الكيمياء

للصف 12 متقدم

2021

الوحدة (5) الكيمياء النووية

إعداد الأستاذ : حمزة المصري

القسم (1) الإشعاع النووي

(.....) : علم دراسة بنية نواة الذرة ، والتغيرات التي تخضع لها .

مقارنة بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية :

	التفاعلات الكيميائية	التفاعلات النووية
حدوثها		
الجسيمات الداخلة		
تغير الطاقة		
هوية الذرات		
التأثر بدرجة الحرارة والضغط والتركيز والحفازات		

اكتشاف النشاط الإشعاعي :

(.....) اكتشف الأشعة السينية :

وهي أشعة غير مرئية ذات طاقة عالية ، تنتج عند اصطدام الإلكترونات بأسطح معينة

تتسبب في تعتيم الألواح الفوتوغرافية

تستخدم – حديثاً – في تصوير الأنسجة والعظام .

(.....) درس المعادن التي تبعث الضوء بعد تعرضها لضوء الشمس

كذلك درس البتشبلند (اليورانينيت) وهو أحد أملاح اليورانيوم (خليط من UO_2 + UO_3 + مواد أخرى)

اكتشف أن أملاح اليورانيوم المشع تنتج انبعاثات تلقائية تسبب تعتيم الألواح الفوتوغرافية (حتى مع عدم تعرضها للضوء)

(.....) اكتشفا سبب تعتيم الألواح الفوتوغرافية هو أشعة تنبعث من ذرات U في عينة البتشبلند

أطلقا اسم النشاط الإشعاعي على مثل تلك الانبعاثات

اكتشفا عنصري البولونيوم Po والراديوم Ra بسبب نشاطهما الإشعاعي

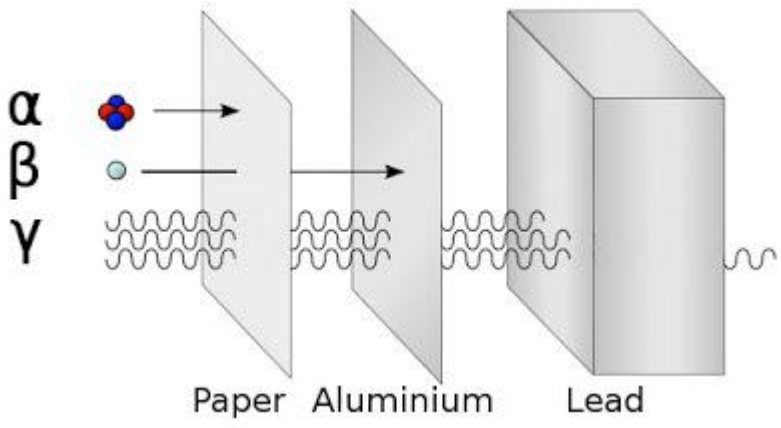
النظائر : .....

مثل :

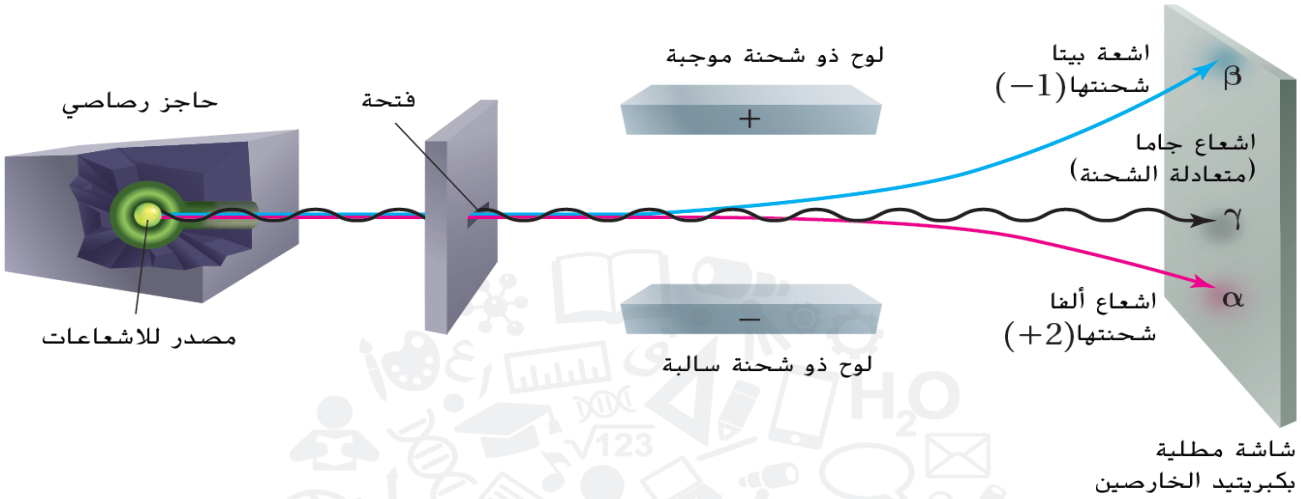
النظائر المشعة : .....

