الكيمياء

للصف الثانى الثانوى - الفصل الدراسى الثانى

2026 - 2025

الكيمياء

للصف الثانى الثانوى - الفصل الدراسى الثانى 2025 - 2026

إعـــداد

أ. د. محمد سمير عبد المعز
أ. د. جابر عبد الوهاب العنانى
د. أحمد فؤاد الشايب
أ. إبراهيم عليوة همام
أ. سميحة السيد على

لجنة التعديل

أ. صابر حكيم فانوس
أ. عصام رشدى فام
أ. صلاح جندى بشته
أ. سحر على مشهور
أ. أسامة فهمى فؤاد
د. سحر إبراهيم محسن
أ. عبد الله عبد الواحد
أ. سامح منصور

شارك فى التعديل والتطوير

إدارة المحتوى التعليمى بشركة GPS للطبع والنشر والتوزيع

مستشار مادة العلوم

د. عزيزة رجب خليفة

إشراف عام

د. أكرم حسن محمد
مساعد الوزير لشئون المناهج التعليمية
والمشرف على الإدارة المركزية لتطوير المناهج

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم والتعليم الفنى

المقدمة

فى إطار تطوير التعليم لمواكبة المتغيرات العالمية والمحلية واستكمالًا للجهود الحثيثة التى تقوم بها وزارة التربية والتعليم للارتقاء بمستوى محتويات المناهج الدراسية وربطها بالمجتمع والبيئة فقد كلف معالى وزير التربية والتعليم بإعادة تقييم ومراجعة المحتوى العلمى لمادة الكيمياء للصف الثانى الثانوى.

ولقد قامت اللجنة المكلفة بإجراء التعديلات والإضافات اللازمة التى أدت إلى:

(1) التخلص من التكرار والحشو غير المبرر واستبعاد الأجزاء التى سبق للطالب دراستها، وإعادة صياغة بعض أجزاء الكتاب بطريقة منطقية متسلسلة ومنظمة.

(2) إضافة بعض المفاهيم والتطبيقات لمواكبة الاتجاهات العلمية الحديثة.

(3) ربط موضوعات الدراسة بالحياة اليومية وتأثيراتها البيئية وتطبيقاتها الصناعية.

(4) الاهتمام بالمعالجات الرياضية فى فهم بعض الموضوعات بهدف تقوية الجوانب الفكرية.

(5) إعداد بعض الأشكال التوضيحية وتوظيفها لخدمة المفاهيم العلمية.

(6) تحديد الأهداف المرجوة من دراسة كل باب من أبواب الكتاب وضعت فى مقدمته لتُعطى مؤشرًا للطالب والمعلم على مدى ما حققه.

(7) تنوع التقييم ليتضمن قياس المستويات المختلفة للتعليم.

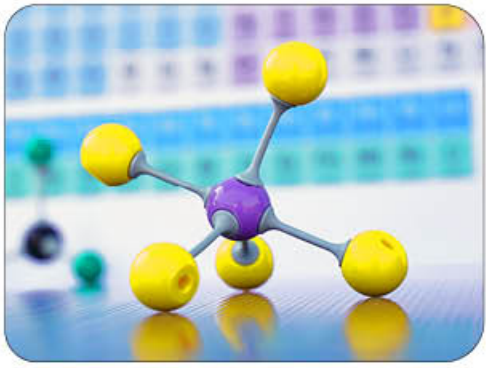
والكتاب فى صورته الحالية يحتوى على ثلاثة أبواب تتكامل وترابط فيما بينها وتعكس تناغمًا مع محتويات كتب الكيمياء فى المناهج العالمية وتشمل على تطبيقات صناعية وبيئية مفيدة.
وتتضمن اهتمامًا واضحًا بتنمية قدرات الفهم والتحليل والابتكار وتتمشى مع المعايير القومية التى وضعتها الوزارة لتطوير منهج الكيمياء.

نتمنى أن يكون هذا الكتاب فى صورته الجديدة مصدرًا مُفيدًا للعلم والمعرفة فى مجال الكيمياء وأن يحقق الغاية المرجوة وأن يكون خير معين لطلابنا الذين نتمنى لهم النجاح والتوفيق.

لجنة التطوير

محتويات الكتاب

الفصل الدراسى الثانى



الباب الأول

الروابط والأشكال الفراغية للجزيئات 4

الباب الثانى

العناصر الممثلة فى بعض المجموعات
المنتظمة فى الجدول الدورى 30

الباب الثالث

الكيمياء النووية 60

الباب الأول

الروابط والأشكال الفراغية للجزيئات

الأهـداف

فـى نهايـة دراسـة الطالب لبـاب الروابط والأشـكال الفراغية للجزيئات ينبغى أن يكون قادرًا على أن:

1- يشرح سبب تكوين معظم الذرات لروابط كيميائية.

2- يصف كل من الروابط الأيونية والروابط التساهمية.

3- يُحدد نوع الرابطة بُناءً على الفرق فى السالبية الكهربية.

4- يتعرف تطبيقات على العلوم والتكنولوچيا والمجتمع.

5- يشرح النظرية الإلكترونية للتكافؤ (نظرية الثمانيات).

6- يُحدد عيوب نظرية الثمانيات.

7- يُفسـر سـبب تكوين الرابطة التساهمية فى كل من جـزىء الهيدروچين وجزىء فلوريـد الهيدروچين على أساس نظرية رابطة التكافؤ.

8- يتعرف مفهوم التهجين وكيفية حدوثه.

9- يشرح عملية ارتباط ذرات الهيدروچين بذرة الكربون لتكوين جزىء الميثان.

10- يُقارن بين الرابطة سيجما والرابطة باى.

11- يُحدد نوع التهجين فى كل من الميثان والإيثيلين والأسيتيلين.

12- يُحـدد أشـكال الجزيئات فى ضـوء نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ.

13- يُحدد الذرة المانحة والذرة المستقبلة عند تكوين رابطة تناسقية.

14- يُعرف الرابطة الهيدروچينية.

15- يُفسر سبب ارتفاع درجة غليان الماء.

16- يسـتنتج خواص الفلز من صلابـة ودرجة انصهار عالية من عدد إلكترونات التكافؤ الحرة فى ذرته.

الاتحاد الكيميائى

• سبق لك دراسة التركيب الدقيق للذرة، وعلمت أن أكثر ذرات العناصر استقرارًا هى ذرات الغازات النبيلة، مثل: الهيليوم والنيون والأرجون ... إلخ، لاستقرار تركيبها الإلكترونى، **كما يتضح من الجدول (1):**

جدول (1)

الغاز النبيل	التركيب الإلكترونى
$_{2}He$	$1s^2$
$_{10}Ne$	$[He] , 2s^2 , 2p^6$
$_{18}Ar$	$[Ne] , 3s^2 , 3p^6$
$_{36}Kr$	$[Ar] , 4s^2 , 3d^{10}, 4p^6$
$_{54}Xe$	$[Kr] , 5s^2 , 4d^{10}, 5p^6$
$_{86}Rn$	$[Xe] , 6s^2 , 4f^{14} , 5d^{10}, 6p^6$

فى ضوء ما سبق يتضح إنه يلزم لاستقرار باقى العناصر، اكتمال مستوى طاقتها الخارجى بالإلكترونات، عن طريق فقد أو اكتساب أو المشاركة بالإلكترونات فى التفاعلات الكيميائية ليصبح تركيبها الإلكترونى مشابهًا للتركيب الإلكترونى لأقرب غاز نبيل لها فى العدد الذرى.

تمثيل لويس النقطى لإلكترونات التكافؤ

تلعب إلكترونات التكافؤ دورًا مهمًا فى طبيعة الروابط التى تُكونها الذرات، وقد وضع العالم لويس طريقة مبسطة استخدم فيها النقاط فى تمثيل (إلكترونات التكافؤ).

كما هو موضح بالجدول (2):

جدول (2)

المجموعة	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	0
الدورة الثالثة	$_{11}Na$	$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
التركيب الإلكترونى	$[Ne],3s^1$	$[Ne],3s^2$	$[Ne],3s^2,3p^1$	$[Ne],3s^2, 3p^2$	$[Ne],3s^2,3p^3$	$[Ne],3s^2,3p^4$	$[Ne],3s^2,3p^5$	$[Ne],3s^2,3p^6$
نموذج لويس النقطى	$Na^{\bullet}$	$\cdot Mg\cdot$	$\cdot\dot{A}l\cdot$	$\cdot\dot{S}i\cdot$	$\cdot\ddot{P}\cdot$	$\cdot\ddot{S}\cdot$	$:\ddot{C}l\cdot$	$:\ddot{A}r:$

وقد أطلق لويس على زوج الإلكترونات الموجود فى أحد أوربيتالات المستوى الخارجى، والذى لم يشارك فى تكوين الروابط مصطلح **زوج حر** Lone pair وعلى زوج الإلكترونات المسئول عن تكوين الرابطة مصطلح **زوج الارتباط** Bond pair.

وفى ضوء معلوماتنا عن تركيب الذرة سوف نقوم بدراسة نوعان من الروابط، **هما:**

أولًا: الروابط الكيميائية. **ثانيًا: الروابط الفيزيائية.**

أولًا الروابط الكيميائية

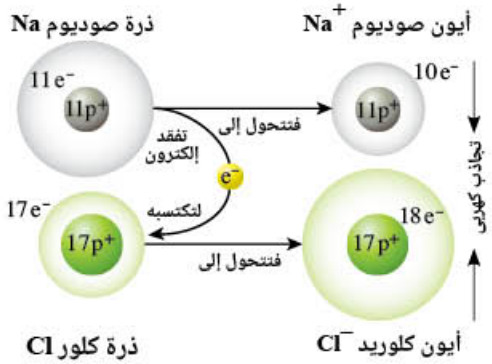
يتوقف نوع الرابطة الكيميائية وقوتها على التركيب الإلكترونى للذرات المكونة لها.

وسوف نتناول بالدراسة ثلاثة أنواع من الروابط الكيميائية، **هى:**

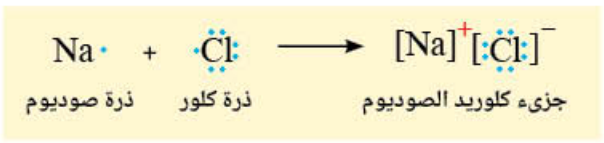
(1) **الرابطة الأيونية.** (2) **الرابطة التساهمية.** (3) **الرابطة التناسقية.**

1 الرابطة الأيونية

- **الرابطة الأيونية** عبارة عن تجاذب كهربى بين أيون موجب الشحنة (كاتيون) وأيون سالب الشحنة (أنيون)، كما يتضح من الارتباط الأيونى فى جزىء كلوريد الصوديوم (شكلى 1،2).

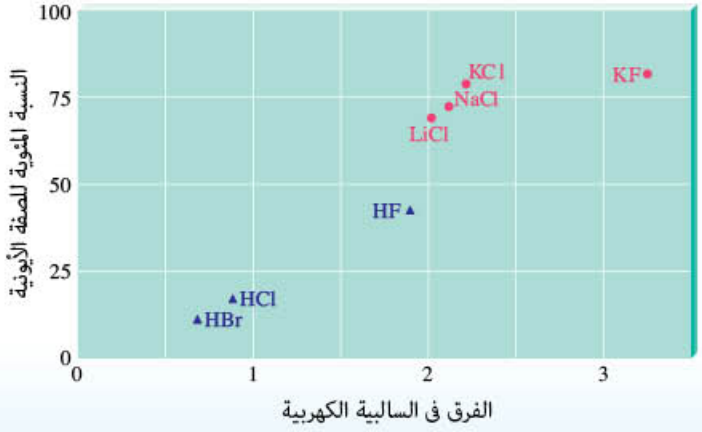


شكل (1)
الترابط الأيونى فى جزىء كلوريد الصوديوم



شكل (2)
الترابط الأيونى بطريقة لويس النقطية

- يلعب الفرق فى السالبية الكهربية بين العناصر المرتبطة دورًا أساسيًا فى تحديد نسبة الصفة الأيونية فى مركباتها، وعندما تكون نسبة الصفة الأيونية فى المركب أكبر من 50 % ، يُوصف بأنه مركب أيونى، وقد ثبت بالتجربة العملية أنه كلما زاد الفرق فى السالبية الكهربية بين العنصرين المرتبطين عن (1.7) تزداد الصفة الأيونية فى المركب الناتج (شكل 3).



شكل (3)

• فالصفة الأيونية فى المركب KCl أقوى مما فى المركب LiCl ، لأن الفرق فى السالبية الكهربية بين البوتاسيوم والكلور (2.2) أكبر مما بين الليثيوم والكلور (2).

وتكون الروابط الأيونية قوية عند ارتباط أيًا من فلزات المجموعتين (1A) ، (2A) مع أيًا من لافلزات المجموعتين (6A) ، (7A).

خواص المركبات الأيونية

شكل (4)
الشبكة البللورية
فى كلوريد الصوديوم

يؤثر الفرق فى السالبية الكهربية للعناصر المكونة للرابطة الأيونية على الخواص الأيونية لمركباتها، كما يؤثر ترتيب الأيونات فى الشبكة البللورية للمركبات الأيونية (شكل 4) فى خواصها التالية:

(1) مواد صلبة معظمها قابل للذوبان فى المذيبات القطبية كالماء، مكونة محاليل مائية، ولا تذوب فى المذيبات العضوية (اللاقطبية) كالبنزين.

(2) توصل التيار الكهربى عندما تكون فى صورة مصهور أو محلول مائى لسهولة حركة الأيونات الحرة أو المماهة، ولا توصل التيار الكهربى عندما تكون فى الصورة الصلبة، لصعوبة حركة الأيونات داخل الشبكة البللورية، بسبب قوى التجاذب الكبيرة بين الأيونات مختلفة الشحنة.

(3) ارتفاع درجتى انصهارها وغليانها، للتغلب على قوى التجاذب بين الكاتيونات والأنيونات فى الشبكة البللورية.

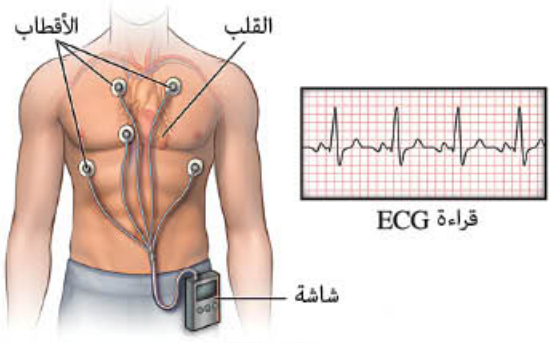
(4) معظم تفاعلاتها تتم بشكل لحظى.

العلوم والتكنولوچيا والمجتمع (STS)

العلاقة بين الأيونات وسلامة القلب:

تنشأ عن حركة أيونات الصوديوم Na^+ ، البوتاسيوم K^+، والكالسيوم Ca^{2+} خلال أغشية القلب تيارات أيونية تتحول إلى تيارات إلكترونية قابلة للقياس فى جهاز أقطاب تخطيط كهربية القلب ECG (شكل 5) ويؤدى اختلال تركيز هذه الأيونات فى خلايا الجسم إلى تغيير الإشارات الكهربية التى تنتجها عضلة القلب.

وتساعد نتائج هذا الاختبار على تشخيص النوبات القلبية واضطراب نبض القلب.



شكل (5)
جهاز ECG «راسم القلب»

2 الرابطة التساهمية

تتكــون **الرابطــة التساهميــة** بين ذرتين متماثلتين أو مختلفتين يكــون الفــرق فى السالبيــة الكهربيــة بينهمــا **أقل من 1.7** غالبًا وتنشأ الرابطة التساهمية عن طريق **المشاركة بالإلكترونات** بين الذرات المرتبطة، ويؤدى اختلاف الســالبية الكهربية للذرتين المرتبطتين برابطة تســاهمية إلى وجود نسبة ما من **الصفة الأيونية** فى المركب التساهمى وتُصنف **الرابطة التساهمية إلى:**

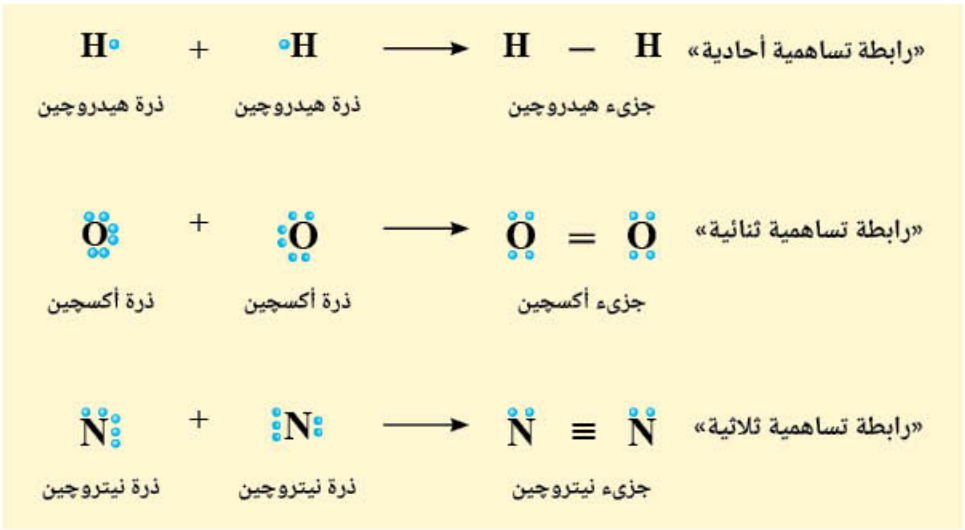
(أ) **رابطة تساهمية نقية.**

(ب) **رابطة تساهمية غير قطبية.**

(ج) **رابطة تساهمية قطبية.**

أ الرابطة التساهمية النقية:

تتكــون الرابطة التســاهمية **النقية** بين ذرتين لهما نفس الســالبية الكهربية، لذا فإنها تتكون غالبًا بين ذرتين متماثلتين لعنصر واحد لافلزى، **كما يتضح من الأمثلة الموضحة بالشكل (6)**



شكل (6)

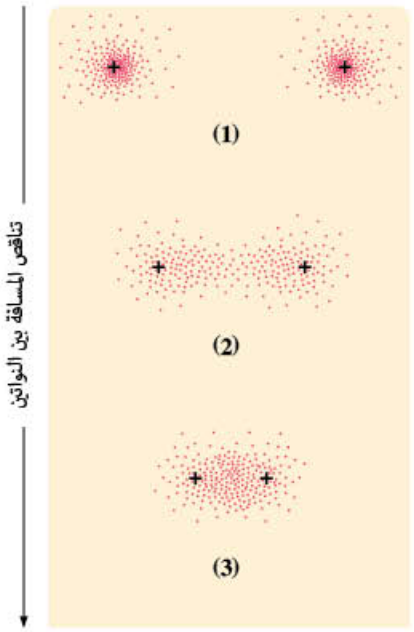
تكوين الرابطة التساهمية النقية

تفسير تكوين الرابطة فى جزىء الهيدروچين H_2

1 يحدث تجاذب بين إلكترونـى وبروتونى الذرتين يؤدى إلى تقاربهما.

2 تغير المسـافة بيـن الذرتين نتيجـة تجاذبهما يؤدى إلى تغير شـكل الكثافـة الإلكترونية بينهما، وتـزداد الكثافة الإلكترونية بنقص المسافة بينهما.

3 تصبـح الكثافـة الإلكترونية أكبر ما يمكـن عندما تكون الذرتـان على مسـافة معينـة تكون عندهـا طاقة وضع الجـزىء **أقل ما يمكن**، وتكون طاقة جزىء H_2 **أقل من** مجموع طاقتى ذرتى H غير المرتبطتين **(شكل 7)**.



(شكل 7)
تكوين الرابطة فى جزىء H_2

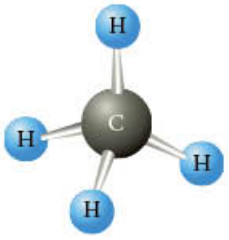
ب الرابطة التساهمية غير القطبية:

تتكـون الرابطة التساهمية **غير القطبية** بين ذرتين مختلفتين لعنصرين لافلزيين الفرق فى السالبية الكهربية بينهما **لا يزيد عن 0.4 كما يتضح من المثالين الموضحين بالشكل (8)**

Si	——	P		C	—— H
1.8		2.1	السالبية الكهربية	2.5	2.1
	0.3		فرق السالبية الكهربية	0.4	

شكل (8)

وتوصف **الهيدروكربونات** (مركبات الكربون والهيدروچين فقط) مثل الميثان CH_4 (شكل 9) بأنها مركبات **غير قطبية**.



