئيسية للدرس:



الجدول الدوري

البروتونات

العدد الذري

نشاط إشعاعي

الكتلة الذرية

النظائر

الفلزات القلوية الترابية

الفلزات

اللافلزات

عناصر مستقرة

الفلزات القلوية

أشباء الفلزات

عناصر إنتقالية داخلية

عناصر إنتقالية رئيسية

عناصر غير مستقرة

عناصر ممثلة



C1001

UNIT

2

الوحدة الثانية

التركيب والروابط في المادة

Structure and Bonding in Matter

محتويات الوحدة:

الدرس الأول:

1-2 المعادلات الكيميائية الرمزية والأيونية.

Symbolic and Ionic Equations

الدرس الثاني:

2-2 الكتلة الذرية النسبية والكتلة الجزيئية النسبية.

Relative Atomic and Relative Molecular Mass

الدرس الثالث:

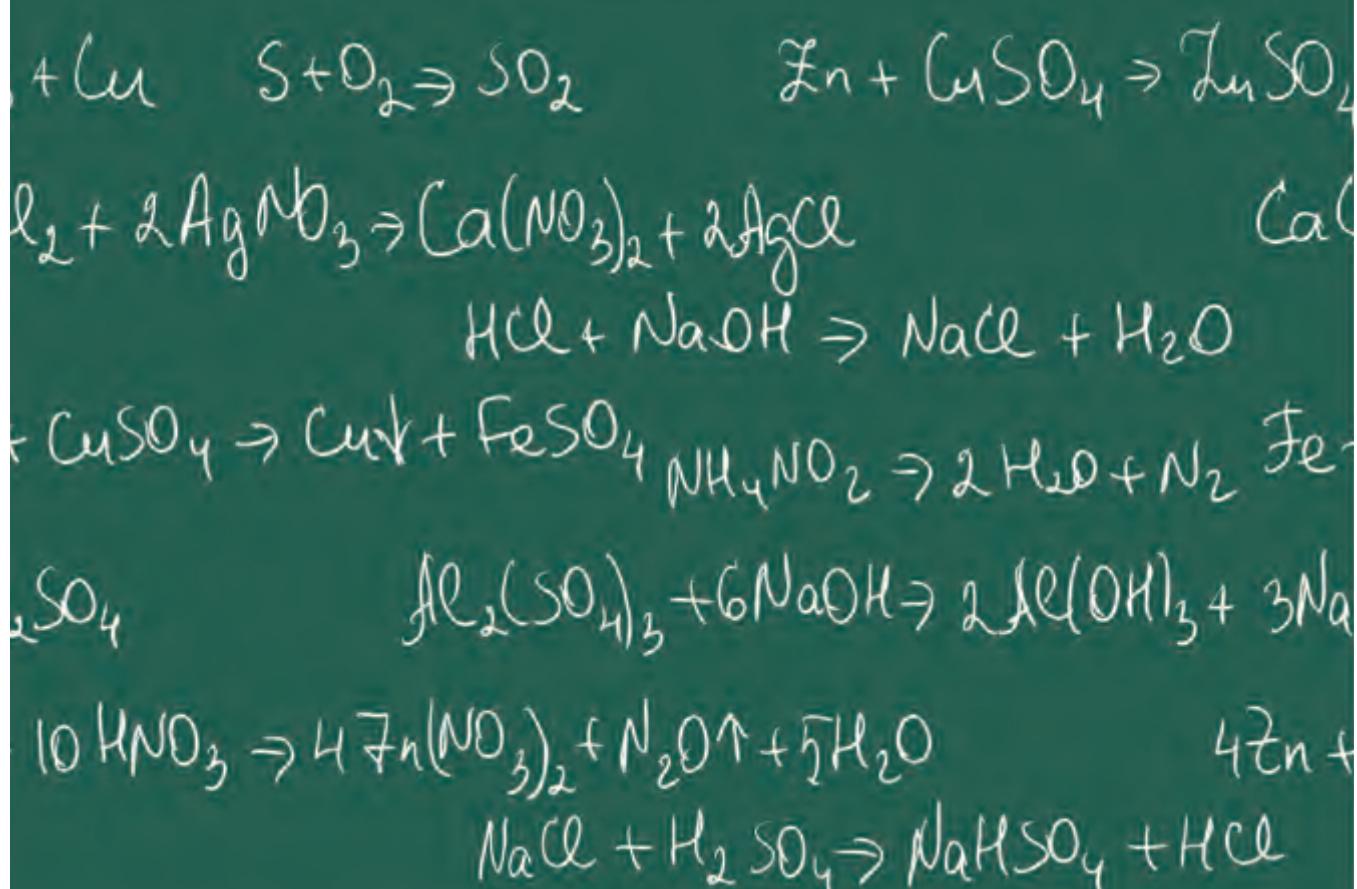
3-2 مفهوم المول والحسابات الكيميائية.

Mole Concept and Chemical Calculations

الدَّرْسُ الأوَّلُ

1-2

المعادلاتُ الكيميائيةُ الرمزيةُ والأيونيةُ Symbolic and Ionic Equations



المفرداتُ الرَّئِيْسَةُ

Chemical Equation	المعادلةُ الكيميائيةُ
Molecular Equation	المعادلةُ الجزيئيةُ
Coefficients	المعاملاتُ
Complete Ionic Equation	المعادلةُ الأيونيةُ الكاملةُ
Net Ionic Equation	المعادلةُ الأيونيةُ النهائيةُ
Spectator Ions	الأيوناتُ المُتفرجةُ
Reactant Ions	الأيوناتُ المُتَفَاعِلَةُ

التجاربُ والأنشطة

(1-2) المعادلاتُ الكيميائيةُ الرمزيةُ والأيونيةُ.

مُخْرَجَاتُ التَّعْلِمِ

- يُتَوَقَّعُ فِي نِهايَةِ الدَّرْسِ أَنْ يَكُونَ الطَّالِبُ قَادِرًا عَلَى أَنْ:
- يَكْتُبُ مُعَادلَاتٍ كِيمِيَائِيَّةً رَمْزِيَّةً مُوزُونَةً، تَتَضَمَّنُ رَمَوزَ الْحَالَةِ (s, l, g, aq) بِمَا فِي ذَلِكِ الْمُعَادلَاتِ الأِيُونِيَّةِ الْكَاملَةِ وَالْنَّهَايَيَّةِ.

للتفاعلات الكيميائية أهمية كبرى في حياتنا اليومية، فغذاء النبات ينبع من عملية البناء الضوئي بتفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء. والجازولين يحترق في محرك السيارة لتوليد الطاقة التي تحرّكها. والأنواع المختلفة من الأدوية والمنظفات ما هي إلا بعض الأمثلة على نواتج تفاعلات كيميائية؛ ولتسهيل دراسة التفاعلات الكيميائية وما يحدث فيها من تغيرات على المواد المتفاعلة وتكون مواد جديدة، فإنها تمثل بمعادلات كيميائية موزونة تتفق وقانون حفظ الكتلة. فما المقصود بالمعادلة الكيميائية؟ وما خطوات كتابتها لتفاعل ما؟ وكيف يتحقق قانون حفظ الكتلة؟ وكيف تكتب المعادلة الأيونية؟

نـشـاط 2-1

المعادلات الكيميائية الرمزية والأيونية

الهدف:	يكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة ومعادلة أيونية نهائية.
المواد الأدوات:	ميزان رقمي، محلول نترات الرصاص (II) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ، محلول يوديد البوتاسيوم KI ، كؤوس زجاجية عدد 3 سعة كل منها 100 ml، مخبر مدرج، جدول الأيونات عديدة الذرات.
الأمن والسلامة:	احذر عند التعامل مع المواد الكيميائية والأدوات الزجاجية، وارتدي القفازات والنظارات الواقية.

خطوات العمل:

- ضع كأسين زجاجيتين على الميزان الرقمي واضغط على زر إلغاء الوزن.
- ضع في إداهما 30 ml من محلول نترات الرصاص، وفي الأخرى 30 ml من محلول يوديد البوتاسيوم، ثم سجّل قراءة الميزان في الجدول.
- ضع الكأس الثالثة على الميزان، واضغط على زر إلغاء الوزن، ثم أسكب محتويات الكأسين تدريجياً في الكأس. وسجّل قراءة الميزان في الجدول الآتي:

قراءة الميزان قبل خلط المادتين	قراءة الميزان بعد خلط المادتين
_____	_____



التحليل

- ما الفرق بين قراءة الميزان قبل خلط المادتين وبعدها؟
- كيف تستدل على حدوث تفاعل كيميائي بين المادتين؟
- أكتب معادلة لفظية للتفاعل الحادث.
- أكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل الحادث مُتضمناً الحالة الفيزيائية للمواد.
- توقع، أي الأيونات لم تشارك في التفاعل.

الاستنتاج

- ما القانون الذي تعتمد عليه موازنة المعادلة الكيميائية؟
- ما المقصود بموازنة المعادلة الكيميائية؟

تذكّر أنَّ:

1- الأيونات متعددة الذرات

الأيون	الاسم
CO_3^{2-}	الكريبونات
CH_3COO^-	الأسيتات
SO_3^{2-}	الكبريتيت
SO_4^{2-}	الكبريتات
O_2^{2-}	البيروكسيد
CrO_4^{2-}	الكرومات
PO_4^{3-}	الفوسفات
ClO_3^-	الكلورات

الأيون	الاسم
NH_4^+	الأمونيوم
NO_2^-	النيتريت
NO_3^-	النترات
OH^-	الهيدروكسيد
CN^-	السيانيد
MnO_4^-	البرمنجنات
HCO_3^-	البيكربونات
ClO_2^-	الكلورايت

المُعادلةُ الكيميائيةُ المَوزوْنَةُ **Balanced Chemical Equation**

درست سابقاً أنه يمكن وصف التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية لفظية ورمزية تبين المواد المتفاعلة والنتاجة، فمثلاً يحترق فلز المغنيسيوم الصلب بوجود غاز الأكسجين ليتكون مسحوق أكسيد المغنيسيوم الصلب، ويعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة اللفظية الآتية:

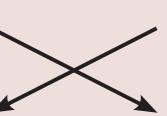


ويعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة الآتية:



حيث تبين المعادلة الكيميائية التغيرات الكيميائية التي طرأت على المواد المتفاعلة والمواد الناجة وظروف التفاعل. وتعرف المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة **Balanced Symbolic Chemical Equation** بأنها تعبير عن التفاعل الكيميائي بالرموز والصيغ الكيميائية تبين المواد المتفاعلة والمواد الناجة وكمايتها النسبية وحالاتها الفيزيائية وظروف التفاعل. وتستخدم مجموعة من الرموز للإشارة إلى الحالة الفيزيائية للمواد.

2 - خطوات كتابة الصيغ الكيميائية

Ca^{2+} Cl^- كالسيوم كلوريد	1. نكتب رموز الأيونات.
Ca^{2+} 2+ 1 Cl^- 1- 2	2. نكتب عدد الشحنات لكل أيون.
 نضع الرقم 2 بعد الكلور	3. نتبادل عدد الشحنات.
Ca Cl_2 لاحظ أن العدد 1 لا يكتب	4. الاختصار إن وجد.
	5. نكتب الصيغة الكيميائية النهائية.

أما ظروف التفاعل فهي تعني الشروط الواجب توفرها لحدوث التفاعل مثل درجة الحرارة أو الضغط أو استخدام العوامل الحفازة للتفاعل، فمثلاً تفاعلات التحلل تحتاج إلى الحرارة لحدوثها ويعبر عن ذلك بمثل صغير يكتب على السهم في المعادلة الكيميائية، وكذلك فإن إنتاج الأمونيا تحتاج إلى حرارة وضغط محددين بالإضافة إلى العوامل الحفازة. ويبين الجدول (1-2) الآتي عدداً من الرموز والإشارات المستخدمة في المعادلات الكيميائية ودلالة كل منها:

الدلالة	الرمز أو الإشارة
صلب	s
سائل	l
غاز	g
محلول مائي	aq
حرارة (أو تسخين)	△
تفاعل باتجاه واحد (الاتجاه الأمامي)	→
تفاعل انعكاسي (الاتجاهان الأمامي والعكسي)	↔
(X) : عامل حفاز للتفاعل	→ X
تكون راسب	↓
غاز متصاعد	↑

جدول 1-2 الرموز والإشارات المستخدمة في المعادلات الكيميائية

يتضمن التفاعل الكيميائي المحافظة على عدد الذرات ونوعها في المواد المتفاعلة والناتجة؛ وبذلك فإن المعادلة الكيميائية يجب أن تكون موزونة وصحيحة الرموز والصيغ؛ حيث يتحقق قانون حفظ الكتلة Law of Conservation of charge و حفظ الشحنة Law of Conservation of Mass حيث الكتلة أن المادة لا تفني ولا تستحدث من العدم؛ وبالتالي يكون مجموع كتل المواد المتفاعلة مساوياً لمجموع كتل المواد الناتجة. أما قانون حفظ الشحنة فيعني أن مجموع الشحنات الكلية الموجبة والسلبية على المواد المتفاعلة يساوي مجموع الشحنات الكلية على المواد الناتجة (وستتعرف ذلك مستقبلاً عند دراسة موضوع التأكيد والاختزال).

ومن النشاط (1-2) يمكن كتابة المعادلة اللفظية للتفاعل الحاصل كما يأتي:



ويُعبر عنها بالمعادلة الكيميائية الرمزية كما يأتي:



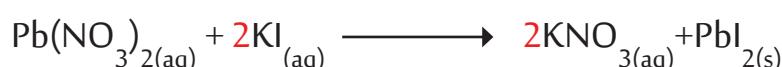
تلاحظُ من هذه المعادلة الكيميائية أنَّ ذراتَ الموادِ المتفاعلةِ لها النوعُ نفسهُ في الموادِ الناتجةِ ولكنَّ تختلفُ في عددها. ولكي يتحققُ قانونُ حفظِ الكتلةِ فإنه يجبُ وزنُ المعادلةِ الكيميائيةِ بأنْ نضعَ أعدادًا صحيحةً يسارِ الصيغِ الكيميائيةِ بحيثُ يكونُ عددُ الذراتِ في الموادِ المتفاعلةِ مُساوًياً لعددها في الموادِ الناتجةِ، ويطلقُ على تلك الأعدادِ المُعَامِلاتِ Coefficients، وهي تَصُفُ أبسطَ نسبيَّةً عدديَّةً صحيحةً لكميَّاتِ الموادِ المتفاعلةِ والناتجةِ ولا تُكتبُ قيمةً المُعَامِلِ إذا كانت قيمتهُ واحدًا صحيحةً.

ولتسهيلِ كتابةِ المعادلةِ الكيميائيةِ وموارنتها فإنه يُمكنُ اتَّباعُ الخطواتِ المُبَسَّطةِ الآتيةِ:

- نَكْتُبُ مُعَادِلَةً لفظيَّةً تُمَثِّلُ التَّفَاعُلَ الحادِثَ.
- نُحوِّلُ المعادلةِ اللفظيَّةِ إلى معادلةٍ رمزيةٍ مُبيَّنًا فيها الحالَةُ الفيزيائيةُ للموادِ المتفاعلةِ والناتجةِ، وكذلك ظروفُ التفاعلِ إنْ وُجدَتُ.
- نُحدِّدُ عددَ ذراتِ العناصرِ في الموادِ المتفاعلةِ والموادِ الناتجةِ كما يأتي:

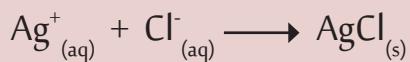
I	K	O	N	Pb	
1	1	6	2	1	عددُ الذراتِ المتفاعلةِ
2	1	3	1	1	عددُ الذراتِ الناتجةِ

4. نستخدمُ المُعَامِلاتِ المناسبةِ للمساواةِ بين عددِ ذراتِ الموادِ المتفاعلةِ والناتجةِ؛ حيثُ يلاحظُ من الجدولِ أنَّ عددَ ذراتِ كلٍّ من (N, O, I) تختلفُ في الموادِ المتفاعلةِ عنها في الناتجةِ؛ حتى يتتساوى عددها في طرفيِ المعادلةِ، فإنه يُمكنُ أنَّ نبدأً بموازنةِ اليودِ (I) وذلك بِضربِ الصيغةِ (KI) بِأصغرِ عددٍ صحيحٍ وهو (2) في هذهِ الحالَةِ، فتصبحُ عددُ ذراتِ (I) متساويةٍ في طرفيِ المعادلةِ؛ ونتيجةً لذلك سوفَ يختلفُ عددُ ذراتِ (K)، ولتساواةِ عددها في طرفيِ المعادلةِ نُضربُ الصيغةَ KNO_3 في (2)، فيصبحُ عددُ ذراتِ (N) في طرفيِ المعادلةِ (2)، وعددُ ذراتِ (O) يساوي (6). لاحظُ أنَّ الصيغةَ NO_3 تعني ذرتَينِ من النيتروجينِ وستَّ ذراتٍ من الأكسجينِ، فتصبحُ المعادلةُ موزونةً كما يأتي:



إثراء

يمكن تحقيق قانون حفظ الشحنة من خلال المعادلة الكيميائية الآتية:



حيث يلاحظ أن مجموع الشحنات الموجبة والسلبية للمواد المتفاعلة في هذه المعادلة يساوي صفرًا؛ حيث يكون مجموع شحنات الأيونين المتفاعلين $(1+) + (1-) = \text{صفرًا}$.

وكذلك يكون مجموع الشحنات على المواد الناتجة في هذه المعادلة تساوي صفرًا؛ لذلك لم تكتب شحنة على المركب AgCl .

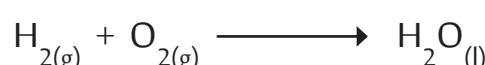
أي أن قانون حفظ الشحنة ينص على أن: "مجموع الشحنات الكلية على المواد المتفاعلة يساوي مجموع الشحنات الكلية على المواد الناتجة".

5. نتأكد من تساوي عدِّ الذرات المتفاعلة والناتجة في طرفي المعادلة، كما يأتي:

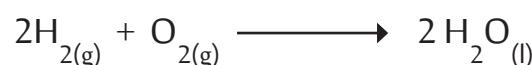
I	K	O	N	Pb	
2	2	6	2	1	عدد الذرات المتفاعلة
2	2	6	2	1	عدد الذرات الناتجة

إذا وجدنا أن عدد ذرات المواد المتفاعلة لا يساوي عدد ذرات المواد الناتجة، نكرر الخطوات (3,4,5) مرة أخرى، وهكذا حتى تصبح أعداد الذرات في المواد المتفاعلة والناتجة متساوية.

وعند موازنة المعادلة الكيميائية فإنه لا يمكن تغيير الصيغة الكيميائية للمادة لأن ذلك يتناقض مع قانون حفظ الكتلة حيث يؤدي إلى استبدال المواد المتفاعلة أو الناتجة. فمثلاً في المعادلة الكيميائية الآتية :



ويتم موازنتها باستخدام المُعامل (2) كما يأتي:



ولكن لو تم موازنتها بوضع المُعامل (2) يمين الأكسجين فإنه ينتج H_2O_2 كما في المعادلة الكيميائية الآتية:



ورغم أن عدد ذرات (H و O) متساوٍ في الطرفين، إلا أن المركبين الماء H_2O ، وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 يختلفان عن بعضهما البعض في الخواص الكيميائية والفيزيائية.

هل تعلم؟

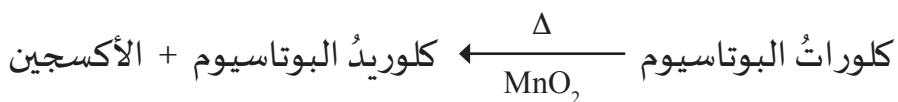
يؤدي العامل الحفاز دوراً هاماً في زيادة سرعة التفاعل الكيميائي دون أن يستهلك أثناء التفاعل الكيميائي، أي تبقى كتلته ثابتةً قبل التفاعل وبعده، ويكمُن دوره في زيادة سرعة تكسير روابط المواد المُتفاعلة وبناء الروابط الجديدة في المواد الناتجة.

تَفَكَّكُ كُلوراتُ البوتاسيوم الصلبة $KClO_3$ لتحضير غاز الأكسجين في المختبر بوجود الحرارة وثاني أكسيد المنجنيز MnO_2 بوصفه عاملاً حفازياً؛ فينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب KCl وغاز الأكسجين O_2 .