أشهر أنواع الإشعاع :

الخاصية	إشعاع ألفا	إشعاع بيتا	إشعاع جاما
الرمز	α	β	γ
التركيب	جسيمات ألفا	جسيمات بيتا	إشعاع كهرومغناطيسي عالي الطاقة
وصف الإشعاع	نوى الهيليوم ^4_2He	إلكترونات	فوتونات
الشحنة	$2+$	$1-$	0
الكتلة	6.64×10^{-27} kg	9.11×10^{-31} kg	0
الطاقة التقريبية	5 MeV	0.05 إلى 1 MeV	1 MeV
السرعة	0.1 من سرعة الضوء	0.9 من سرعة الضوء	سرعة الضوء
قوة الاختراق (قدرة الإشعاع على المرور خلال المادة)	يمكن حجبها بورقة رقيقة	تحجبها رقاقة فلزية	تُحجَب بواسطة طبقة سميكة من الرصاص أو الإسمنت
القدرة على التأيين	عالية	ضعيفة	عالية



تأثير المجال الكهربائي على الأنواع الثلاثة للإشعاع :



■ **الشكل 2** يعتمد تأثير المجال الكهربائي على شحنة الإشعاع وكتلته. وتنحرف جسيمات ألفا ذات الشحنة الموجبة نحو اللوح السالب، بينما تنحرف جسيمات بيتا ذات الشحنة السالبة نحو اللوح الموجب. وتخضع جسيمات بيتا الأخف وزنًا لانحراف أكبر. أما أشعة جاما، فلا شحنة لها ولا تتأثر بالمجال الكهربائي.

– لماذا تنحرف جسيمات بيتا بمعدل أكبر من جسيمات ألفا ؟

.....

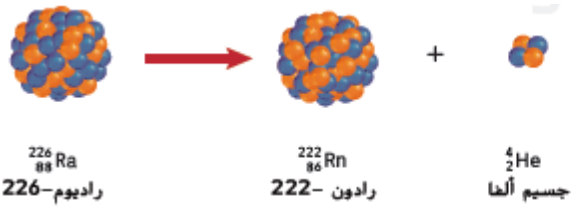
جسيمات ألفا : يحتوي جسيم ألفا على تركيبة نواة .....

يتألف إشعاع ألفا من .....

بطيئة نسبياً ... لماذا ؟ .....

قدرتها على الاختراق ..... بسبب .....

عند حدوث إشعاع ألفا من المادة فإن عددها الذري ..... وعددها الكتلي .....



■ **الشكل 3** تخضع نواة الراديوم–226 لانحلال ألفا لتكوّن الرادون–222 وجسيم ألفا.
تقييم ما عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة في الراديوم–226 والرادون–222؟

جسيمات بيتا : هو إلكترون سريع الحركة ينبعث عندما يتحول أحد النيترونات – الموجودة في نواة غير مستقرة – إلى بروتون .

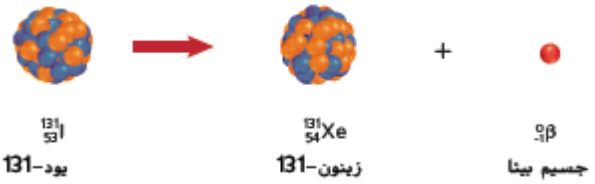
شحنة جسيمات بيتا هي ..... وكتلتها .....

يتألف إشعاع بيتا من .....

قدرتها على الاختراق ..... بسبب .....

عند حدوث إشعاع بيتا من المادة فإن عددها الذري ..... وعددها الكتلي .....

والسبب ..... حسب المعادلة .....



أشعة جاما : إن أشعة جاما هي الفوتونات ، وهي عبارة عن .....

انبعاثها من المادة ..... العدد الذري أو الكتلي

تلازم إشعاعات ألفا وبيتا ، حيث أنها مسؤولة عن .....

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

يشير العدد 2 الموجود أمام الرمز γ إلى انبعاث اثنين من أشعة جاما بترددات مختلفة، وحيث أن أشعة جاما ليس لها تأثير في العدد الكتلي أو العدد الذري، فمن المعتاد أن يتم حذفها من المعادلات النووية.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- اكتشف فيلهيلم رونتجن الأشعة السينية في العام 1895.
- يعدّ هنري بيكريل وماري كوري وبيير كوري رواذا في مجالَي النشاط الإشعاعي والكيمياء النووية.
- تبعث النظائر المشعة إشعاعًا للوصول إلى أنوية أكثر استقرارًا.