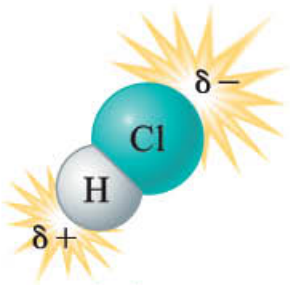
شكل (9)
جزىء الميثان غير قطبى

ج الرابطة التساهمية القطبية:

تتكون الرابطة التساهمية **القطبية** بين ذرتين مختلفتين لعنصرين قد يكون كلاهما من اللافلزات أو قد يكون أحدهما فلز والآخر لافلز ويكون الفرق فى السالبية الكهربية بينهما **أكبر من 0.4 وأقل من 1.7** مثل الرابطة المتكونة فى جزىء كلوريد الهيدروچين بين ذرة كلور وذرة هيدروچين (شكل 10).

شكل (10)
تكوين الرابطة التساهمية القطبية فى جزىء كلوريد الهيدروچين

ونظرًا لارتفاع السالبية الكهربية للكلور (3) عن السالبية الكهربية للهيدروچين (2.1) تُزاح إلكترونات الرابطة المتكونة بينهما تجاه الكلور (أى تقضى وقتًا أطول حول ذرة الكلور) فتتكون شحنة جزئية سالبة ($\delta -$) على ذرة الكلور وشحنة جزئية موجبة ($\delta +$) على ذرة الهيدروچين (شكل 11) ولهذا تتجاذب الجزيئات القطبية مع المجالات الكهربية وتزداد **قطبية** الجزيئات بزيادة الفرق فى السالبية الكهربية بين عناصرها.



شكل (11)
جزىء HCl قطبى

وتتضح الرابطة التساهمية القطبية فى العديد من الجزيئات، مثل:

هاليدات الهيدروچين HX والماء H_2O والنشادر NH_3 وكلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ ورابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$

وبعض الجزيئات تكون **غير قطبية** رغم تضمنها روابط قطبية، لأن شكلها الفراغى يؤدى إلى تلاشى التأثير القطبى لهذه الروابط (أى أن محصلة العزم القطبى تساوى zero).

ويتضح ذلك فى الشكل الخطى لجزىء ثانى أكسيد الكربون CO_2 والشكل المثلث المستوى لجزىء BF_3

خواص المركبات التساهمية

1. يذوب معظمها فى المذيبات العضوية، مثل: البنزين ورابع كلوريد الكربون، ولا يذوب معظمها فى المذيبات القطبية.
2. مواد صلبة أو سائلة أو غازية، لا توصل التيار الكهربى، لأنها تكون فى صورة غير متأينة، إلا أن بعض محاليلها المائية توصل التيار الكهربى، مثل: $HCl_{(aq)}$
3. انخفاض درجتى انصهارها وغليانها غالبًا، لضعف قوى التجاذب بين جزيئاتها.
4. معظم تفاعلاتها الكيميائية بطيئة نسبيًا.

العلوم والتكنولوچيا والمجتمع (STS)

الأدوية التساهمية:

- هى نوع من الأدوية مصممة للارتباط بروابط **تساهمية** دائمة مع الحمض النووى أو بروتين الڤيروس المسبب للمرض، مما يثبط عمله (شكل 12).
- ويُعد جهاز **مطياف الكتلة** وسيلة هامة تستخدم فى تطوير الأدوية التساهمية المستخدمة فى علاج الأمراض الڤيروسية مثل كوفيد - 19 حيث أنه يُقدر الكتلة الجزيئية للدواء التساهمى قبل وبعد ارتباطه ببروتين الڤيروس لتحديد الجزء النشط من الدواء والذرة التى يرتبط بها فى بروتين الڤيروس.

شكل (12)

الارتباط التساهمى بين الحمض النووى لڤيروس والدواء التساهمى

- كما أنه يستخدم فى التحقق من احتمالية ارتباط الدواء تساهميًا مع بروتينات أخرى بالجسم غير مستهدفة، وهو ما يقلل من المخاطر المحتملة عند استعمال الدواء وكذلك تصميم أدوية آمنة على الصحة.

نظريات تفسير الرابطة التساهمية

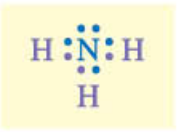
- هناك أكثر من نظرية وضعت لتفسير الرابطة التساهمية حسب تغير مفهومنا لخواص الإلكترون، وسنعرض بإيجاز بعض النظريات التى وضعت لتفسير الرابطة التساهمية.

1 النظرية الإلكترونية للتكافؤ (نظرية الثمانيات)

- تُعرف **نظرية الثمانيات** أيضًا بالنظرية الإلكترونية للتكافؤ، أو نظرية **كوسل – لويس** وتنص على أن جميع ذرات العناصر - بخلاف الهيدروچين والليثيوم والبريليوم - تميل إلى الوصول إلى التركيب الثمانى المستقر لمستوى الطاقة الخارجى (أشكال 13-15).

شكل (13)
جزىء الكلور Cl_2

شكل (14)
جزىء الماء H_2O

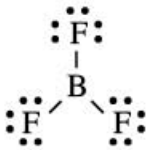


شكل (15)
جزىء النشادر NH_3

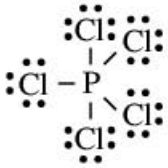
عيوب النظرية الإلكترونية للتكافؤ

1 لا تنطبق على كثير من الجزيئات للتفسير على أساس قاعدة الثمانيات، **مثل:**

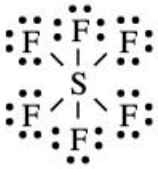
- جزىء ثالث فلوريد البورون BF_3 الذى تُحاط فيه ذرة البورون بستة إلكترونات فقط (شكل 16).
- جزىء خامس كلوريد الفوسفور PCl_5 الذى تُحاط فيه ذرة الفوسفور بعشرة إلكترونات (شكل 17).
- جزىء سادس فلوريد الكبريت SF_6 الذى تُحاط فيه ذرة الكبريت بإثنى عشر إلكترون (شكل 18).



شكل (16)
جزىء ثالث فلوريد البورون



شكل (17)
جزىء خامس كلوريد الفوسفور



شكل (18)
جزىء سادس فلوريد الكبريت

2 لا تنطبق على الجزيئات التى يكون مجموع إلكترونات تكافؤ ذراتها **فرديًا**، مثل:

أكسيد النيتريك	ثانى أكسيد الكلور
NO	ClO_2
$5 + 6 = 11$	$7 + (6 \times 2) = 19$

3 اعتبار أن الرابطة التساهمية مجرد زوج من الإلكترونات المشاركة لم يُعد كافيًا لتفسير الكثير من خواص الجزيئات، مثل الشكل الفراغى للجزىء والزوايا بين الروابط فيه.

قواعد رسم أشكال لويس للجزيئات والأيونات ذات الذرة المركزية الواحدة:

يتم مراعاة الخطوات التالية:

1- تحديد إلكترونات تكافؤ كل عنصر فى الجزىء أو المجموعة الذرية، ثم حساب مجموعها وليكن (A)، مع ملاحظة أنه فى حالة المجموعات الذرية السالبة يضاف إلى المجموع عدد يمثل مقدار شحنتها، وفى حالة المجموعات الذرية الموجبة يطرح من المجموع عدد يمثل مقدار شحنتها.

2- حساب مجموع أعداد الإلكترونات اللازمة لتشبع غلاف تكافؤ كل ذرة (2 للهيدروچين، 8 لباقى العناصر)، وليكن (B).

3- حساب عدد الإلكترونات المشتركة فى تكوين الروابط ، وليكن (C)، من العلاقة: $C = B - A$

4- حساب عدد الروابط وليكن (D)، من العلاقة: $D = \frac{C}{2}$

5- حساب عدد أزواج الإلكترونات غير المرتبطة (الحرة) وليكن (E)،

من العلاقة: $E = \frac{A - C}{2}$

6- رسم الذرة المركزية التى تُشكل أكبر عدد من الروابط التساهمية مع الذرات الطرفية، ثم صل بينهم بالعدد (D) من الروابط التساهمية.

7- توزيع أزواج الإلكترونات الحرة (E) على الذرات المختلفة، بحيث يُحاط كل منها بعدد ثمانية إلكترونات (والهيدروچين بعدد 2 إلكترون)، مع مراعاة إضافة مقدار ونوع الشحنة على المجموعات الذرية.

مثال (1)

ارسم شكل لويس لجزىء ثالث فلوريد النيتروچين NF_3

N = 7
F = 9

الحل

(1) $A = 5 + (7 \times 3) = 26\ e^-$

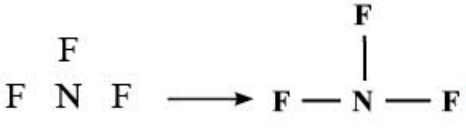
(2) $B = (1 \times 8) + (3 \times 8) = 32\ e^-$

(3) $C = 32 - 26 = 6\ e^-$

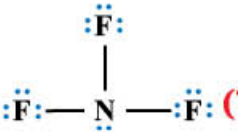
(4) $D = \frac{6}{2} = 3$

(5) $E = \frac{26 - 6}{2} = 10\ e^-$

(6)



(7)



مثال (2) ارسم شكل لويس لأيون النيتريت NO_2^-

N = 7
O = 8

(1) $A = 5 + (6 \times 2) + 1 = 18\ e^-$

(2) $B = 8 + (8 \times 2) = 24\ e^-$

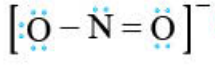
(3) $C = 24 - 18 = 6\ e^-$

(4) $D = \frac{6}{2} = 3$

(5) $E = \frac{18 - 6}{2} = 6\ e^-$

(6) O N O ⟶ O − N = O

(7)



2 نظرية رابطة التكافؤ

• تنص نظرية رابطة التكافؤ على أن الرابطة التساهمية، تتكون عند تداخل أوربيتالين ذريين يحتوى كل منهما على إلكترون مفرد سواء كانت هذه الأوربيتالات الذرية نقية أو مهجنة أو كلاهما.

تطبيق (1): تكوين الرابطة فى جزىء الكلور Cl_2

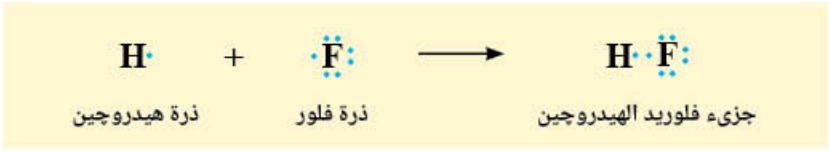
يتكون جزىء الكلور نتيجة لتداخل ذرتى الكلور بالإلكترون المفرد فى الأوربيتال **2p** لكل منهما (شكل 19). وتتكون منطقة تداخل بين نواتى ذرتى الكلور، تزداد الكثافة الإلكترونية فيها ويخضع زوج الإلكترونات لجذب نواتى الذرتين فى آن واحد، وتتوزع الكثافة الإلكترونية بشكل متماثل على طول المحور الواصل بين النواتين.

شكل (19)

تكوين جزىء الكلور حسب نظرية رابطة التكافؤ

تطبيق (2): تكوين الرابطة فى جزىء فلوريد الهيدروچين HF

يتكـون جزىء فلوريـد الهيدروچين نتيجة تداخل أحد أوربيتالات المسـتوى الفرعـى **2p** الذى يحتوى على إلكترون مفرد من ذرة الفلور مع الأوربيتال **1s** الذى به إلكترون مفرد لذرة الهيدروچين (شكل 20).



شكل (20)

تكوين جزىء فلوريد الهيدروچين حسب نظرية رابطة التكافؤ

الأوربيتالات المهجنة

عجزت نظرية رابطة التكافؤ بشكلها البسيط (مجرد تداخل الأوربيتالات فقط) فى تفسير الترابط التساهمى فـى الكثيـر مـن الجزيئـات، **مثـل:** جـزىء الميثـان CH_4 وجـزىء الإيثيـن C_2H_4 وجـزىء الإيثايـن C_2H_2 وجـزىء المـاء H_2O ، ولكنهـا فسـرت تكويـن الروابـط فـى هـذه الجزيئـات وغيرهـا بحـدوث تهجيـن (خلـط) للأوربيتالات الذرية قبل اتحادها (مفهوم الأوربيتالات المهجنة).

التهجين

هو تداخل بين أوربيتالين مختلفين أو أكثر فى نفس الذرة، ينتج عنه أوربيتالات جديدة، تُعرف **بالأوربيتالات المهجنة.**

ويُلاحظ أن: التهجين يتم فى الذرة المركزية للجزىء بين أوربيتالات الذرة الواحدة القريبة من بعضها فى الطاقة، مثل : **(2s)** مع **(2p)** أو **(3s)** مع **(3p)** لإنتاج عدد من الأوربيتالات المهجنة مساوٍ لعدد الأوربيتالات النقية التى دخلت فى التهجين، وتكون طاقة الأوربيتالات المهجنة **متساوية.**

ويختلف شكل الأوربيتالات المهجنة عن الأوربيتالات النقية التى كونتها فتكون أكثر منها بروزًا إلى الخارج، لتكون قدرتها على التداخل أقوى من قدرة الأوربيتالات النقية.

أنواع التهجين

تتعدد أنواع التهجين الذرى، وسوف يُكتفى بدراسة أنواعه الحادثة بين أوربيتال من المستوى الفرعى (ns) وأوربيتال أو أكثر من أوربيتالات المستوى الفرعى (np)،

وقد يتم التهجين بين أوربيتالات بها إلكترونات مفردة كما فى ذرة كربون مركب الميثان، أو بين أوربيتالات بها زوج من الإلكترونات وأوربيتالات بها إلكترونات مفردة كما فى ذرة نيتروچين مركب النشادر

وسوف يتضح ذلك فى تطبيقى التهجين من النوع sp^3

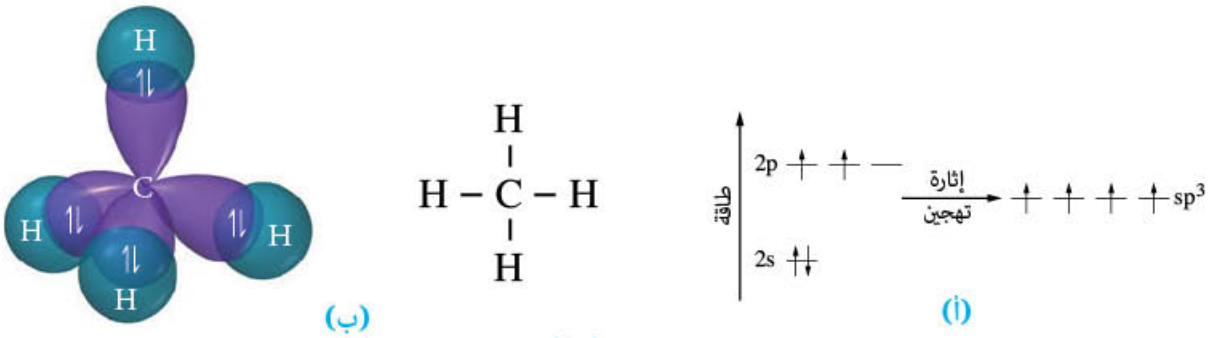
ويتم تحديد نوع التهجين الحادث فى الجزىء من شكل لويس له ومن عدد مناطق الكثافة الإلكترونية حول الذرة المركزية فيه، والتى تُمثل مجموع أزواج إلكترونات الارتباط والإلكترونات الحرة.

1 التهجين sp^3

يتم فيه التهجين بين أوربيتال (ns) وثلاثة أوربيتالات (np) فى نفس الذرة لتكوين **أربعة** أوربيتالات مهجنة من النوع (sp^3).

تطبيق (1): التهجين فى ذرة كربون جزىء الميثان CH_4

يوجد فى جزىء الميثان CH_4 أربع روابط متماثلة فى الطول والطاقة ويتم ذلك بإثارة إلكترون من المستوى الفرعى 2s إلى المستوى الفرعى 2p فى ذرة الكربون، ثم حدوث عملية تهجين بين أوربيتال 2s به إلكترون مفرد مع ثلاثة أوربيتالات 2p بها إلكترونات مفردة لتكوين أربعة أوربيتالات مهجنة من النوع sp^3 (شكل 21 أ)، يرتبط كل منها مع ذرة هيدروچين عن طريق زوج من إلكترونات الارتباط، أى أن هناك **أربع** مناطق للكثافة الإلكترونية حول ذرة الكربون، لذا يُعد التهجين الحادث فى ذرة كربون جزىء الميثان من النوع **sp^3** (شكل 21 ب).

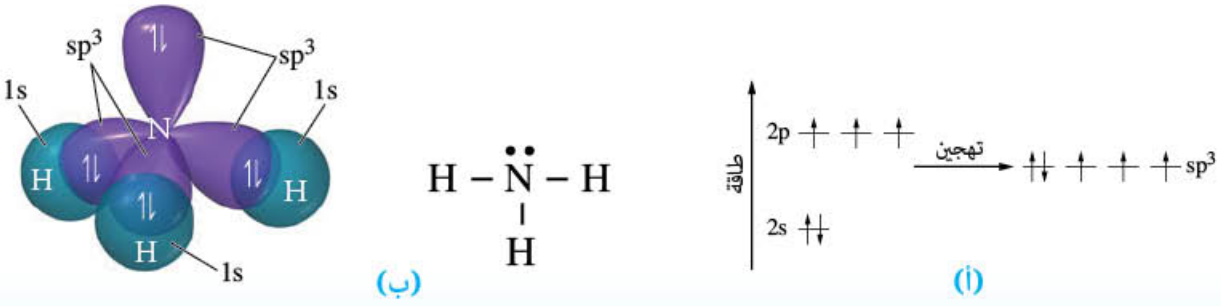


شكل (21)

التهجين فى ذرة كربون جزىء الميثان من النوع sp^3

تطبيق (2): التهجين فى ذرة نيتروچين جزىء النشادر NH_3

يوجد فى جزىء النشادر $\ddot{N}H_3$ ثلاث روابط متماثلة ويتم ذلك بحدوث عملية تهجين بين أوربيتال 2s به زوج من الإلكترونات مع ثلاثة أوربيتالات 2p بكل منها إلكترون مفرد لتكوين أربعة أوربيتالات مهجنة من النوع sp^3 (شكل 22 أ)، يرتبط كل منها مع ذرة هيدروچين عن طريق زوج من إلكترونات الارتباط، مع بقاء زوج من الإلكترونات الحرة على ذرة النيتروچين، أى أن هناك **أربع** مناطق للكثافة الإلكترونية حول ذرة النيتروچين، لذا يُعد التهجين الحادث فى ذرة نيتروچين جزىء النشادر من النوع **sp^3** (شكل 22 ب).

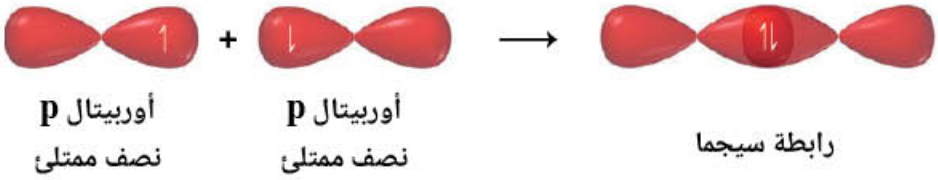


شكل (22)

التهجين فى ذرة نيتروچين جزىء النشادر من النوع sp^3

• **الرابطة سيجما (σ):**

توصف الرابطة المتكونة من التداخل **بالرأس** بين أى أوربيتالين باسم **الرابطة سيجما (σ)** (شكل 23).



شكل (23)

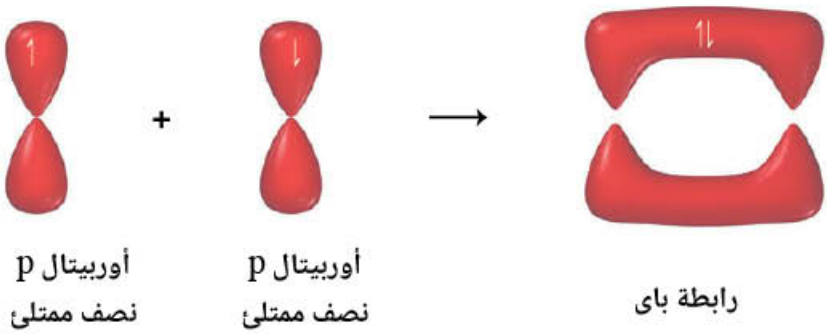
تنشأ الرابطة سيجما من تداخل أوربيتالين بالرأس

وقد يحدث التداخل بين أوربيتالين نقيين أو أوربيتال نقى وآخر مهجن (كما فى جزىء CH_4 وجزىء NH_3) أو بين أوربيتالين مهجنين (كما سيرد فى التهجين من النوع sp^2 أو sp).

وتُعد جميع الروابط التساهمية **الأحادية** من النوع **سيجما** وهى رابطة قوية صعبة الكسر.

• **الرابطة باى (π):**

تُوصف الرابطة المتكونة من التداخل **بالجنب** بين أى أوربيتالين نقيين باسم **الرابطة باى (π)** (شكل 24).