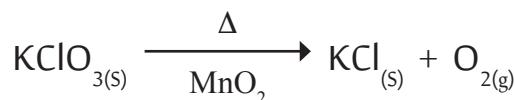
مثال (1):

- أكتب المعادلة اللفظية للتفاعل الحاصل.
- أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل.
- وازن المعادلة الكيميائية للتفاعل.

1. المعادلة اللفظية



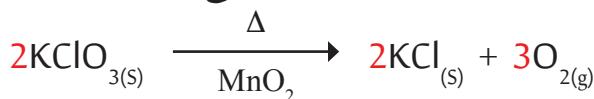
2. المعادلة الكيميائية الرمزية تتضمن الحالة الفيزيائية، وظروف التفاعل (التسخين والعامل الحفاز):



3. نحدّد عدد ذرات العناصر في المواد المتفاعلة والنتاجة كما يأتي:

O	Cl	K	
3	1	1	عددُ الذراتِ المتفاعلة
2	1	1	عددُ الذراتِ الناجة

4. نستخدم المعاملات المناسبة لمساواة عدد الذرات في المواد المتفاعلة والنتاجة، حيث نضع المعامل 3 أمام O_2 والمعامل 2 أمام $KClO_3$ لموازنة ذرات الأكسجين، ثم نضع المعامل 2 أمام KCl لموازنة ذرات (K، Cl) فتصبح المعادلة موزونة كما يأتي:



الحل:

5. نتأكد من تساوي عدد الذرات المتفاعلة والنتاجة في طرفي المعادلة. كما يأتي:

O	Cl	K	
6	2	2	عددُ الذراتِ المتفاعلة
6	2	2	عددُ الذراتِ الناجة

وبما أنَّ عددَ ذراتِ المواد المتفاعلة يُساوي عددَ ذراتِ المواد الناجة، فالمعادلة الكيميائية موزونة.

لاحظ أنَّ المادة MnO_2 ليس لها علاقة بموازنة المعادلة، فهي عامل حفاز للتفاعل.

يتفاعل محلول من هيدروكسيد الكالسيوم $\text{Ca}(\text{OH})_2$ مع محلول من حمض الفوسфорيك H_3PO_4 لإنتاج فوسفات الكالسيوم الصلب $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ والماء.

مثال(2):

1. أكتب المعادلة اللفظية للتفاعل الحاصل.
2. أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل.
3. وازن المعادلة الكيميائية للتفاعل.

1. نكتب المعادلة اللفظية كما يأتي:
حمض الفوسфорيك + هيدروكسيد الكالسيوم \longleftrightarrow فوسفات الكالسيوم + الماء

2. نكتب المعادلة الكيميائية الرمزية وتتضمن حالة الماء الفيزيائية كما يأتي:



3. نحدّد عدد ذرات العناصر في الماء المتفاعلة والناجية كما يأتي:

Ca	O	P	H	
1	6	1	5	عدد الذرات المتفاعلة
3	9	2	2	عدد الذرات الناجية

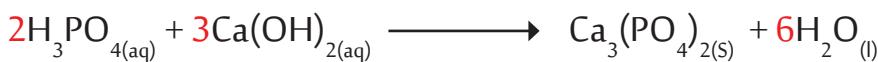
نستخدم المعاملات المناسبة لمساواة عدد الذرات في الماء المتفاعلة والناجية، حيث :

الحل:

- نضع المعامل (3) أمام $\text{Ca}(\text{OH})_2$ لموازنة ذرات (Ca).

- نضع المعامل (2) أمام H_3PO_4 لموازنة ذرات (P).

- نضع المعامل (6) أمام H_2O لموازنة ذرات (H و O).



نتأكد من تساوي عدد الذرات المتفاعلة والناجية في طرفي المعادلة كما يأتي:

Ca	O	P	H	
3	14	2	12	عدد الذرات المتفاعلة
3	14	2	12	عدد الذرات الناجية

وبما أنَّ عدد ذرات الماء المتفاعلة يساوي عدد ذرات الماء الناجية، فإنَّ المعادلة الكيميائية موزونة.



1. وَازِنَ الْمُعَادِلَةُ الْكِيمِيَائِيَّةُ الْآتِيَّةُ



2. يَتَفَاعِلُ الْكَرْبُونُ الْصُّلْبُ C مع غَازِ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَبْرِيتِ SO_2 لِإِنْتَاجِ غَازِ كَبْرِيتِيدِ الْكَرْبُون CS_2 وَغَازِ أَوَّلِ أُكْسِيدِ الْكَرْبُون CO .

a. أَكْتِبِ الْمُعَادِلَةَ الْلُّفْظِيَّةَ لِلتَّفَاعُلِ الْحَاصِلِ.

b. أَكْتِبِ الْمُعَادِلَةَ الْكِيمِيَائِيَّةَ الرَّمْزِيَّةَ لِلتَّفَاعُلِ.

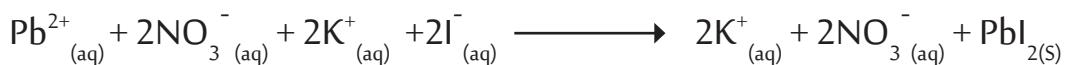
c. وَازِنَ الْمُعَادِلَةُ الْكِيمِيَائِيَّةُ لِلتَّفَاعُلِ.

المعادلة الأيونية Ionic Equation

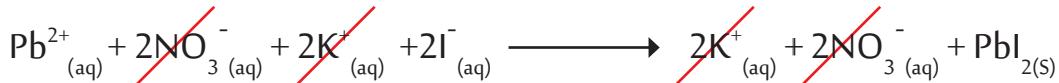
عُرِفَتْ مِنَ النَّشَاطِ (1-2) أَنَّهُ يُمْكِنُ كِتَابَةُ مُعَادِلَةٍ كِيمِيَائِيَّةٍ مَوْزُونَةٍ لِلتَّفَاعُلِ الْحَاصِلِ بَيْنَ مَحْلُولِيْ يُودِيدِ الْبُوْتَاسِيُّومِ وَنَتَرَاتِ الرَّصَاصِ (II) كَمَا يَأْتِي:



وَيُلَاحِظُ أَنَّهُ يَظْهُرُ فِي الْمُعَادِلَةِ الصِّيَغُ الْكِيمِيَائِيَّةُ لِلْمَوَادِ الْمُتَفَاعِلَةِ وَالنَّاتِجَةِ دُونَ أَنْ تَظْهُرَ الصِّيَغَةُ الْأَيُونِيَّةُ لَهَا، أَيَّ أَنَّ الْمُعَادِلَةَ لَا تُبَيِّنُ الْأَيُونَاتِ الْمُوْجُودَةِ فِي الْمَحْلُولِ الْمَائِيِّ. وَتُسَمَّى الْمُعَادِلَةُ الْكِيمِيَائِيَّةُ فِي هَذِهِ الْحَالَةِ الْمُعَادِلَةُ الْجَزِيَّيَّةُ Molecular Equation. وَلِتَوْضِيُّحِ التَّفَاعُلَاتِ الَّتِي تَتَضَمَّنُ الْأَيُونَاتِ فِي الْمَحَالِلِ الْمَائِيِّ فَقَدْ اسْتَخَدَمَ الْكِيمِيَائِيُّونَ مَا يُسَمِّيُ الْمُعَادِلَةَ الْأَيُونِيَّةَ Ionic Equation وَهِيَ الْمُعَادِلَةُ الَّتِي تَظْهُرُ فِيهَا جَمِيعُ الْأَيُونَاتِ الَّتِي تُوجَدُ فِي الْمَحْلُولِ الْمَائِيِّ. فَمَثَلًاً يُمْكِنُ كِتَابَةُ الْمُعَادِلَةِ الْسَّابِقَةِ مُتَضَمِّنَةً الْأَيُونَاتِ الَّتِي فِي الْمَحْلُولِ الْمَائِيِّ كَمَا يَأْتِي:



وَتُسَمَّى الْمُعَادِلَةُ بِهَذَا الشَّكْلِ، الْمُعَادِلَةُ الْأَيُونِيَّةُ الْكَامِلَةُ Complete Ionic Equation لَأَنَّهُ يُكَتَّبُ فِيهَا جَمِيعُ الْجُسِيمَاتِ الَّتِي فِي الْمَحْلُولِ مُثْلُ الْأَيُونَاتِ وَبَعْضِ الذَّرَاتِ أَوِ الْجَزِيَّاتِ. وَبِالنَّظَرِ إِلَى الْمُعَادِلَةِ الْكِيمِيَائِيَّةِ الْسَّابِقَةِ فَإِنَّ أَيُونَاتَ (NO_3^- و K^+) لَمْ تَتَغَيِّرْ فِي عَدْدِ ذَرَاتِهَا أَوْ عَدْدِ شُحْنَاتِهَا فَظَهَرْتُ فِي الْمَوَادِ الْمُتَفَاعِلَةِ وَالْمَوَادِ النَّاتِجَةِ كَمَا هِيَ، أَيْ إِنَّهَا لَمْ تَشْرُكْ فِي التَّفَاعُلِ وَلَمْ يَحْدُثْ لَهَا تَغَيِّرٌ كِيمِيَّيٌّ؛ لَذِكَرِ تُسَمِّيَ هَذِهِ الْأَيُونَاتِ، الْأَيُونَاتِ الْمُتَفَرِّجَةِ Spectator Ions. وَيَتَمُّ حَذْفُهَا مِنْ طَرَفِ الْمُعَادِلَةِ كَمَا يَأْتِي:



يُلاحظُ أنه بعد حَذفِ الأيوناتِ المُترجِّة لم يتبقَ في هذه المُعادلةِ سوى الأيوناتِ المُتَفَاعِلَةِ **Reactant Ions** وهي أَيوناتٌ تدخلُ في التَّفَاعُلِ الكيميائي وتُشارِكُ به مثلَ أَيوناتِ الرصاصِ (Pb^{2+}) وأَيوناتِ اليوديد (I^-) التي ينْتَجُ عن تَفَاعُلِهَا رَاسِبٌ أَصْفَرُ اللُّونِ من يوديد الرصاصِ (PbI_2). وهذا يُمْكِنُ كتابةُ المُعادلةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَايِّيَّةِ **Net Ionic Equation** وهي المُعادلةُ التي تَظَهُرُ فِيهَا الأَيوناتِ المُتَفَاعِلَةِ فَقَطَ ، كَمَا يَأْتِي:



خطوات كتابة المُعادلةِ الأَيُونِيَّةِ الكَاملَةِ وَالنَّهَايِّيَّةِ كَمَا يَأْتِي:

يُمْكِنُ الاستِرْشَادُ بِالخطواتِ الْمُبَسَّطَةِ الْآتِيَّةِ لِكتابَةِ المُعادلَتَيْنِ الأَيُونِيَّتَيْنِ الكَاملَةِ وَالنَّهَايِّيَّةِ:

1. موازنةُ المُعادلةِ الكيميائيةِ الجزيئيةِ.
2. كتابةُ المُعادلةِ الأَيُونِيَّةِ الكَاملَةِ مُبَيَّنًا فِيهَا جَمِيعُ الْجُسِيمَاتِ (أَيونات، جَزِيَّات، ذَرَات)، وَمُعَالَمَاتِهَا وَحَالَاتِهَا الْفِيَزِيَّائِيَّةِ، لِلْمَوَادِ الْمُتَفَاعِلَةِ وَالنَّاتِجَةِ الْمُوْجَودَةِ فِي المُعادلةِ.
3. تحديدُ الأَيوناتِ الَّتِي تَفَاعَلَتْ، وَالْأَيوناتِ الَّتِي لَمْ تَتَفَاعَلْ (الأَيوناتِ المُترَجِّةِ) فِي التَّفَاعُلِ.
4. حَذفُ الأَيوناتِ المُترَجِّةِ مِن طَرْفِيِّ المُعادلةِ.
5. كتابةُ المُعادلةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَايِّيَّةِ الَّتِي تَشَمَّلُ الأَيوناتِ الْمُتَفَاعِلَةِ الَّتِي يَنْتَجُ عن تَفَاعُلِهَا رَاسِبٌ صَلْبٌ أَوْ غَازٌ أَوْ سَائِلٌ، إِضَافَةً إِلَى الْجُسِيمَاتِ الْأُخْرَى الْمُوْجَودَةِ فِي التَّفَاعُلِ.

وَيُلاحظُ مِن المُعادلةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَايِّيَّةِ أَنَّهَا مُوزُونَةٌ مِنْ حِيثُ عَدْدِ الذَّرَاتِ الْمُتَفَاعِلَةِ وَالنَّاتِجَةِ، أَيْ إِنَّهَا تُحَقِّقُ قَانُونَ حِفْظِ الْكَتْلَةِ، وَهِي مُوزُونَةٌ كَذَلِكَ مِنْ حِيثُ عَدْدِ الشُّحَنَاتِ؛ أَيْ إِنَّهَا تُحَقِّقُ قَانُونَ حِفْظِ الشُّحَنَةِ أَيْضًا.

يتفاعل محلول كلوريد الألومنيوم AlCl_3 مع محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، فينتج هيدروكسيد الألومنيوم الصلب $\text{Al}(\text{OH})_3$ و محلول كلوريد الصوديوم NaCl .

1. أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة .

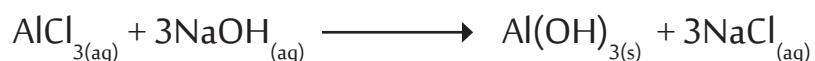
2. أكتب المعادلة الأيونية الكاملة.

3. حدد الأيونات المترجلة في المعادلة.

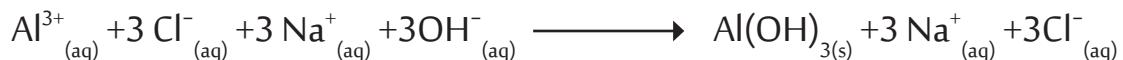
4. أكتب المعادلة الأيونية النهائية.

مثال(3):

1. المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:



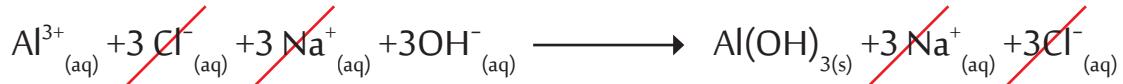
2. المعادلة الأيونية الكاملة:



الحل:

3. الأيونات المترجلة هي : أيونات الصوديوم Na^{+} وأيونات الكلوريد Cl^{-}

4. المعادلة الأيونية النهائية:



يتفاعل محلول من فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 مع محلول من كلوريد الحديد (III) FeCl_3 فينتج محلول من كلوريد الصوديوم NaCl ويترسب فوسفات الحديد (III) FePO_4 .

1. أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة.

2. أكتب المعادلة الأيونية الكاملة.

3. حدد الأيونات المترسبة في المعادلة.

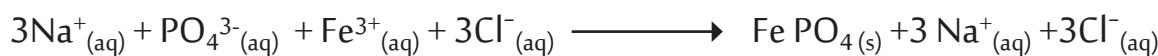
4. أكتب المعادلة الأيونية النهائية.

مثال (4):

1. المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

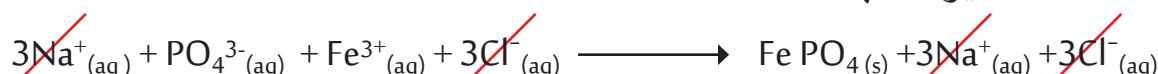


2. المعادلة الأيونية الكاملة:



3. الأيونات المترسبة هي: أيونات الصوديوم Na^+ وأيونات الكلوريد Cl^-

4. المعادلة الأيونية النهائية:

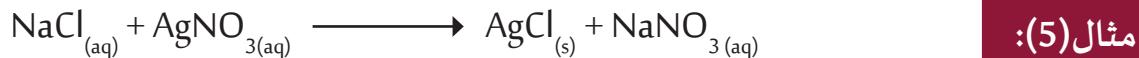


وبالتالي تصبح المعادلة الأيونية النهائية كما يلي:



الحل:

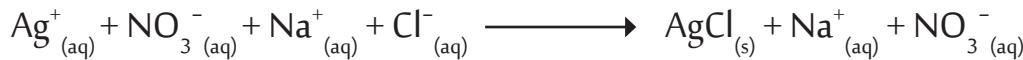
يَتَفَاعَلُ مَحْلُولًا نَتَرَاتِ الْفَضْيَةِ AgNO_3 وَكُلُورِيدِ الصُّودِيُومِ NaCl وَفِي الْمُعَادَلَةِ الكِيمِيَائِيَّةِ الرَّمْزِيَّةِ المُوزُونَةِ الْأَتِيَّةِ:



1. أُكْتَبِ الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ الْكَامِلَةِ.

2. أُكْتَبِ الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَائِيَّةِ.

1. الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ الْكَامِلَةِ:



2. الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَائِيَّةِ:

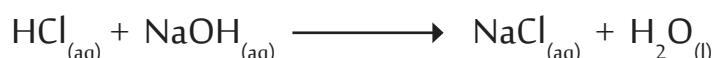


الحل:

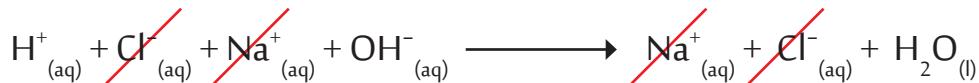
وَبِالْتَّالِي تَصْبِحُ الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَائِيَّةُ كَمَا يَلِي:



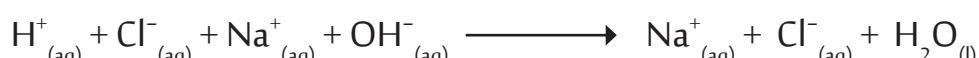
وَالْجَدِيرُ بِالذِّكْرِ أَنَّهُ عِنْدَ كِتَابَةِ الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَائِيَّةِ تَظَهُرُ الأَيُونَاتُ الَّتِي تَفَاعَلَتْ وَنَتَجَ عَنْ تَفَاعُلِهَا مَادَّةٌ صَلْبَةٌ (s) أَوْ سَائِلَةٌ (l) أَوْ غَازِيَّةٌ (g)، إِضَافَةً إِلَى جُسْمَيْنِ أُخْرَى قَدْ تَكُونُ مُوجَودَةً فِي التَّفَاعُلِ وَيُشَارُ إِلَيْهَا بِالرَّمْزِ (s) وَالرَّمْزِ (g). وَمَثَالُ ذَلِكِ تَكُونُ H_2O السَّائِلَ مِنْ تَفَاعُلِ التَّعَادِلِ بَيْنَ مَحْلُولِي حِمْضِ الْهِيدْرُوكُلُورِيكِ HCl وَهِيدْرُوكَسِيدِ الصُّودِيُومِ NaOH كَمَا هُوَ مُوَضَّحُ بِالْمُعَادَلَةِ الكِيمِيَائِيَّةِ الْجَزِيَّةِ المُوزُونَةِ الْأَتِيَّةِ:



وَيُمْكِنُ التَّعْبِيرُ عَنْهَا بِاسْتِخْدَامِ الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ الْكَامِلَةِ كَمَا يَأْتِي:



وَيُحَذَّفُ الأَيُونَاتِ الْمُتَفَرِّجَةُ مِنْ الْمُعَادَلَةِ وَهِيَ أَيُونَاتُ Na^+ وَ Cl^- ، كَمَا هُوَ مُوَضَّحُ بِمَا يَأْتِي:



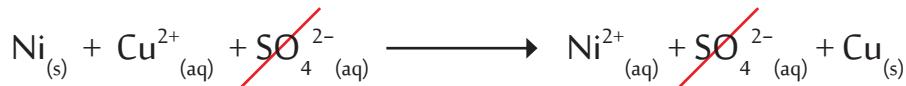
فَإِنَّهُ يَتَبَقَّى الْمُعَادَلَةِ الأَيُونِيَّةِ النَّهَائِيَّةِ كَمَا يَأْتِي:

وَيُلَاحِظُ مِنْ هَذِهِ الْمُعَادَلَةِ أَنَّ الْأَيُونَيْنِ الْمُتَفَاعِلِيْنِ قدْ أَنْتَجَا H_2O فِي حَالِتِهِ السَّائِلَةِ (l).

أكتب المعادلة الأيونية النهائية لما يأتي:



مثال(6):



وبالتالي تصبح المعادلة الأيونية النهائية كما يأتي:



الحل:

لاحظ أنه لم يتم حذف Ni في المعادلة السابقة لأن المادة المُتفاعلة هي ذرات صلبة أما المادة الناتجة فهي أيون Ni^{2+} وهذا يختلفان عن بعضهما؛ لذلك لا يعتبر أيونات مُتفرجة. وكذلك الأمر بالنسبة لأيونات Cu^{2+} التي تختلف عن المادة الناتجة Cu .