1. الفكرة الرئيسة **اذكر** أنواع الإشعاع المختلفة وشحناتها.
2. **قارن** بين الجسيمات دون الذرية المشارِكة في التفاعلات النووية والكيميائية.
3. **اشرح** طريقة معرفة ما إذا كان التفاعل كيميائيًا أم نوويًا عندما تخضع ذرة لتفاعل ما وتحقق شكلًا أكثر استقرارًا.
4. **احسب** يبين الجدول 2 قيم طاقة تقريبية بوحدة MeV. حوّل كل قيمة إلى وحدة جول (J) باستخدام معامل التحويل التالي: $1MeV = 1.6 \times 10^{-13}J$.
5. **لخّص** ارسم خطًا زمنيًا يلخص الأحداث الرئيسة التي تؤدي إلى فهم إشعاعات ألفا وبيتا وجاما.

أسئلة لمراجعة القسم (1)

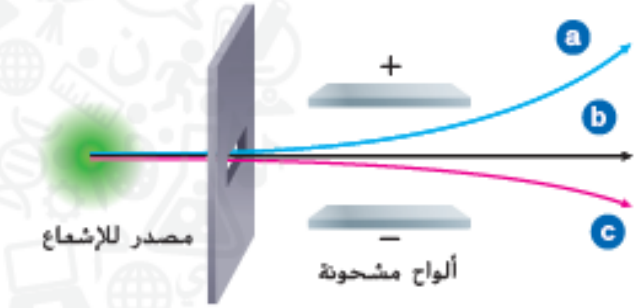
القسم 1

إتقان المفاهيم

34. قارن وقابل بين التفاعل الكيميائي والتفاعلات النووية فيما يتعلق بتغيرات الطاقة والجسيمات الداخلة في التفاعل.

35. صِل كل اختيار مرقَّم إلى اليسار بالنوع الصحيح للإشعاع إلى اليمين.

a. ألفا	1. الإلكترونات شديدة السرعة
b. بيتا	2. شحنة 2+، يمكن حجبها بسهولة
c. جاما	3. متعادلة الشحنة إشعاع كهرمغناطيسي



■ الشكل 30

36. يبيّن **الشكل 30** جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما التي تخترق شاشة ما وتقع بين صفيحتين مشحونتين. ما الذي يمكن أن تستدل عليه بخصوص هوية **a**، و **b**، و**c**؟ فسِّر إجابتك.

37. ما الفرق بين الأشعة السينية وأشعة جاما؟

إتقان حل المسائل

38. **التاج السني** يُستخدم اليورانيوم-234 لجعل التيجان السنية تبدو أفتح لونًا. أيّ نظير ينتجه انحلال ألفا لليورانيوم-234؟

39. **اكتشاف عيوب المادة** يمكن تحديد العيوب في الأجزاء الملحومة في مواد الطائرات عن طريق وضع نظير أيريديوم-192 على أحد جوانب اللحام وفيلم تصوير فوتوغرافي على الجانب الآخر لاكتشاف أشعة جاما المخترقة. فما تأثير انبعاث إشعاع جاما على العدد الذري والعدد الكتلي للأيريديوم؟

40. **الزجاج الملون** يمكن استخدام الثوريوم-230 لتلوين الزجاج في المنتجات الزجاجية. وتتمثل إحدى طرق إنتاج الثوريوم-230 في الانحلال الإشعاعي لعنصر أكتينيوم-230. هل هذا مثال على انحلال ألفا أو انحلال بيتا؟ كيف تعرف ذلك؟

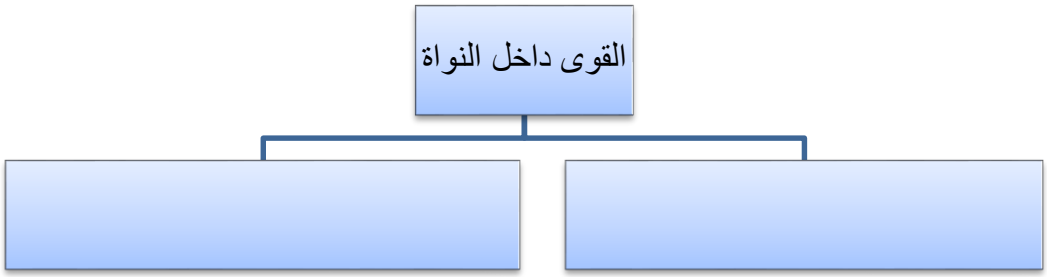
41. **الحقائب البلاستيكية** تُستخدم ألواح رقيقة من البلاستيك لصنع منتجات مثل أكياس البقالة. تتحرك الألواح تحت مصدر بروميثيوم-147، وينبعث منها جسيمات بيتا. كما تُستخدم شدة الإشعاع، التي تقاس على الألواح البلاستيكية، لمراقبة سُمك البلاستيك. في هذه العملية، إلى أي عنصر يتحول البروميثيوم؟