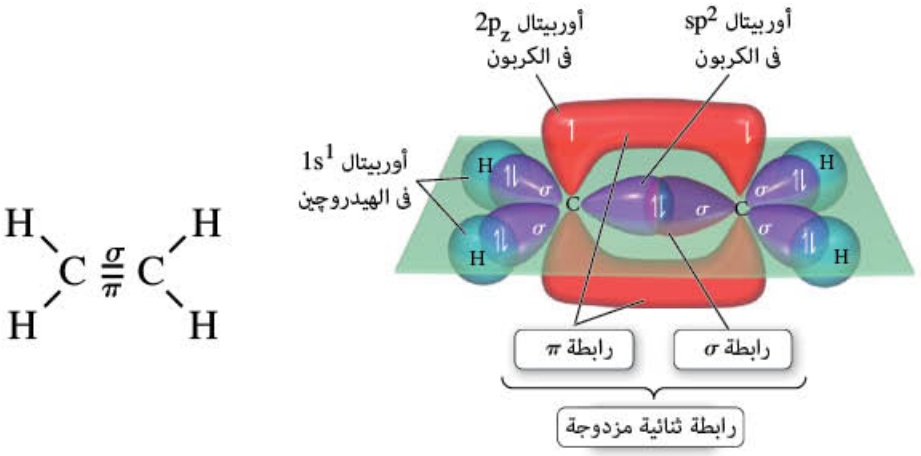
شكل (24)

تنشأ الرابطة باى من تداخل أوربيتالين بالجنب وتُعد الرابطة باى ضعيفة سهلة الكسر

2 التهجين sp^2

يتم فيه التهجين بين أوربيتال (ns) مع أوربيتال (np_x) وأوربيتال (np_y) لتكوين **ثلاثة** أوربيتالات مهجنة من النوع (sp^2).

تطبيق: التهجين فى ذرة كربون جزىء الإيثين C_2H_4



شكل (25)

التهجين فى ذرة كربون جزىء الإيثين من النوع sp^2

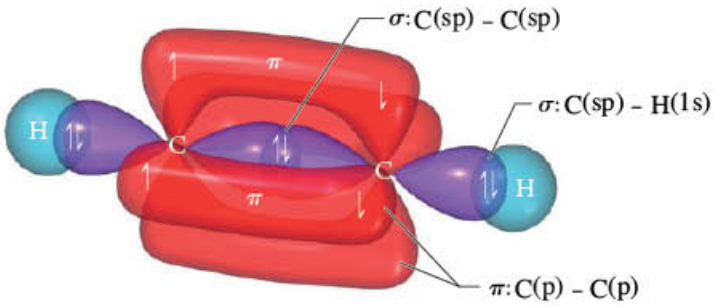
يُلاحظ فى شكل (25) أن كل ذرة كربون فى جزىء الإيثين تكون مُحاطة **بثلاث** مناطق للكثافة الإلكترونية، لـذا يُعـد التهجين الحادث من النوع sp^2 ويوجـد بين ذرتى كربون جزىء الإيثين رابطـة **ثنائية (مزدوجة)** وتتكون جميع الروابط الثنائية من رابطة سيجما صعبة الكسر ورابطة باى سهلة الكسر.

3 التهجين sp

يتم فيه التهجين بين أوربيتال (ns) مع أوربيتال (np_x) لتكوين **أوربيتالين** مهجنين من النوع sp

تطبيق: التهجين فى ذرة كربون جزىء الإيثاين C_2H_2

$H - C \equiv C - H$



شكل (26)

التهجين فى ذرة كربون جزىء الإيثاين من النوع sp

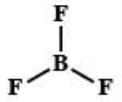
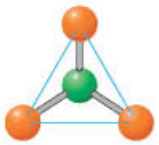
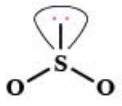
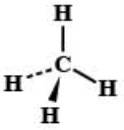
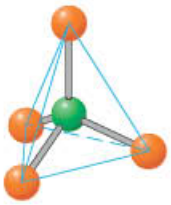
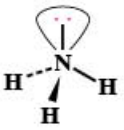
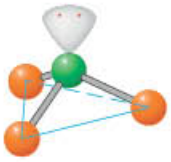
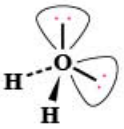
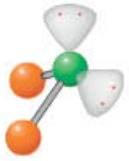
يُلاحظ فى شكل (26) أن كل ذرة كربون فى جزىء الإيثاين تكون مُحاطة **بمنطقتين** للكثافة الإلكترونية، لذا يُعد التهجين الحادث من النوع **sp** ويوجد بين ذرتى كربون جزىء الإيثاين رابطة **ثلاثية**.

وتتكون جميع الروابط الثلاثية من رابطة سيجما ورابطتين باى.

نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR

يوضح الجدول (3) أشكال لبعض الجزيئات حسب نظرية تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ.

جدول (3)

أمثلة الجزيئات	مناطق الكثافة الإلكترونية	شكل الجزيء الفراغى	ترتيب أزواج الإلكترونات	أزواج الإلكترونات		
				الحرة	المرتبطة	المحصلة
BeF_2 F—Be—F	2	خطى AX_2	خطى	0	2	2
BF_3 	3	مثلث مستوى AX_3 	مثلث مستوى	0	3	3
SO_2 		زاوى AX_2E		1	2	
CH_4 	4	رباعى الأوجه AX_4 	رباعى الأوجه	0	4	4
NH_3 		هرم ثلاثى القاعدة AX_3E 		1	3	
H_2O 		زاوى AX_2E_2 		2	2	

A : يُمثل الذرة المركزية ●

X : يُمثل الذرات المرتبطة بالذرة المركزية ●

E : يُمثل أزواج الإلكترونات الحرة.

وتتحكم أزواج الإلكترونات الحرة فى تحديد قيم الزوايا بين الروابط فى الجزىء، لأن زوج الإلكترونات الحرة يكون مرتبطًا من جهة بنواة الذرة المركزية، ويكون منتشرًا فراغيًا من الجهة الأخرى.

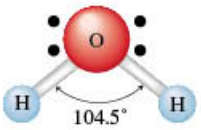
أما زوج الارتباط فيكون مرتبطًا من جهتيه بنواتى الذرتين المرتبطتين.

تـؤدى الزيـادة فى عدد أزواج الإلكترونات الحرة فى الذرة المركزيـة للجزىء إلى زيادة قوى التنافر بينها، ويكون ذلك على حساب نقص مقدار الزوايا بين الروابط التساهمية فى الجزىء (أشكال 27 - 29).

وبشكل عام يكون التنافر بين:

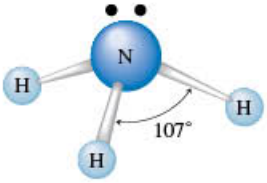
(زوج حر، زوج حر) > (زوج حر، زوج ارتباط) > (زوج ارتباط، زوج ارتباط)

كيف يمكنك تفسير التدرج فى قيم الزوايا بين الروابط التساهمية فى الماء والأمونيا والميثان فى ضوء ما سبق؟



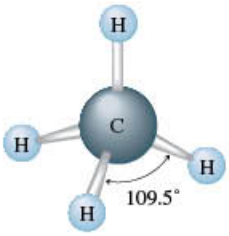
جزىء H_2O

شكل (27)



جزىء NH_3

شكل (28)



جزىء CH_4

شكل (29)

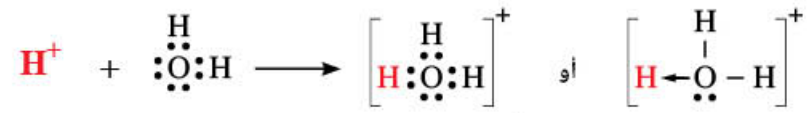
تتحكم أزواج الإلكترونات الحرة فى تحديد قيم الزوايا بين الروابط فى الجزيئات التساهمية

3 الرابطة التناسقية

تعتبـر الرابطة التناسـقية نوعًا خاصًـا من الرابطة التسـاهمية، ولا يختلف زوج الإلكترونـات المكون لأى من الرابطتين إلا من حيث المنشـأ. فبينما يتكون زوج الإلكترونات المكون للرابطة التسـاهمية من مسـاهمة كل ذرة من الذرتين المرتبطتين بإلكترون واحد. نجد أن زوج الإلكترونات المكون للرابطة التناسـقية هو زوج من الإلكترونات الحرة Lone Pair أى يشـغل أوربيتالاً واحدًا موجودًا فى إحدى الذرتين وتُسـمى **الذرة المانحة** ويمنـح هـذا الزوج الإلكترونى الحر إلى ذرة أخرى بها أوربيتال فـارغ أى يلزمها هذا الزوج الإلكترونى لتصل إلى التركيب الإلكترونى الثابت وتُسمى هذه الذرة **بالذرة المستقبلة**.

تطبيق (1): أيون الهيدرونيوم (H_3O^+)

يتكون أيـون الهيدرونيـوم $(H_3O)^+$ عند إذابـة الأحماض فـى الماء، حيث يرتبـط أيـون الهيدروچين الموجب (بروتون) مع جزىء الماء المتعادل برابطة تناسـقية يُشـار إليها بسـهم لتمييزها عن الروابط التسـاهمية فى الجزىء (شكل 30).

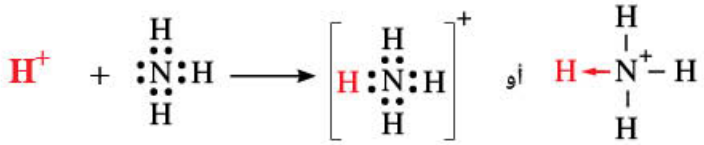


شكل (30)

الرابطة التناسقية فى أيون الهيدرونيوم

تطبيق (2): أيون الأمونيوم (NH_4^+)

يتكون أيون الأمونيوم (NH_4^+) عند إذابة غاز النشادر فى الماء، حيث يرتبط بروتون الماء مع جزىء النشادر المتعادل برابطة تناسقية (شكل 31).

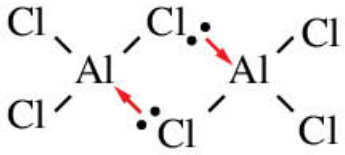


شكل (31)

الرابطة التناسقية فى أيون الأمونيوم

تطبيق (3): كلوريد الألومنيوم السائل $Al_2Cl_{6(\ell)}$

يتكون الجزىء من كلوريد الألومنيوم السائل (Al_2Cl_6) من ارتباط جزيئين من كلوريد الألومنيوم ($AlCl_3$) برابطتين تناسقيتين (شكل 32).



شكل (32)

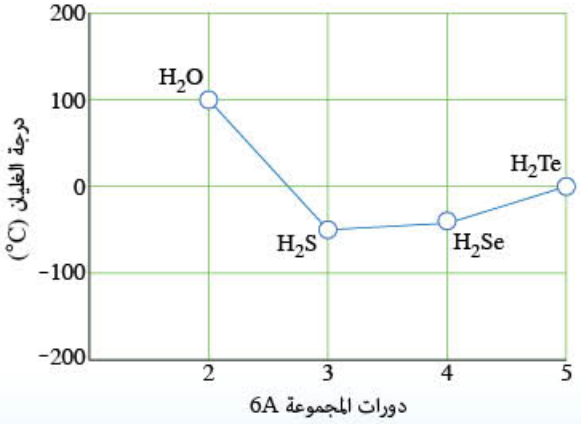
الروابط التناسقية فى كلوريد الألومنيوم السائل

ثانيًا الروابط الفيزيائية

تؤثر الرابطة الهيدروچينية على الخواص الفيزيائية لبعض المركبات، وتؤثر الرابطة الفلزية على الخواص الفيزيائية للفلزات، لذا يُعد كلاهما من الروابط الفيزيائية.

1 الرابطة الهيدروچينية

يغلى الماء عند 100°C ، وتُعتبر هذه الدرجة مرتفعة جدًا بالنسبة لكتلته المولية(18 g/mol فقط). بالمقارنة بدرجة غليان مركب مثل غاز كبريتيد الهيدروچين كتلته المولية (34 g/mol) ويغلى عند −61°C (شكل 33) وكان من المفترض أن تكون درجة غليان الماء أقل من ذلك.

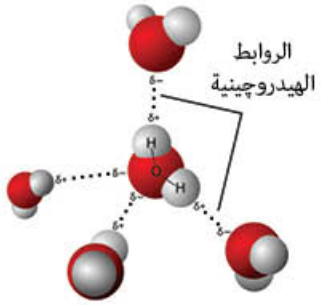


شكل (33)

ويرجع شـذوذ درجة غليان الماء إلى أن ذرة الأكسـچين تتميز بارتفاع سـالبيتها الكهربية (3.5) مقارنةً بالسالبية الكهربية لذرة الهيدروچين (2.1).

ونتيجة لهذا الفرق فى السـالبية الكهربية يكون جزىء الماء قطبيًا، تحمل ذرة الأكسـچين فيه شحنة سالبة جزئية، بينما تحمـل كل من ذرتـى الهيدروچيـن شحنـة موجبة جزئية. ونتيجة لاختلاف الشحنة علـى ذرة الأكسچين وذرتـى الهيدروچين فـى جـزىء المـاء تتجـاذب الجزيئـات مع بعضها عـن طريـق مـا يُسمى بالرابطة الهيدروچينية أو القنطرة الهيدروچينية حسب التعبير الحديث.

أى تصبـح ذرة الهيدروچيـن كقنطـرة أو جسـر يصل بين ذرتى أكسـچين لهما سـالبية كهربية عالية، فتقترب الجزيئات من بعضها البعض بدرجة يمكن معها اعتبار ذرة الهيدروچين كرابطة تربط الجزيئات معًا (شكل 34).



شكل (34)

الروابط الهيدروچينية بين جزيئات الماء

وتنشأ الرابطة الهيدروچينية بين ذرة هيدروچين مرتبطة فى رابطة قطبية [مثل (F-H) , (O-H) , (N-H)] مع زوج من الإلكترونات الحرة لذرة أخرى مرتبطة سالبيتها الكهربية مرتفعة، مثل: (F ، O ، N).

ويعـزى ارتفاع درجة غليان الماء إلى أن الطاقة الحرارية تسـتغل فى تكسـير الروابـط الهيدروچينية. ورغم التأثيـر الواضـح للرابطـة الهيدروچينية على الخـواص إلا أن قوة هـذه الرابطة أقل كثيرًا مـن قوة الروابط الكيميائية العادية.

ويوضح جدول (4) الفرق بين الرابطة التساهمية والرابطة الهيدروچينية فى الماء السائل.

جدول (4)

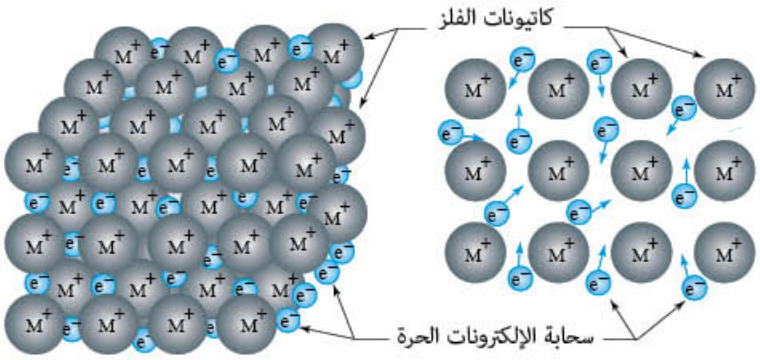
	طول الرابطة	قوة الرابطة
الرابطة التساهمية	96 pm	460 kJ/mol
الرابطة الهيدروچينية	180 pm	20 kJ/mol

يُلاحظ أن الرابطة الهيدروچينية أضعف كثيرًا وأكثر طولاً من الرابطة التساهمية، وتزداد قوة الرابطة الهيدروچينية عندما تقع الرابطة الهيدروچينية على استقامة واحدة مع الرابطة التساهمية القطبية، كما فى حالتى جزيئات الماء H_2O وفلوريد الهيدروچين HF وعندما يزداد الفرق فى السالبية الكهربية بين الهيدروچين والذرة الأخرى المرتبط بها بالرابطة القطبية.

2 الرابطة الفلزية

لكل فلز شبكة بللورية لها شكل معين تتجمع فيها إلكترونات التكافؤ حرة الحركة على هيئة سحابة إلكترونية حول أيونات الفلز الموجبة (الكاتيونات) (شكل 35) فتقلل من قوى التنافر بينها فى الشبكة البللورية.

ويعزى التوصيل الحرارى والكهربى فى الفلزات إلى إلكترونات التكافؤ الحرة.



شكل (35)

الرابطة الفلزية

ويلعب عدد إلكترونات التكافؤ فى ذرة الفلز دورًا مهمًا فى قوة الرابطة الفلزية. فكلما زاد عدد إلكترونات التكافؤ فى ذرة الفلز، كلما أصبحت الذرات فى البللورة أكثر تماسكًا، وبالتالى يصبح الفلز أكثر صلابة وتكون درجات انصهاره عالية.

وكذلك تزداد قوة الرابطة الفلزية بزيادة كثافة الشحنة على أيونات الفلز $\left(\frac{\text{شحنة الأيون}}{\text{حجم الأيون}}\right)$.

ويتضح ذلك عند مقارنة هذه الخواص لفلزات الصوديوم والماغنسيوم والألومنيوم من عناصر الدورة الثالثة كما فى جدول (5).

جدول (5)

الفلز	عدد إلكترونات المستوى الأخير	الصلادة على مقياس موس Mohs scale	خواصه	درجة الانصهار
صوديوم	1	0.5	لين يسهل قطعه بالسكين	98°C
ماغنسيوم	2	2.5 طرى	يمكن خدشه بظفر الإصبع	650°C
ألومنيوم	3	2.75 صلب	يمكن خدشه بالنحاس أو الفولاذ	660°C

تقييم الباب الأول

1 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية:

(1) العناصر $_{11}C$ ، $_{10}B$ ، $_{9}A$ لها الأعداد الذرية المُبينة فهل .....

أ يتحد B مع C
ب يتحد A مع B
جـ يتحد B مع نفسه.
د يتحد C مع A

(2) عنصر عدده الذرى 9 وعندما ترتبط ذرتان منه، فإن الرابطة فى الجزىء الناتج تكون .....

أ فلزية.
ب تناسقية.
جـ أيونية.
د تساهمية.

(3) الرابطة فى جزىء كلوريد الهيدروچين رابطة تساهمية قطبية، لأن فرق السالبية الكهربية بينهما .....

أ أقل من 0.4
ب أكبر من 1.7
جـ أكبر من 0.4 وأقل من 1.7
د أكبر من 1.7 وأقل من 2

(4) يتفق نوع التهجين الحادث فى كل من .....

أ NH_3 ، CH_4
ب C_2H_4 ، NH_3
جـ C_2H_2 ، C_2H_4
د C_2H_2 ، CH_4

(5) طاقة وضع جزىء الأكسچين O_2 .....

أ تساوى مجموع طاقتى وضع ذرتيه.
ب أقل من مجموع طاقتى وضع ذرتيه.
جـ أكبر من مجموع طاقتى وضع ذرتيه.
د تساوى طاقة وضع جزىء الهيدروچين H_2

(6) الرابطة بين فلز التيتانيوم ولافلز الكلور فى جزىء رابع كلوريد التيتانيوم .....

أ تساهمية نقية.
ب أيونية.
جـ تساهمية قطبية.
د تساهمية غير قطبية.

(7) تنطبق النظرية الإلكترونية للتكافؤ على مركب .....

أ NO_2
ب P_2O_5
جـ BH_3
د PCl_3

(8) ينشأ الأوربيتال المهجن sp^3 من تداخل .....

أ أوربيتال s مع أوربيتالين p
ب أوربيتالين s مع أوربيتالين p
جـ أوربيتال s مع ثلاثة أوربيتالات p
د أوربيتال s مع أوربيتال p

(9) أى المركبات التالية يذوب فى رابع كلوريد الكربون؟

أ $MgCl_2$ ب K_2CO_3

جـ C_2H_4 د $NaCl$

(10) أى المركبات التالية تكون الصفة الأيونية فيه أكبر ما يمكن؟

أ NH_3 ب H_2O

جـ HF د H_2S

(11) أى مما يلى يُوصل التيار الكهربى؟

أ $KCl_{(s)}$ ب $HCl_{(g)}$ مذاب فى البنزين.

جـ $HCl_{(aq)}$ د $C_2H_{4(g)}$ مذاب فى رابع كلوريد الكربون.

(12) شحنة الأيونات التى ينشأ عنها تيارات أيونية تتحول إلى تيارات إلكترونية خلال جهاز ECG الراسم للقلب .....

أ 1+ فقط. ب 2+ فقط.

جـ 1+ و 2+ د 2+ و 3+

(13) كل مما يأتى من خواص المركبات التساهمية، **عدا** .....

أ معظمها يذوب فى المذيبات العضوية.

ب قوى التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة.