1. ما الفرق بين المعادلة الكيميائية الرمزية(الجزئية) والمعادلة الأيونية الكاملة؟



A
B

2. أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة ، والمعادلة الأيونية الكاملة، والمعادلة

الأيونية النهائية لتفاعل محلول كبريتات الليثيوم Li_2SO_4 مع محلول نترات

الكالسيوم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ لإنتاج محلول نترات الليثيوم LiNO_3 وراسب من كبريتات

الكالسيوم CaSO_4 الصلبة.

الأفكار الرئيسية:

- المعادلة الكيميائية الرمزية (الجزئية) هي تعبير بالرموز والصيغ الكيميائية عن المواد المُتفاعلة والنتاجة حالاتها الفيزيائية وكمياتها النسبية وظروف التفاعل.
- يتضمن التفاعل الكيميائي المحافظة على عدد الذرات ونوعها ومجموع الشحنات في المواد المُتفاعلة والنتاجة بما يحقق قانون حفظ الكتلة، وحفظ الشحنة.
- مُعاملات المعادلة الكيميائية تصف أبسط نسبة عدديّة صحيحة لكميات المواد المُتفاعلة والنتاجة.
- المعادلة الأيونية الكاملة هي تعبير عن المعادلة الكيميائية التي يظهر فيها جميع الجسيمات في محلول.
- المعادلة الأيونية النهائية هي تعبير عن المعادلة الكيميائية التي تُبيّن الأيونات المُتفاعلة فقط.
- الأيونات المُترفرجة هي الأيونات التي لم تشارك في التفاعل ولم يحدث لها تغيير كيميائي، حيث تظهر في طرف المعادلة الأيونية الكاملة كما هي.

تقدير الدَّرْسِ الأوّل



أولاً: اختر رمزاً إجابةً الصحيحة فيما يأتي:

1. ما المعادلة الافتراضية الموزونة التي ينطبقُ عليها قانون حفظ الكتلة من المعادلات الآتية؟



2. ما الذي يتبقى في المعادلة الأيونية النهائية؟

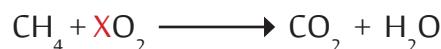
-a الأيونات المتفاعلة فقط.

-b الأيونات المتفرجة فقط.

-c جميع الجسيمات في محلول.

-d الجسيمات التي لم تتغير كيميائياً.

3. ما قيمة المعامل $\textcolor{red}{X}$ الذي يجعل المعادلة الآتية موزونة؟



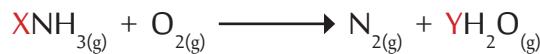
1 -a

2 -b

3 -c

4 -d

4. ما قيمة المعاملين $(\textcolor{red}{X}, \textcolor{red}{Y})$ اللذين يجعلان المعادلة الكيميائية الآتية موزونة؟



$\text{X}=4, \text{Y}=6$ -a

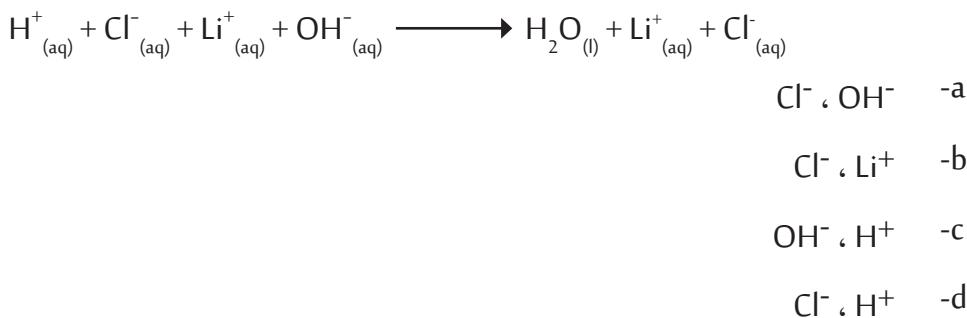
$\text{X}=2, \text{Y}=4$ -b

$\text{X}=3, \text{Y}=3$ -c

$\text{X}=6, \text{Y}=4$ -d

تابع تقويم الدرس الأول

5. ما الأيونات المُترجحة في المعادلة الأيونية الآتية؟ 



ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة

1. عند مزج سائل الهيدرازين N_2H_4 مع سائل رابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4 فإنهما يتفاعلان بشدة ليكونا غاز النيتروجين N_2 والماء السائل. أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة.

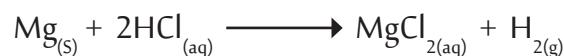
2. وازن المعادلة الكيميائية الآتية:



3. يتفاعل محلول من كلوريد النحاس(II) CuCl_2 ، مع محلول من فوسفات البوتاسيوم K_3PO_4 ، فينتج محلول من كلوريد البوتاسيوم KCl ، وراسب صلب من فوسفات النحاس $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ (II). أجب عن الأسئلة الآتية:

- a أكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة.
- b أكتب المعادلة الأيونية الكاملة.
- c أكتب المعادلة الأيونية النهاية.

4. أكتب المعادلة الأيونية النهاية لما يأتي:



5. ما الأيونات المترجحة والأيونات المترادفة في المعادلة الآتية؟ 

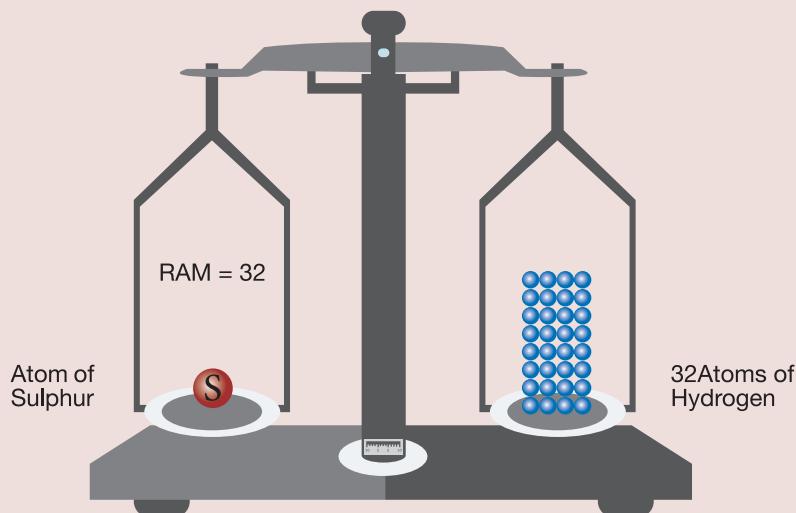


الدَّرْسُ الثَّانِي

2-2

الكتلة الذرية النسبية والكتلة الجزيئية النسبية

Relative Atomic And Relative Molecular Mass



المفردات الرئيسية



Relative Atomic Mass(RAM)

الكتلة الذرية النسبية

Relative Molecular Mass(RMM)

الكتلة الجزيئية النسبية

Relative Formula Mass(RFM)

كتلة الصيغة النسبية

Relative Isotopic Mass

الكتلة النسبية للنظير

Percent Composition

النسبة المئوية

التجارب والأنشطة

(2-2) الكتلة الذرية للعنصر

(3-2) النسبة المئوية بالكتلة

مخرجات التعلم

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

• يُعرف المقصود بالمصطلحات: الكتلة الذرية النسبية(RAM)، الكتلة الجزيئية النسبية (RMM)، ويَحِسِّب الكتلة الجزيئية النسبية وكتلة الصيغة النسبية (RFM) كمجموع لكتل الذرية النسبية. ويَحِسِّب النسبة المئوية لكتلة عنصر في المركب باستخدام البيانات المناسبة.

• يُعرف المقصود بـمِصطلح الكتلة النظائرية النسبية على أساس مِقياس الكربون -12، ويَحِسِّب الكتلة الذرية النسبية لعنصر مُعين باستخدام الوفرة النسبية لنظائر العنصر.

مُقدِّمة

درست سابقاً أنَّ الكتلة هي مقياس لكمية المادة في الجسم، وأنَّ كتلة الذرة صغيرة جدًا؛ إذ إنَّ كتلة البروتون الواحد فيها تساوي 1.67×10^{-24} g، وتترَكَّز كتلة الذرة في نواةها التي تحوي بروتوناتٍ موجبة الشحنة ونيوتروناتٍ مُتعادلة، ويدورُ حول النواة إلكتروناتٍ سالبة. وكما أنَّ للذرات أحجاماً مُحددةً قيَسَت بدلالة نصف قطرها الذري، فإنَّ للذرات أيضاً كتلاً ذريةً مُحددةً. فما المقصود بالكتلة الذرية للذرة؟ وكيف تمَّ قياسُها؟

الكتلة الذرية النسبية (RAM)

نظرًا لصغرِ كتلة الذرة فإنه يصعبُ التعامل معها في الحسابات الكيميائية؛ لذا جاء الكيميائيون إلى اعتماد مقياسٍ يمكنُ من خلاله معرفةِ الكتلة الذرية للعنصرِ ومقارنته بغيرها من العناصر، وقد اعتمَد لهذا الغرض مقياسٌ هو ذرة الكربون-12 التي تحتوي 6 بروتوناتٍ و6 نيوتروناتٍ؛ حيث إنَّ كتلة هذه الذرة تُساوي 12 وحدةً سُمِّيتُ كلُّ منها وحدةً كتلةً ذريةً؛ وبذلك فإنَّ كتلة الذرة تُقاسُ بوحدةِ الكتلِ الذرية (و.ك.ذ)، ويرمزُ لها بالرمزِ (amu) وعليه فقد أصبحت كتلُ الذرات الأخرى تُقاسُ بدلالة وحدةِ الكتلِ الذرية.

وتُعرفُ الكتلة الذرية النسبية Relative Atomic Mass بأنَّها متوسط الكتلِ الذرية لنظرائر ذرة عنصرٍ ما؛ حيث يوجد لذرة عنصر الهيدروجين مثلاً عدة نظرائر لكل منها كتلة تختلف عن كتل باقي النظرائر. مقيمةً بوحدةِ الكتلِ الذرية. ويمكنُ النظر إلى أنَّ وحدةَ الكتلِ الذرية لذرة أيِّ عنصرٍ أنها تُساوي $1/12$ من كتلة ذرة الكربون-12.

نشاط 2-2

الكتلة الذرية للعنصر

الهدف:

تحديد الكتل الذرية لمجموعة من ذرات العناصر.

المواد الأدوات:

بطاقات لبعض العناصر.

خطوات العمل:

أدرس وزملاؤك الشكل الآتي للعناصر، ثم أكمل الجدول الذي يليه:



Ne	N	C	B	Li	العنصر
					عدد البروتونات
					عدد النيوتونات
					العدد الكتلي
					الكتلة الذرية النسبية (amu)
					الكتلة الذرية (g)
					القيمة التقريبية للكتلة الذرية

التحليل:

- ما العلاقة بين قيمة الكتلة الذرية النسبية (amu) وكتلتها بوحدة (g)؟
- ما العلاقة بين قيمة الكتلة الذرية النسبية وقيمتها التقريبية؟
- ما العلاقة بين القيمة التقريبية للكتلة الذرية والعدد الكتلي؟

الاستنتاج:

ما المقصود بالكتلة الذرية النسبية؟

إثاء

اقتصر العالم دالتون كتلة ذرة الهيدروجين كوحدة لقياس الكتلة الذرية، ثم اقتصر العالم فرنسيس أستون 1/16 من كتلة ذرة الأكسجين-16؛ ونتيجةً للأبحاث المستمرة للاتحاد الدولي للكيمياء التطبيقية، تم اعتماد ذرة الكربون-12 لكي تكون وحدة لقياس الكتلة الذرية النسبية للذرات الأخرى. لأنها الأكثر استقراراً في الطبيعة، وهي تساوي $1.6605389 \times 10^{-24}$ g.

ويمكن معرفة الكتلة الذرية للعنصر بطرق مختلفة، منها:

1. من الجدول الدوري مباشرةً؛ حيث يعبر عن هذه الكتلة بوحدة amu أو g.
2. من مجموع البروتونات والنيوترونات؛ حيث إن العدد الكتلي يساوي القيمة التقريبية للكتلة الذرية.
3. من خلال وجود النظائر في الطبيعة؛ حيث يحسب كتلة النظير مضروباً في نسبة وجوده.

تحتوي قيم الكتلة الذرية المُقاسة عادةً على كسورٍ نظراً لوجود نظائر لهذه العناصر. ولتسهيل التعامل مع الحسابات الكيميائية فإنه يمكن التعبير عن قيم الكتلة الذرية النسبية للذرات بقيم تقريبية. ويبين الجدول (2-2) بعضًا من قيم الكتلة الذرية النسبية لبعض الذرات وقيمها التقريبية (بوحدة amu) :

القيمة التقريبية	الكتلة الذرية النسبية	العنصر	القيمة التقريبية	الكتلة الذرية النسبية	العنصر
16	15.999	O	1	1.008	H
23	22.989	Na	27	26.982	Al
35.5	35.453	Cl	40	40.078	Ca

الجدول 2-2: قيم الكتلة الذرية النسبية لبعض الذرات وقيمها التقريبية.

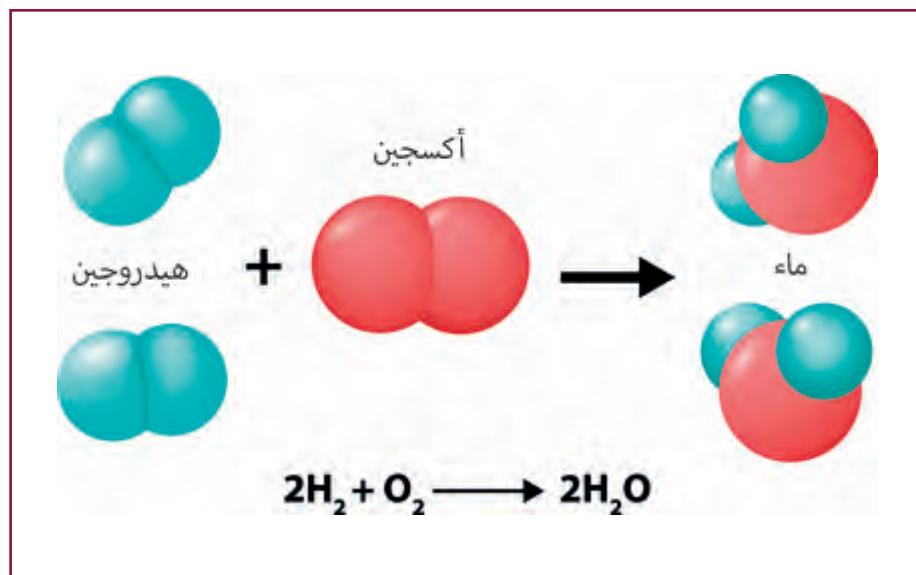
استعن بالجدول الدوري للعناصر للإجابة عن السؤال الآتي .



القيمة التقريبية	الكتلة الذرية النسبية	العنصر
		F
		Br
		Si
		K

الكتلة الجزيئية النسبية (RMM)

عند معرفة الصيغة الكيميائية للجزيء التي تُبيّن عدد الذرات ونوعها، فإنه يمكن تحديد الكتلة الجزيئية النسبية للجزيء الواحد في المركب التساهي. وتُعرف الكتلة الجزيئية النسبية Relative Molecular Mass (RMM) بأنها مجموع الكتل الذرية النسبية للذرات الموجودة في الجزيء عندما يكون المركب تساهيًّا مُقاسًا بوحدة amu. فمثلاً جزيء الماء H_2O يتضمن روابط تساهيَّة بين ذرة أكسجين واحدة وذرتَي هيدروجين، كما هو مُوضح في المعادلة الموزونة في الشكل (1-2) الآتي:



الشكل 1-2: التَّفاعُلُ بين الأكسجين والهيدروجين لتكوين الماء

ويمكن حساب كتلة جزيء واحد من الماء H_2O بجمع الكتل الذرية لجميع ذرات العناصر المكونة للجزيء، وبالرجوع إلى الجدول الدوري نجد أن القيمة التقريبية للكتلة الذرية النسبية لذرة الأكسجين تُساوي (16 amu) ولذرة الهيدروجين تُساوي (1 amu)، فإنه يمكن حساب كتلة جزيء واحد من الماء التي تُسمى الكتلة الجزيئية النسبية كما يأتي:

الكتلة الجزيئية النسبية $RMM = (\text{الكتلة الذرية النسبية للأكسجين} \times \text{عدد الذرات}) + (\text{الكتلة الذرية النسبية للهيدروجين} \times \text{عدد الذرات})$

$$\begin{aligned} RMM &= (16 \times 1) + (2 \times 1) \\ &= 18 \text{ amu} \end{aligned}$$

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، احسب كتلة جزيء الماء باستخدام الكتل الذرية النسبية دون تقرير الأرقام وقارن نتيجتك بالقيمة التقريبية المحسوبة.



مثال (1):

يلاحظُ أنَّ الجُزِيَّة SO_2 يتكونُ من ذرتي أكسجين O وذرة كبريت S ، وبالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر فإنَّ قِيمَ الكتْلَ النَّسْبِيَّة لذراتِ العَنْصُرَيْن بِوَحْدَة amu هي :

(O = 16 , S = 32) وبذلك نحسبُ الكتلة الجزيئية النسبية كما يأتي :

الكتلة الحزئية النسبية =

الحل:

الكتلة الذرية النسبية للأكسجين \times عدد الذرات) + (الكتلة الذرية النسبية للكبريت \times عدد الذرات)

$$\begin{aligned}
 \text{RMM} &= (16 \times 2) + (32 \times 1) \\
 &= 32 + 32 \\
 &= 64 \text{ amu}
 \end{aligned}$$

مثال (2)

يُلاحظُ أَنَّ الْجُزِيَّةَ يَتَكَوَّنُ مِنْ 4 ذَرَاتٍ أَكْسَجِين 0 ، وَذَرَةٌ فَسْفُورٌ وَاحِدَةٌ وَ3 ذَرَاتٍ

هیدرو جین H

ويمعرفة الكتل الذرية النسبية بوحدة (amu) (O = 16, P = 31, H = 1)، فإنَّ:

الكتلة الجُزئية النسبية =

$$\text{الكتلة الذرية النسبية للأكسجين} \times \text{عدد الذرات} + (\text{الكتلة الذرية النسبية للفسفور} \times \text{عدد الذرات}) + (\text{الكتلة الذرية النسبية للهيدروجين} \times \text{عدد الذرات})$$

$$\begin{aligned}
 \text{RMM} &= (16 \times 4) + (31 \times 1) + (1 \times 3) \\
 &= 64 + 31 + 3 \\
 &= 98 \text{ amu}
 \end{aligned}$$

الحل:

استعن بالجدول الدوري للعناصر واحسب الكتلة الجزيئية النسبية للكل من الجزيئات:



كتلة الصيغة النسبية (RFM)

يتكون المركب الأيوني من عدد هائل من الأيونات الموجبة والسلبية بناءً على ذلك، وتسمى الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني وحدة الصيغة الكيميائية Chemical Formula Unit وتعني أبسط نسبة للأيونات في المركب الأيوني، أي إنها تمثل وحدة واحدة فقط من الشبكة البلورية للمركب الأيوني. ولهذه الصيغة كتلة تُعرّف عن كتلة الوحدة البنائية في المركب الأيوني تسمى كتلة الصيغة النسبية. وتُعرف كتلة الصيغة النسبية Relative Formula Mass بأنها مجموع الكتل النسبية للذرات الموجودة في الصيغة في المركب الأيوني مقاسة بوحدة amu. وتحسب كتلة الصيغة النسبية بنفس طريقة حساب الكتلة الجزيئية النسبية، فمثلاً يحتوي مركب فلوريد المغنيسيوم MgF_2 روابط أيونية، ويمكن حساب كتلة الصيغة النسبية له باستخدام الكتل الذرية النسبية بوحدة amu: $Mg = 24, F = 19$ (amu) كما يأتي:

$$\text{كتلة الصيغة النسبية} =$$

$$(\text{الكتلة الذرية النسبية للمغنيسيوم} \times \text{عدد الذرات}) + (\text{الكتلة الذرية النسبية للفلور} \times \text{عدد الذرات})$$

$$\begin{aligned} RFM &= (24 \times 1) + (19 \times 2) \\ &= 24 + 38 \\ &= 62 \text{ amu} \end{aligned}$$

مثال (3):

احسب كتلة الصيغة النسبية للمركب $Ca(NO_3)_2$

الحل:

الكتل الذرية النسبية بوحدة amu: $O = 16, Ca = 40, N = 14$

تلاحظ من صيغة المركب أنها تتكون من 6 ذرات O، وذرتين N، وذرة Ca لذلك

$$\begin{aligned} RFM &= (16 \times 6) + (14 \times 2) + (40 \times 1) \\ &= 96 + 28 + 40 \\ &= 164 \text{ amu} \end{aligned}$$

استعن بالجدول الدوري للعناصر واحسب كتلة الصيغة النسبية للمركب Na_2CO_3 .