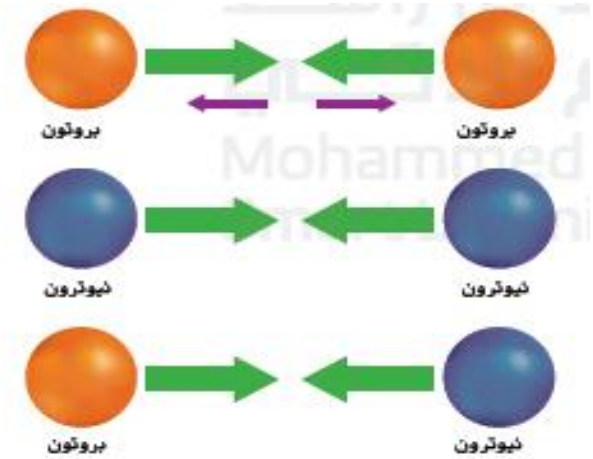
القسم (2) الانحلال الإشعاعي

تحتوي نواة الذرة على نوعين رئيسيين من الجسيمات الكبيرة نسبياً هما ..... و .....

يطلق على كل منهما اسم ..... أو .....

يوجد داخل النواة نوعان من القوى المختلفة تعملان على تماسكها وبقائها :





(.....) : تفاعل ينتج عنه تغير العدد الذري للذرة .

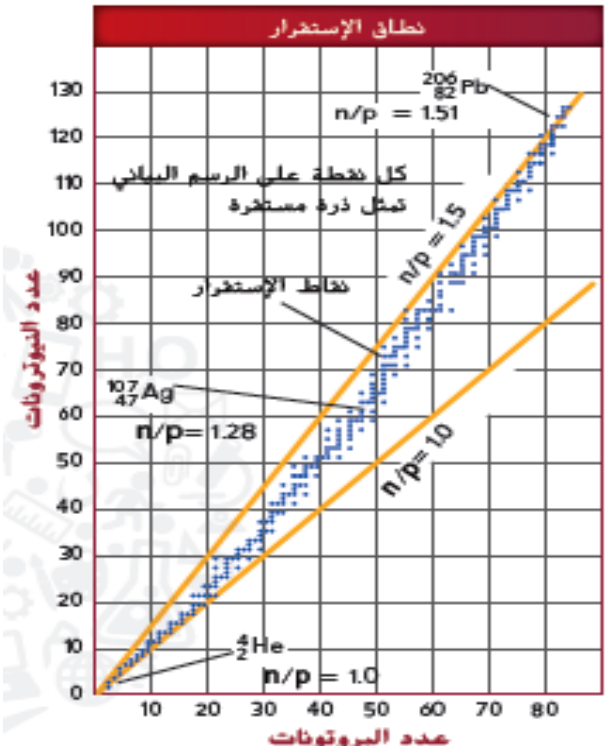
يرجع السبب في كل ماسبق إلى : .....

سؤال : أكمل الجدول التالي :

العنصر	العدد الذري	العدد الكتلي	p	n	e
$^{40}_{20}Ca$					
$^{238}_{92}U$					

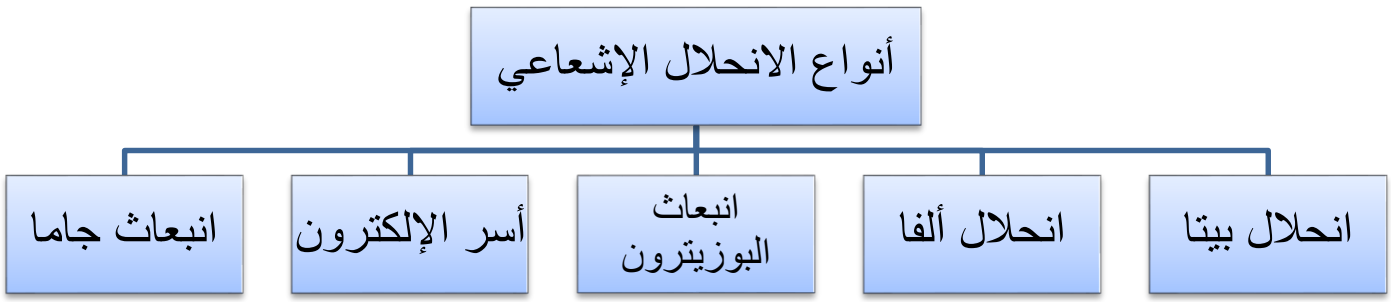
نطاق الاستقرار : يمكن أن يرتبط استقرار النواة – بدرجة معينة – بنسبة n/p

تكون الأنوية مستقرة إذا كانت نسبة n/p فيها بين ..... و .....