جـ معظم مصاهيرها أو محاليلها جيدة التوصيل الكهربى.

د معظم تفاعلاتها الكيميائية بطيئة.

(14) تحديد الجزء النشط من الدواء المستخدم فى الأمراض الڤيروسية يتطلب .....

أ تقدير الكتلة الجزيئية للدواء بعد ارتباطه ببروتين الڤيروس فقط.

ب تقدير الكتلة الجزيئية للدواء قبل وبعد ارتباطه ببروتين الڤيروس.

جـ عدم تقدير الكتلة الجزيئية للدواء قبل ارتباطه ببروتين الڤيروس فقط.

د عدم تقدير الكتلة الجزيئية للدواء قبل وبعد ارتباطه ببروتين الڤيروس.

---

2 علل لما يأتى:

(1) درجة غليان H_2O أكبر كثيرًا من درجة غليان H_2S رغم أن الكتلة المولية للماء أقل من الكتلة المولية لكبريتيد الهيدروچين.

(2) أيـون الفلوريد السـالب وأيون الصوديـوم الموجب لهما نفـس العدد من الإلكترونـات رغم اختلاف عدديهما الذرى.

(3) تكوين رابطة تناسقية فى أيون الأمونيوم.

(4) جزىء CO_2 غير قطبى، بالرغم من أنه يتضمن رابطتين قطبيتين.

(5) مقدار الزاوية بين الروابط فى جزىء النشادر أقل مما فى جزىء الميثان.

(6) تُعد ذرة النيتروچين، الذرة المركزية فى جزىء حمض النيتريك.

(7) اختلاف عدد الكثافات الإلكترونية غير المرتبطة فى الميثان عن النشادر.

---

3 أجب عما يلى:

(1) ما نوع الرابطة الكيميائية فى المركبات التالية:

CaO ، HCl ، SO_2 ، NO ، KCl

(2) رتب الروابط التالية حسب الزيادة فى قطبيتها:

P-Cl ، N-O ، H-H ، C - O ، H-Cl

---

4 وضح بالرسم التخطيطى بطريقة لويس النقطية، طريقة الارتباط فى كل من:

(1) $NaCl$

(2) NH_3

(3) CN^-

---

5 قارن بين كل زوجين مما يأتى، من حيث شكل الجزىء الفراغى وعدد أزواج الإلكترونات الحرة والمرتبطة:

(1) BeF_2 - CH_4

(2) SO_2 - BF_3

---

6 أعد رسم تركيب جزىء الهيدرازين N_2H_4 المقابل موضحاً عليه التوزيع النقطى لأزواج الإلكترونات (الحرة والمرتبطة).

---

7 حدد الشكل الفراغى للجزىء الذى يحتوى على ذرتين مرتبطتين بالذرة المركزية، وزوج واحد حر مع كتابة الاختصار المعبر عنه.

---

8 استنتج عدد كل من الذرات المرتبطة بالذرة المركزية والأزواج الحرة وكذلك ترتيب أزواج الإلكترونات للجزىء الذى له الاختصار AX_2E

الباب الثانى

العناصر الممثلة
فى بعض المجموعات
المنتظمة فى الجدول الدورى

الأهـداف

فى نهاية دراسـة الطالب لبـاب العناصر الممثلة فى بعـض المجموعـات المنتظمة فى الجـدول الدورى ينبغى أن يكون قادرًا على أن:

1- يتعـرف عناصر المجموعة الأولـى (فلزات الأقلاء) وتركيبها الإلكترونى.
2- يتعرف الخواص العامة لعناصر المجموعة الأولى.
3- يتعرف النشاط الكيميائى لفلزات الأقلاء.
4- يستنتج طريقة استخلاص فلزات الأقلاء من خاماتها.
5- يتعرف طريقة تحضير هيدروكسيد الصوديوم فى الصناعة.
6- يتعرف خواص هيدروكسيد الصوديوم.
7- يتعـرف طريقة تحضيـر كربونـات الصوديوم فى المعمل والصناعة.
8- يتعرف تطبيقات على العلوم والتكنولوچيا والمجتمع لعناصر المجموعة (1A).
9- يتعرف عناصر المجموعة الخامسة وتركيبها الإلكترونى.
10- يُحدد أعداد التأكسد للنيتروچين فى مركبات مختلفة.
11- يتعرف طرق تحضير النيتروچين.
12- يتعرف خواص غاز النيتروچين الفيزيائية والكيميائية.
13- يتعرف طريقة تحضير غاز الأمونيا (النشادر) فى الصناعة والمعمل.
14- يُجرى تجربة للكشف عن غاز الأمونيا (النشادر).
15- يُقارن بين أنواع مختلفة من الأسمدة.
16- يتعرف طريقة تحضير حمض النيتريك فى المعمل.
17- يتعرف الخواص الكيميائية لحمض النيتريك.
18- يتعـرف تطبيقـات علـى العلـوم والتكنولوچيـا والمجتمع لعناصر المجموعة (5A).
19- يُراعى قواعد الأمان والسلامة فى المعمل.
20- يُقدر جهود العلماء فى خدمة وتقدم الإنسانية.

العناصر الممثلة فى بعض المجموعات المنتظمة
The representative elements of some regular groups

تعرفنا من دراستنا السابقة للجدول الدورى أن من أهم أهداف دراسته، تصنيف العناصر لتسهيل دراستها بشكل منظم، وسوف نتناول دراسة العناصر الممثلة فى بعض المجموعات المنتظمة، والتى تعنى أن عناصرها تُظهر تدرجًا منتظمًا لا نجده فى العناصر الانتقالية، وسنقدم فى هذا الباب دراسة أكثر تفصيلاً لكيمياء هذه العناصر وتأثير الخواص التى سبق دراستها فى الجدول الدورى مثل نصف القطر الذرى وجهد التأين والسالبية الكهربية على الخواص الكيميائية والفيزيائية لهذه العناصر.

أولًا عناصر الفئة (s)

عناصر المجموعة الأولى (الأقلاء) Alkali metals

تتضمن الفئة (s) من الجدول الدورى المجموعتين (1A)، (2A) وسوف يُكتفى منها بدراسة خواص عناصر المجموعة (1A) المعروفة بفلزات الأقلاء (عدا الهيدروچين H) كما هو موضح بالجدول (1):

جدول (1) «للإيضاح فقط»

العنصر	مستوى الطاقة الخارجى	الكثافة (g/cm^3)	درجة الانصهار (°C)	نصف القطر الذرى (pm)	نصف القطر الأيونى (pm)	جهد التأين الأول (kJ/mol)
الليثيوم $_{3}Li$	$2s^1$	0.53	180	152	60	520
الصوديوم $_{11}Na$	$3s^1$	0.97	98	186	95	495
البوتاسيوم $_{19}K$	$4s^1$	0.86	64	227	133	419
الروبيديوم $_{37}Rb$	$5s^1$	1.53	39	247	148	409
السيزيوم $_{55}Cs$	$6s^1$	1.87	29	265	169	376

وجود عناصر الأقلاء فى الطبيعة:

عنصرى الصوديوم والبوتاسيوم من العناصر المتوفرة فى القشرة الأرضية، حيث يحتلان الترتيب السادس والسابع، من حيث انتشار العناصر فى القشرة الأرضية.

وأهم خامات الصوديوم هو الهاليت Halite (الملح الصخرى) (شكل 1) وهو معدن كلوريد الصوديوم NaCl وأهم خامات البوتاسيوم هو السيلفيت Sylvite (شكل 2) هو معدن ملح كلوريد البوتاسيوم KCl وكذلك الكارناليت Carnallite (شكل 3) وهو معدن كلوريد البوتاسيوم والماغنسيوم المتهدرت $KCl.MgCl_2.6H_2O$

شكل (1)
الهاليت

شكل (2)
السيلفيت

شكل (3)
الكارناليت

• أما باقى فلزات المجموعة فإنه يصعب الحصول عليها لقلة تركيزها فى خاماتها، وأرتفاع تكلفة استخلاصها من خاماتها. وعنصر الفرانسيوم عنصر مشع لم يُكتشف إلا سنة 1946 كناتج لانحلال نواة عنصر الأكتينيوم، كما سيتضح فى الباب الثالث.

الخواص العامة لعناصر المجموعة الأولى (فلزات الأقلاء)

(1) تتميز كل عناصر المجموعة بوجود إلكترون واحد مفرد فى مستوى الطاقة الأخير (ns^1)، ويترتب على ذلك ما يلى:

(أ) يقع كل عنصر من عناصر هذه المجموعة فى بداية دورة جديدة فى الجدول الدورى.

(ب) عدد تأكسدها جميعًا (+1) وأيون كل عنصر منها له نفس التركيب الإلكترونى للغاز النبيل الذى يسبقه.

(جـ) ضعف قوة روابطها الفلزية، ولهذا فهى أكثر الفلزات ليونة وأقلها فى درجتى الانصهار والغليان.

(2) كِبر الحجم الذرى لعناصر هذه المجموعة، وزيادته بزيادة العدد الذرى، مما يترتب عليه:

(أ) صغر جهد تأينها (سهولة فقد إلكترون التكافؤ).

(ب) كِبر النشاط الكيميائى.

(جـ) عوامل مختزلة قوية.

(د) صِغر سالبيتها الكهربية بالمقارنة بسالبية العناصر الأخرى، لذا فإن معظم مركباتها تتميز بارتفاع نسبة الصفة الأيونية بها.

(هـ) صِغر كثافتها.

(و) استخدامها فى الخلايا الكهروضوئية، كما فى حالة البوتاسيوم والسيزيوم، حيث أن تعرض هذه المواد للضوء سيؤدى إلى تحرير إلكترونات من سطح الفلز وهو ما يُعرف **بالظاهرة الكهروضوئية**.

وتُستخدم **الخلايا الكهروضوئية** فى توليد الكهرباء وتشغيل بعض أنواع الآلات الحاسبة والأبواب التى تُفتح تلقائيًا عند الاقتراب منها.

(3) إثارة إلكترونات ذرات هذه العناصر إلى مستويات طاقة أعلى بالتسخين، ثم عودتها إلى مستويات طاقتها الأساسية، يجعلها تُطلق الطاقة الممتصة على هيئة ضوء ملون له تردد وطول موجى مميزين، كما يتضح فى جدول (2):

جدول (2)

كشف اللهب					
	شكل (4)	شكل (5)	شكل (6)	شكل (7)	شكل (8)
العنصر	الليثيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	الروبيديوم	السيزيوم
اللون المتكون	قرمزى	أصفر ذهبى	بنفسجى فاتح	أحمر بنفسجى	أزرق بنفسجى

ويُستخدم ذلك فى الكشف الجاف (كشف اللهب) عن هذه العناصر فى مركباتها بالطريقة التالية:

يُغمس سلك البلاتين فى حمض الهيدروكلوريك المركز لتنظيفه، ثم يُغمس بعد ذلك فى الملح المجهول ويعرض للمنطقة غير المضيئة من لهب بنزن فيكتسب اللهب اللون المميز لكاتيون العنصر (أشكال 4 ـ 8).

النشاط الكيميائى لفلزات الأقلاء

تصدأ فلزات هذه العناصر فى الهواء بسهولة نظرًا لنشاطها الكيميائى، فتفقد بريقها الفلزى نتيجة تكوين أكاسيد لهذه الفلزات، لذا تُحفظ مغمورة فى الهيدروكربونات السائلة مثل الزيوت المعدنية بعيدًا عن الهواء والرطوبة (شكل 9).

(شكل 9)
يحفظ الصوديوم أسفل الزيوت المعدنية

وفيما يلى نوضح بعض التفاعلات الكيميائية لهذه العناصر:

① التفاعل مع الأكسچين:

يختلف ناتج تفاعل احتراق فلزات الأقلاء مع الأكسچين، تبعًا لأنصاف أقطار أيوناتها، **كالتالى:**

- يتفاعل فلز الليثيوم فقط بسبب صغر نصف قطره الأيونى (له أصغر نصف قطر أيونى لفلز) مع الأكسچين مكونًا الأكسيد العادى Li_2O الذى يكون عدد تأكسد الأكسچين فيه (2−).

$$4Li_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{180^{\circ}C} 2Li_2O_{(s)}$$ (أكسيد عادى)

ويصعب تحضير Na_2O ، K_2O بهذه الطريقة لأنهما سرعان ما يتأكسدا إلى Na_2O_2 ، K_2O_2

وتعتبر أكاسيد الأقلاء العادية M_2O أكاسيد قاعدية تتفاعل مع الماء مكونة أقوى قلويات قوية، وتزداد الصفة القلوية لهيدروكسيدات المجموعة (1A) بزيادة العدد الذرى للعنصر.

$$M_2O_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2MOH_{(aq)}$$

- تتفاعل فلزات الصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم مع الأكسچين النقى بالتسخين، مكونة مركبات فوق أكسيد M_2O_2 يكون عدد تأكسد الأكسچين فيها (1−) ويرجع ذلك إلى كبر أنصاف أقطار أيونات هذه الفلزات.

$$2M_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} M_2O_{2(s)}$$ (فوق أكسيد)

ويحتاج الصوديوم إلى درجة حرارة مرتفعة نسبيًا عند تفاعله مع الأكسچين.

$$2Na_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{300^{\circ}C} Na_2O_{2(s)}$$

• تتفاعل فلزات البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم بالتسخين مع الأكسچين النقى تحت ضغط يزيد عن 1 atm مكونة مركبات سوبر أكسيد MO_2 يكون عدد تأكسد الأكسچين فيها $(-\frac{1}{2})$.

$$M_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow[P]{\Delta} MO_{2(s)}$$ (سوبر أكسيد)

وتعتبر مركبات فوق الأكسيد والسوبر أكسيد عوامل مؤكسدة قوية، **حيث:**

• تتفاعل مركبات فوق الأكسيد مع الماء والأحماض لتُعطى فوق أكسيد الهيدروچين.

$$Na_2O_{2(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_2O_{2(aq)}$$

$$Na_2O_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{2(aq)}$$

• تتفاعل مركبات سوبر الأكسيد مع الماء والأحماض لتعطى كل من فوق أكسيد الهيدروچين وأكسچين.

$$2KO_{2(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2KOH_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + O_{2(g)}$$

$$2KO_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2KCl_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + O_{2(g)}$$

• تتفاعل مركبات سوبر أكسيد الأقلاء مع ثانى أكسيد الكربون مكونة كربونات الفلز وأكسچين.

$$4MO_{2(s)} + 2CO_{2(g)} \xrightarrow{Cat.} 2M_2CO_{3(s)} + 3O_{2(g)}$$

② التفاعل مع الهيدروچين:

تتفاعل فلزات الأقلاء مع الهيدروچين مكونة مركبات أيونية تُسمى الهيدريدات.

$$2M_{(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{350 : 400^{\circ}C} 2MH_{(s)}$$

حيث يفقد الفلز إلكترونًا متحولاً إلى أيون موجب M^+ (عدد تأكسده 1+) وتكتسب ذرة الهيدروچين هذا الإلكترون متحولة إلى أيون سالب H^- يُعرف بأيون الهيدريد (عدد تأكسده -1).

وتُشبه الهيدريدات الأملاح، من حيث توصيلها للكهرباء وهى فى الحالة المنصهرة وعند تحليل الهيدريدات كهربيًا يتصاعد غاز الهيدروچين عند الأنود ويتكون الفلز عند الكاثود.

والهيدريدات مواد مختزلة، تتحلل مائيًا مكونة هيدروكسيد الفلز مع تصاعد غاز الهيدروچين.

$$MH_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

③ التفاعل مع الهالوچينات:

تتفاعل فلزات الأقلاء M مع الهالوچينات X_2 بعنف، مكونة هاليدات أيونية شديدة الثبات، ويكون التفاعل مصحوبًا بانفجار، بسبب تكوُّن رابطة أيونية قوية مصحوبة بانطلاق قدر كبير من الطاقة.

$$2M_{(s)} + X_{2(g)} \longrightarrow 2MX_{(s)}$$

④ التفاعل مع اللافلزات الأخرى:

• تتحد الفلزات القلوية الساخنة مباشرةً مع الكبريت والفوسفور.

$$2M_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} M_2S_{(s)}$$

$$3M_{(s)} + P_{(s)} \xrightarrow{\Delta} M_3P_{(s)}$$

• يتحد الليثيوم فقط مع النيتروچين (بسبب صغر نصف قطره الأيونى) فى درجة حرارة الغرفة، مكونًا مركب نيتريد الليثيوم Li_3N الذى يتفاعل مع الماء مكونًا غاز النشادر.

$$6Li_{(s)} + N_{2(g)} \longrightarrow 2Li_3N_{(s)}$$

$$Li_3N_{(s)} + 3H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 3LiOH_{(aq)} + NH_{3(g)}$$

⑤ التفاعل مع الماء:

تُعتبر فلزات هذه المجموعة أنشط الفلزات المعروفة، وتحتل قمة متسلسلة النشاط الكيميائى، لذا فهى تحل محل هيدروچين الماء ويكون التفاعل مصحوبًا بانطلاق كمية كبيرة من الطاقة، تؤدى إلى اشتعال الهيدروچين المتصاعد (شكل 10) ويزداد التفاعل عنفًا من الليثيوم إلى السيزيوم.

شكل (10)
تفاعل البوتاسيوم مع الماء

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

ولهذا السبب لا تُطفأ حرائق الصوديوم بالماء.

$$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

⑥ التفاعل مع الأحماض:

تحل هذه الفلزات محل هيدروچين الأحماض المخففة ويكون التفاعل أكثر عُنفًا من تفاعلها مع الماء، لسهولة انفصال هيدروچين الحمض عن هيدروچين الماء.

$$2M_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \xrightarrow{dil.} 2M^+_{(aq)} + H_{2(g)}$$

⑦ الانحلال الحرارى لأملاحها الأكسچينية:

تمتاز الأملاح الأكسچينية للأقلاء بأنها ثابتة حراريًا.

ⓘ لا تنحل جميع كربونات الأقلاء بالحرارة، عدا كربونات الليثيوم التى تنحل عند 1000°C

$$Li_2CO_{3(s)} \xrightarrow{1000°C} Li_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$$

(ب) تنحـل نترات الأقلاء بالحرارة انحلالاً جزئيًا مكونة نيتريت الفلز والأكسـچين، ماعدا نترات الليثيوم التى تختلف نواتج انحلالها حراريًا.

$$2MNO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2MNO_{2(s)} + O_{2(g)}$$

والانحلال الحرارى لملح نترات البوتاسيوم (ملح البارود) يكون مصحوبًا بانفجار شديد، لذا يُستخدم فـى صناعة المتفجرات، بينما لا يصلـح ملح نترات الصوديوم (ملح بارودشـيلى) لهذه الصناعة، لأنه مادة متميعة (تمتص بخار الماء من الهواء الجوى).

العلوم والتكنولوچيا والمجتمع (STS)

- أمكـن الاسـتفادة مـن الخصائـص الفيزيائيـة والكيميائيـة المميـزة لفلـزات الأقـلاء فـى مجـالات التكنولوچيا المتعـددة بمـا يحقـق أهـداف التنمية المسـتدامة.

1 الليثيوم:

- يستخدم 70% من إنتاج فلز الليثيوم فى صناعة **بطاريات أيون الليثيوم** المستخدمة فى الهواتف الذكية (شكل 11) والحواسيب المحمولة والسيارات الكهربية (شكل 12).

شكل (11)
بطارية هاتف ذكى

شكل (12)
سيارة كهربية

شكل (13)
فالكون 9

كما يستخدم فلز الليثيوم مع الألومنيوم فى صناعة **سبائك** تمتاز بانخفاض كثافتها، لذا تستخدم فى صناعة أنواع من المضارب وهياكل كل من الدراجات الرياضية والطائرات وخزانات وقود المركبات الفضائية مثل فالكون 9 (شكل 13).

2 الصوديوم :

• الخواص المميزة لفلز الصوديوم ووفرته فى القشرة الأرضية، تجعل له العديد من التطبيقات التكنولوچية، ومنها:

- يدخل فى تركيب **مصابيح بخار الصوديوم** التى تنتج ضوء أصفر يتميز بكفاءة عالية ونفاذية جيدة للضباب، لذا يستخدم فى إنارة الطرق (شكل 14).

شكل (14)
استخدام مصابيح بخار الصوديوم فى إنارة الطرق والشوارع

شكل (15)
مفاعل الصوديوم

- يستخدم فى صورة سائلة **كمادة مبردة** بدلًا من الماء فى نوع معين من أنواع المفاعلات النووية يُعرف **بمفاعل الصوديوم** Natrium reactor (شكل 15) نظرًا لارتفاع درجة غليانه ــ مقارنةً بالماء ــ وكفاءته فى نقل الحرارة.