حساب الكتلة الذرية النسبية Calculation of Relative Atomic Mass

درست في الوحدة الأولى أن هناك ذرات لعنصر الواحد لها العدد الذري نفسه ولكنها تختلف في أعدادها الكتليلية، وكذلك تختلف في نسبة وجودها في الطبيعة تسمى النظائر؛ وهذا فإن معظم العناصر تتكون من خليط من ذرات لها الصفات نفسها لكنها تختلف في كتلها، فمثلاً بعض ذرات النحاس (Cu) تتواجد في الطبيعة بنسبة تقارب 69% وكتلها الذرية تساوي 62.9298 وحدة ذرية، في حين تتواجد في الطبيعة ذرات أخرى للنحاس بنسبة تقارب 31% وكتلها الذرية تساوي 64.9278 وحدة ذرية؛ وبذلك تتم حساب متوسط الكتلة الذرية النسبية لذرات العنصر، مقيسها بوحدة الكتلة الذرية amu. كما يأتي:

$$\text{الكتلة الذرية النسبية} =$$

$$\frac{(\text{الكتلة الذرية للناظير الأول} \times \text{نسبة وجوده}) + (\text{الكتلة الذرية للناظير الثاني} \times \text{نسبة وجوده})}{100}$$

وبتطبيق هذه المعادلة على ذرات عنصر النحاس ينتج:

$$\text{الكتلة الذرية النسبية للنحاس} =$$

$$\begin{aligned} \text{RAM} &= \frac{62.9298 \times 69}{100} + \frac{64.9278 \times 31}{100} \\ &= 43.421562 + 20.127897 \\ &= 63.55 \text{ amu} \end{aligned}$$

إن الفرق بين كتلة ذرة وكتلة ذرة أخرى من العنصر نفسه يساوي تقرباً كتلة نيوترون أو أكثر، فالفرق بين كتلتى ذرتي النحاس ($64.9278 - 62.9298 \approx 2$)، وهذا المقدار يمثل كتلة نيوترونين. أي إن الذرتين تختلفان في عدد النيوترونات في نواتيما، وهذا الاختلاف لا يؤثر في سلوكهما الكيميائي لأن لهما العدد الذري نفسه.

هذا وتُعرَّف الكتلة النسبية للنظير **Relative Isotopic Mass** بأنها كتلة ذرة نظير العنصر مقاسةً بوحدة الكتلة الذرية **amu**. ويُستخدم جهاز خاص يُسمى مطياف الكتلة **Mass Spectrometer** للحصول على معلوماتٍ عن الكتلة النسبية لنظائر العنصر وكذلك نسب وجودها في الطبيعة، انظر الشكل (2-2) الذي يُبيّن جهاز مطياف الكتلة.

إثراء

جهاز مطياف الكتلة

اخترع العالم البريطاني فرانسيس وليم آستون جهاز مطياف الكتلة؛ حيث يعمل هذا الجهاز على فصل الذرات ذات الكتلة الذرية المختلفة وقياس كتلها بدقة كبيرة؛ وبذلك استطاع العالم آستون اكتشاف نظائر لمعظم العناصر؛ حيث يكون عدد البروتونات في نظائر العنصر الواحد ثابتاً، ولكنها تختلف في عدد النيوترونات. وقد مُنح جائزة نوبل في الكيمياء عام 1922.



الشكل 2-2: مقطع في جهاز مطياف الكتلة

مُعظم العناصر في الطبيعة لها نظائر تختلف في نسبة وجودها، فمثلاً أبرز النظائر لعنصر الكلور تكون غالباً على شكل ذرات (كلور-35)، وذرات (كلور-37)، ويبين الجدول (2-3) مقارنةً بين هذين النظيرين كما يأتي:

الكلور-37	الكلور-35	النظير
$^{37}\text{Cl}_{17}$	$^{35}\text{Cl}_{17}$	الرمز
37	35	العدد الكتلي
17	17	عدد البروتونات
20	18	عدد النيوترونات
24.23	75.77	نسبة وجوده في الطبيعة %
36.97	34.97	الكتلة الذرية النسبية للنظير

الجدول 2-3: مقارنةً بين نظيري الكلور 35 و 37

وبذلك تُحسب الكتلة الذرية النسبية لعنصر الكلور بدلالة النظيرين 35 و 37 كما يأتي:

$$\frac{(\text{كتلة نظير الكلور-35} \times \text{نسبة وجوده}) + (\text{كتلة نظير الكلور-37} \times \text{نسبة وجوده})}{100} = \text{الكتلة الذرية النسبية}$$

$$\text{RAM} = \frac{36.97 \times 24.23}{100} + \frac{34.97 \times 75.77}{100}$$

$$= 8.96 + 26.50 = 35.46$$

$$\approx 35.5 \text{ amu}$$

لعنصر البورون B نظيران في الطبيعة كما يأتي. احسب الكتلة الذرية النسبية لذرة عنصر البورون.

مثال (4):

البورون-11	البورون-10	النظير
11.009	10.013	الكتلة الذرية النسبية للنظير
80.2	19.8	نسبة وجود النظير في الطبيعة %

تُحسب الكتلة الذرية النسبية لعنصر البورون بدلالة النظيرين 10 و 11 كما يأتي:

$$\text{الكتلة الذرية النسبية} =$$

$$\frac{(\text{كتلة النظير-10} \times \text{نسبة وجوده}) + (\text{كتلة النظير-11} \times \text{نسبة وجوده})}{100}$$

الحل:

$$\text{RAM} = \frac{80.2 \times 11.009}{100} + \frac{19.8 \times 10.013}{100}$$

$$= 10.81 \text{ amu}$$

احسب الكتلة الذرية النسبية لذرة العنصر (X) اعتماداً على المعلومات الآتية:

نسبة وجود النظير في الطبيعة %	الكتلة الذرية النسبية amu	نظائر العنصر X
95.02	31.972	النظير الأول
0.75	32.971	النظير الثاني
4.21	33.968	النظير الثالث
0.02	35.967	النظير الرابع



النسبة المئوية لكتلة العنصر في المركب Percent Composition

عادةً يشغل بعض الكيميائيين في إنتاج عيناتٍ من مركباتٍ كيميائيةٍ متنوعةٍ تمهدًّا لإنتاج كمياتٍ تُستخدمُ على نطاقٍ واسعٍ في مناحي الحياة المختلفة، وبالمقابل فإن بعض الباحثين يُجرون الأبحاث لتحليل المادة إلى مكوناتها الأساسية لتحديد العناصر الداخلة في تركيبها والنسبة المئوية لكتل هذه العناصر؛ مما يُساعِمُ في تطوير وتحسين خصائص المواد المنتجة لتصبح ضمنَ المعايير المرغوبة.

إذا تَفَحَّصَت مُلصقاً على عبواتِ ماء الشرب أو عبواتِ العصائر ستلاحظُ أنه يُكتبُ عليه أسماءُ المواد المكونة لها ونسبة وجودها في حجمٍ معينٍ في العبوة بوحدةٍ مللي جرام/لتر (mg/L). وكذلك الحال في جميع المركبات الكيميائية حيث تَتَكَوَّنُ من عناصرٍ بِنَسَبٍ مُعْيِنةٍ.

تُعرَّفُ النسبة المئوية بالكتلة Percent Composition بأنها نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب. وتحسبُ النسبة المئوية بالكتلة لأي عنصرٍ بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب مضروباً في (100) ، ويمكن التعبيرُ عن ذلك بالقانون الآتي:

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100\%$$

فمثلاً عينة من مركب كتلتها 100 g تحتوي على 75 g من عنصر X و 25 g من عنصر Y ، فإنه يمكن حساب النسبة المئوية لكتلة كل من العنصرين الإفتراضيين (X و Y) كما يأتي :

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر } X) = \frac{\text{كتلة العنصر } X}{\text{كتلة المركب}} \times 100\%$$

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

وبنفس الطريقة تُحسب النسبة المئوية بالكتلة للعنصر Y حيث :

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر } Y) = \frac{\text{كتلة العنصر } Y}{\text{كتلة المركب}} \times 100\%$$

$$= \frac{25 \times 100\%}{100} \\ = 25\%$$

وحيث إن النسبة المئوية بالكتلة تعني أجزاء من مئة فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة للعناصر المكونة للمركب تساوي 100% . وُسمى النسبة المئوية بالكتلة لجميع العناصر الداخلة في تكوين المركب بالتركيب النسبي المئوي للمركب .Percent Composition for Compound

تعاون مع زملاءك في البحث عن أهمية حساب النسبة المئوية لكتلة عنصر في



مركب كيميائي في مجال الدواء والغذاء.



اخبر نفسك

 نشاط 3-2

النسبة المئوية بالكتلة

الهدف:

حساب النسبة المئوية لمكونات أكسيد المغنيسيوم.

طبقٌ خَرَفيٌّ مع غطائِه (إذا لم يتوفَّر غطاءٌ للطبقِ الخَرَفيِّ يُمْكِن استخدام قطعةٍ سيراميك كغطاءٍ)، شبكةٌ تسخين، منصبٌ ثلاثيٌّ، ملقطٌ خشبي، مصدرٌ لهبٍ، قَطَارَةٌ، ميزانٌ إلكتروني، شريطٌ مَغَنِيَّ مَيَّوْم، ماءٌ، ورقٌ صَنَفَرَةٌ.

المواد والأدوات:

خطوات العمل:

- زن كتلة الطبق الخَرَفيِّ وغطاءه. سجّل قيمةً كتلةٍ في الجدول أدناه.
- نظف شريط المغنيسيوم بورق الصنفَرة ثم زن 3g منه (m1).
- ضع قطعة المغنيسيوم في الطبق الخَرَفيِّ ثم ضع الطبق وغطاءه على شبكة التسخين.
- سخن بشدةً لمدة 10 دقائق حتى يشتعل المغنيسيوم جميعه.
- أترك الطبق جانبًا حتى يبرد، وبعد ذلك زرها بما فيها وغطاءها (m2). سجّل ملاحظاتك في الجدول.
- أعد تسخين الطبق مرةً أخرى. ثم كرر الخطوة 5 عدَّة مراتٍ للحصول على كتلةٍ ثابتةٍ (m2). سجّل ملاحظاتك في الجدول.

كتلة الأكسجين في المركب الناتج	كتلة أكسيد المغنيسيوم	كتلة الطبق بعد التسخين (m2)	كتلة المغنيسيوم (m1)	كتلة الطبق الخَرَفيِّ وغطاؤه (قبل التفاعل)
$m_3 - m_1$	$m_2 - m_1 = m_3$			
			3g	

التحليل:

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلٍ من المغنيسيوم والأكسجين في المركب.

الاستنتاج:

ما المقصود بالنسبة المئوية الكتليلية للعنصر؟

مثال (5):

عَيْنَةٌ نَقِيَّةٌ مِنْ مُرَكَّبِ أَكْسِيدِ الْمَغْنِيَسِيُومِ MgO تَكُونُتْ مِنْ تَفَاعُلِ 4.1 g مِنْ عَنْصِرِ الْمَغْنِيَسِيُومِ Mg مَعِ 2.7 g مِنْ عَنْصِرِ الْأَكْسِجِينِ O. مَا النِسْبَةُ الْمَئُوِيَّةُ لِكُلِّ مِنْ: (Mg) و(O)؟

- نَحِسِبُ كُتْلَةَ الْمُرَكَّبِ أَكْسِيدِ الْمَغْنِيَسِيُومِ MgO كَمَا يَأْتِي:

$$\text{كُتْلَةُ مُرَكَّبٍ} = \text{كُتْلَةُ O} + \text{كُتْلَةُ Mg}$$

$$= 4.1 + 2.7$$

$$= 6.8 \text{ g}$$

- نَحِسِبُ النِسْبَةَ الْمَئُوِيَّةَ بِالْكُتْلَةِ لِعَنْصِرِ الْمَغْنِيَسِيُومِ (Mg) كَمَا يَأْتِي:

$$\% 100 \times \frac{\text{كُتْلَةُ Mg}}{\text{كُتْلَةُ الْمُرَكَّبِ}} = \frac{\text{النِسْبَةُ الْمَئُوِيَّةُ بِالْكُتْلَةِ لِعَنْصِرِ (Mg)}}{\text{كُتْلَةُ الْمُرَكَّبِ}}$$

$$= \frac{4.1 \times 100\%}{6.8} = 60.3 \%$$

الحل:

- نَحِسِبُ النِسْبَةَ الْمَئُوِيَّةَ بِالْكُتْلَةِ لِعَنْصِرِ الْأَكْسِجِينِ (O) كَمَا يَأْتِي:

$$\% 100 \times \frac{\text{كُتْلَةُ O}}{\text{كُتْلَةُ الْمُرَكَّبِ}} = \frac{\text{النِسْبَةُ الْمَئُوِيَّةُ بِالْكُتْلَةِ لِعَنْصِرِ (O)}}{\text{كُتْلَةُ الْمُرَكَّبِ}}$$

$$= \frac{2.7 \times 100\%}{6.8} = 39.7 \%$$

لَاحِظُ أَنَّ مَجْمُوعَ النِسْبَاتِ الْمَئُوِيَّةِ لِلْعَنْصُرَيْنِ فِي الْمُرَكَّبِ هُوَ: 60.3\% + 39.7\% = 100\%

يَتَفَاعَلُ 5.3 g مِنِ الْأَلُومِنِيُومِ Al مَعِ 3.6 g مِنِ الْكَبِيرِيتِ (S) لِإِنْتَاجِ الْمُرَكَّبِ

النَّقِيِّ $S_3 Al$. إِحْسِبِ النِسْبَاتِ الْمَئُوِيَّةَ لِمُكَوِّنَاتِ الْمُرَكَّبِ النَّاتِيِّ.



الأفكار الرئيسية:

- الكتلة الذرية النسبية RAM هي متوسط الكتل الذرية لنظام ذرة عنصر ما، مقاسة بوحدة .amu
- الكتلة الجزيئية النسبية RMM هي مجموع الكتل الذرية النسبية للذرات الموجدة في الجزيء عندما يكون المركب تساهمياً مقاسة بوحدة .amu
- كتلة الصيغة النسبية RFM هي مجموع الكتل النسبية للذرات الموجدة في الصيغة في المركب الأيوني مقاسة بوحدة .amu
- النسبة المئوية بالكتلة هي نسبة كتلة عنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.
- الكتلة النسبية للناظير هي كتلة ذرة نظير عنصر مقاسة بوحدة .amu

تقويم الدَّرْسِ الثاني



أولاً: اختر رمزاً لإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. ما المصطلح الدالٌّ على مجموع الكتل الذرية النسبية للذرات في المركب التساهي؟

- a الكتلة الذرية للذرة.
- b الكتلة الجزيئية النسبية.
- c كتلة الصيغة النسبية.
- d كتلة النظير النسبية.

2. ما العدد الكتلي لعنصر عدده الذري 54 وتحوي نواته 77 نيوترون؟

- 131 -a
- 23 -b
- 77 -c
- 54 -d

3. ما الكتلة الجزيئية لمركب صيغته $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ؟ (علمًا بأن الكتل الذرية النسبية بوحدة amu هي

$$(\text{N}=14, \text{H}=1, \text{O}=16, \text{S}=32)$$

- 246 -a
- 210 -b
- 132 -c
- 114 -d

4. ما النسبة المئوية الكتليلية لعنصر كتلته 2g في مركب كتلته 8g؟

- 4% -a
- 6% -b
- 16% -c
- 25% -d

تابع تقويم الدَّرْسِ الثاني

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة



1. احسب النسبة المئوية بالكتلة لمكونات عينة نقية كتلتها 12.4g من مركب أكسيد الكالسيوم CaO تحوي 9.6g من الكالسيوم Ca .

2. احسب كتلة العنصر (X) في عينة نقية كتلتها 10.2g تحوي 38.4% من العنصر (X) .

3. بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، احسب الكتلة الجزيئية النسبية التقريرية أو كتلة الصيغة النسبية لكلٍ مما يأتي:



4. احسب الكتلة الذرية النسبية لذرة عنصر (Y) اعتماداً على المعلومات الآتية، ثم حدد من الجدول الدوري العدد الذري للعنصر:

نطائر عنصر Y	الكتلة الذرية النسبية amu	النسبة المئوية للناظير %
الناظير الأول	27.977	92.21
الناظير الثاني	28.971	4.70
الناظير الثالث	29.974	3.09



المفردات الرئيسية

Gram Atomic Mass	الكتلة الذرية الجرامية
Gram Molecular Mass	الكتلة الجزيئية الجرامية
Avogadro's Number (N_A)	عدد أفوجادرو
Mole	المول
Mole Percentage	النسبة المولية
Molar mass	الكتلة المولية
Avogadro's Principle	مبدأ أفوجادرو
Standard Conditions (STP)	الظروف القياسية
Molarity (M)	المولارية
Solvent	المذيب
Solute	المذاب
Molar Volume	الحجم المولاري (المولي) للغاز
Standard Solution	المحلول القياسي

التجارب والأنشطة

(4-2): الكتلة المولية

(5-2): قياس كتلة المادة

(6-2): محلول القياسي

مخرجات التعلم

يُتوقع في نهاية الدرس أن يكون الطالب قادرًا على أن:

- يتذكر ويستخدم تعريف عدد ثابت أفوجادرو (بالصيغة القياسية) والمول.
- يوضح العلاقة بين كتلة مادة معينة وكمية هذه المادة بالمولات (عدد المولات) والعكس.
- يحل مسائل حسابية كيميائية تتضمن كتل الماء المتفاعلة وحجم الغازات في الظروف القياسية.
- يوضح علاقة كتلة المذاب وحجم محلول تركيز المحلول.

الحسابات الكيميائية Chemical Calculations

حيثما نظرت من حولك تجد مركبات كيميائية كثيرةً مثل الماء والأملاح والأدوية والمنظفات الصابونية وغيرها، وهذه المواد تكونت من تفاعل عناصر محددة بنسبي ثابتة، فجزيء الماء النقي يتكون دائمًا من ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين، مهما اختلف طرق تحضيره، وكلوريド الصوديوم يتكون من عنصري الصوديوم والكلور. وكذلك إذا قرأت النشرة المرفقة مع كل دواء أو الملصق المثبت على علبة ، فستجد نسباً محددة من المواد المستخدمة لصنع الدواء؛ ولذلك يحدد الطبيب الكمية المناسبة من الدواء للمرضى؛ وبهذا فإنه من الأهمية معرفة الكميات المناسبة التي تتفاعل بها العناصر أو المواد الكيميائية وذلك للحصول على كميات محددة من النواتج النقية ذات الصفات المرغوبة. ويمكن التعبير عن هذه التفاعلات بمعادلات كيميائية موزونة، يستخدمها الكيميائيون في حساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة بدقة. وكما درست سابقاً تستخدم وحدات محددة للتعبير عن قياس الكميات المختلفة، فمثلاً تقادس المسافة بوحدة المتر، ويقادس الزمن بوحدة الثانية، وتقادس كتلة المادة بوحدة الجرام وهكذا. وقد استخدم الكيميائيون مفهوم المول في قياس المادة وما تحويها من ذرات أو جزيئات أو أيونات. فما المقصود بالمول؟ وما أهميته في قياس المادة؟ وكيف يستخدم في الحسابات الكيميائية؟ وما علاقته بـ عدد أفوجادرو؟

هل تعلم؟

ما وحدة الكتلة الذرية amu؟

وحدة الكتلة الذرية أو ما كان يُعرف بـ دالتون نسبة إلى العالم جون دالتون الذي اقترح كتلة ذرة هيدروجين كوحدة لـ الكتلة الذرية. وهي وحدة صغيرة لـ الكتلة تُستخدم للتعبير عن الكتلة الذرية والكتلة الجزيئية. وهي تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون - 12.