الشكل 7 إنّ نطاق الاستقرار هو المنطقة التي تتواجد فيها كل النوَى المستقرة عند تمثيل عدد النيوترونات مقابل عدد البروتونات بيانيًا. وكلما ازداد العدد الذري، ازدادت نسبة النيوترونات إلى البروتونات (n/p) من 1:1 إلى 1.5:1.

فالعناصر خارج هذا النطاق (سواء أسفله أو أعلاه) تحتاج لواحدة من عمليات الانحلال الإشعاعي لتدخل نطاق الاستقرار .



1- انحلال ألفا :

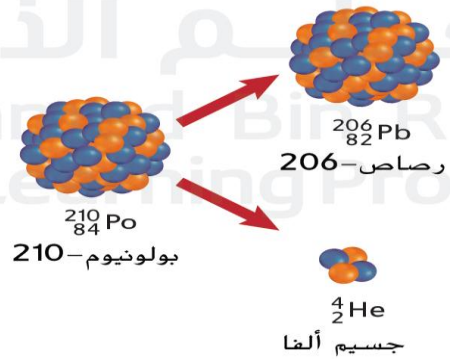
تتميز كل النوى المحتوية على أكثر من 82 بروتوناً بنشاط إشعاعي ، وتنحل تلقائياً .

ينبغي لتلك الأنوية أن تقلل من أعداد بروتوناتها ونيتروناتها لتصبح هذه النظائر المشعة مستقرة .

تميل هذه النوى الثقيلة – عادةً – إلى انبعاث ألفا ... علل !!!

.....

مثال :

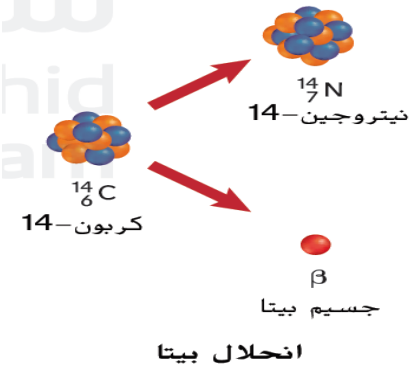


$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$$

2- انحلال بيتا :

يعمل انحلال بيتا على تقليل عدد نيترونات النواة لتدخل في حالة الاستقرار ، ويتم ذلك بتحول أحد هذه النيترونات إلى بروتون وجسيم بيتا .

مثال :



انحلال بيتا

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}\beta$$

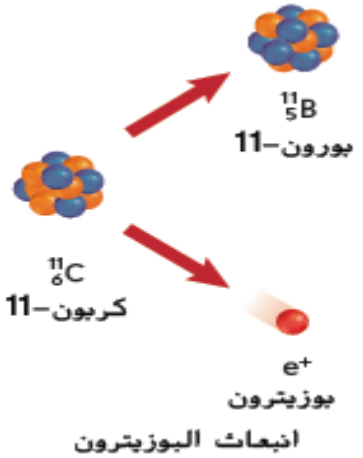
3- انبعاث البوزيترون :

البوزيترون جسيم له كتلة الإلكترون نفسها ولكن بشحنة متضادة . ورمزه (..... أو .....)

وتحدث هذه العملية عادة للأنوية التي تكون فيها النسبة n/p أقل من 1

هذه العملية تقلل العدد الذري بمقدار 1

مثال :



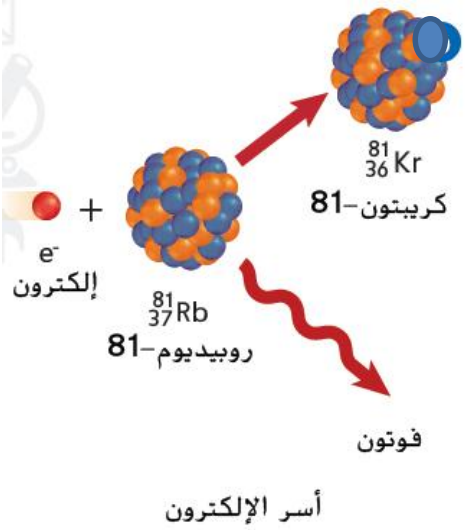
$$^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + e^+$$

$$^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + e^+$$

4- أسر الإلكترون :

يمكن للنواة أن تجذب أحد الإلكترونات المحيطة ، ويحول هذا الإلكترون أحد البروتونات إلى نيترون .