3 البوتاسيوم :

• يستخدم أكثر من 90% من إنتاج فلز البوتاسيوم فى إنتاج **السماد الزراعى**، ويستفاد من تفاعل سوبر أكسيد البوتاسيوم مع ثانى أكسيد الكربون التالى:

$$4KO_{2(s)} + 2CO_{2(g)} \xrightarrow{Cat} 2K_2CO_{3(s)} + 3O_{2(g)}$$

فى استبدال ثانى أكسيد الكربون بالأكسچين فى أجهزة **التنفس المغلقة** (شكل 16) التى يستخدمها رجال الإطفاء وتُستخدم فى الغواصات والمَركبات الفضائية التى تُعيد تدوير هواء الزفير وذلك بإمرار هواء الزفير المحتوى على نسبة مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون على مرشحات تحتوى على مركب سوبر أكسيد وعامل حفاز.

شكل (16)
جهاز التنفس المغلق

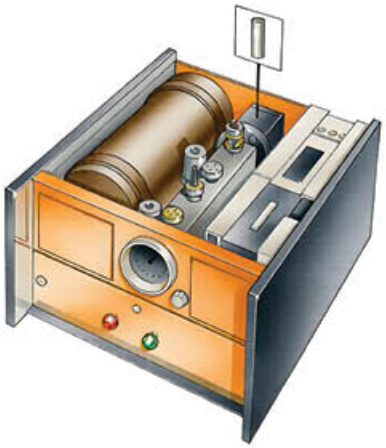
4 الروبيديوم :

• رغم ندرة فلز الروبيديوم إلا أنه يستخدم فى بعض التطبيقات التكنولوچية المتقدمة، كما فى استخدام بعض مركباته مثل بروميد الروبيديوم RbBr فى صناعة أنواع من الزجاج ذات أسطح متينة، ومقاومة للخدش ولها خواص انكسارية مميزة، ويستخدم هذا النوع من الزجاج فى صناعة بعض المكونات البصرية الدقيقة كأجهزة **الرؤيـة الليليـة** (شكل 17).

شكل (17)
جهاز الرؤية الليلية

5 السيزيوم :

• تستخدم ذرات فلز السيزيوم فى صناعة **ساعات السيزيوم الذريـة** (شكل 18) التى تستخدم فى قياس الزمن بدقة متناهية لا تتأثر بالحرارة أو الضغط وتضبط نفسها تلقائيًا.



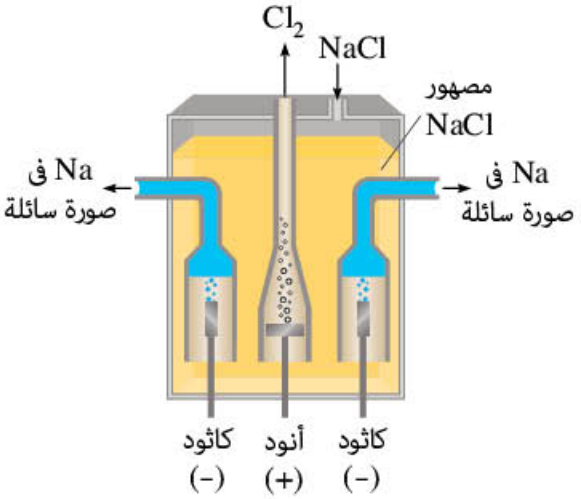
شكل (18)
ساعة السيزيوم الذرية

• ولهذا تحمل مستقبلات الأقمار الصناعية المعروفة بالاختصار GPS عدة ساعات سيزيوم ذرية، لأن أى خطأ بسيط فى قياس الزمن يؤدى إلى خطأ هائل فى تحديد الموقع.

استخلاص فلزات الأقلاء من خاماتها

لا توجد فلزات الأقلاء فى الطبيعة على حالة انفراد ولكنها توجد على هيئة مركبات أيونية.

ولتحضير الفلز لابد من إرجاع الإلكترون المفقود إلى أيونه الموجب ويصعب إجراء عملية الاختزال هذه بالطرق الكيميائية العادية، لذا تتم بعملية التحليل الكهربى لمصهور هاليداتها، مثل كلوريد الصوديوم NaCl فى وجود بعض المواد الصهارة، مثل كلوريد الكالسيوم التى تخفض من درجة انصهار هذا الهاليد وتُعرف هذه الطريقة بطريقة داونز (شكل 19).



شكل (19)
خلية داونز

وفيها يتم :

- أكسدة أيونات الكلوريد السالبة Cl^- عند الأنود (القطب الموجب) متحولة إلى غاز الكلور Cl_2

$2Cl^-_{(\ell)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$ عند المصعد (الأنود)

- اختـزال أيونـات الصوديوم الموجبة Na^+ عند الكاثود (القطب السـالب) متحولة إلـى صوديوم يطفو فوق مصهور كلوريد الصوديوم.

$2Na^+_{(\ell)} + 2e^- \longrightarrow 2Na_{(\ell)}$ عند المهبط (الكاثود)

وخلية داونز المستخدمة مُصممة بحيث ينفصل الصوديوم الناتج عن الكلور المتكون حتى لا يتحدا مرة أخرى.

مركبات الصوديوم

تتعدد مركبات الصوديوم وسوف يُكتفى منها بدراسة:

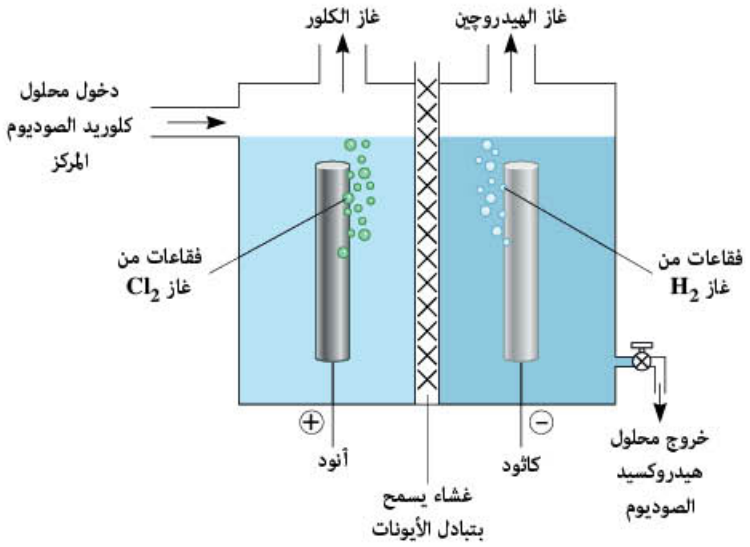
(1) هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية). (2) كربونات الصوديوم (صودا الغسيل).

1 هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)

تحضيره فى الصناعة:

يُحضر بالتحليل الكهربى لمحلول كلوريد الصوديوم المركز (شكل 20)، تبعًا للمعادلة التالية:

$$2Na^{+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + 2H^{+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + Cl_{2(g)} + H_{2(g)}$$



شكل (20)

خلية التحليل الكهربى لإنتاج هيدروكسيد الصوديوم

الخواص الفيزيائية والكيميائية:

1. مادة صلبة بيضاء اللون درجة انصهارها 318°C
2. مادة متميعة (تمتص بخار الماء من الهواء الجوى).
3. محلوله له ملمس صابونى وتأثيره كاوٍ على الجلد.
4. يذوب فى الماء بسهولة مكونًا محلولاً قلويًا، مع انطلاق طاقة حرارية نتيجة هذا الذوبان (ذوبان طارد للحرارة).
5. يتفاعل مع الأحماض مكونًا ملح وماء.

$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

2 كربونات الصوديوم (Na_2CO_3)

طرق التحضير : أ فى المعمل. ب فى الصناعة.

أ تحضيره فى المعمل :

تُحضر كربونات الصوديوم فى المعمل بإمرار غاز ثانى أكسيد الكربون فى محلول هيدروكسيد صوديوم ساخن، ثم يُترك المحلول ليبرد، لتنفصل منه بللورات كربونات الصوديوم المائية.

$$2NaOH_{(aq)} + CO_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

وتُعرف كربونات الصوديوم المائية باسم صودا الغسيل $Na_2CO_3.10H_2O$ ، لأنها تُستخدم فى إزالة عسر الماء المستديم الناشئ عن وجود أيونات Ca^{2+} ، Mg^{2+} ذائبة فى الماء، حيث يتم التفاعل عن طريق تبادل الأيونات لتكوين كربونات كالسيوم وماغنسيوم اللتان لا تذوبان فى الماء، فيزول العسر.

$$Na_2CO_{3(aq)} + CaCl_{2(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + CaCO_{3(s)}$$

$$Na_2CO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + MgCO_{3(s)}$$

ب تحضيره فى الصناعة (طريقة سولڤاى):

تُحضر كربونات الصوديوم فى الصناعة، كالتالى:

1- يمرر غازى النشادر وثانى أكسيد الكربون فى محلول مركز من كلوريد الصوديوم، لتكوين كربونات الأمونيوم.

2- تتفاعل كربونات الأمونيوم مع محلول كلوريد الصوديوم، مكونة كربونات الصوديوم.

3- تتحول كربونات الصوديوم فى وجود غاز ثانى أكسيد الكربون والماء إلى بيكربونات الصوديوم الذى يترسب نتيجة تشبع المحلول.

4- تُفصل بيكربونات الصوديوم وتسخن للحصول على كربونات الصوديوم.

$$2NH_{3(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow (NH_4)_2CO_{3(aq)}$$

$$(NH_4)_2CO_{3(aq)} + 2NaCl_{(aq)} \longrightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + Na_2CO_{3(aq)}$$

$$Na_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)} \longrightarrow 2NaHCO_{3(s)}$$

$$2NaHCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(v)} + CO_{2(g)}$$

الخواص الفيزيائية والكيميائية:

1. كربونات الصوديوم اللامائية مسحوق أبيض يذوب بسهولة فى الماء.
2. محلولها المائى قاعدى.
3. تتفاعل مع الأحماض بفوران، لتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون.

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$$

ثانيًا عناصر الفئة (p)

• تتضمن الفئة (p) من الجدول الدورى ست مجموعات، سوف يكتفى منها بدراسة خواص عناصر المجموعة (5A):

وتتكون المجموعة من خمسة عناصر يوضحها الجدول (3):

جدول (3) «للإيضاح فقط»

العنصر	مستوى الطاقة الرئيسى الخارجى	الكثافة (g/cm^3) at rtp	درجة الانصهار (°C)	جهد التأين الأول (kJ/mol)	نصف القطر الذرى (pm)
النيتروجين $_7N$	$2s^2, 2p^3$	0.00116	−210	1400	74
الفوسفور $_{15}P$	$3s^2, 3p^3$	1.82	44	1011	110
الزرنيخ $_{33}As$	$4s^2, 4p^3$	5.73	817	947	121
الأنتيمون $_{51}Sb$	$5s^2, 5p^3$	6.7	631	834	141
البزموت $_{83}Bi$	$6s^2, 6p^3$	9.8	271	703	182

وجودها فى الطبيعة: ليست منتشرة فى الطبيعة، باستثناء:

• **النيتروجين:** فهو يمثل $\frac{4}{5}$ من حجم الهواء الجوى تقريبًا.

• **الفوسفور:** هو الأكثر انتشارًا فى القشرة الأرضية، حيث يوجد على هيئة:
  • فوسفات الكالسيوم الصخرى $Ca_3(PO_4)_2$
  • الأباتيت $CaF_2.Ca_3(PO_4)_2$ وهو ملح مزدوج لفلوريد وفوسفات الكالسيوم.

• **الزرنيخ - الأنتيمون - البزموت:** توجد خاماتها الرئيسة على هيئة كبريتيدات As_2S_3 ، Sb_2S_3 ، Bi_2S_3

الخواص العامة لعناصر المجموعة 5A (15):

(1) يغلب الطابع اللافلزى على خواص عناصر هذه المجموعة وتزداد الصفة الفلزية بزيادة العدد الذرى للعنصر.
- النيتروجين والفوسفور لافلزات. - الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات.
- البزموت عنصر فلزى ومع ذلك فقدرته على التوصيل الكهربى ضعيفة.

(2) (أ) يتكون جزىء النيتروجين من ذرتين (N_2).

(ب) تتكون جزيئات الفوسفور والزرنيخ والأنتيمون فى الحالة البخارية (عند درجة حرارة عالية) من أربع ذرات (P_4 ، As_4 ، Sb_4).

(جـ) البزموت يكوِّن بلورة فلزية، وعند درجات الحرارة العالية تتكون جزيئات أبخرته من ذرتين (Bi_2) وهو بذلك يشذ عن معظم الفلزات التى تكون جزيئاتها أحادية الذرة فى الحالة البخارية.

(3) تتميز عناصر هذه المجموعة بتعدد أعداد التأكسد فى المركبات المختلفة فهى تتراوح بين (-3 ، +5) حيث تكتسب ثلاثة إلكترونات أو تشارك حتى بخمسة إلكترونات.

ويوضح الجدول التالى أعداد التأكسد للنيتروجين فى بعض مركباته:

جدول (4)

المادة	الصيغة	عدد التأكسد
النشادر	NH_3	-3
الهيدرازين	$NH_2 - NH_2$ (N_2H_4)	-2
الهيدروكسيل أمين	NH_2OH	-1
النيتروجين	N_2	0
أكسيد النيتروز	N_2O	+1
أكسيد النيتريك	NO	+2
ثالث أكسيد النيتروجين	N_2O_3	+3
ثانى أكسيد النيتروجين	NO_2	+4
حمض النيتريك	HNO_3	+5

ويلاحظ أن أعداد التأكسد الموجبة تظهر فى المركبات الأكسچينية، لأن السالبية الكهربية للأكسچين أعلى من النيتروچين.

④ مركباتها مع الأكسچين:

تكوِّن جميع عناصر هذه المجموعة أكاسيد، بعضها حمضى مثل: N_2O_5 ، P_2O_5 ، As_2O_5 ، بينما Sb_2O_3 أكسيد متردد، Bi_2O_5 أكسيد قاعدى.

وتزداد الصفة القاعدية (تقل الصفة الحمضية) بزيادة العدد الذرى.

⑤ مركباتها مع الهيدروچين:

تكوِّن معظم عناصر المجموعة مركبات مع الهيدروچين يكون عدد تأكسد العنصر فيها (-3) مثل: النشادر NH_3 والفوسفين PH_3 والأرزين AsH_3 ونظرًا لأنه ما زال هناك زوج حر من الإلكترونات فى غلاف تكافؤ الذرة المركزية فى هذه المركبات فيمكنها أن تمنح هذا الزوج لذرات أو أيونات أخرى وتكوِّن رابطة تناسقية.

وتكون قاعدية النشادر أقوى من قاعدية الفوسفين، لكبر السالبية الكهربية للنيتروچين عن الفوسفور.

وتقل الصفة القطبية للمركبات الهيدروچينية لعناصر المجموعة (5A) بزيادة العدد الذرى وبالتالى يقل كل من ثباتها الحرارى وقابليتها للذوبان فى الماء.

وسوف يكتفى من عناصر المجموعة (5A) بدراسة عنصر النيتروچين.

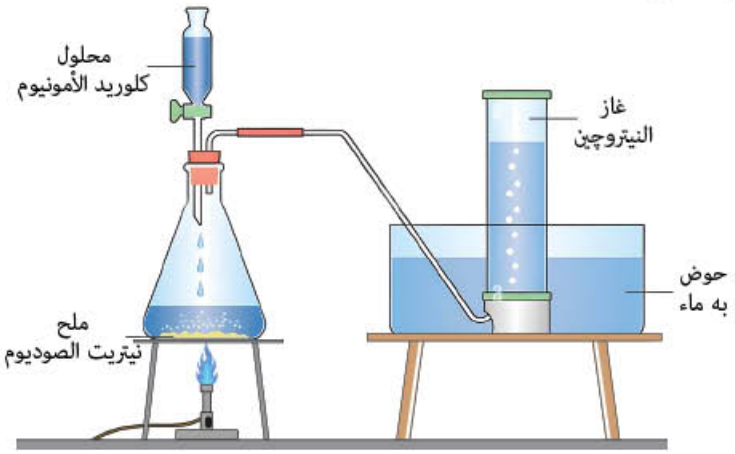
عنصر النيتروچين

يُشكل غاز النيتروچين حوالى 78% من حجم الهواء الجوى، كما يوجد فى القشرة الأرضية فى صورة أملاح النترات والنيتريت ويدخل فى تركيب الأحماض الأمينية التى تُمثل الوحدات الأساسية المكونة للبروتينات.

طرق التحضير:

(1) **يُحضر فى الصناعة** من التقطير التجزيئى للهواء المسال.

(2) **يُحضر فى المعمل** بإضافة محلول كلوريد الأمونيوم إلى ملح نيتريت الصوديوم مع التسخين ويُجمع الغاز بإزاحة الماء لأسفل (شكل 21).



(شكل 21)

جهاز تحضير غاز النيتروچين فى المعمل

$$NaNO_{2(s)} + NH_4Cl_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} NH_4NO_{2(aq)} + NaCl_{(aq)}$$

$$NH_4NO_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} 2H_2O_{(\ell)} + N_{2(g)}$$

بجمع المعادلتين

$$NaNO_{2(s)} + NH_4Cl_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} NaCl_{(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} + N_{2(g)}$$

الخواص الفيزيائية

نشاط عملى: الخواص الفيزيائية لغاز النيتروجين.

قم بتحضير عدة مخابير من غاز النيتروجين، وناقش ما يلى مع زملائك تحت إشراف معلمك:

جدول (5)

النشاط العملى	المشاهدة	الاستنتاج
(1) لون الغاز ورائحته.	.....	.....
(2) طريقة جمع الغاز عند تحضيره من الهواء الجوى.	.....	.....
(3) تأثير الغاز على ورقتى عباد الشمس.	.....	.....

فى ضوء النشاط السابق وغيره يمكن إجمال بعض الخواص الفيزيائية للنيتروجين، فيما يلى:

1. غاز عديم اللون والطعم والرائحة.
2. أخف قليلًا من الهواء لاحتواء الهواء على الأكسجين الأثقل من النيتروجين.
3. شحيح الذوبان فى الماء.
4. متعادل التأثير على ورقتى عباد الشمس الحمراء والزرقاء.
5. كثافته 1.16 g/L (at rtp).
6. درجة غليانه(-195.8°C) أى أنه يمكن إسالته عند هذه الدرجة فى الضغط الجوى المعتاد.

الخواص الكيميائية

تفاعلات النيتروجين مع العناصر الأخرى لا تتم إلا فى وجود شرر كهربى أو قوس كهربى أو تسخين شديد وذلك لصعوبة كسر الرابطة الثلاثية بين ذرتى النيتروجين.

1 مع الهيدروجين

يتم هذا التفاعل فى إناء مغلق فى وجود **شرر كهربى** الذى يوفر الطاقة الحرارية اللازمة لبدء التفاعل.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[\Delta]{\text{شرر كهربى}} 2NH_{3(g)}$$

2 مع الأكسجين

يتم هذا التفاعل فى وجود **قوس كهربى** لضمان استمرار الطاقة الحرارية، حيث تصل درجة الحرارة إلى 3000°C فيتكون أكسيد النيتريك الذى سرعان ما يتأكسد إلى ثانى أكسيد النيتروجين.

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow[3000°C]{\text{قوس كهربى}} 2NO_{(g)}$$

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

3 مع الفلزات فى درجات حرارة عالية

يتفاعل النيتروجين مع الفلزات مثل الماغنسيوم ويتكون نيتريد الفلز.

$$3Mg_{(s)} + N_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_{2(s)}$$

نيتريد ماغنسيوم

وتتحلل النيتريدات المتكونة بسهولة فى الماء ويتصاعد غاز النشادر.

$$Mg_3N_{2(s)} + 6H_2O_{(\ell)} \longrightarrow 3Mg(OH)_{2(aq)} + 2NH_{3(g)}$$

مركبات النيتروچين

تتعدد مركبات النيتروچين وسوف يكتفى منها بدراسة كل من:

1 النشادر. **2 حمض النيتريك.**

1 النشادر NH_3

أ تحضير النشادر فى الصناعة:

يُحضر غاز النشادر فى الصناعة من عنصرى النيتروچين والهيدروچين فى وجود عوامل حفازة هى الحديد والموليبدنيوم، وتحت ضغط 200 atm فى درجة حرارة 500°C وتُعرف هذه الطريقة بطريقة «هابر-بوش».