المول وعدد أفوجادرو Mole and Avogadro's Number

ت تكون المادة من عدد هائل من الوحدات البنائية من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغ الكيميائية، ولما كانت كتلة الذرة الواحدة صغيرة جدًا (تقرب 10^{-23} g) فإنه يصعب التعامل معها مباشرةً وقياس كتلتها في المختبر أو في المصنع باستخدام الميزان الإلكتروني وبالتالي لا يمكن عد تلك الوحدات البنائية بشكل مباشر في عينة من المادة؛ ولهذا بحث الكيميائيون عن طريقة مناسبة لعد وقياس الوحدات البنائية لـ العنصر وهي تساوي قيمة الكتلة الذرية النسبية للذرات عددياً ولكنها تقادس بـ وحدة الجرام، فمثلاً الكتلة الذرية النسبية لـ ذرة الكربون - 12 تساوي 12 وحدة كتلة ذرية amu أما الكتلة الذرية الجرامية لـ ذرة الكربون - 12 فإنها تساوي 12 g. لاحظ أن العدد (12) هو نفسه في الحالتين لكن وحدة القياس اختلفت.

إثراء

في الواقع إن قيَمَ الكتَلِ الذَّرِيَّةِ النَّسْبِيَّةِ لِلنَّدَرَاتِ تُمَثِّلُ كُتَلًا نَسْبِيَّةً ولا تُمَثِّلُ الكتَلَ الحَقِيقَةَ لَهَا، فَالكُتَلَةُ الذَّرِيَّةُ النَّسْبِيَّةُ لِلنَّدَرَةِ الصُّودِيُومِ 22.989 لا تَعْنِي أَنَّ كُتَلَةَ ذَرَةِ الصُّودِيُومِ 22.989g وبِذَلِكَ لَا يُمُكِّنُ اسْتِخْدَامُ الكتَلِ النَّسْبِيَّةِ لِأَخْذِ كمِيَاتٍ مُحَدَّدةٍ مِنَ الْمَوَادِ لِأَغْرَاضِ التَّفَاعُلَاتِ الْكِيمِيَّيَّةِ فِي الْمَخْتَرِ أوِ الْمَصَانِعِ لَأَنَّ كَتَلَ الْحَقِيقَةِ لِلنَّدَرَاتِ تَرَاوُحُ بَيْنَ (10⁻²²g) و (10⁻²⁴g) مَا يَجْعَلُ مِنَ الْمَسْتَحِيلِ قِيَاسُهَا بِالْمَوازِينِ وَالْتَّعْبِيرُ عَنْهَا بِوْحَدَةِ الْكَتَلَةِ (g) وَلِحَلِّ هَذِهِ الْمَشَكِلَةِ تَوَصَّلُ الْعُلَمَاءُ إِلَى مَقْدَارٍ يُمَثِّلُ كمِيَّةً مُحَدَّدةً مِنَ الْمَادِيَّةِ وَكَذَلِكَ عَدَدًا مُحَدَّدًا أَطْلَقُ عَلَيْهِ اسْمَ الْمَوَلِ.

تَوَصَّلَ الْعَالَمُ الإِيطَالِيُّ أَمِيدُو أَفُوجَادِرُو بَعْدَ سِلْسِلَةٍ مِنَ التَّجَارِبِ وَالْأَبْحَاثِ إِلَى عَلَاقَةٍ بَيْنَ كُتَلَةَ ذَرَةٍ وَاحِدَةٍ مِنَ الْعَنْصَرِ وَالْكُتَلَةِ الذَّرِيَّةِ الْجِرَامِيَّةِ لَهُ، فَوُجِدَ أَنَّ الْكُتَلَةَ الذَّرِيَّةَ الْجِرَامِيَّةَ لَأَيِّ عَنْصَرٍ تَحْتَوِي عَدَدًا مِنَ ذَرَاتٍ ذَلِكَ الْعَنْصَرِ يُسَاوِي 6.02×10^{23} ذَرَة؛ وَبِالْتَّالِي فَإِنَّ عَدَدَ ذَرَاتِ الْكَرْبِيُونِ فِي 12g مِنَ الْكَرْبِيُونِ - 12 يُسَاوِي 6.02×10^{23} ذَرَة. وَكَذَلِكَ الْكُتَلَةُ الْجُزِيَّيَّةُ الْجِرَامِيَّةُ gram Molecular Mass تَحْتَوِي عَدَدًا مِنَ جُزِيَّاتِ الْعَنْصَرِ أَوِ الْمُرَكَّبِ يُسَاوِي 6.02×10^{23} جَزِيَّةٍ، وَقَدْ سُمِّيَ العَدْدُ $10^{23} \times 6.02$ مِنَ النَّدَرَاتِ أَوِ الْجُزِيَّاتِ أَوِ الْأَيُونَاتِ Avogadro's Number نَسْبَةً إِلَى الْعَالَمُ الإِيطَالِيُّ أَمِيدُو أَفُوجَادِرُو، وَأَطْلَقَ عَلَيْهِ اسْمَ مُولَ Mole. وَيُمَثِّلُ الْمُولُ عَدَدًا ضَخِمًا مِنَ الْوِحدَاتِ الْبَنَائِيَّةِ مِنَ الْمَادِيَّةِ.

وَكَمَا عَرَفْتَ فَإِنَّ هَنَاكَ مَفَاهِيمٍ تُسْتَخَدَمُ فِي قِيَامِ أَشْيَاءٍ مُعْيَنَةٍ فَمَثَلًاً دَرْزَنَ (دَسْتَة) مِنَ الْأَقْلَامِ تَعْنِي 12 قَلْمَانِيًّا، أَمَّا زَوْجٌ مِنَ الْأَقْلَامِ فَيَعْنِي قَلْمَيْنِ. وَهَكُذَا اسْتَخَدَمَ الْكِيمِيَّائِيُونَ مَفَهُومَ الْمُولِ كَوِيْدَةٍ لِقِيَامِ كمِيَّةِ الْمَادِيَّةِ النَّقِيَّةِ مِنَ ذَرَاتٍ أَوِ جُزِيَّاتٍ أَوِ غَيْرِهِمَا. فَالْمُولُ الْوَاحِدُ مِنَ ذَرَاتِ عَنْصَرِ الْحَدِيدِ مَثَلًا يَحْوِي عَدَدًا أَفُوجَادِرُو $10^{23} \times 6.02$ مِنَ ذَرَاتِ الْحَدِيدِ، وَالْمُولُ الْوَاحِدُ مِنَ ذَرَاتِ عَنْصَرِ الْكَبِيرِ يَحْوِي عَدَدًا أَفُوجَادِرُو $10^{23} \times 6.02$ مِنَ ذَرَاتِ الْكَبِيرِ. وَكَذَلِكَ فَإِنَّ مُولًا وَاحِدًا مِنَ جُزِيَّاتِ الْمَاءِ، وَمُولًا وَاحِدًا مِنْ مُرَكَّبِ كَلُورِيدِ الْصُّودِيُومِ يَحْوِي أَيْضًا عَدَدًا أَفُوجَادِرُو $10^{23} \times 6.02$ مِنَ وِحدَاتِ صِيَغَةِ الْكِيمِيَّةِ (3-2)، الَّذِي يُبَيَّنُ مُولًا وَاحِدًا مِنَ بَعْضِ الْمَوَادِ الْكِيمِيَّيَّةِ.



مُولُ مِنْ ذَرَاتِ الْحَدِيدِ



مُولُ مِنْ ذَرَاتِ الْكَبِيرِ



مُولُ مِنْ مُرَكَّبِ كَلُورِيدِ الْصُّودِيُومِ

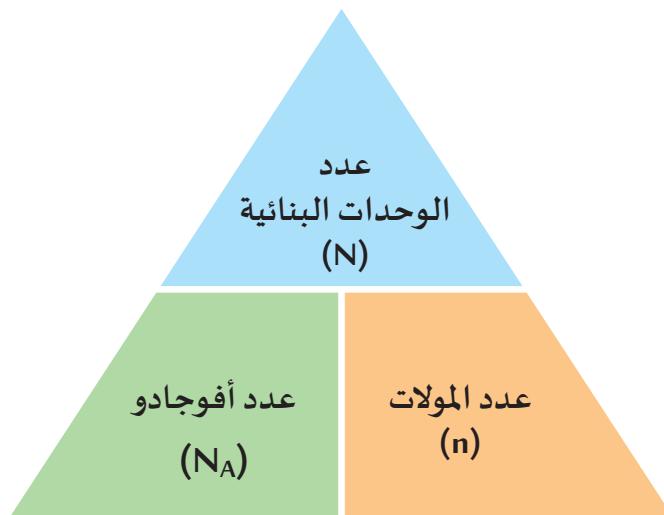
الشَّكَلُ (3-2)، مُولٌ وَاحِدٌ مِنْ مَوَادِ الْكِيمِيَّةِ.

وبهذا فإن المول الواحد من أي مادةٍ نقيٍّ يحتوي على عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من الوحدات البنائية من المادة.

ويرتبط عدد المولات بعلاقةٍ رياضيةٍ مع عدد أفوجادرو وعدد الوحدات البنائية من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغ الكيميائية، كما يأتي:

$$\frac{\text{عدد الوحدات البنائية (N)}}{\text{عدد المولات (n)}} = \frac{\text{عدد أفوجادرو (N_A)}}{\text{عدد المولات (n)}}$$

ويمكن باستخدام المخطط الآتي في الحل كما في الأمثلة التالية:



إحسب عدد مولات الصوديوم Na التي تحتوي 3.01×10^{23} ذرة؟

مثال (1):

$$\frac{\text{عدد ذرات Na}}{\text{عدد أفوجادرو}} = \frac{\text{عدد مولات الصوديوم}}{\text{عدد المولات (n)}}$$

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

$$n = \frac{3.01 \times 10^{23} \text{ atom}}{6.02 \times 10^{23}} = 0.5 \text{ mol}$$

الحل:

ملاحظة هامة :

يمكن حل مثال (1) بطريقة أخرى باستخدام مُعامل التحويل كما يأتي:

$$\text{عدد مولات الصوديوم} = \frac{\text{عدد ذرات Na}}{\text{عدد أفوجادرو}} \times \text{المول من Na}$$

$$n = \frac{N}{N_A} \times 1 \text{ mol Na}$$

$$n = \frac{3.01 \times 10^{23} \text{ atom}}{6.02 \times 10^{23}} \times 1 \text{ mol Na}$$

$$= 0.5 \text{ mol Na}$$

ولتسهيل إجراء الحسابات الكيميائية يمكن استخدام القانون في الصفحة السابقة بدلاً من مُعامل التحويل وهذا لا يؤثّر على الإجابة النهائية كما تلاحظ في المثال 1.

مثال (2): احسب عدد ذرات عنصر الألومنيوم Al التي تُوجد في 1.5 mol من العنصر.

من العلاقة الرياضية السابقة، يمكن التوصل إلى العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{عدد ذرات الألومنيوم} = \text{عدد مولات Al} \times \text{عدد أفوجادرو}$$

$$N = N_A \times n$$

$$= 6.02 \times 10^{23} \times 1.5 \text{ mol}$$

$$= 9.03 \times 10^{23} \text{ atom}$$

الحل:

مثال (3): احسب عدد جزيئات الأمونيا NH_3 التي تُوجد في 0.34 mol منها؟

$$\text{عدد جزيئات الأمونيا} = \text{عدد المولات} \times \text{عدد أفوجادرو}$$

$$N = 6.02 \times 10^{23} \times 0.34 \text{ mol}$$

$$= 2.05 \times 10^{23} \text{ molecule}$$

الحل:

1. احسب عدد ذرات عنصر الماغنيسيوم Mg الموجودة في 0.24 mol من العنصر.
 2. احسب عدد جزيئات ثاني اكسيد الكبريت SO_2 الموجودة في 0.1 mol منه.
 3. احسب عدد المولات الموجودة في 9.03×10^{23} من جزيئات الماء H_2O .
- تفكيرٌ ناقدٌ. احسب عدد ذرات الهيدروجين في 2 mol من جزيئات الأمونيا NH_3 .



الكتلة المولية Molar Mass

اصطلاح الكيميائيون على أن مفهوم المول الواحد من المادة يعني عدداً معيناً من دقائق المادة النقيّة ويُسمى عدّ أفوجادرو، وكذلك يعني كتلةً معينةً من المادة النقيّة وهي كتلة عدد أفوجادرو من الدقائق، ويُطلق علىّها الكتلة المولية Molar Mass، وتُعرفُ بأنّها الكتلة بالجرامات مولٍ واحدٍ من أيّ مادةٍ نقيّة. أي أنّ كتلة المول الواحد من ذرات العنصر تُسمى الكتلة المولية للعنصر وهي تساوي عددياً كتلته الذريّة مقيسةً بوحدةِ الجرام، وكذلك كتلة المول الواحد من جزيئات المركب تُسمى الكتلة المولية للمركب؛ وبهذا فإن الكميات المختلفة من مولٍ واحدٍ من المواد المختلفة يكون لها كتلٌ مختلفة لاختلاف كلٍ منها في التركيب، فالمول الواحد من ذرات عنصر الصوديوم Na يحوي عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من ذرات الصوديوم، وكتلته 23 g ، وكذلك مول واحدٌ من جزيئات الأكسجين O_2 يحوي عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من جزيئات الأكسجين O_2 وكتلته 32 g ، ومول واحدٌ من مركب كلوري الصوديوم $NaCl$ يحتوي عدد أفوجادرو من وحدات الصيغة الكيميائية وكتلته 58.5 g .

نشاط 4-2

الكتلة المولية

يقارنُ بين الكتلة المولية لعناصر مختلفة.

الهدف:

مول واحد من العناصر الآتية: الكبريت، الألومنيوم.

المواد الأدوات:

خطوات العمل:

أدرس وزملاًوك الجدول الآتي الذي يمثل الكتلة الذرية النسبية لمول واحد من عناصر مختلفة، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.

الألومنيوم Al	الكربون S	
26.98	32.06	الكتلة الذرية النسبية (amu)
27	32	الكتلة الذرية التقريبية (g)
27	32	العدد الكتلي

التحليل

- أيُّهما كتلته أكبر: مول واحد من Al، أم مول واحد من S؟
- أيُّهما كتلته الذرية أكبر: مول واحد من Al، أم مول واحد من S؟
- ما عدد الذرات في مول واحد من كلِّ من العنصرين؟

الاستنتاج:

- ما العلاقة بين كتلة المول الواحد من العنصر، وكتلته الذرية النسبية؟
- ما العلاقة بين العدد الكتلي للعنصر، وكتلته الذرية التقريبية؟

استقصاء:

- استخدم الجدول الدوري لايجاد الكتلة الذرية لعنصر الكلور، ثم وضح الفرق بين كتلة مول من ذرات الكلور ومول من جزيئات الكلور.

تُسمى كتلة مول واحد من الذرات أو الجزيئات أو غيرهما من الدقائق، **الكتلة المولية**، فكما لاحظت من النشاط، فإن كتلة مول واحد من ذرات الألومنيوم تساوي g 27، فيقال إن الكتلة المولية للألومنيوم تساوي 27g/mol، وتُقرأ 27 جراماً لكل مول. وكذلك فإن العدد الكتلي للألومنيوم يساوي القيمة التقريبية للكتلة الذرية أو الكتلة المولية للعنصر.

وبهذا فإن الكتلة المولية للمركب هي مجموع الكتلة الذرية النسبية للعناصر الداخلة في تركيبه؛ حيث إن كتلة المول الواحد من أي مادة يمكن تحديدها بمعرفة الكتلة الجزيئية النسبية أو الكتلة الذرية النسبية للعنصر معبّراً عنها بوحدة mol/g (جرام / مول)، فكتلة المول الواحد من ذرات عنصر الهيدروجين H تساوي 1g/mol، في حين أن كتلة المول الواحد من جزيئات الهيدروجين H₂ تساوي 2g/mol؛ وبذلك فإنه يمكن حساب كتلة المول الواحد من جزيئات أي مادة عن طريق جمّع الكتلة الذرية النسبية للذرات المكونة للجزيء.

إحسب الكتلة المولية لجزيء الأمونيا NH₃ ، علماً بأن الكتلة الذرية لكل من

ذرة H = 1 ، وذرة N = 14

مثال (4):

كتلة 3 مولات من ذرات الهيدروجين = عدد ذرات الهيدروجين × الكتلة الذرية النسبية له

$$= 3 \times 1 = 3 \text{ g/mol}$$

كتلة مول 1 من ذرات النيتروجين = عدد ذرات النيتروجين × الكتلة الذرية النسبية له

$$= 1 \times 14 = 14 \text{ g/mol}$$

الحل:

وعليه فإن كتلة المول الواحد من الأمونيا = كتلة مولات الهيدروجين + كتلة مول النيتروجين

$$\text{NH}_3 \text{ كتلة المول من} = 3 + 14 = 17 \text{ g/mol}$$

وكما تلاحظ فإن الكتلة المولية للأمونيا (17g/mol) تساوي أيضا الكتلة الجزيئية الجرامية له (17g).

إحسب كتلة مول واحد من جزيء ثاني أكسيد الكربون CO₂ ؟ علماً بأن الكتلة الذرية

النسبية (أو الجرامية) لكل من ذرة C = 12 ، O = 16

مثال (5):

كتلة مول واحد من CO₂:

$$= (16 \times 2) + (1 \times 12)$$

$$= 32 + 12$$

$$= 44 \text{ g/mol}$$

الحل:

مثال (6):

إحسب كتلة مولٍ واحدٍ من مركب كلوريد المغنيسيوم $MgCl_2$ ؟كتلة مولٍ من $MgCl_2$:

$$= (35.5 \times 2) + (1 \times 24)$$

$$= 71 + 24$$

$$= 95 \text{ g/mol}$$

الحل:

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر إحسب الكتلة المولية لكلٍ من :



الحسابات الكيميائية Chemical Calculations

درست سابقاً أنه يمكن التعبير عن التفاعل الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة، وتعد المعادلة الموزونة الأساس في إجراء الحسابات الكيميائية القائمة على التحويل من مول إلى مول، ومن مول إلى كتلة ومن كتلة إلى مول، وكذلك الأمر من كتلة إلى كتلة. كما في الشكل (4-2)، فكيف تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في دراسة العلاقات المولية والكتلية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟

الحسابات الكيميائية من خلال
المعادلة الكيميائية الموزونة

كتلة - كتلة

مول - كتلة

مول - مول

الشكل 4-2 مخطط بسيط يمثل الحسابات الكيميائية من خلال المعادلة الكيميائية الموزونة.

نشاط 5-2

قياس كتلة المادة



الهدف:

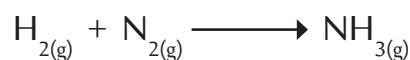
يستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حساب كتلة المادة.

المواد الأدوات:

الجدول الدوري للعناصر.

خطوات العمل:

تعاون مع زملائك في موازنة المعادلة الكيميائية الآتية، ثم أكمل الجدول الذي يليها:



NH_3	N_2	H_2	
			معامل المادة
			عدد مولات المادة
			كتلة المول الواحد
			النسبة بين مولات المواد

التحليل

- ما العلاقة بين معامل المادة وعدد مولاتها؟
- ما كتلة NH_3 الناتجة من تفاعل 0.4 مول من N_2 ؟
- ما النسبة المولية للمادة N_2 بدلالة H_2 وبدلالة NH_3 ؟

الاستنتاج:

كيف تُحسب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة باستخدام المعادلة الكيميائية الموزونة؟

التفكير الناقد.

كيف نستدل على قانون حفظ الكتلة من خلال النشاط السابق؟

أولاً: الحسابات الكيميائية (المول - المول) Mole-Mole Calculations

يُستخدم مفهوم المول في الحسابات الكيميائية كوحدة قياس للمادة حيث يمكن تحديد كتلة المول الواحد من المادة. وباستخدام المعادلة الكيميائية الموزونة نستطيع التعامل مع كتل المواد المتفاعلة والناتجة وعدد مولاتها حيث تمثل عاملات المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الموزونة عدد مولات تلك المواد. ولذلك استنجد من النشاط (2-5) أنه عند تفاعل 3 مولات من H_2 مع 1 مول من N_2 فإنه ينتج 2 مول من NH_3 ، وتكون النسبة بين عدد مولات المواد $(NH_3 : H_2 : N_2 : 2 : 3)$ هي على الترتيب، وتسمى هذه النسبة **النسبة المولية Mole Percentage** وتُعرف بأنها النسبة بين عدد مولات مادة إلى عدد مولات مادة أخرى. فمثلاً يمكن كتابة النسبة المولية للهيدروجين H_2 بدلالة عدد مولاته إلى عدد مولات N_2 ، كما يأتي:

$$\frac{\text{عدد مولات } H_2}{\text{عدد مولات } N_2} = H_2 \text{ نسبة المولية}$$

أي أنَّ: عدد مولات H_2 : عدد مولات N_2

1 : 3

$$\frac{3}{1} = H_2 \text{ بدلالة نسبة المولية}$$

وكذلك، يمكن كتابة النسبة المولية للهيدروجين H_2 بدلالة عدد مولاته إلى عدد مولات NH_3 ، كما يأتي:

$$\frac{\text{عدد مولات } H_2}{\text{عدد مولات } NH_3} = H_2 \text{ نسبة المولية}$$

أي أنَّ: عدد مولات H_2 : عدد مولات NH_3

2 : 3

$$\frac{3}{2} = NH_3 \text{ بدلالة نسبة المولية}$$

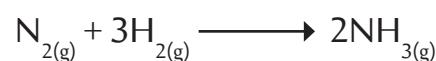
وكذلك الحال عند كتابة النسبة المولية للنيتروجين N_2 بدلالة كلي من H_2 و NH_3 .