مثال :



$$^{81}_{37}Rb + e^- \rightarrow \text{فوتون أشعة سينية} + {}^{81}_{36}Kr$$

$$^{1}_{1}p + e^- \rightarrow {}^{1}_{0}n$$

هذه العملية تقلل العدد الذري بمقدار 1

الجدول 3 ملخص عمليات الانحلال الإشعاعي

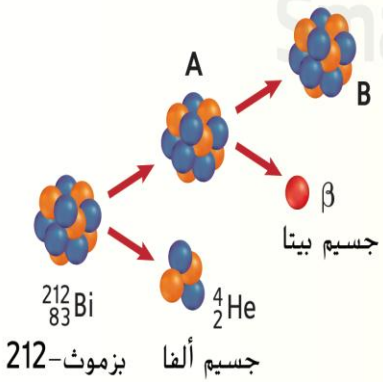
نوع الانحلال الإشعاعي	الجسيم المنبعث	التغيّر في العدد الكتلي	التغيّر في العدد الذري
انحلال ألفا	$^{4}_{2}He$	انخفاض بمقدار 4	انخفاض بمقدار 2
انحلال بيتا	β أو e^{-}	لا تغيير	يزداد بمقدار 1
انبعاث البوزيترون	β^{+} أو e^{+}	لا تغيير	انخفاض بمقدار 1
أسْرُ الإلكترون	فوتون أشعة سينية	لا تغيير	انخفاض بمقدار 1
انبعاث جاما	γ	لا تغيير	لا تغيير

تطبيقات

6. اكتب معادلة نووية موزونة للتفاعل الذي يتعرّض خلاله الأكسجين-15 لانبعاث البوزيترون.

7. يستخدم عنصر الثوريوم-229 لزيادة عمر مصابيح الفلوروسنت. ما نوع الانحلال الذي يحدث عندما ينحلّ الثوريوم-229 لتكوين الراديوم-225؟

8. **يبيّن** الشكل الموجود إلى اليمين إحدى الطرق التي يمكن أن ينحلّ بها عنصر البزموت-212. وينتج النظيران **A** و **B**.

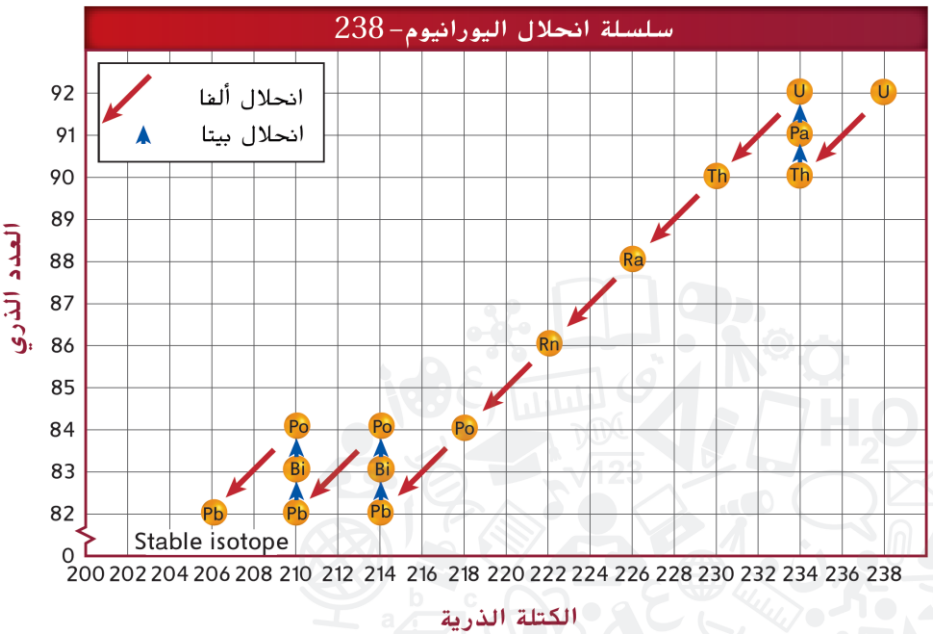


a. اكتب معادلة نووية موزونة لهذا الانحلال.

b. حدّد هوية النظيرين **A** و **B** الناتجين.

سلسلة الانحلال الإشعاعي

هي سلسلة من التفاعلات النووية تبدأ بنواة غير مستقرة ، وينتج عنها تكوين نواة مستقرة .



■ **الشكل 10** يتعرض اليورانيوم-238 لأربع عشرة خطوة مختلفة من الانحلال الإشعاعي قبل أن يتكوّن الرصاص-206 المستقر.