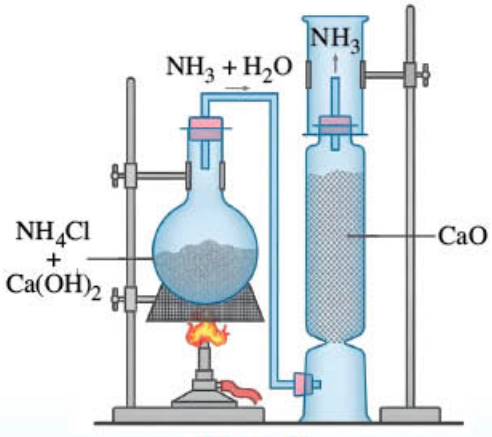
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \xrightarrow[200\ atm]{Fe/Mo\ 500°C} 2NH_{3(g)}$$

ب تحضير النشادر فى المعمل:

تدريب عملى:

1. كون الجهاز الموضح بالرسم (شكل 22).
2. ضع فى الدورق كلوريد أمونيوم وهيدروكسيد كالسيوم (جير مطفأ) ثم التسخين.
3. مرر نواتج التفاعل على مادة مجففة (جير حى CaO) لنزع الرطوبة (تجفيف الغاز من بخار الماء).
4. املأ عدة مخابير بإزاحة الهواء إلى أسفل ثم اختبر خواص الغاز.

$$2NH_4Cl_{(s)} + Ca(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} CaCl_{2(s)} + 2H_2O_{(v)} + 2NH_{3(g)}$$

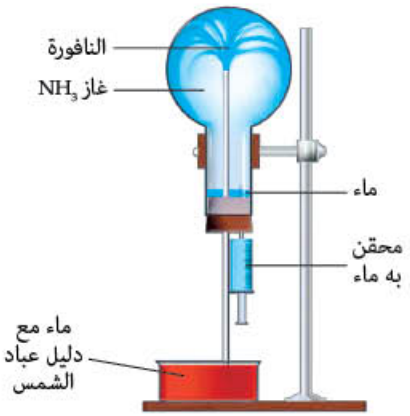


(شكل 22)

جهاز تحضير غاز النشادر فى المعمل

جدول (6)

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
(1) ما لون النشادر؟ وما رائحته؟	.....	.....
(2) قرب ورقة عباد شمس حمراء مبللة بالماء	.....	.....
من الغاز... ماذا تلاحظ؟	.....	.....
(3) قرب شظية مشتعلة من فوهة المخبار،	.....	.....
هل يشتعل الغاز؟ هل تنطفئ الشظية؟	.....	.....
(4) حضر جهاز النافورة الموضح بشكل (23)	.....	.....
واملأ الدورق بغاز النشادر، ثم ادفع	.....	.....
فيه الماء الموجود بالمحقن (السرنجة)	.....	.....
ولاحظ ما يحدث... ولماذا؟	.....	.....



(شكل 23)

تجربة النافورة لإثبات أن غاز النشادر شديد الذوبان فى الماء ومحلوله قلوى

الكشف عن غاز النشادر (الأمونيا):

يُستخدم غاز كلوريد الهيدروچين المتصاعد من حمض الهيدروكلوريك المركز HCl فى الكشف عن غاز النشادر المتصاعد من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز (شكل 24)، حيث تتكون سُحب بيضاء كثيفة من كلوريد الأمونيوم وهى مادة صلبة متسامية.

$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

(شكل 24)

الكشف عن غاز النشادر

استخدامات النشادر

يستخدم النشادر المحضر بطريقة «هابر - بوش» فى صناعة الأسمدة بشكل أساسى:

الأسمدة النيتروچينية

أملاح للأمونيا تُحضر من تفاعل الأمونيا مع الأحماض المناسبة.

$NH_{3(g)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow NH_4NO_{3(aq)}$ نتـــرات الأمونيوم

$2NH_{3(g)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)}$ كبريتات الأمونيوم

$3NH_{3(g)} + H_3PO_{4(aq)} \longrightarrow (NH_4)_3PO_{4(aq)}$ فوسفات الأمونيوم

سماد NPK

يُعد سماد NPK من أفضل الأسمدة التى تمد النباتات بما تحتاجه مـــن عناصـــر النيتروچيـــن N والفوســـفور P والبوتاســـيوم K وتكتـــب النســـب المئويـــة لهـــذه العناصـــر علـــى عبوات الأســـمدة على هيئة ثلاثة أعداد تُمثل النسب المئوية لها كما بالشكل (25).

(شكل 25)

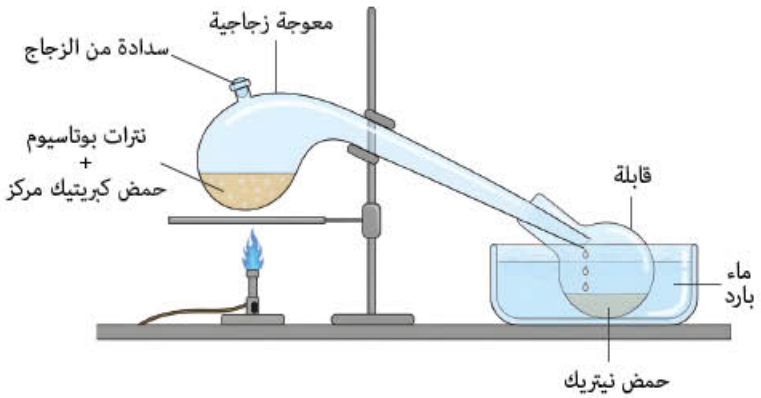
سماد NPK

2 حمض النيتريك HNO_3

تحضير حمض النيتريك فى المعمل:

تدريب عملى:

(1) حضر الجهاز الموضح بالشكل (26).



(شكل 26)

(2) ضـع فى المعوجة الزجاجية نترات بوتاسـيوم وحمض كبريتيك مركز وضـع القابلة فى حوض به ماء بارد، مع ملاحظة أن السدادة لا تكون من المطاط، حتى لا تتآكل بفعل أبخرة الحمض المتكون.

③ سخن محتويات المعوجة بشرط ألا تزيد درجة الحرارة عن 100°C (حتى لا ينحل الحمض الناتج) واستقبل الحمض المتكون فى القابلة، ثم اختبر خواصه.

$$2KNO_{3(s)} + H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow[conc]{\Delta} K_2SO_{4(aq)} + 2HNO_{3(\ell)}$$

جدول (7)

التجربة	المشاهدة	الاستنتاج
(1) ما لون السائل المتكون؟	.....	.....
(2) أضف إلى السائل المتكون محلول عباد الشمس الأزرق ... ماذا تشاهد؟	.....	.....
(3) خذ كمية من السائل فى أنبوبة اختبار وأضف إليه خراطة النحاس مع التسخين ... ماذا تشاهد؟	.....	.....
(4) خفف الحمض بإضافة كمية منه إلى الماء وأضف إليه برادة الحديد. ما لون الغاز المتصاعد؟ وما تأثير الهواء عليه؟	.....	.....

الخواص الكيميائية لحمض النيتريك

① عامل مؤكسد ينحل فى درجة حرارة أعلى من 100°C مكونًا غاز الأكسچين.

$$4HNO_{3(\ell)} \xrightarrow{>100^\circ C} 4NO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(v)}$$

② يتفاعل الحمض المخفف مع:

(1) الفلزات التى تسبق الهيدروچين فى متسلسلة النشاط الكيميائى ويتكون نترات الفلز والهيدروچين الذرى الذى يختزل الحمض.

$$Fe_{(s)} + 4HNO_{3(aq)} \xrightarrow[dil]{\Delta} Fe(NO_3)_{3(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} + NO_{(g)}$$

(2) الفلزات التى تلى الهيدروچين فى متسلسلة النشاط الكيميائى، ويتم التفاعل على أساس أن الحمض عامل مؤكسد، حيث يتم أكسدة الفلز، ثم يتفاعل الأكسيد مع الحمض.

$$3Cu_{(s)} + 8HNO_{3(aq)} \xrightarrow[dil]{\Delta} 3Cu(NO_3)_{2(aq)} + 4H_2O_{(\ell)} + 2NO_{(g)}$$

③ يتفاعل الحمض المركز مع الفلزات التى تلى الهيدروچين فى متسلسلة النشاط الكيميائى، ويزداد عدد تأكسد النيتروچين فى الأكسيد الناتج عن تفاعل الحمض المركز مع النحاس عنه فى الأكسيد الناتج من تفاعل الحمض المخفف مع نفس الفلز.

$$Cu_{(s)} + 4HNO_{3(\ell)} \xrightarrow{conc} Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)} + 2NO_{2(g)}$$

④ تقاوم بعض الفلزات التى تسبق الهيدروچين فى متسلسلة النشاط الكيميائى مثل الحديد والكروم والألومنيوم تأثير الحمض المركز بتكوين طبقة غير مسامية من الأكسيد تمنع استمرار تفاعل الفلز مع الحمض المركز، فيما يُعرف باسم ظاهرة الخمول Passivity.

العلوم والتكنولوچيا والمجتمع (STS)

أمكن الاستفادة من تنوع خصائص عناصر المجموعة (5A) فى مجالات التكنولوچيا المتعددة بما يحقق أهداف التنمية المستدامة.

1 النيتروچين:

يُستهلك أكثر من 80% من إنتاج النيتروچين فى صناعة غاز النشادر الذى يستخدم بدوره فى صناعة الأسمدة.

ويستخدم غاز النيتروچين أيضًا فى قطاع الصناعة فى توفير بيئة خاملة أثناء بعض عمليات اللحام وفى الصناعات الإلكترونية لحماية مكوناتها من الأكسدة أثناء الإنتاج والتخزين.

ويستخدم النيتروچين المسال (شكل 27) فى مجالات البحث العلمى والطب كما يتضح مما يلى:

- يستخدم فى حفظ وتخزين العينات البيولوچية (شكل 28) مثل الأنسجة والدم والحيوانات المنوية والبويضات لفترات طويلة.
- يستخدم فى العلاج بالتبريد Cryotherapy كما فى علاج سرطان الجلد والثآليل (شكل 29).

شكل (27)
النيتروچين المسال

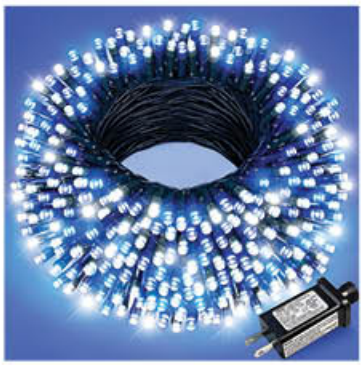
شكل (28)
يستخدم النيتروچين المسال فى حفظ العينات البيولوچية

شكل (29)
إزالة ثآليل باليد باستخدام النيتروچين المسال

2 الفوسفور:

يستهلك من (85% : 75) من إنتاج الفوسفور فى صناعة **الأسمدة** ويستخدم الجزء المتبقى فى العديد من التطبيقات التكنولوجية، ومنها:

- إنتاج ضوء أبيض من الصمام الثنائى الباعث للضوء الأزرق Blue LED (شكل 30).



شكل (30)

صمام ثنائى باعث للضوء الأزرق والأبيض

- يضاف الأكسيد P_2O_5 إلى الزجاج لصناعة نوعًا يتميز بارتفاع معامل انكساره، يستخدم فى صناعة العدسات. وتستخدم مركبات أخرى منه كطلاء **مضادات** الانعكاس على العدسات والنظارات (شكل 31).

قبل

بعد

شكل (31)

طلاء عدسات النظارة بمضادات الانعكاس

3 الزرنيخ :

انخفضت الاستخدامات التقليدية للزرنيخ السام فى صناعة المبيدات وحفظ الأخشاب بسبب مخاطره الصحية والبيئية.

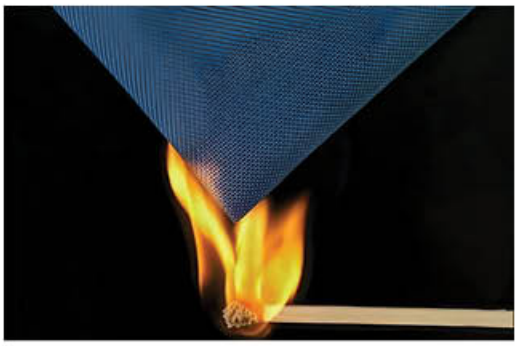
فـى نفـس الوقـت الـذى تـزداد اسـتخداماته فـى مجـال الإلكترونيـات والطاقـة المتجـددة، كاسـتخدام مركـب زرنيخيـد الجاليـوم GaAs فـى صناعـة الهواتـف المحمولـة وألـواح الخلايـا الشمسـية المرنـة والليـزر (شـكل 32).

شكل (32)

ألواح مرنة من الخلايا الشمسية

4 الأنتيمون :

يستخدم مركب أكسيد الأنتيمون (III) Sb_2O_3 كمادة مثبطة للهب، حيث يضاف إلى بعض المنتجات من البلاستيك والخشب والأقمشة لزيادة مقاومتها للاشتعال (شكل 33).



شكل (33)

أكسيد الأنتيمون (III) مادة مثبطة للهب

5 البزموت :

يمتاز البزموت بخصائص فريدة تجعله مناسبًا للعديد من التطبيقات التكنولوجية ويتضح ذلك من الأمثلة التالية:

• انخفاض درجة حرارة انصهار البزموت تجعله يستخدم فى صناعة سبائك مع القصدير تنصهر عند درجة حرارة أقل من $100^{\circ}C$ تستخدم فى أنظمة كشف الحرائق ورشاشات الإطفاء التلقائية (شكل 34).

شكل (34)

رشاش إطفاء تلقائى

• يستخدم كبديل للرصاص فى اللحام الخالى من الرصاص (شكل 35) المستخدم فى لحام مكونات الدوائر الإلكترونية.

شكل (35)

لحام البزموت الخالى من الرصاص

تقييم الباب الثانى

1 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية:

(1) تزداد الصفة الفلزية فى عناصر المجموعة الأولى بزيادة .....

(أ) النسبة المئوية بالوزن فى القشرة الأرضية. (ب) درجة الغليان.

(جـ) العدد الذرى. (د) درجة الانصهار.

(2) يحتوى جزىء الفوسفور فى الحالة البخارية على .....

(أ) ذرة واحدة. (ب) ذرتين.

(جـ) ثلاث ذرات. (د) أربع ذرات.

(3) عند تفاعل نيتريد الماغنسيوم مع الماء يتصاعد غاز .....

(أ) الأمونيا. (ب) الهيدروچين.

(جـ) أكسيد النيتريك. (د) ثانى أكسيد النيتروچين.

(4) عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى فى مركباتها هو .....

(أ) (-1). (ب) (+1).

(جـ) (-2). (د) (+2).

(5) يُستخدم سوبر أكسيد البوتاسيوم فى أجهزة التنفس المغلقة لاستبدال غاز .....

(أ) ثانى أكسيد الكربون بغاز الهيدروچين.

(ب) ثانى أكسيد الكربون بغاز الأكسچين.

(جـ) الأكسچين بغاز الأمونيا.

(د) الأكسچين بغاز ثانى أكسيد الكربون.

(6) عند تعريض ساق زجاجية مبللة بحمض الهيدروكلوريك المركز لغاز الأمونيا تتكون سُحب بيضاء كثيفة من .....

(أ) كربونات الأمونيوم. (ب) كلوريد الأمونيوم.

(جـ) كلوريد الهيدروچين. (د) كبريتات الأمونيوم.

(7) أى فلزات الأقلاء يتحد مع غاز النيتروچين فى درجة حرارة الغرفة؟

(أ) الليثيوم. (ب) الصوديوم.

(جـ) البوتاسيوم. (د) السيزيوم.

(8) تُستخدم خلية داونز فى .....

أ استخلاص النيتروچين من الهواء الجوى.
ب تحضير حمض النيتريك.
ج استخلاص الصوديوم من كلوريد الصوديوم.
د تحضير هيدروكسيد الصوديوم.

(9) تنتهى طريقة سولڤاى بتسخين .....

أ ملح بيكربونات الصوديوم.
ب ملح كربونات الصوديوم.
ج محلول بيكربونات الصوديوم.
د محلول كربونات الصوديوم.

(10) تُستخدم تجربة النافورة فى إثبات أن غاز النشادر .....

أ أقل كثافة من الهواء.
ب مادة حامضية.
ج مادة قاعدية.
د لا يذوب فى الماء.

(11) عبوة سماد تحتوى على كبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم، أى من عناصر سماد NPK تتواجد فيها؟

أ N ، P فقط.
ب K ، N فقط.
ج K فقط.
د P فقط.

(12) أى مما يلى يُعبر عن استمرار تفاعل فلز الكروم مع حمض النيتريك؟

الاختيارات	الحمض المخفف	الحمض المركز
أ	✓	✓
ب	✓	✗
ج	✗	✓
د	✗	✗

(13) فلز (X) له أصغر نصف قطر أيونى.

أى مما يلى يُعبر عن استخدام (X)؟

أ صناعة الساعات الذرية.
ب صناعة بطاريات السيارات الكهربية.
ج مادة مبردة فى بعض المفاعلات النووية.
د صناعة الزجاج المقاوم للخدش.

(14) فلز (A) يحضر بطريقة داونز.

أى مما يلى يُعبر عن الفلز (A)؟

أ درجة غليانه أعلى مما للماء.
ب يتفاعل مع الأكسچين مكونًا AO_2
ج نصف قطر $K^+ < A^+$
د يستخدم فى عمل سبائك الدراجات الرياضية.

(15) المركب المستخدم فى صناعة الزجاج ذات الأسطح المتينة ومقاومة للخدش .....

أ KO_2 ب $RbBr$

جـ Na_2CO_3 د KNO_3

(16) العنصر M يستخدم فى صناعة الساعات التى لا تتأثر بالحرارة والضغط، يتفاعل مع الأكسچين النقى تحت ضغط يزيد عن 1 atm مكونًا .....

أ MO ب M_2O

جـ MO_2 د M_2O_2

---

2 بيِّن التركيب الإلكترونى للعناصر الآتية بطريقة مبدأ البناء التصاعدى، ثم بيِّن أعداد تأكسدها الممكنة فى مركباتها:

(1) البوتاسيوم $_{19}K$

(2) السيزيوم $_{55}Cs$

(3) النيتروچين $_{7}N$

---

3 علل لما يأتى:

(1) تتميز فلزات الأقلاء بالنشاط الكيميائى.

(2) ضعف قوة الرابطة الفلزية بين ذرات فلزات المجموعة الأولى.

(3) استخدام السيزيوم فى صناعة الخلايا الكهروضوئية.

(4) استخدام مركبات سوبر أكاسيد الأقلاء فى جهاز التنفس المغلق.

(5) صعوبة توافر فلز السيزيوم.

(6) عدم استخدام الماء فى إطفاء حرائق الصوديوم.

(7) عدم استخدام نترات الصوديوم فى صناعة المتفجرات.

(8) اختلاف نواتج تفاعل فلزات الأقلاء مع الأكسچين.

(9) صعوبة استخلاص فلزات الأقلاء من خاماتها بالطرق الكيميائية العادية.

(10) تعدد حالات تأكسد النيتروچين.

(11) قاعدية النشادر أقوى من قاعدية الفوسفين.

(12) استخدام حمض الهيدروكلوريك المركز فى الكشف عن الأمونيا.

4 اكتب المعادلة الكيميائية التى توضح تفاعل:

(1) الصوديوم مع الأكسچين (at 300°C).

(2) مركبات سوبر أكسيد الأقلاء مع ثانى أكسيد الكربون.

(3) الانحلال الحرارى لنترات الأقلاء.

(4) التحليل الكهربى لمحلول كلوريد الصوديوم المركز.

(5) التحليل الكهربى لمصهور كلوريد الصوديوم.

(6) الانحلال الحرارى لنيتريت الأمونيوم.

---

5 وضح أثر المواد الآتية على فلز الصوديوم:

(1) حمض الهيدروكلوريك.

(2) الهيدروچين.

(3) الماء.