ما النسبة المولية للأمونيا NH_3 بدلالة كل من N_2 و H_2 ؟



تُفيد مَعْرِفَةُ النَّسْبَةِ المُولِيَّةِ فِي تَحْوِيلِ عَدْدِ مُولَاتِ الْمَادَةِ الْمُعْرُوفَةِ إِلَى عَدْدِ مُولَاتِ الْمَادَةِ الْأُخْرَى الْمُطَلُوبِ حَسَابُهَا فِي الْمُعَادِلَةِ الْكِيمِيَّيَّةِ الْمُوزُونَةِ، فَلَوْ تَفَاعَلَ 0.5 مُولَاتِ الْهِيْدِرُوجِينِ فِي الْمُعَادِلَةِ السَّابِقَةِ، فَكُمْ يَكُونُ عَدْدُ مُولَاتِ الْنِيْتِرُوجِينِ الْمُتَفَاعِلَةِ؟

يَتَمُّ حَسَابُ ذَلِكَ بِمَعْرِفَةِ النَّسْبَةِ المُولِيَّةِ لِلْمَادَةِ الْمُطَلُوبِ حَسَابُهَا وَهِيَ الْنِيْتِرُوجِينِ N_2 وَذَلِكَ بِإِيْجَادِ نَسْبَةِ عَدْدِ مُولَاتِهَا إِلَى عَدْدِ مُولَاتِ الْهِيْدِرُوجِينِ H_2 ، بِاسْتِخْدَامِ الْمُعَادِلَةِ الْكِيمِيَّيَّةِ الْمُوزُونَةِ، كَمَا يَأْتِي:



$$\frac{1}{3} = \frac{\text{عدد مولات } \text{N}_2}{\text{عدد مولات } \text{H}_2} = \frac{\text{النسبة المولية } \text{N}_2}{\text{عدد مولات النيتروجين المطلوبة}}$$

أي أن: عدد مولات N_2 : عدد مولات H_2

3 : 1

0.5 : ؟

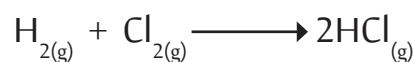
ولمَرْفَةِ عَدْدِ مُولَاتِ الْنِيْتِرُوجِينِ الْلَّازِمَةِ لِلتَّفَاعُلِ نَصْرَبُ النَّسْبَةَ المُولِيَّةَ لَهُ فِي عَدْدِ مُولَاتِ الْهِيْدِرُوجِينِ الْمُعْطَاءِ فِي السُّؤَالِ، كَمَا يَأْتِي:

$$\text{عدد مولات } \text{N}_2 = \frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times 0.5 \text{ mol} = 0.167 \text{ mol}$$

تُلَاحِظُ أَنَّ عَدْدَ مُولَاتِ الْمَادَةِ الْمُطَلُوبَةِ يُمْكِنُ حَسَابُهَا مِنْ خَلَالِ الْعَلَاقَةِ الْرِّيَاضِيَّةِ كَمَا يَأْتِي:

عدد مولات المادة المطلوبة = النسبة المولية × عدد مولات المادة المعطاة في السؤال

في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



ما عدد مولات حمض الهيدروكلوريك HCl الناتجة عن تفاعل 8 مولات من غاز الهيدروجين H_2 مع كمية كافية من غاز الكلور Cl_2 ؟

مثال (7):

بالرجوع إلى المعادلة الكيميائية الموزونة، نجد النسبة المولية للمادة المطلوبة HCl كما يأتي:

$$\frac{2}{1} = \frac{\text{عدد مولات HCl}}{\text{عدد مولات H}_2} = \text{النسبة المولية HCl}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{أي أنَّ: عدد مولات HCl} & : & \text{عدد مولات H}_2 \\ 1 & : & 2 \\ 8 & : & ? \end{array}$$

الحل:

ولحساب عدد مولات HCl الناتجة عن التفاعل نضرب النسبة المولية لها في عدد مولات H_2 المعطاة في السؤال، كما يأتي:

$$\text{HCl} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 8 \text{ mol} = 16 \text{ mol}$$

ما عدد مولات غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الناتجة عن احتراق 6 من غاز الإيثان C_2H_6 احتراقاً تاماً في كمية وافرة من غاز الأكسجين؟ وذلك حسب المعادلة الموزونة الآتية:



مثال (8):

بالرجوع إلى المعادلة الكيميائية الموزونة، نجد النسبة المولية للمادة المطلوبة وهي CO_2 كما يأتي:

$$\frac{4}{2} = \frac{\text{عدد مولات CO}_2}{\text{عدد مولات C}_2\text{H}_6} = \text{النسبة المولية CO}_2$$

$$\begin{array}{lcl} \text{أي أنَّ: عدد مولات CO}_2 & : & \text{عدد مولات C}_2\text{H}_6 \\ 2 & : & 4 \\ 6 & : & ? \end{array}$$

الحل:

لحساب عدد مولات CO_2 الناتجة عن التفاعل نضرب النسبة المولية لها في عدد مولات C_2H_6 المعطاة في السؤال، كما يأتي:

$$\text{CO}_2 = \frac{4 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \times 6 \text{ mol} = 12 \text{ mol}$$



1. يتحلل مركب أزيد الصوديوم الصلب NaN_3 ، المستخدم في الأكياس الهوائية للسيارات، بالحرارة مُنِتجًا الصوديوم الصلب Na وغاز النيتروجين N_2 .

a. أكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. احسب عدد مولات غاز N_2 الناتجة عن تحلل 0.3 mol من NaN_3 .

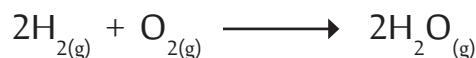
2. يتفاعل غاز الميثان CH_4 مع الكبريت الصلب S_8 مُنِتجًا سائل ثاني كبريتيد الكربون CS_2 وغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S ، وفق المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



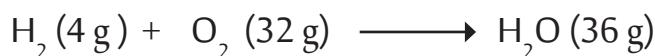
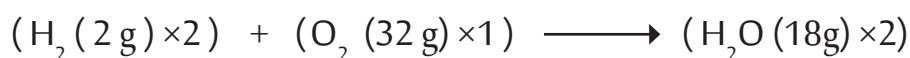
ما عدد مولات CS_2 التي تُنَتج عن تفاعل 2.5 mol من S_8 في كمية وافرة من غاز الميثان؟

ثانيًا: الحسابات الكيميائية (مول - كتلة) Mole - Mass Calculations

تُلاحظُ مما سبق أنَّ المعادلة الكيميائية الموزونة هي الركيزة الأساسية في الحسابات الكيميائية؛ إذ تُشيرُ المعادلة إلى نسبِ أعداد المولات للمواد المتفاعلة والناتجة، ويعتبرُ المولُ الواحدُ من أي مادةِ الكتلة المولية لها؛ وبناءً على ذلك يُمكن حسابُ نسبِ كتلِ المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة الموزونة بمعرفة عددِ مولاتِها، فمثلاً في المعادلة الموزونة الآتية:

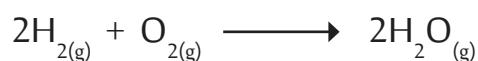


تُلاحظُ من المعادلة الكيميائية أنه تفاعل 2 mol من H_2 مع 1 mol من O_2 لتكوين 2 mol من H_2O ، وبذلك يُمكن النظرُ للمعادلة بدلالةِ كتلِ المواد المتفاعلة والناتجة، كما يأتي:



تُلاحظُ أنَّ مجموع كتلِ المواد المتفاعلة يُساوي كتلةِ المادة الناتجة، وهذا يَتفقُ مع قانون حفظِ الكتلة.

في معادلة التفاعل الموزونة:



إحسب كتلة H_2 اللازمة لتفاعل مع 5 مولات من O_2 ، علماً بأن كتلة المول الواحد من H_2

تساوي 2 g/mol

مثال (9):

بالرجوع إلى معادلة التفاعل الموزونة نجد أن النسبة المولية H_2 بدلالة عدد مولاته إلى عدد مولات O_2 هي:

$$\frac{2}{1} = \frac{\text{عدد مولات } H_2}{\text{عدد مولات } O_2} = \frac{\text{النسبة المولية } H_2}{\text{عدد مولات } O_2}$$

أي أن: عدد مولات H_2 : عدد مولات O_2

$$\begin{array}{ccc} 1 & : & 2 \\ 5 & : & \textcolor{red}{?} \end{array}$$

الحل:

نستخدم النسبة المولية لتحويل مولات O_2 إلى مولات H_2 المطلوبة كما يأتي:

$$H_2 = \frac{5 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 2 \text{ mol} = 10 \text{ mol}$$

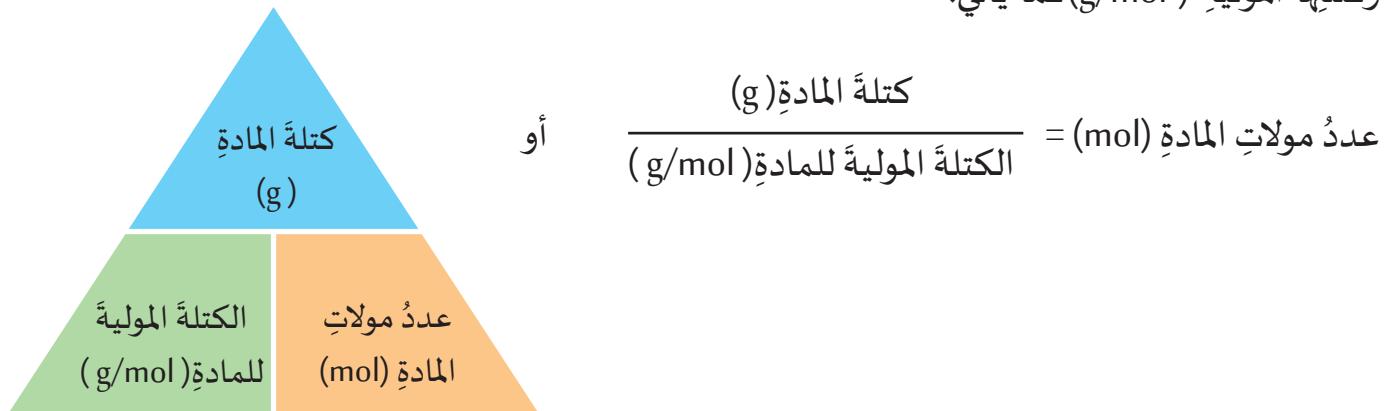
ولكي نحول مولات H_2 الناتجة إلى كتلة چرامية (g) نحتاج إلى معرفة كتلة المول الواحد منه.

$$H_2 = \text{كتلة } 1 \text{ مول من } H_2 / \text{الكتلة المولية}$$

لذلك يمكن تحويل مولات الهيدروجين إلى كتلة چرامية كما يأتي:

$$H_2 = \frac{2 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times 10 \text{ mol} = 20 \text{ g}$$

ومن خلال المثال السابق يمكن استنتاج علاقه رياضيه بين عدد مولات المادة (mol) وكتلتها الجراميه (g) وكتلتها الموليه (g/mol) كما يأتى:



مثال (10): ما عدد مولات عنصر الألمنيوم Al الموجودة في 2.7 g من العنصر؟ (الكتلة الذرية: $Al = 27$)

الكتلة الذرية لعنصر الألمنيوم 27g وهي تساوي الكتلة المولية للألمنيوم (27g/mol)

وباستخدام العلاقة السابقة فإن:

$$\text{عدد مولات Al} = \frac{\text{كتلة الألمنيوم (g)}}{\text{الكتلة المولية للألمنيوم (g/mol)}}$$

$$\text{عدد مولات Al} = \frac{2.7\text{g}}{27\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}$$

الحل:

إحسب كتلة عينه من هيدروكسيد الصوديوم NaOH تحتوي على 0.4 mol منه. علماً بأن

الكتل الذرية للذرات هي: ($Na = 23$, $O = 16$, $H = 1$)

تحسب أولاً الكتلة المولية من NaOH وهي:

الكتلة المولية NaOH = كتلة مول Na + كتلة مول O + كتلة مول H

$$\text{اذن: } NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

وبالتالي فإن:

$$\text{كتلة NaOH} = \text{عدد مولات NaOH} \times \text{الكتلة المولية NaOH}$$

$$= 40 \text{ g/mol} \times 0.4 \text{ mol} = 16 \text{ g}$$

مثال (11):

الحل:

إحسب كتلة الحديد Fe الناتجة عن تفاعل 6 mol من الكربون C مع كمية وافرة من أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 ، كما هو موضح في المعادلة الموزونة الآتية: (علمًا بأن الكتلة المولية: $(\text{Fe} = 56 \text{ g/mol})$

مثال (12):



$$\frac{2}{3} = \frac{\text{عدد مولات Fe}}{\text{عدد مولات C}} = \frac{\text{النسبة المولية}}{\text{النسبة المولية}}$$

أي أن: عدد مولات Fe : عدد مولات C

$$\begin{array}{ccc} 3 & : & 2 \\ 6 & : & ? \end{array}$$

الحل:

$$\text{عدد مولات Fe} = \frac{2 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \times 6 \text{ mol} = 4 \text{ mol}$$

$$\text{كتلة Fe} = \text{عدد مولات Fe} \times \text{الكتلة المولية}$$

$$\text{Fe} = 56 \text{ g/mol} \times 4 \text{ mol} = 224 \text{ g}$$

يتفاعل غاز الأمونيا NH_3 مع كمية من غاز الأكسجين O_2 لإنتاج غاز النيتروجين N_2 وبخار الماء.



a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل.

b. إحسب كتلة غاز الأكسجين اللازم لتفاعل مع 15 mol من غاز الأمونيا.

c. إحسب كتلة غاز النيتروجين الناتجة عن تفاعل 7.5 mol من غاز الأكسجين.

ثالثًا: الحسابات الكيميائية (كتلة - كتلة)

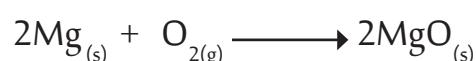
لاحظت فيما سبق أنه باستخدام المعادلة الكيميائية الموزونة ومعرفة عدد مولات المادة المتفاعلة أو الناتجة والنسبة المولية لها، فإنه يمكن حساب عدد مولات مادة أخرى وكذلك حساب كتلتها؛ وبهذا فإنه يمكن أيضًا حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة من خلال معرفة كتلة مادة أخرى في المعادلة الموزونة كما يأتي:

إحسب كتلة أكسيد المغنيسيوم الصلب MgO الناتج من احتراق قطعة من عنصر المغنيسيوم Mg كتلتها 2.4 g في كمية كافية من غاز الأكسجين O_2 . علماً بأن : $(Mg = 24\text{ g/mol}, O = 16\text{ g/mol})$

مثال (13) :

يمكنك الاسترشاد بالخطوات الآتية:

1. نكتب معادلة التفاعل الموزونة ، (لأنها الأساس في الحسابات الكيميائية):



2. نحول كتلة Mg المعلومة في السؤال إلى مولات Mg ، كما يأتي:

$$Mg = \frac{2.4\text{ g}}{24\text{ g/mol}} = \text{عدد مولات } Mg = 0.1\text{ mol}$$

3. نحول مولات Mg إلى ما يقابلها من مولات MgO كما يأتي:

$$\frac{2}{2} = \frac{\text{عدد مولات } MgO}{\text{عدد مولات } Mg} = \frac{\text{النسبة المولية}}{\text{النسبة المولية}} = MgO$$

الحل:

عدد مولات MgO : عدد مولات Mg

$$\begin{array}{rcl} 2 & : & 2 \\ 0.1 & : & ? \end{array}$$

$$MgO = \frac{2\text{ mol}}{2\text{ mol}} \times 0.1\text{ mol} = 0.1\text{ mol}$$

4. نحسب الكتلة المولية لمركب MgO كما يأتي:

$$MgO = 16 + 24$$

$$= 40\text{ g/mol}$$

5. نحسب كتلة MgO الناتج كما يأتي:

$$\text{كتلة } MgO \text{ الناتج} = \text{عدد مولاته} \times \text{كتلته المولية}$$

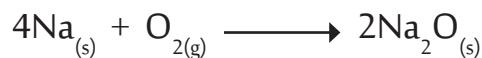
$$MgO = 40\text{ g/mol} \times 0.1\text{ mol}$$

$$= 4\text{ g}$$

يَحْرُقُ فِلِزُ الصُّودِيُومُ الصَّلِبُ بِوُجُودِ كَمِيَّةٍ كَافِيَّةً مِنْ غَازِ الْأَكْسِجِينِ احْتِرَاقًا تَامًا لِإِنْتَاجِ أَكْسِيدِ الصُّودِيُومُ الصَّلِبِ Na_2O ، احْسِبْ كَتْلَةَ Na_2O النَّاتِجَةَ مِنْ تَفَاعُلِ 6.9 g مِنْ Na ، عِلْمًا بِأَنَّ الْكَتْلَةَ الْذَّرِيَّةَ النَّسْبِيَّةَ (O=16 ، Na=23) .

مَثَلُ (14):

1. نَكْتُبُ مَعَادِلَةَ التَّفَاعُلِ المُوزُونَةِ:



2. نُحَوِّلُ كَتْلَةَ Na الْمَعْلُومَةَ فِي السُّؤَالِ إِلَى مُولَاتِ Na كَمَا يَأْتِي:

$$\text{Na} = \frac{6.9 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 0.3 \text{ mol}$$

3. نَسْتَخْدُمُ النَّسْبَةَ الْمَوْلِيَّةَ لِتَحْوِيلِ مُولَاتِ Na إِلَى مَا يَقَابِلُهَا مِنْ مُولَاتِ Na_2O كَمَا يَأْتِي:

عِدْدُ مُولَاتِ Na_2O : عِدْدُ مُولَاتِ Na

$$4 : 2$$

$$0.3 : ?$$

الحل:

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} \times 0.3 \text{ mol} = 0.15 \text{ mol}$$

4. نَحِسِبُ الْكَتْلَةَ الْمَوْلِيَّةَ لِ Na_2O النَّاتِجَةَ كَمَا يَأْتِي:

$$\text{Na}_2\text{O} = \text{الْكَتْلَةَ الْمَوْلِيَّةَ} = 16 + 2(23)$$

$$= 62 \text{ g/mol}$$

5. نَحِسِبُ كَتْلَةَ Na_2O كَمَا يَأْتِي:

$$\text{كَتْلَةَ} \text{Na}_2\text{O} = \text{عِدْدُ مُولَاتِهِ} \times \text{كَتْلَةِ الْمَوْلِيَّةِ}$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 62 \text{ g/mol} \times 0.15 \text{ mol}$$

$$= 9.3 \text{ g}$$

إثراء

يمكن دمج الحسابات الكيميائية التي تمّت في المثال (14) مثلاً في خطوة واحدة بوصفه طريقةً أخرى للحل، كما يأتي:

$$4\text{g (MgO)} = \frac{40\text{g (MgO)}}{1\text{mol (MgO)}} \times \frac{2\text{mol (MgO)}}{2\text{mol (Mg)}} \times \frac{1\text{mol (Mg)}}{24\text{ g (MgO)}} \times 2.4\text{ g}$$

كتلة MgO المطلوبة

↑
MgO كتلة
↑
MgO تحويل مولات Mg إلى
↑
MgO تحويل كتلة Mg إلى مولات
↑
Mg كتلة
↑
الكتلة المطلوبة

أي باختصار:

ويبين الشكل التالي مخططاً عاماً لحساب كتلة المادة بدلالة عدد المولات والكتلة (كتلة - مول - كتلة).