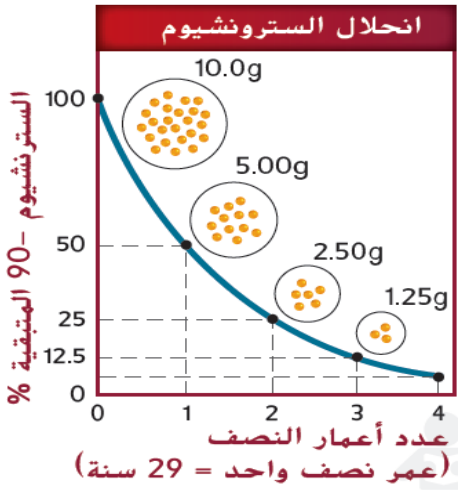
سرعات الانحلال الإشعاعي

تقاس سرعات الانحلال الإشعاعي بواسطة قياس .....

(.....) : هو الفترة الزمنية التي تستغرقها نصف نوى نظير مشع لينحل إلى منتجه النهائي .

الجدول 5 أعمار النصف للعديد من النظائر المشعة

نظير مشع	الرمز	عمْر النصف
البولونيوم-214	$^{214}_{84}Po$	163.7 μs
الكوبالت-60	$^{60}_{27}Co$	5.272 y
الرادون-222	$^{222}_{86}Ra$	3.8 d
الفوسفور-32	$^{32}_{15}P$	14.28 d
الكربون-14	$^{14}_{6}C$	5730 y
اليورانيوم-238	$^{238}_{92}U$	4.46×10^9 y



الجدول 4 انحلال السترونشيوم-90

عدد أعمار النصف	الوقت المنقضي	الكمية الحالية من السترونشيوم-90
0	0 y	10.0 g
1	29 y	$10.0\,g \times \left(\frac{1}{2}\right) = 5.00\,g$
2	58 y	$10.0\,g \times \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right) = 2.50\,g$
3	87 y	$10.0\,g \times \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right) = 1.25\,g$
4	116 y	$10.0\,g \times \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right) = 0.625\,g$

حسابات عمر النصف

$$N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{t/T} \qquad \mathbf{N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{n}}$$

9. يمكن تعقيم الضمادات بتعريضها لإشعاع جاما من الكوبالت-60، والذي يبلغ عمْر النصف له 5.27 y. ما مقدار الكمية المتبقية من عينة تبلغ 10.0 mg من الكوبالت-60 بعد مرور عمْر نصف واحد؟ وعمريْ نصف؟ وثلاثة أعمار النصف؟

10. إذا تبقى 25.0 mg من عينة سترونشيوم-90 بعد مرور خمسة أعمار النصف، فما مقدار الكمية الأولية؟

11. تحفيز يُظهر الجدول كميات النظائر المشعة في ثلاث عينات مختلفة. بالتقريب إلى أقرب جرام، ما مقدار الكمية التي ستكون في العينة B والعينة C عندما تحتوي العينة A على 16.2 g متبقية؟

العينة	نظير مشع	عمر النصف	الكمية (g)
A	الكوبالت-60	5.27 y	64.8
B	التريتيوم	12.32 y	58.4
C	السترونشيوم-90	28.79 y	37.6

التأريخ بالنشاط الإشعاعي

عملية تحديد عمر جسم ما عن طريق قياس كمية متبقية من نظير مشع معين بهذا الجسم .

تستخدم هذه العملية لقياس عمر القطع الأثرية

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- يُعرف تحويل ذرة أحد العناصر إلى ذرة عنصر آخر باستخدام عمليات الانحلال الإشعاعي بالتحول النووي.
- يُحفظ العدد الذري والعدد الكتلي في التفاعلات النووية.
- إنّ عمر النصف هو الفترة الزمنية التي تستغرقها نصف الذرات الموجودة في عينة مشعة لتنحلّ.
- إنّ التأريخ بالنشاط الكيميائي الإشعاعي هو أسلوب يُستخدم لتحديد عمر جسم عن طريق قياس كمية نظائر مشعة معينة متبقية في الجسم.

12. الفكرة الرئيسة صِف ما حدث للنوَى غير المستقرة.

13. وضح طريقة التنبؤ باحتمالية أن يكون النظير مستقرًا أم لا، إذا عرفتَ عدد النيوترونات والبروتونات الموجودة فيه.

14. صِف القوى المؤثرة في الجسيمات الموجودة بالنواة واشرح السبب في عمل النيوترونات كمادة لاصقة تجعل النواة متماسكة بعضها مع بعض.

15. توقّع معادلة نووية لانحلال ألفا لعنصر الراديوم-226 المستخدم في أطراف مانعات الصواعق الأقدم.