---

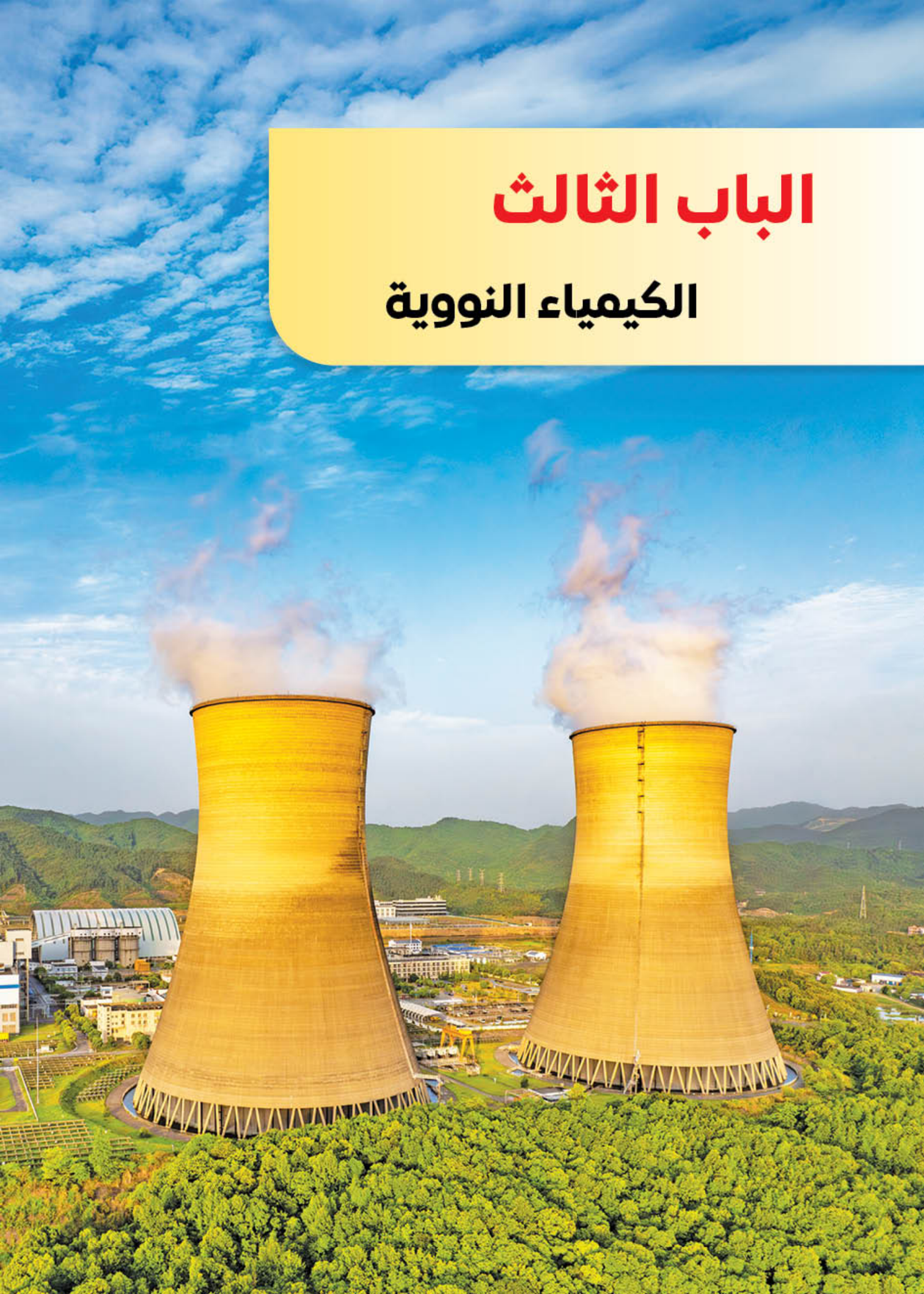
6 وضح وجه تشابه بين:

(1) الأملاح و الهيدريدات.

(2) ملح البارود و ملح بارودشيلى.

الباب الثالث

الكيمياء النووية



الأهـــداف

فى نهاية دراســة الطالـب لباب الكيميــاء النووية، ينبغى أن يكون قادرًا على أن:

1- يتعرف التسلسل التاريخى لاكتشاف النشاط الإشعاعى لأنوية ذرات العناصر المشعة.

2- يتعرف مفهوم النظائر.

3- يُميز بين إشعاعات ألفا وبيتا وجاما.

4- يحسب تحولات الكتلة إلى طاقة.

5- يُعرف طاقة الترابط النووى ويحســب طاقة الترابط النووى.

6- يوضح العلاقة بين طاقة الترابط النووى واستقرار النواة.

7- يُفـرق بيــن النشــاط الإشــعاعى بنوعيــه (الطبيعى والصناعى).

8- يُعرف زمن عمر النصف، وكيفية حسابه.

9- يُعرف كاشف الدخان وكيفية عمله.

10- يُقارن بين الانشطار النووى والاندماج النووى.

11- يحسب كمية الطاقة الناتجة من تفاعل نووى.

12- يُقارن بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية.

13- يتعرف تطبيقات على العلوم والتكنولوچيا والمجتمع.

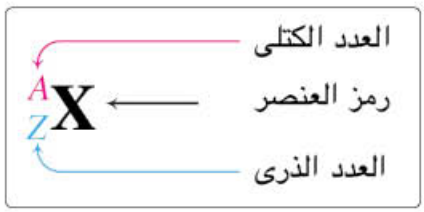
(شكل 1)
هنرى بيكيريل

• فى عام 1896م اكتشف **بيكيريل** - عن طريق الصدفة - أن أحد مركبات اليورانيوم تُصدر إشعاعات غير مرئية تؤدى إلى تكوين صور أو ظلال على ألواح التصوير الحساسة وأثبت أن هذا الإشعاع يصدر عن جميع مركبات اليورانيوم، وأطلق على هذه الظاهرة اسم **النشاط الإشعاعى**.

واكتشف **شادويك** وجود **النيوترونات** متعادلة الشحنة فى النواة. وأُطلق على مجموع أعداد البروتونات والنيوترونات اسم **العدد الكتلى (A)** أو ما يُعرف **بالنيوكليونات** (شكل 2).

عدد النيوترونات (N) = العدد الكتلى (A) – العدد الذرى (Z)

• فى عام 1942م تمكن **فيرمى** من إحداث أول تفاعل نووى متسلسل صناعى، وتوالت الدراسات والأبحاث بعد ذلك.



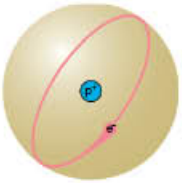
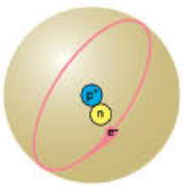
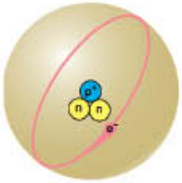
شكل (2)
العدد الكتلى والعدد الذرى

النظائر Isotopes

• اكتشف العلماء أن هناك ذرات لنفس العنصر تختلف فى أعدادها الكتلية ولكن يكون لها نفس العدد الذرى، وهو ما اتفقوا على تسميته **بالنظائر**.

ويوضح الجدول (1) نظائر الهيدروجين (أشكال 3 - 5):

جدول (1)

النظير	البروتيوم $_1^1H$	الديوتيريوم $_1^2H$	التريتيوم $_1^3H$
الشكل	 شكل (3)	 شكل (4)	 شكل (5)
العدد الذرى	1	1	1
العدد الكتلى	1	2	3
عدد النيوترونات	0	1	2

• وتتفق نظائر العنصر الواحد فى الخواص الكيميائية لاتفاقها فى العدد الذرى (**وبالتالى** عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجى) واختلافها فى الخواص الفيزيائية لاختلافها فى العدد الكتلى.

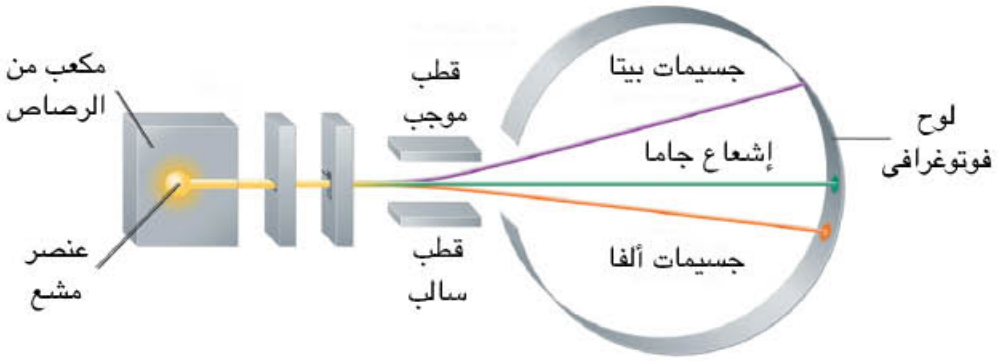
أنواع النظائر

• هناك نوعان من النظائر، وهما:

(1) **نظائر مستقرة** لا يصدر عنها أى إشعاعات، مثل: نظير الأكسچين – 16 ونظير الصوديوم – 23

(2) **نظائر مشعة** تكون أنويتها غير مستقرة، ويصدر عنها إشعاعات (ألفا (α)، بيتا (β^-)، جاما (γ)).

ويختلف تأثير المجال الكهربى عليها (شكل 6).



شكل (6)

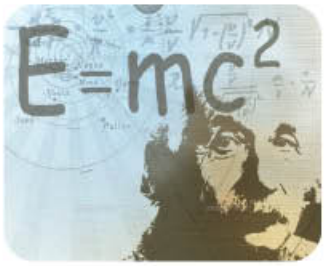
تأثير المجال الكهربى على إشعاعات ألفا وبيتا وجاما

ويوضح الجدول (2) أوجه المقارنة بينها:

جدول (2)

أوجه المقارنة	إشعاع ألفا α	إشعاع بيتا β^-	إشعاع جاما γ
الطبيعة	نواة ذرة هيليوم ^4_2He	إلكترون عالى السرعة $^0_{-1}e$	فوتون مرتفع الطاقة
الشحنة	موجب الشحنة (+2)	سالب الشحنة (–1)	متعادل الشحنة
التأثر بالمجال المغناطيسى	يتأثر	يتأثر	لا يتأثر
التأثر بالمجال الكهربى	ينحرف قليلاً نحو القطب السالب لكبر كتلته النسبية	ينحرف انحرافًا كبيرًا نحو القطب الموجب لضآلة كتلته	لا يتأثر

حسابات تحول الكتلة إلى طاقة



شكل (7)
معادلة أينشتين

• فى التفاعلات النووية تتحول الكتلة إلى طاقة.

ويمكن حساب كمية الطاقة E الناتجة عن تحول الكتلة مُقدرة بوحدة:

ـ الجول (J) إذا كانت الكتلة المتحولة بـ kg

بتطبيق معادلة أينشتين، كالتالى:

$$\underset{(J)}{E} = \underset{(kg)}{m} \times \underset{(3 \times 10^8\ m/s)^2}{c^2}$$

ـ مليون إلكترون فولت (MeV)، إذا كانت الكتلة المتحولة بوحدة الكتلة الذرية (u) من العلاقة:

$$\underset{(MeV)}{E} = \underset{(u)}{m} \times 931$$

يُلاحظ أن: $1\ MeV = 1.6 \times 10^{-13} J$

طاقة الترابط النووى Binding Energy

• أثبتت جميع القياسات الدقيقة لكتل الأنوية المختلفة، أن:

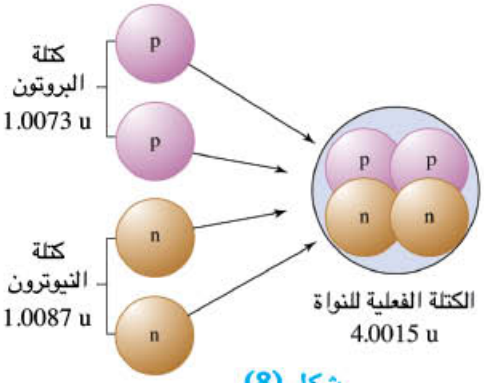
ـ كتلة البروتون 1.0073 u، كتلة النيوترون 1.0087 u

وكتلة الإلكترون 0.000548 u

ـ الكتلة الفعلية للنواة (كتلة النيوكليونات المرتبطة)

أقل من

الكتلة النظرية (كتلة النيوكليونات المنفصلة) (شكل 8).



شكل (8)
الكتلة الفعلية أقل من الكتلة النظرية

تطبيق: نواة ذرة الهيليوم

الكتلة الفعلية لنواة ^4_2He = 4.0015 u

الكتلة النظرية لنواة ذرة ^4_2He = $(2 \times 1.0073\ u) + (2 \times 1.0087\ u) = 4.032\ u$

مقدار النقص فى الكتلة = الكتلة النظرية – الكتلة الفعلية

$= 4.032\ u - 4.0015\ u = 0.0305\ u$

وحيث أن الطاقة والكتلة صورتان لشـيء واحد حسـب **نظرية أينشتين**، فإنه يمكن تحويل الكتلة إلى طاقة والعكس، ويكون مقدار النقص فى الكتلة معادلًا لكمية الطاقة اللازمة للتغلب على قوة التنافر الإلكتروستاتيكى بين البروتونات وبعضها داخل النواة، وتُسمى هذه الطاقة باسم **طاقة الترابط النووى** (BE).

• طاقة الترابط النووى فى نواة ذرة الهيليوم (MeV) = مقدار النقص فى الكتلة (u) × 931

$$= 0.0305 \times 931 = 28.3955 \text{ MeV}$$

ويُمثـل هذا المقدار كمية الطاقة المنطلقة عند تكوين نـواة ذرة الهيليوم أو كمية الطاقة الممتصة عند تفتيت نواة ذرة الهيليوم.

وتُعتبر طاقة الترابط النووى لكل نيوكليون $\left(\frac{BE}{A}\right)$ مقياسًا مناسبًا أيضًا لمدى الاستقرار النووى، **وتُحسب من العلاقة:**

$$\text{طاقة الترابط النووى لكل نيوكليون } \left(\frac{BE}{A}\right) = \frac{\text{طاقة الترابط النووى الكلية}}{\text{عدد النيوكليونات (العدد الكتلى)}}$$

• طاقة الترابط النووى لكل نيوكليون فى نواة ذرة الهيليوم $^{4}_{2}He = \frac{28.3955}{4} = 7.099$ MeV

ويزداد استقرار النواة بزيادة طاقة الترابط النووى لكل نيوكليون $\left(\frac{BE}{A}\right)$.

مثـــال

احسب طاقة الترابط النووى - بوحدة مليون إلكترون ڤولت - لنواة ذرة الأكسچين $^{16}_{8}O$ ثم **احسب طاقة الترابط النووى لكل نيوكليون**. **[علمًا بأن:** الكتلة الذرية لنظير ذرة الأكسچين 15.995 u وكتلة البروتون 1.0073 u وكتلة النيوترون 1.0087 u].

الحـل

الكتلة النظرية لنواة ذرة الأكسچين = (8 × 1.0073) + (8 × 1.0087) = 16.128 u

مقدار النقص فى الكتلة (u) = 16.128 – 15.995 = 0.133 u

طاقة الترابط النووى = 0.133 × 931 = 123.823 MeV

طاقة الترابط النووى لكل نيوكليون = $\frac{123.823}{16} = 7.739$ MeV

التغيرات النووية والطاقة المصاحبة لها

- تُعـرف التغيـرات الحادثة فى نواة ذرة عنصر، والتى تؤدى إلى تحولها إلى نواة ذرة أخرى باسـم **التفاعلات النووية**، ويُسمى العنصر الذى يحدث له التغيير **بالعنصر الأم** والعنصر الناتج **بالعنصر الوليد**.
- يجب أن يكون المجموع الجبرى للأعداد الذرية والأعداد الكتلية متساوٍ فى طرفى المعادلة النووية.
- هناك نوعان من التغيرات التى تتم داخل أنوية العناصر، الأول يُعرف **بالنشـاط الإشـعاعى الطبيعى** والآخر يُعرف **بالنشاط الإشعاعى الصناعى**.

أولًا النشاط الإشعاعى الطبيعى

- تميل أنوية ذرات العناصر المشـعة لإطلاق إشـعاعات، مثل: ألفا وبيتا وجاما من أنويتها تلقائيًا للتحول إلى أنوية عناصر أخرى أكثر استقرارًا.

1 انبعاث ألفا α

- يحتـوى جسـيم ألفا α **(نـواة ذرة الهيليوم)** على 2 بروتـون، 2 نيوترون، ويُرمز له بالرمـز $_2^4He$، ولهذا يُعد **موجب الشحنة** (+2).

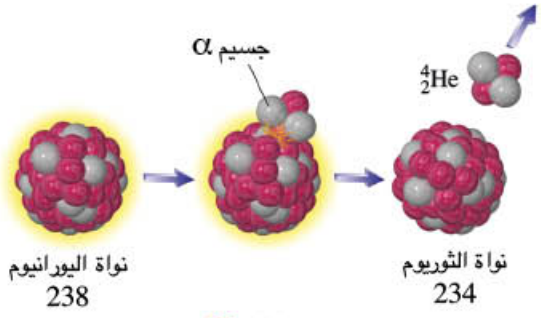
ويـؤدى انبعـاث جسـيم ألفا α من نواة ذرة عنصر مشـع إلى تكـوُّن **عنصر جديد** عدده الـذرى **أقل** بمقدار 2 وعدده الكتلى **أقل** بمقدار 4

مثل:

(1) تحـول نظير اليورانيـوم - 238 إلى نظير الثوريـوم - 234 (شكل 9):

$$_{92}^{238}U \longrightarrow {}_{90}^{234}Th + {}_{2}^{4}He$$

يورانيوم – 238 (العنصر الأم) | ثوريوم – 234 (العنصر الوليد) | جسيم ألفا



شكل (9)

انبعاث دقيقة ألفا من نواة غير مستقرة

(2) تحـول نظير الأكتينيوم - 227 إلى نظير الفرانسيوم - 223

$$_{89}^{227}Ac \longrightarrow {}_{87}^{223}Fr + {}_{2}^{4}He$$

أكتينيوم – 227 | فرانسيوم – 223 | جسيم ألفا

2 انبعاث نيجاترون Negatron Emission

• ينشـأ **النيجاترون** (جسـيم بيتا السالب β^-) أو ما يُعرف **بإلكترون النواة** $_{-1}^{0}e$ من نواة ذرة العنصر المشع عن تحول نيوترون إلى بروتون.

$$_{0}^{1}n \longrightarrow {}_{1}^{1}H + {}_{-1}^{0}e$$

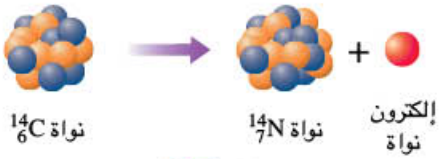
بروتون — جسيم بيتا

ويؤدى **انبعاث** نيجاترون من نواة ذرة عنصر مشع إلى تكوُّن **عنصر جديد** عدده الذرى **أكبر** بمقدار 1 مع **عدم تغير** العدد الكتلى، **مثل:**

*** تحول نظير الكربون - 14 إلى نظير النيتروجين - 14 (شكل 10).**

$$_{6}^{14}C \longrightarrow {}_{7}^{14}N + {}_{-1}^{0}e$$

كربون - 14 — نيتروجين - 14 — جسيم بيتا



شكل (10)

انبعاث إلكترون نواة من نواة غير مستقرة

3 انبعاث بوزيترون Positron Emission

• يشبه **البوزيترون** (دقيقة بيتا الموجبة β^+) جسيم بيتا السالب فى جميع الأوجه، عدا إنه يحمل شحنة موجبة $_{+1}^{0}e$

•ينشأ البوزيترون عن تحول بروتون إلى نيوترون.

$$_{1}^{1}H \longrightarrow {}_{0}^{1}n + {}_{+1}^{0}e$$

بوزيترون

ويؤدى **انبعاث** البوزيترون إلى تكوُّن **عنصر جديد** عدده الذرى **أقل** بمقدار 1 مع **عدم تغير** العدد الكتلى، **مثل:**

*** تحول نظير الصوديوم - 22 إلى نظير النيون - 22**

$$_{11}^{22}Na \longrightarrow {}_{10}^{22}Ne + {}_{+1}^{0}e$$

صوديوم - 22 — نيون - 22 — بوزيترون

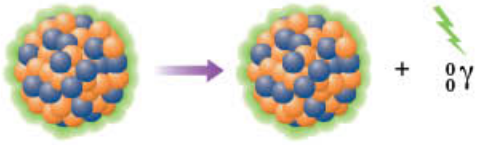
4 انبعاث جاما γ

• غالبًا ما يُصاحب انبعاث جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا، انبعاث أشعة جاما.

$$_{27}^{60}Co \longrightarrow {}_{28}^{60}Ni + {}_{-1}^{0}e + \gamma$$

كوبلت – 60 — نيكل – 60 — جسيم بيتا — أشعة جاما

• **أشعة جاما γ** عبارة عن فوتونات (أشعة كهرومغناطيسية) مرتفعة الطاقة وعديمة الكتلة والشحنة (شكل 11)، ولهذا لا يحدث انبعاثها تغير فى العدد الكتلى أو العدد الذرى للعنصر المشع، ولكنه يؤدى إلى استقرار نواة نفس العنصر لتفريغ الطاقة الزائدة من النواة.



شكل (11)

انبعاث أشعة جاما من نواة ذرة عنصر مشع

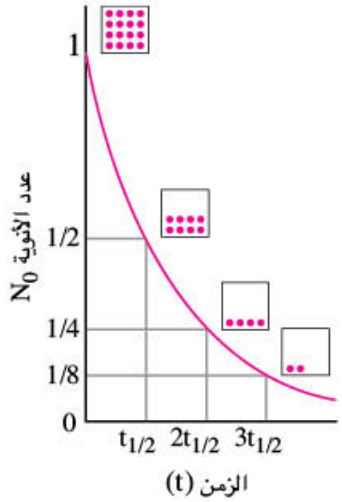
مثال: انبعاث جاما من نواة الباريوم – 137

زمن عمر النصف Half life time

• استنتج العلماء من دراسة النشاط الإشعاعى أن نشاط المادة المشعة يقل بمرور الزمن (شكل 12) ويُسمى الزمن اللازم لتحلل عدد أنوية ذرات العنصر المشع إلى النصف **بزمن عمر النصف** $t_{\frac{1}{2}}$، وهو يتكرر على فترات زمنية متتالية ومتساوية ويتفاوت هذا الزمن من عنصر مشع إلى آخر.