يحرق غاز البروبان C_3H_8 بوجود كمية وافرة من غاز الأكسجين احتراقاً تاماً، ويعبر عن ذلك بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



احسب كتلة H_2O الناتجة عن احتراق 6.4g من C_3H_8 احتراقاً تاماً.



ويمكن تلخيص الحسابات المتعلقة بالمول والكتلة كما هو موضح في المخطط الآتي:

أولاً: مول - مول

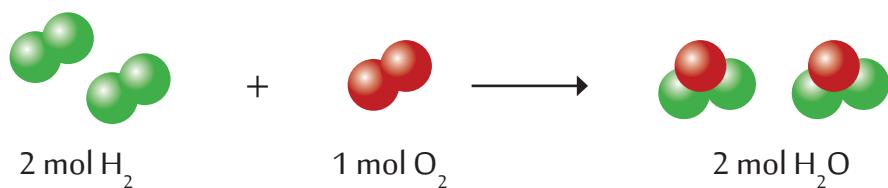
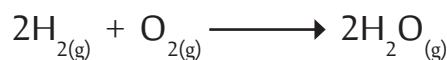
المولات المعطاة $\xrightarrow{\text{النسبة المولية}}$ المولات المطلوبة
ثانياً: مول - كتلة

المولات المعطاة $\xrightarrow{\text{النسبة المولية}}$ المولات المطلوبة $\xrightarrow{\text{الكتلة المطلوبة}}$ الكتلة المطلوبة
ثالثاً: كتلة - كتلة

الكتلة المعطاة $\xrightarrow{\text{الكتلة المولية}}$ المولات المطلوبة $\xrightarrow{\text{النسبة المولية}}$ المولات المعطاة $\xrightarrow{\text{الكتلة المولية}}$ الكتلة المطلوبة

الحجمُ وعددُ المولاتِ

درستَ فيما سبقَ أنَّ جُزيئاتِ المادَّةِ في الحالَةِ الغازِيَّةِ تكونُ متباعدةً جدًّا بعضُها عن بعضٍ، كما في الشكَلِ (5-2) وأنَّ التَّفاعلاتِ الكيميائيَّةِ تتضمَّنُ نسَبًا مُحدَّدًا من مولاتِ المادَّاتِ المتفاعلةِ. وفي المقابلِ فإنَّ التَّفاعلاتِ الكيميائيَّةِ التي تَحدُثُ بين الغازاتِ تتضمَّنُ نسَبًا حَجمِيَّةً مُحدَّدةً عند قياسِها في ظروفٍ مُحدَّدةٍ من الضغطِ ودرجةِ الحرارةِ، فمثلاً في المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ:



الشكل 2-5 تمثيل الدقائق المتفاعلة في المعادلة الكيميائية

تُلِاحِظُ من مُعادلةِ التَّفاعلِ الموزونةِ أنَّ 1 mol من غازِ الهيدروجين تَتَفاعِلُ مع 1 mol من غازِ الأكسجين لإنتاجِ 2 mol من بخارِ الماءِ. وكذلك يُمكِّنُ دراسةُ المُعادلةِ على أساسِ الأحجامِ المتفاعلةِ من المادَّاتِ كَوَافِرِها مَوَادَّ غازِيَّة، فتُلِاحِظُ أنَّ حجمَيِنِ من غازِ H_2 يَتَفاعِلُانِ مع حجمٍ واحدٍ من غازِ O_2 لإنتاجِ حجمَيِنِ من بخارِ الماءِ H_2O . انظرِ الجدولِ (2-4) الذي يبيِّنُ أنَّ النِّسَبَ بين أعدادِ مولاتِ الغازاتِ لا تختلفُ عن النِّسَبِ بين أحجامِ الغازاتِ.

H_2O	O_2	H_2	عددُ المولاتِ في المُعادلةِ الموزونةِ
2	1	2	عددُ المولاتِ في المُعادلةِ الموزونةِ
2	1	2	عددُ أحجامِ الغازاتِ في المُعادلةِ الموزونةِ

الجدول 2-4: مقارنةُ عددِ المولاتِ وعددِ الأحجامِ المتفاعلةِ والنواتجِ الغازية.

أشَارَ العالَمُ أَفوجادرو إلى أنَّ الأحجامِ المتساويةِ من الغازاتِ المختلَفةِ تحتوي على العدِّ نفسهِ من الجُزيئاتِ (أو الجُسيماتِ) عند درجةِ الحرارةِ نفسهاِ والضغطِ نفسهِ. وسُيُّي هذا بمبدأً أَفوجادرو Avogadro's principle، فمثلاً الحجمُ الذي يَشَغِلُهُ 100 جُزيءٌ من غازٍ ما يَكُونُ نفسَ الحجمِ الذي يَشَغِلُهُ 100 جُزيءٌ من غازٍ آخرَ تحت الظروفِ القياسيةِ نفسهاِ من درجةِ الحرارةِ والضغطِ. انظرِ الشكَلِ (6-2).



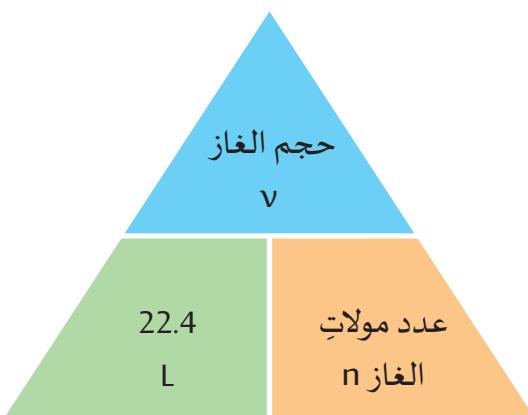
الشكل(6-2) مبدأ أفوجادرو للغازات

وبذلك يبين أفوجادرو أن المول الواحد من أي غاز يشغل حجمًا مقداره 22.4 dm^3 في الظروف القياسية (STP) ، وهي ضغطٌ جويٌ 1 atm ودرجة حرارة 0°C ، وقد سُعِيَ هذا الحجم، الحجم المولاري (المولي) للغاز **Molar volume**، وقيمتُه ثابتة لجميع الغازات. فمثلاً نلاحظ من المعادلة السابقة أن المول الواحد من غاز H_2 (كتلته المولية 1 g/mol) يشغل حجمًا مقداره 22.4 L ويحتوي هذا الحجم على عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من جزيئات الهيدروجين. وكذلك فإن المول الواحد من غاز الأكسجين (كتلته المولية 32 g/mol) يشغل حجمًا مقداره 22.4 L ويحتوي أيضاً على عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من جزيئات الأكسجين ، وبهذا فإن كلاً منهما يحتوي على العدد نفسه من الجزيئات عند الظروف نفسها من درجة الحرارة والضغط. انظر الشكل(7-2).

He	N_2	CH_4	
22.4 L	22.4 L	22.4 L	الحجم
1 atm	1 atm	1 atm	الضغط
0°C	0°C	0°C	درجة الحرارة
4.0 g	28.0 g	16.0 g	الكتلة المولية للغاز
6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	عدد جزيئات الغاز
1	1	1	عدد المولات

الشكل(7-2): الحجم المولاري لبعض الغازات في الظروف القياسية

وُبِّيِّنُ الْمُخْطَطُ الْآتِي الْعَلَاقَةُ بَيْنَ حَجْمِ الغَازِ وَعَدْدِ مُولَاتِهِ:



وَنَظَرًا لِوُجُودِ عَلَاقَةٍ بَيْنَ حَجْمِ الغَازِ وَعَدْدِ مُولَاتِهِ، فَإِنَّهُ يُمْكِنُ التَّعْبِيرُ عَنْ أَحْجَامِ الغَازَاتِ بِدَلَالَةِ كَتْلَتِهَا، وَتُوضَّحُ الْأَمْثَلَةُ الْآتِيَّةُ حَسَابَ عَدْدِ المُولَاتِ فِي عَيْنَةٍ مِّنَ الغَازِ:

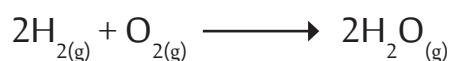
مَثَلُ (15):	إِحْسَبْ عَدْدَ الْمُولَاتِ فِي عَيْنَةٍ مِّنْ غَازِ الْنيتروجينِ حَجْمُهُ 5.8 L فِي الظَّرُوفِ الْقِيَاسِيَّةِ STP.	
الحل:	1 مولٌ من الغازٍ يَشْغَلُ حَجْمًا مُقْدَارُهُ 22.4 L ? مولٌ من الغازٍ يَشْغَلُ حَجْمًا مُقْدَارُهُ 5.8 L	إِذْنَ:

$$\frac{5.8 \text{ L}}{22.4 \text{ L}} \times 1 \text{ mol} = 0.25 \text{ mol}$$

مَثَلُ (16):	إِحْسَبْ حَجْمَ 400 g مِنْ غَازِ H ₂ (كَتْلَتُهُ الْمُوْلِيَّةُ 2 g/mol) فِي الظَّرُوفِ الْقِيَاسِيَّةِ STP؟
الحل:	$\frac{\text{كتلة H}_2}{\text{كتلتة المولية}} = \text{عدد مولات H}_2$ $\frac{400 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 200 \text{ mol}$ $\text{حجم الغاز H}_2 = \frac{22.4 \text{ L} \times 200 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 4480 \text{ L}$

إحسب حجم غاز الأكسجين اللازم لإنتاج 9 g من بخار الماء في الظروف القياسية بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية؟

مثال (17):



$$\text{H}_2\text{O} = \frac{9 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$$

من المعادلة الموزونة نجد أن النسبة المولية O_2 بدلالة H_2O هي $\frac{1}{2}$.

الحل:

$$\text{O}_2 = \frac{1}{2} \times 0.5 = 0.25 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2 = \frac{0.25 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 22.4 \text{ L} = 5.6 \text{ L}$$

يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز النيتروجين لإنتاج غاز الأمونيا، ويمثل ذلك بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

مثال (18):

1. إحسب الحجم الناتج من غاز NH_3 في الظروف القياسية عندما يتفاعل مع 0.2 mol من غاز N_2 ؟

2. إحسب الكتلة الناتجة من NH_3 في الظروف نفسها؟

عدد مولات N_2 : عدد مولات NH_3

1 : 2

0.2 : ?

$$\text{NH}_3 = \frac{2 \text{ mol} \times 0.2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 0.4 \text{ mol}$$

الحل:

$$\text{NH}_3 = \frac{0.4 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 22.4 \text{ L} = 8.96 \text{ L}$$

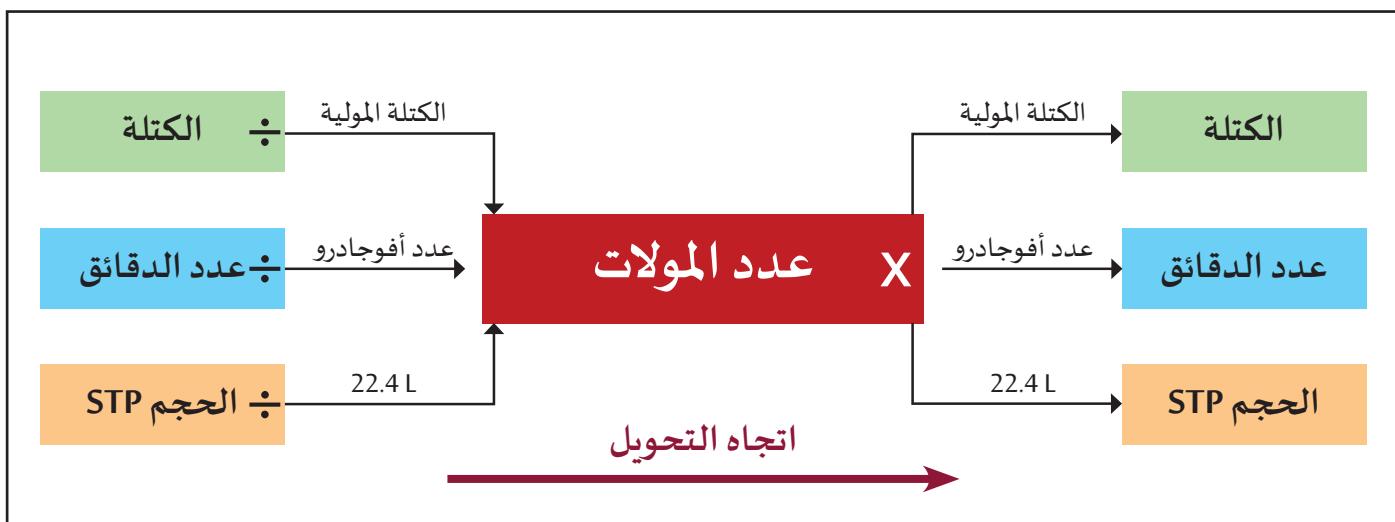
2. بمعرفة أن الكتلة المولية للأمونيا = 17 g/mol فإن:

$$\text{NH}_3 = 17 \text{ g/mol} \times 0.4 \text{ mol} = 6.8 \text{ g}$$

1. احسب عدد مولات غاز الهيليوم He المملوءة في بالون حجم 44.8 L في الظروف القياسية.
2. احسب الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 0.416 g من غاز الكربتون Kr في الظروف القياسية.
3. احسب كتلة غاز CO_2 الموجودة في بالون حجم 2 L في الظروف القياسية.



ويمكنك استخدام المخطط الآتي لإجراء الحسابات المتعلقة بالمول.



الحسابات الكيميائية في المحاليل المائية

Chemical Calculations in Aqueous Solutions

درست سابقاً أن المحلول **Solution** هو خليط متجانس من مادتين أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي. ويكون المحلول المائي من مذيب **Solvent** ومذاب **Solute**، ويمثل المذيب النسبة الأكبر من مكونات المحلول، في حين يمثل المذاب النسبة الأقل من مكونات المحلول، وفي حالة المحاليل المائية يكون دائماً الماء هو المذيب مهما كانت نسبته. فمثلاً في محلول السكر والماء فإن السكر هو المذاب والماء هو المذيب. وقد تعرفت في الأمثلة السابقة على استخدام المول وكتلة المادة بالجرام (g)، إلا أن هناك تفاعلاً تحدث في المحاليل المائية، فكيف تُحسب كتلة المادة المذابة في المحلول؟ وكيف يتم التعبير عن تركيز المحلول؟

المولارية Molarity

استخدم الكيميائيون مصطلح التركيز **Concentration** للتعبير عن كمية المادة المذابة في كمية محددة من المذيب أو المحلول. ويعبر عن تركيز المحلول بطرق مختلفة منها المولارية **Molarity**. وتُعرف المولارية بأنها عدد مولات المذاب الذائب في لتر واحد من المحلول. ويُرمز لها بالرمز M وتقاس بوحدة مول/لتر (mol/L).

يمكن استخدام صفة (مركز أو مخفف) للإشارة إلى تركيز المحلول، فمثلاً عند إذابة 500 g من السكر في حجم 1L من الماء، وكذلك إذابة 10 g من السكر أيضاً في حجم 1L، فستجدها أثقل طعم المحلول الأول أكثر حلاوةً من المحلول الثاني؛ وهذا يكون المحلول الأول أكثر تركيزاً مقارنةً بالمحلول الثاني ويُوصف بأنه محلول مركّز **Concentrated**، أي أنه يحتوي على كمية أكبر من المذاب في نفس الكمية من المذيب. في حين يُوصف محلول الثاني بأنه محلول مخفف **Diluted**، ويحتوي على كمية أقل من المذاب في الكمية نفسها من المذيب. وهذا يمكن حساب تركيز المحلول بمعرفة عدد مولاته في حجم معين منه باستخدام مفهوم المولارية، كما يلي:

$$\text{المولارية (M)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (n)}}{\text{حجم المحلول باللتر (V)}}$$

المحلول الذي يحتوي على 1 mol من المذاب وحجمه لتر واحد، يكون تركيزه M ويُسمى محلول المولاري، وكذلك محلول الذي يحتوي على 0.3 mol من المذاب وحجمه لتر واحد يكون تركيزه M . وتوضيح الأمثلة الآتية حساب المولارية لحالات مختلفة:

مثال (19): ما حجم محلول كلوريد الصوديوم NaCl تركيزه M الناتج عن إذابة 5.85 g من NaCl في كمية من الماء النقي؟

$$\text{NaCl} = 35.5 + 23 = 58.5 \text{ g/mol}$$

$$\frac{\text{كتلة NaCl}}{\text{كتلة NaCl}} = \frac{5.85 \text{ g}}{58.5 \text{ g/mol}} = 0.095 \text{ mol}$$

$$\frac{\text{عدد المولات}}{\text{مولارية المحلول}} = \frac{0.095 \text{ mol}}{0.01 \text{ mol/L}} = 9.5 \text{ L}$$

الحل:

مثال (20):

إحسب مolarية محلول يحتوي على 0.4 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH مذابة في 0.5 L من محلول.

$$\begin{aligned} \text{NaOH} \text{ الكتلة المولية} &= 23 + 16 + 1 \\ &= 40 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\frac{\text{كتلة NaOH}}{\text{الكتلة المولية}} = \text{عدد مولات NaOH}$$

الحل:

$$\text{NaOH} = \frac{0.4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$$

$$M = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم محلول}} = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.02 \text{ M}$$

مثال (21):

إحسب كتلة كلوريد الكالسيوم CaCl_2 الذائبة في 0.2 L من محلول تركيزه 0.1 M.

$$\text{CaCl}_2 \text{ الكتلة المولية} = 71 + 40$$

$$= 111 \text{ g/mol}$$

$$\text{عدد مولات} = \text{المولية} \times \text{حجم محلول}$$

$$\text{CaCl}_2 = 0.1 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L}$$

$$= 0.02 \text{ mol}$$

الحل:

$$\text{كتلة} = \text{عدد المولات} \times \text{الكتلة المولية}$$

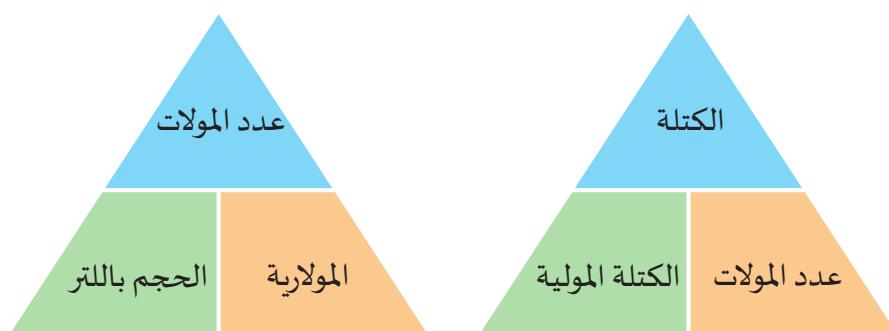
$$\text{CaCl}_2 = 0.02 \text{ mol} \times 111 \text{ g/mol}$$

$$= 2.22 \text{ g}$$

ويمكن جمع قانون المolarية وقانون عدد المولات في صيغة واحدة كما يأتي:

$$\text{المolarية} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم محلول (L)}}$$

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{كتلة المذاب (g)}}{\text{كتلة المولية (g/mol)}}$$



وبالتالي تكون:

$$\text{المolarية (M)} = \frac{\text{كتلة المذاب (g)}}{\text{الكتلة المولية (g/mol)} \times \text{حجم محلول (L)}}$$

$$M = \frac{m}{V \times M.w}$$

1. احسب مolarية محلول يحتوي على 11.9 g من بروميد البوتاسيوم KBr مذابة في 500 ml من محلول؟



2. احسب كتلة NaOH اللازمة لتحضير محلول حجمه 1.5 L من محلول مolarيته 0.2 M.

3. احسب حجم محلول من Ba(OH)_2 مolarيته 0.1 M الناتج عن إذابة 10 g في كمية كافية من الماء النقى.

تحفيز: احسب كتلة Mg اللازمة لتفاعل تماما مع محلول مolarيته 1 mol/L من HCl وحجمه 0.5 L

لعلك لاحظت من الأمثلة السابقة أنه يمكن حساب مolarية (تركيز) محلول بمعرفة كتلة المادة المذابة منه في حجم معين من محلول. وعادةً تُستعمل في مختبرات الكيمياء محليل لها تراكيز محددة تُسمى المحاليل القياسية، فما محلول القياس؟ وكيف يمكن تحضيره؟

٦-٢ نشاط

المحلول القياسي

الهدف:

تَحْضِيرُ مَحْلُولٍ قِيَاسِيٍّ مِنْ كَلُورِيدِ الصُّودِيُوم NaCl تَرْكِيزٌ مُوْلَارِي 0.2 M

المواد والأدوات:

كَلُورِيدُ الصُّودِيُوم ، مِيزَانٌ حَسَاسٌ ، دُورَقٌ حَجْمِيٌّ ، مَاءٌ مَقْطَرٌ ، سَاقٌ تَحْرِيكٌ زَجاجِيٌّ ، كَأسٌ زَجاجِيٌّ ، مَلْعَقَةٌ مَعْدِنِيَّةٌ ، طَبْقٌ زَجاجِيٌّ .