16. احسب مقدار الكمية المتبقية من عينة أمريكيوم-241 يبلغ مقدارها 10.0 g بعد مرور أربعة أعمار النصف. علمًا بأنّ الأمركيوم-241 هو نظير مشع شائع الاستخدام في أجهزة كشف الدخان ويبلغ عمر نصفه 430 y.

17. احسب بعد مرور 2.00 y، يتبقى كمية مقدارها 1.986 g من نظير مشع من عينة كانت كتلتها الأصلية 2.000 g.

a. احسب نصف العمر.

b. ما الكمية المتبقية من النظير المشع بعد مرور 10.00 y.

18. مثّل بيانيًا عينة من البولونيوم-214 كتلته الأصلية 1.0 g. عبّر عن الكتلة المتبقية كنسبة مئوية للعينة الأصلية بعد فترة واحد واثنين وثلاثة أعمار النصف. مثّل بيانيًا النسبة المئوية المتبقية مقابل عدد أعمار النصف. ما مقدار الزمن المنقضي تقريبًا عند بقاء 20% من العينة الأصلية؟

القسم 2

إتقان المفاهيم

42. ما القوة النووية الشديدة؟ وفي أي جسيمات تتفاعل؟

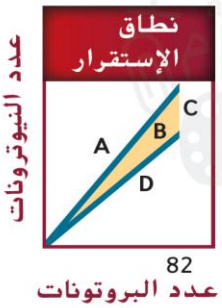
43. اشرح الفرق بين انبعاث البوزيترون وأسر الإلكترون.

44. صنّف كل نوع من الانحلال الإشعاعي.
   a. العدد الكتلي والعدد الذري لا يتغيران.
   b. يبقى العدد الكتلي ثابتًا وينخفض العدد الذري.

45. ما أهمية نطاق الاستقرار؟

46. ما هي سلسلة الانحلال الإشعاعي؟ ومتى تنتهي؟

47. **النظائر المشعة** ما العوامل التي تحدد كمية نظائر مشعة معينة في الطبيعة؟



■ الشكل 31

48. في أي منطقة (مناطق) في **الشكل 31** قد تجد
   a. نوى مستقرة؟
   b. نوى تخضع لانحلال ألفا؟
   c. نوى تخضع لانحلال بيتا؟
   d. نوى تخضع لانبعاث البوزيترون؟

49. **تأريخ الكربون-14** يستخدم الكربون-14 نسبة محددة من نظيرين مشعين مختلفين. حدد النسبة المستخدمة في تأريخ الكربون-14. لِمَ تكون هذه النسبة ثابتة في الكائنات الحية؟

إتقان حل المسائل

50. احسب نسبة النيوترونات إلى البروتونات في كل ذرة مما يلي.
   a. القصدير-134 **c.** الكربون-12
   b. الفضة-107 **d.** الكربون-14

51. أكمل المعادلات التالية.
   a. $^{214}_{83}\mathrm{Bi} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + ?$ **b.** $^{239}_{93}\mathrm{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\mathrm{Pu} + ?$

52. اكتب معادلة نووية موزونة عن انحلال ألفا في أميركيوم-241.

53. اكتب معادلة نووية موزونة عن انحلال بيتا في سيزيوم-137.

54. **تكوّن العظام** يمكن أن يستخدم الفيزيائيون أسر الإلكترون في سترونتيوم-85 لدراسة تكوّن العظام. اكتب معادلة نووية موزونة لهذا التفاعل.

55. **السلامة النووية** عمر النصف لعنصر التريتيوم $(^{3}_{1}H)$ يساوي 12.3y. إذا أُطلق 48.0mg من التريتيوم من محطة توليد الطاقة النووية أثناء وقوع حادث ما، فما كتلة النويدة التي ستبقى بعد 49.2y؟ وبعد 98.4y؟

56. **الشحنة الساكنة** يمكن أن تتعارض الشحنة الساكنة مع إنتاج المنتجات البلاستيكية بسبب جذب الأتربة والأوساخ. ولإنتاج ذلك، يعرّض المصنعون المنطقة إلى البولونيوم-210، الذي يبلغ عمر نصفه 138 يومًا. فما المقدار الذي سيتبقى في عينة بمقدار 25.0-g بعد عام واحد 365d؟

57. عمر النصف لعنصر البولونيوم-218 هو 3.0min. اذا بدأ بمقدار 20.0g، فما المدة التي سيستغرقها قبل أن يتبقى 1.0gفقط؟

58. يُظهر نظير مشع مجهول 8540 عملية انحلال في الثانية. وبعد 350.0 min، انخفضت عمليات الانحلال إلى 1250 عملية في الثانية. فما هو عمر النصف؟