وتُحسب عدد مرات التحلل D ، من العلاقة:

$$D = \frac{\text{الزمن الكلى للتحلل } t}{\text{زمن عمر النصف } t_{\frac{1}{2}}}$$



شكل (12)

العلاقة بين عدد الأنوية غير المستقرة وزمن تحللها

• قد يكون زمن عمر النصف للعنصر المشع ملايين السنين وقد يكون عدة ثوانى، كما يتضح من الجدول (3).

جدول (3) «للإيضاح فقط»

النظير المشع	زمن عمر النصف
يورانيوم - 238	4.51×10^{9} years
رادون - 222	3.82 days
ثوريوم - 231	25.5 hours
بزموت - 215	8 minutes
البولونيوم - 214	1.6×10^{-4} second

مثـــال

يتحلل نظير المنجنيز - 56 بفقد جسيمات بيتا، بزمن عمر نصف 2.6 h

احسب الزمن اللازم لكى يصبح النشاط الإشعاعى لعينة منه $\frac{1}{4}$ ما كانت عليه.

الحـل

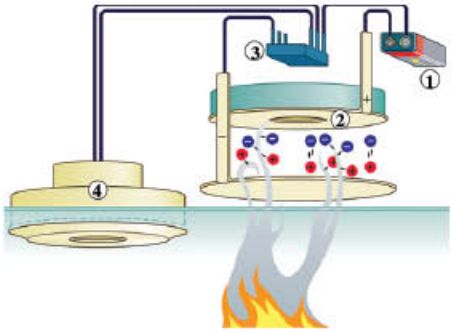
$$1 \xrightarrow[(1)]{t_{\frac{1}{2}}} \frac{1}{2} \xrightarrow[(2)]{t_{\frac{1}{2}}} \frac{1}{4}$$

$$t = D \times t_{\frac{1}{2}} = 2 \times 2.6 = 5.2 \text{ h}$$

العلوم والتكنولوجيا والمجتمع (STS)

كاشف الدخان

كاشف الدخان عبارة عن جهاز يُستخدم فى إصدار جرس إنذار فى حالة حدوث حريق (شكل 13) وتعتمد فكرة عمله على النشاط الإشعاعى لنظير الأمريكيوم -241 الذى يتميز بطول عمر النصف له.



شكل (13)
كاشف الدخان

التركيب:

① مصدر للتيار الكهربى.
② حساس (مجس) يحتوى على نظير الأمريكيوم -241
③ شريحة إلكترونية. ④ جرس إنذار.

كيفية العمل:

(1) يتم توصيل الحساس بمصدر للتيار الكهربى، فى نفس الوقت الذى يُصدر فيه نظير الأمريكيوم -241 إشعاع ألفا يعمل على تأين جزيئات الهواء.
(2) فى الظروف الطبيعية (غياب الدخان) توصل أيونات الهواء التيار الكهربى بين القطبين فيسرى التيار الكهربى فى الشريحة الإلكترونية.
(3) عند حدوث حريق، تتصاعد دقائق الدخان إلى الحساس (المجس) فتُعطل عملية التأين وبالتالى يتوقف توصيل الهواء للتيار الكهربى، فتستجيب الشريحة الإلكترونية بتوصيل التيار الكهربى لجرس الإنذار فيُصدر صوتًا ينبه إلى حدوث حريق.

ثانيًا النشاط الإشعاعى الصناعى

يُصنف النشاط الإشعاعى الصناعى إلى ثلاثة أنواع من التفاعلات، هى:

① تفاعلات التحول العنصرى. ② تفاعلات الانشطار النووى. ③ تفاعلات الاندماج النووى.

1 تفاعلات التحول العنصرى

- تُعرف تفاعلات **التحول العنصرى** بأنها التفاعلات النووية التى يتم فيها قذف نواة عنصر ما (يُعرف بالهدف) بجسيم ذو طاقة حركة مناسبة (يُعرف بالقذيفة)، فتتحول إلى نواة جديدة فى صفاتها الفيزيائية والكيميائية، ويوضح الجدول (4) القذائف المستخدمة فى مثل هذه التفاعلات وتُعتبر قذيفة **النيوترون** أفضل هذه القذائف لأنها متعادلة الشحنة ولا تفقد جزء من طاقتها أثناء وصولها للنواة، لعدم تأثرها بالإلكترونات المحيطة بالنواة.

جدول (4)

القذيفة	الرمز
ألفا	$^{4}_{2}He$
بروتون	$^{1}_{1}H$
نيوترون	$^{1}_{0}n$
ديوتيرون	$^{2}_{1}H$

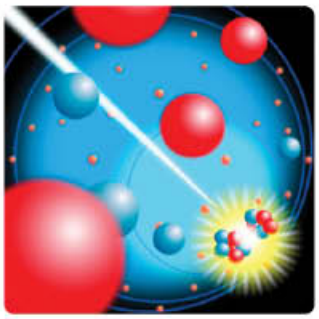
ومن أمثلة تفاعلات التحول العنصرى

• تحول نظير الألومنيوم - 27 إلى نظير الصوديوم - 24 باستخدام قذيفة **النيوترون.**

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \xrightarrow{fast} ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He$$

ألومنيوم - 27 | نيوترون | نظير صوديوم - 24 | جسيم ألفا

2 تفاعلات الانشطار النووى Fisson reactions



شكل (14)
انشطار نووى

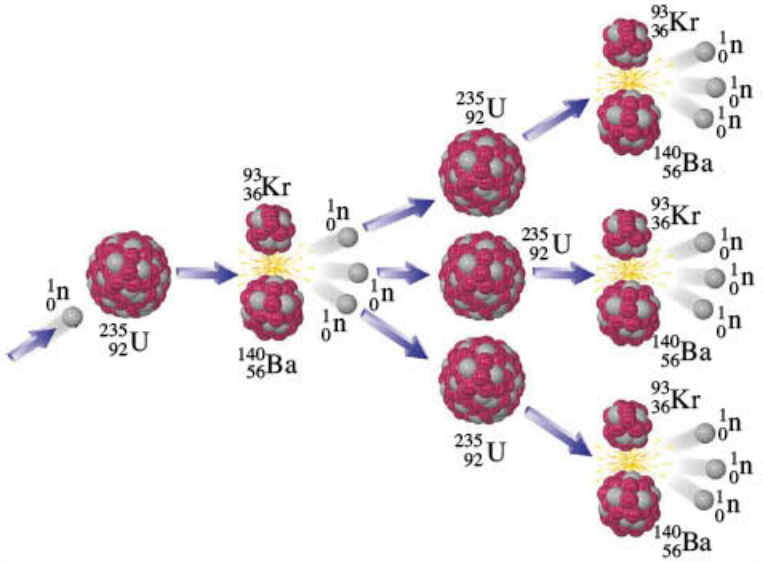
• تُعرف تفاعلات الانشطار النووى بأنها تفاعلات يتم فيها قذف نواة ذرة عنصر مشع (ثقيلة) بقذيفة نووية خفيفة ذات طاقة حركة منخفضة، فتنشطر إلى نواتين لعنصرين جديدين أكثر استقرارًا، وكتلتيهما معًا أقل من كتلة العنصر المشع، كما ينتج عدد من النيوترونات وطاقة هائلة (شكل 14).

كما يتضح من انشطار نظير اليورانيوم - 235:

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \longrightarrow ^{140}_{56}Ba + ^{93}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$$

نيوترون | يورانيوم - 235 | باريوم - 140 | كريبتون - 93 | نيوترونات

وتقوم النيوترونات الناتجة من التفاعل الانشطارى بدور القذائف لتفاعلات انشطارية مماثلة وهكذا يستمر التفاعل الانشطارى بمجرد بدئه، ولذلك سُمىَّ **بالتفاعل الانشطارى المتسلسل** (شكل 15).



شكل (15)
تفاعل انشطارى متسلسل

• تعتبـر المفاعلات النووية الانشـطارية من التطبيقات السـلمية الهامة للتفاعلات الانشـطارية المتسلسـلة والتفاعل الأساسـى فيها هو انشـطار نظير اليورانيـوم - 235 (الوقود النووى) عن طريق قذفه بالنيوترونات البطيئة، ويُعد مشروع مفاعل الضبعة (شكل 16) هو أول محطة نووية لتوليد الكهرباء بمصر.

شكل (16)

نموذج لمفاعل الضبعة

تخصيب اليورانيوم

• **يحتوى اليورانيوم الطبيعى على:**

- نظير اليورانيوم - 238 بنسبة حوالى 99.3 % وهو غير قابل للانشطار.
- نظير اليورانيوم - 235 بنسبة حوالى 0.7 % وهو القابل للانشطار.

لذا تُجرى عملية زيادة نسبة نظير اليورانيوم - 235 فى اليورانيوم الطبيعى، وتُعرف هذه العملية **بتخصيب اليورانيوم** وتختلف نسبة التخصيب حسب نوع التفاعل النووى المستهدف.

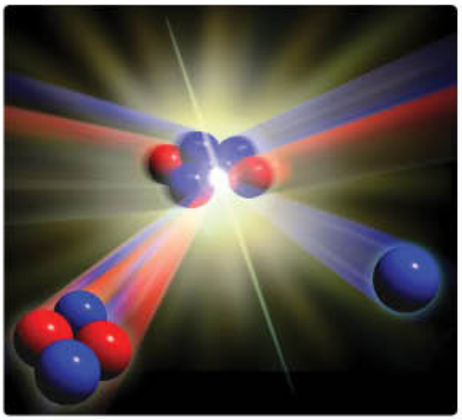
ففى مفاعلات توليد الكهرباء يكـون التخصيب منخفضًـا (3 - 5 %)، بينما يصل إلى أكثر من 90 % عند صناعة الأسلحة النووية المحظورة دوليًا.

وتنتـج التفاعـلات الانشـطارية كميـة هائلة مـن الطاقـة الحراريـة، فالطاقة الناتجـة عن انشـطار 1 g من اليورانيوم - 235 **تُعادل** الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق 3 طن فحم.

3 تفاعلات الاندماج النووى Fusion reactions

• تُعـرف تفاعـلات **الاندمـاج النـووى** بأنهـا عملية دمـج نواتين خفيفتيـن لتكوين نواة عنصـر آخر كتلته أقل مـن مجموع كتل الأنويـة المندمجة، حيـث يتحول النقص فى الكتلـة إلى طاقة، طبقًا لقانون أينشتين.

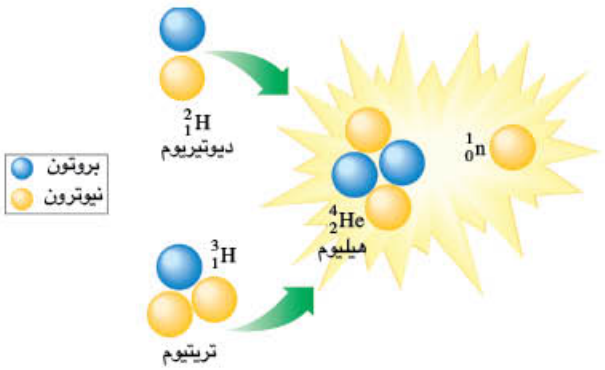
وتعتبـر تفاعـلات الاندماج النووى (شـكل 17) عكـس تفاعلات الانشطار النووى.



شكل (17)

اندماج نووى

ومن أمثلة التفاعلات الاندماجية التى تحدث فى المفاعلات النووية الاندماجية، التفاعل المُعبر عنه بالشكل (18).



شكل (18)

اندماج نواة الديوتيريوم مع نواة التريتيوم

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + energy$$

• ومن التفاعلات النووية الاندماجية التى تحدث داخل نجم الشمس:

$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \longrightarrow ^{4}_{2}He + 2\,^{1}_{1}H + energy$$

هيليوم - 3 هيليوم - 3 هيليوم - 4 بروتيوم

$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{3}_{2}He + energy$$

بروتيوم ديوتيريوم هيليوم - 3

• **يمكن إجمال أوجه الاختلاف بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية فى الجدول (5):**

جدول (5)

التفاعلات الكيميائية	التفاعلات النووية
• تتم عن طريق إلكترونات مستوى الطاقة الخارجى.	• تتم عن طريق نيوكليونات النواة.
• تتبع قانون بقاء المادة.	• تتبع قانون بقاء الطاقة.
• تُجرى فى ظروف غير مُعقدة غالبًا.	• تُجرى فى ظروف مُعقدة وباحتياطات أمان خاصة.
• تكون مصحوبة بانطلاق أو امتصاص قدر محدود من الطاقة.	• تكون مصحوبة بانطلاق كميات هائلة من الطاقة.

العلوم والتكنولوچيا والمجتمع (STS)

• تُعد **الإشعاعات النووية** ركيزة أساسية فى عدد هائل من التطبيقات التكنولوچية السلمية التى تدفع عجلة التقدم فى العديد من المجالات، مثل:

أ مجال الطب

• تُستخدم النظائر المشعة فى عمليات التصوير والتشخيص والعلاج، **ومن أهمها:**

* **نظير التكنيتيوم - 99:**

يعد من أكثر النظائر المشعة استخدامًا فى الطب الحديث خاصةً فى تصوير العظام والرئة.

* **نظير الثاليوم -201:**

يُستخدم فى تقدير مدى نشاط القلب.

ب مجال الصناعة

• **تُستخدم الإشعاعات النووية الصادرة من النظائر المشعة فى:**

* الكشف عن مواضع التسرب فى أنابيب الغاز الطبيعى والبترول.
* البطاريات النووية التى تمتاز بالعمر الطويل وجودة الأداء لمدة تصل إلى 80 عام.
* بعض التفاعلات الصناعية، كما فى استخدام أشعة جاما كبديل للحرارة والضغط المرتفعين والعوامل الحفازة فى بعض التفاعلات الكيميائية لتحويل الجزيئات غير المتأينة إلى أيونات، مما يُسهل حدوث هذه التفاعلات.

ج مجال الزراعة

• **يُستفاد من النظائر المشعة فى** القضاء على الحشرات الضارة، بتعريضها لأشعة جاما الصادرة من نظير الكوبلت - 60، كما تُستخدم فى استنباط وتطوير سلالات من القمح مقاومة للجفاف والملوحة، ويمكن زراعتها فى البيئات الصحراوية.

كما تُستخدم بعض الإشعاعات فى قتل البكتيريا التى تعمل على إفساد الأغذية، دون تغير فى الطعم أو الجودة (شكل 19).

شكل (19)

عينتان من الفراولة تم تركهما فى الهواء لمدة 3 أيام

(العينة اليسرى تم تعريضها لأشعة جاما)

د مجال الأبحاث العلمية

• تُستخدم النظائر فى العديد من الأبحاث العلمية،

مثل:

* تتبع مسار الفوسفور فى النبات عن طريق خلط الفوسفور العادى بالفوسفور المشع، وتحديد زمن وصوله إلى أوراق النبات عن طريق استخدام عداد جيجر (شكل 20) المستخدم فى الكشف عن الإشعاعات النووية.

شكل (20)

عداد جيجر

* تحديد مصدر الأكسچين الناتج من عملية البناء الضوئى باستخدام نظير الأكسچين - 18، حيث تبين أن مصدره الماء وليس غاز CO_2

• يُستخدم فى تقدير أعمار مومياوات الفراعنة باستخدام نظير الكربون - 14 (شكل 21).

شكل (21)

مومياء الملك رمسيس الثالث

تقييم الباب الثالث

1 اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة:

(1) يمثل عدد النيوكليونات كل من .....

أ البروتونات والإلكترونات.
ب البروتونات والنيوترونات.
جـ دقائق ألفا ودقيقة بيتا.
د البوزيترونات والإلكترونات.

(2) نظائر العنصر الواحد تتفق فى كل مما يلى، **عدا** .....

أ عدد البروتونات.
ب عدد الإلكترونات.
جـ الخواص الفيزيائية.
د الخواص الكيميائية.

(3) كل مما يلى تتأثر بالمجال الكهربى، **عدا** .....

أ أشعة ألفا.
ب أشعة البوزيترون.
جـ أشعة بيتا.
د أشعة جاما.

(4) يتحول 0.00234 u من مادة إلى طاقة مقدارها.....

أ 2.179 MeV
ب 5.146 MeV
جـ 9.302 MeV
د 13.541 MeV

(5) انبعاث دقيقة ألفا من نواة ذرة الراديوم - 226 يؤدى إلى تكوين نظير.....

أ الرادون - 220
ب الرادون - 222
جـ الثوريوم - 232
د الثوريوم - 228

(6) ينشأ البوزيترون من تحول .....

أ بروتون إلى إلكترون.
ب نيوترون إلى بروتون.
جـ إلكترون إلى نيوترون.
د بروتون إلى نيوترون.

(7) عينة من عنصر مُشع تحتوى على 4.8×10^{12} atom وفترة عمر النصف له 2 yr
ما عدد الذرات المتحللة بعد مرور 8 yr ؟

أ 2.4×10^{12} atom
ب 4.2×10^{12} atom
جـ 3.6×10^{12} atom
د 4.5×10^{12} atom

(8) يعتمد عمل كاشف الدخان على نظير .....

أ الأمريكيوم - 241
ب اليورانيوم - 235
جـ النيتروچين - 14
د الماغنسيوم - 24

(9) يتحول نظير النيتروچين - 14 عند قذفه بجسيم ألفا إلى نظير .....

أ الفلور - 17 ب الأكسچين - 17 وبروتون.

ج النيون - 20 د الأكسچين - 17 ونيوترون.

(10) يلزم لتشغيل مفاعلات القوى (توليد الكهرباء) تخصيب اليورانيوم، لتصل نسبة .....

أ اليورانيوم - 235 إلى 5%

ب اليورانيوم - 235 إلى 90%

ج اليورانيوم - 238 إلى 5%

د اليورانيوم - 238 إلى 90%

(11) عند إندماج نواة X مع نواة Y تتكون نواة هيليوم - 4 ونيوترون وطاقة. ما النواتان X ، Y على الترتيب؟

أ ديوتيريوم وتريتيوم. ب ديوتيريوم وبروتيوم.

ج تريتيوم وبروتيوم. د تريتيوم وتريتيوم.

(12) ما النظير المستخدم فى التعرف على مصدر الأكسچين الناتج من عملية البناء الضوئى؟

أ الكربون - 12 ب الأكسچين - 16

ج الكربون - 14 د الأكسچين - 18

(13) أى مما يلى يمكن أن يكون الزمن اللازم لانحلال 53.125 % من أنوية عنصر مشع فترة عمر النصف له 32 min؟

أ 64 min ب 34 min

ج 30 min د 21 min

---

2 أكمل فراغات الجدول التالى بما يناسبها:

العناصر	^{23}Na	....Y	....Sn	....Au
عدد البروتونات	.....	39	.....	79
عدد النيوترونات	.....	50	.....	.....
عدد الإلكترونات	11	.....	50	.....
عدد النيوكليونات	.....	.....	118	197

3 أكمل المعادلات النووية التالية بما يناسبها:

(1) $^{28}_{13}Al \longrightarrow {}^{28}_{14}Si +$ .....

(2) $^{188}_{80}Hg \longrightarrow {}^{188}_{79}Au +$ .....

(3) $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th +$ .....

(4) $^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \longrightarrow {}^{18}_{9}F +$ .....

---

4 قارن بين كل من:

(1) إشعاع ألفا و إشعاع بيتا و إشعاع جاما.

(2) التفاعلات الكيميائية و التفاعلات النووية.

---

5 احسب كمية الطاقة الناتجة من التفاعل التالى

مُقدرة بوحدة (MeV):

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2{}^{1}_{0}n$$

وبمعلومية البيانات الموضحة بالجدول المقابل.

المادة	الكتلة (u)
$^{235}_{92}U$	235.044
$^{1}_{0}n$	1.0087
$^{140}_{54}Xe$	139.905
$^{94}_{38}Sr$	93.906

---

6 احسب عدد جسيمات ألفا المنبعثة من نواة نظير الثوريوم $^{228}_{90}Th$ لكى يتحول إلى نظير البولونيوم $^{216}_{84}Po$

---

7 إذا كانت فترة عمر النصف لنظير الكوبلت - 60 تساوى 5.3 yr

احسب الكتلة المتبقية من عينة منه قدرها 1 mg بعد مرور 15.9 yr

---

8 وضح فكرة عمل كاشف الدخان.

---

9 وضح أهمية كل من النظائر التالية:

(1) نظير الثاليوم - 201 فى مجال الطب.

(2) نظير الكوبلت - 60 فى مجال الزراعة.

(3) نظير الأكسچين - 18 فى مجال الأبحاث.

مذکـــرات

مذکـــرات