خُطُواتُ الْعَمَلِ:



١. بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، احسب كتلة 1 mol من كَلُورِيدِ الصُّودِيُوم بدقة. سجّل نتائجك.

٢. استخدم الميزان الحساس لوزن 2.925 g من كَلُورِيدِ الصُّودِيُوم.

٣. ضع الكتلة المُقاسَة في دورق حجميّ نظيف وجاف سعته 250 ml .

٤. أضف الماء المُقَطَّر تدريجياً إلى الدورق الحجمي مع التحريك للتأكد من ذوبان جميع كتلة المذاب.

٥. أضف مزيداً من الماء المُقَطَّر تدريجياً إلى الدورق الحجمي حتى العلامة المُحدَّدة على عُنقِ الدورق. كما في الشكل. ثم حَرِّكِ المحلول حتى يتجانس.

التحليل

أكمل الجدول الآتي:

	الكتلة المولية NaCl
	عدد مولات NaCl
	الحجم المستخدم (وحدة اللتر)
	مولارية المحلول الناتج

الاستنتاج:

١. ما المقصود بال محلول القياسي؟

٢. ما خطوات تَحْضِيرِ مَحْلُولٍ قِيَاسِيٍّ مِنْ أَيِّ مَادَّةٍ؟

استقصاء:

ماذا تتوقع أن يحدث لتركيز المحلول عند إضافة كمية أخرى من المذيب إليه؟

تُلاحظُ من النشاطِ السابقِ أنهُ يُمكِّنُ تَحضِيرُ محلولٍ قياسيٍ لأيِّ مادَّةٍ بِإذاَبةٍ كتلةٍ معينةٍ من المُذابِ في كميةٍ مُحدَّدةٍ من المُذيبِ النقيِ (مثَلَ الماءِ المقطَر)، ويُستَخدَمُ لِهَذِهِ الْعَمَلِيَّةِ دُورَقٌ حجميٌّ ذو حجمٍ مناسِبٍ. انظرِ الشَّكَلَ (8-2) الَّذِي يُبَيِّنُ مَجْمَوعَةً مِن الدُّوَارِقِ الْحَجْمِيَّةِ مُخْتَلِفَةُ الْأَحْجَامِ.



الشَّكَل (8-2) مَجْمَوعَةً مِن الدُّوَارِقِ الْحَجْمِيَّةِ مُخْتَلِفَةُ الْأَحْجَامِ

ويُعرَفُ المُحلولُ القياسيُّ **Standard Solution** بِأَنَّهُ مُحلولٌ معلومٌ التَّركيزِ بدقةٍ. والمُحلولُ المولاريُّ هو المُحلولُ الَّذِي يَحْتَوِيُ اللَّتْرُ الْوَاحِدُ مِنْهُ عَلَى مُولٍ وَاحِدٍ مِنَ المُذابِ. وَتُسْتَخدَمُ فِي الْمَختَبَرِ مَحَالِيلٌ قياسِيَّةٌ لِهَا تَرَاكِيُّزٌ مولاريٌّ مُحدَّدٌ يُمكِّنُ تَحضِيرُهَا بِقِيَاسٍ كتلةٍ دَقِيقَةٍ مِنَ الْمَادَّةِ وَاستَخدَامِ دُورَقٍ مناسِبٍ لِلْحَجْمِ. وَأَحْيَاً يَتَطَلَّبُ الْعَمَلُ الْمِخْبَرِيُّ إِجْرَاءَ التَّجَارِبِ باسْتِعْمَالٍ كمِيَّةٍ صَغِيرَةٍ مِنَ المُحلولِ بَدَلًا مِنْ اسْتِعْمَالٍ كمِيَّةٍ كَبِيرَةٍ لَا يُسْتَفَادُ مِنْهَا جَمِيعَهَا تُعْدُ هَدْرًا؛ لِذَلِكَ يُمكِّنُ مِنْ خَالِلِ التَّحْكُمِ بِحَجْمِ المُحلولِ وَكتلةِ الْمَادَّةِ تَحضِيرُ المُحلولِ الْمَطَلُوبِ، فَمَثَلًاً يُحَضِّرُ مُحلولٌ 0.1 M مِنْ هِيدْرُوكَسِيدِ الصُّودِيُومِ NaOH بِإذاَبةٍ 4 g مِنْهُ فِي حَجْمٍ 1 L مِنَ المُحلولِ، فِي حِينَ يُمكِّنُ تَحضِيرُ المُحلولِ بِالْتَّرَكِيزِ المولاريِّ نَفْسِهِ 0.1 M لَكِنْ بِإذاَبةٍ كمِيَّةٍ أَقْلَى مِنَ المُذابِ فِي حَجْمٍ أَصْغَرَ؛ إِذْ يُمكِّنُ إِذاَبةٍ 0.4 g مِن NaOH فِي حَجْمٍ 100 ml مِنَ المُحلولِ.

الأفكار الرئيسية:

- الكتلة الذرية الجرامية للعنصر تساوي قيم الكتل الذرية النسبية للذرات عددياً ولكنها تُقاس بوحدة الجرام.
- الكتلة الجزيئية الجرامية هي مجموع الكتل الذرية النسبية لمكونات المركب بوحدة الجرام.
- المول هو عدد أفوجادرو 6.02×10^{23} من الوحدات البنائية مثل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغ الكيميائية.
- الكتلة المولية هي مجموع الكتل الذرية النسبية لمكونات المركب. وتساوي الكتلة الجزيئية للمركب.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المعادلة الكيميائية الموزونة التي تحدّد النسبة بين عدد مولات المادّة المُتفاعلّة والناتجة وكذلك كتلها.
- المولاريّة M هي عدد مولات المادّة الذائبة في حجم لتر واحد من محلول.
- المحلول القياسي هو محلول معلوم التركيز بدقة.
- المحلول المولاري هو محلول الذي يحتوي اللتر الواحد منه على مول واحد من المذاب.
- الحجم المولاري (المولي) للغاز هو الحجم الذي يشغل المول الواحد من أي غاز في الظروف القياسية ومقداره 22.4 لترًا.
- الظروف القياسية (STP) وهي ضغط جوي 1 atm ودرجة حرارة 0°C (273K).
- مبدأ أفوجادرو: الأحجام المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات عند درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه.

تقدير الدرس الثالث



أولاً: اختبر مِن الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. ما كتلة المول الواحد من نترات الأمونيوم NH_4NO_3 بوحدة (g/mol)، علماً بأن الكتل الذرية N=14، O=16، H=1

- | | |
|-----|----|
| 48 | -a |
| 66 | -b |
| 80 | -c |
| 118 | -d |

2. ما الحجم الذي يشغل 4 mol من غاز NO_2 (بوحدة L)، في الظروف القياسية STP؟

- | | |
|-------|----|
| 22.4 | -a |
| 95.20 | -b |
| 4.86 | -c |
| 89.6 | -d |

3. ما عدد مولات غاز N_2 الملؤء في بالون حجم 11.2 L في الظروف القياسية STP؟

- | | |
|------|----|
| 0.5 | -a |
| 14 | -b |
| 2 | -c |
| 0.25 | -d |

4. ما المقصود بالمولارية؟

- a حجم محلول باللتر / عدد مولات المذاب
- b عدد مولات المذاب / حجم محلول باللتر
- c الكتلة المولية / كتلة المذاب
- d كتلة المذاب / الكتلة المولية

تابع تقويم الدرس الثالث

5. ما مolarية محلول تكون من إذابة 0.4 g من NaOH في حجم 100 ml ماء مُقطر؟

0.1 -a

0.01 -b

0.001 -c

0.0001 -d

6. ما عدد ذرات عنصر الألミニوم الموجودة في 2.7 g من العنصر؟

6.02×10^{20} ذرة -a

6.02×10^{21} ذرة -b

6.02×10^{22} ذرة -c

6.02×10^{23} ذرة -d

ثانيًا: أسئلة الإجابات القصيرة



1. ما المقصود بكل مما يأتي:

المول ، المolarية ، الحجم المولي ، محلول القياسي ، مبدأ أفوجادرو

2. احسب عدد جزيئات NF_3 التي تُوجَدُ في 3 mol منه؟

3. احسب عدد ذرات عنصر Ca التي تُوجَدُ في 2 mol من العنصر؟

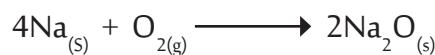
4. احسب عدد مولات عنصر K التي تَحْوِي 1.505×10^{23} ذرة؟

5. احسب الكتلة المولية للمركب $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ؟

6. احسب حجم غاز Cl_2 في الظروف القياسية (STP) اللازم لإنتاج 150 g من NaCl ؟

7. احسب مolarية محلول تكون بإذابة 1.17 g من NaCl في حجم مقداره 500 ml؟

8. في المعادلة الموزونة الآتية:



-a ما النسبة المولية للصوديوم Na بالنسبة للأكسجين O_2 ؟

-b ما عدد مولات Na_2O الناتجة عن تفاعل 80 mol من Na؟

-c ما كتلة Na الازمة لتفاعل مع 6.4 mol من غاز الأكسجين؟

تقويم الوحدة الثانية



أولاً: اختر رمزاً لإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. ما عدد مولات الأكسجين O الموجودة في مولٍ واحدٍ من CaCO_3 ؟

- 1 -a
- 2 -b
- 3 -c
- 4 -d

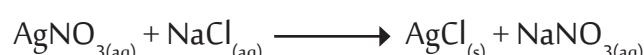
2. أيٌّ مما يأتي يُمثّل الكتلة المولية لمُركب CaCl_2 (g/mol) بوحدةٍ؟

- 111 -a
- 31 -b
- 75.5 -c
- 151 -d

3. ما حالة المادة المُشار إليها بالرمز (I) في المعادلات الكيميائية؟

- صلبة -a
- سائلة -b
- غازية -c
- محلول مائي -d

4. ما الأيونات المترجحة في المعادلة الكيميائية الآتية؟



- Ag^+ ، Cl^- -a
- Cl^- ، NO_3^- -b
- NO_3^- ، Na^+ -c
- Ag^+ ، Na^+ -d

تابع تقويم الوحدة الثانية

5. ما المعاملات المستخدمة لوزن المُعادلة الكيميائية الآتية، من اليسار إلى اليمين، على الترتيب:



- | | |
|---------|----|
| 3.1,2,1 | -a |
| 2.3,1,2 | -b |
| 1.2,2,1 | -c |
| 3,2,1,2 | -d |

6. كم جراماً يلزم لتحضير محلول حجمه 2L وتركيز المولاري 1.5 M من Na_3CO_3 (كتلة المولية 106 g/mol)؟

- | | |
|-----|----|
| 85 | -a |
| 106 | -b |
| 265 | -c |
| 318 | -d |

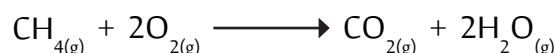
7. ما التركيز المولاري محلول تكون بإذابة 8 g من NaOH في الماء المقطّر للحصول على محلول حجمه 1 L (الكتلة المولية 40 g/mol)؟

- | | |
|------------|----|
| 0.2 mol/L | -a |
| 2 mol/L | -b |
| 3.20 mol/L | -c |
| 4 mol/L | -d |

ثانياً: أسئلة الإجابات القصيرة

أجب عن الأسئلة الآتية:

1. يحترق غاز الميثان CH_4 بوجود كمية وافرة من غاز الأكسجين احتراقاً تماماً، ويعبر عن ذلك بالمعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



إحسب كتلة 0.5 mol من غاز CH_4 . -a

إحسب عدد الجزيئات في 4.4 g من CO_2 . -b

ما عدد مولات CO_2 الناتجة من تفاعل 0.3 mol من O_2 ؟ -c

إحسب كتلة H_2O الناتجة عن احتراق 6.4 g من CH_4 . -d

تابع تقويم الوحدة الثانية

2. يحترق فلز الألومنيوم Al الصلب في كمية وافرة من غاز الأكسجين احتراقاً تماماً فينتج أكسيد الألومنيوم الصلب.

-a أكتب معادلة لفظية للتفاعل الحاصل.

-b أكتب معادلة كيميائية موزونة.

-c ما النسبة المولية للألومنيوم Al في المعادلة الموزونة بدلاة الأكسجين؟

-d ما عدد مولات غاز الأكسجين اللازمة لتفاعل مع 9.2 mol من Al ؟

-e احسب كتلة أكسيد الألومنيوم الناتجة عن تفاعل 40.5 g من Al.

3. أكمل الجدول الآتي المتعلق بالمعادلة الكيميائية الموزونة:



SO_3	S	O_2	
			عدد المولات
			عدد الذرات أو الجزيئات
			كتلة كل مادة بالجرام
			مجموع الكتلة الكلية في طرفي المعادلة

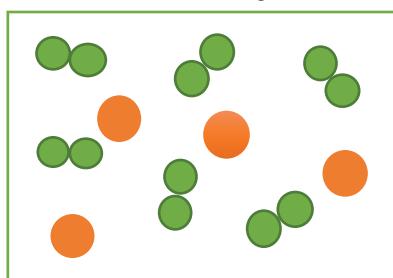
4. بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، احسب الكتلة المولية لكلٍ مما يأتي:



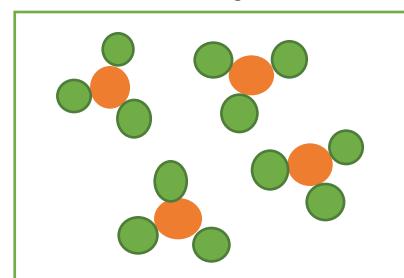
5. يُبيّن الشكل الآتي مواد متفاعلةً وموادً ناتجةً؛ حيث يُشير اللون البرتقالي إلى ذرات عنصر X واللون الأخضر

يُشير إلى جزيئات عنصر Y

مواد متفاعلة



مواد ناتجة

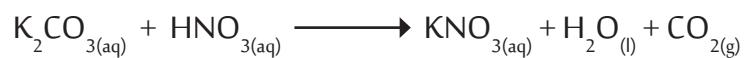


-a ما الصيغة الكيميائية لكلٍ من ذرات عنصر X وجزيئات عنصر Y ؟

-b أكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل الذي يُمثلُ الشكل.

تابع تقويم الوحدة الثانية

6. وازن المعادلة الآتية ، ثم أكتب المعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية النهائية لها:



7. احسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر النحاس في المركب CuFeS_2 ؟

8. تحفيز: مركب نقي كتلته 4.4g يتكون من عنصري الهيدروجين والكربون، ويحتوي 0.8g هيدروجين.

-a احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل من عنصري الهيدروجين والكربون في المركب؟

-b استنتج أي الصيغتين تمثل المركب C_3H_8 أم C_2H_6 ؟

قائمة المراجع

1. المبادئ والبنية، جيمس برادي، جيرارد هيوم ستون، 1992، الجزء الأول، ترجمة سليمان سعسع ومؤمن الحلبي.
2. الكيمياء العامة، الخطيب ، ابراهيم صادق، وعبيد، مصطفى تركي، 2004، دار المسيرة للنشر والتوزيع ، عمان.
3. Ebbing ,Gammon, 2009.General Chemistry, 10th Ed.
4. Karen C. Timberlake, and William Timberlake, 2008, Basic Chemistry, Pearson Education.
5. Antony C. Wilbraham, Dennis D. Staley, and Michael S. Matta, 2002, Chemistry, Prentice Hall.
6. Lawrie Ryan, 2000, Advance Chemistry for You, Nelson Thornes.
7. Kenneth W. Raymond, 2008, Chemistry an Integrated Approach, John Willy & Sons Inc. 2nd Edition.

الجدول الدوري للعناصر

1	IA	1	H	Hydrogen	1.008	الرمرم	→	أحد المدري	→	Hydrogen	1.008	الاكتنابات		
2	IIA	3	Li	Lithium	6.94	Be	Beryllium	9.0141831	Sc	Scandium	44.955908	La	Lanthanum	57.945116
4	IIIA	5	Na	Sodium	22.98976928	Ca	Calcium	40.078	Ti	Titanium	47.867	Cr	Chromium	51.9861
6	IVA	7	K	Potassium	39.09833	Mg	Magnesium	24.305	V	Vanadium	50.9415	Mn	Manganese	54.938044
8	VIA	9	Rb	Rubidium	85.4678	Y	Yttrium	88.90684	Fe	Cobalt	58.935394	Co	Iron	55.845
10	VIIA	11	Sr	Strontrium	87.62	Nb	Niobium	92.90637	Ni	Nickel	58.6934	Ru	Ruthenium	101.07
12	IIIA	13	Cs	Ceasium	132.9105195	Zr	Zirconium	91.224	Cu	Copper	63.5446	Tc	Technetium	98
14	IVA	15	Fr	Francium	(223)	Ta	Tantalum	181.034768	Os	Osmium	190.23	Ir	Rhenium	185.07
16	VIA	17	Ra	Radium	(226)	Hf	Hafnium	174.9	Hs	Hassium	(289)	Pt	Iridium	192.27
18	VIIA	19	Ac	Actinium	(227)	Ba	Barium	137.9427	Ds	Darmstadtium	(281)	Au	Gold	196.96659
		20	Th	Thorium	232.0377	Db	Dubnium	(288)	Rg	Roentgenium	(282)	Pt	Platinum	195.054
		21	Pa	Protactinium	231.03688	Sg	Seaborgium	(269)	Cn	Copernicium	(285)	Ir	Rhenium	185.07
		22	Ac	Actinium	(227)	Bh	Bohrium	(270)	Mt	Meitnerium	(278)	Os	Osmium	190.23
		23	La	Lanthanum	57.945116	Hs	Hassium	(289)	Ds	Darmstadtium	(281)	Ir	Rhenium	185.07
		24	Ce	Cerium	58.945116	Bh	Bohrium	(270)	Rg	Roentgenium	(282)	Os	Osmium	190.23
		25	Pr	Praseodymium	59.945116	Db	Dubnium	(288)	Cn	Copernicium	(285)	Ir	Rhenium	185.07
		26	Nd	Neodymium	60.945116	Sg	Seaborgium	(269)	Mt	Meitnerium	(278)	Os	Osmium	190.23
		27	Eu	Europium	61.945116	Bh	Bohrium	(270)	Ds	Darmstadtium	(281)	Ir	Rhenium	185.07
		28	Gd	Gadolinium	62.945116	Hs	Hassium	(289)	Rg	Roentgenium	(282)	Os	Osmium	190.23
		29	Tb	Terbium	63.945116	Bh	Bohrium	(270)	Cn	Copernicium	(285)	Ir	Rhenium	185.07
		30	Dy	Dysprosium	64.945116	Hs	Hassium	(289)	Mt	Meitnerium	(278)	Os	Osmium	190.23
		31	Ho	Holmium	65.945116	Bh	Bohrium	(270)	Ds	Darmstadtium	(281)	Ir	Rhenium	185.07
		32	Tm	Thulium	66.945116	Hs	Hassium	(289)	Rg	Roentgenium	(282)	Os	Osmium	190.23
		33	Er	Erbium	67.945116	Bh	Bohrium	(270)	Cn	Copernicium	(285)	Ir	Rhenium	185.07
		34	Yb	Ytterbium	68.945116	Hs	Hassium	(289)	Mt	Meitnerium	(278)	Os	Osmium	190.23
		35	Lu	Lutetium	69.945116	Bh	Bohrium	(270)	Ds	Darmstadtium	(281)	Ir	Rhenium	185.07
		36	Kr	Krypton	83.798	Hs	Hassium	(289)	Rg	Roentgenium	(282)	Os	Osmium	190.23
		37	Xe	Xenon	131.293	Bh	Bohrium	(270)	Cn	Copernicium	(285)	Ir	Rhenium	185.07
		38	Rn	Radon	(222)	Hs	Hassium	(289)	Mt	Meitnerium	(278)	Os	Osmium	190.23
		39	Og	Oganesson	(294)	Bh	Bohrium	(270)	Ds	Darmstadtium	(281)	Ir	Rhenium	185.07
		40	Lr	Lawrencium	(266)	Hs	Hassium	(289)	Rg	Roentgenium	(282)	Os	Osmium	190.23