الأستاذ أيوب مرضي	مـــــــادة الـــــفـــــيـــــزيـــــاء	10 صفحات
مستوى الثانية بكالوريا علوم تجريبية الثانوية التأهيلية		الـجـزء الثاني: التحولات النووية

الدرس الرابع

التناقص الإشعاعي

Décroissance radioactive

I. نواة الذرة (تذكير):

1. تركيب النواة:

.....
.....
.....

- .....
.....
.....
.....
- .....
.....
.....
.....

.....

مـــثـــال

تركيب نواة عنصر الكلور $^{35}_{17}Cl$:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....

2. النويدات:

.....
.....
.....

3. نظائر عنصر كيميائي:

مـــثـــال

- نظائر عنصر الكربون:

$^{12}_{6}C$ و $^{14}_{6}C$

- نظائر عنصر الأورانيوم:

$^{235}_{92}U$ و $^{238}_{92}U$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. كثافة المادة النووية:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

II. النشاط الإشعاعي.

1. نشاط تاريخي:

اهتم الفيزيائي هنري بيكريل بدراسة ظاهرة استشعاع أملاح الأورانيوم، و هي ظاهرة تبعث خلالها هذه الأملاح أشعة مرئية بعد تعريضها لفترة من الزمن لأشعة الشمس.

في 26 فبراير 1896م، كانت سماء باريس غائمة، مما منع بيكريل على تعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود و معتم.

و في مارس من نفس السنة قام بيكريل بتحميض الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بانبهار كبير أنها متأثرة، رغم عدم تعريضها لأشعة الشمس.

و هكذا اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث تلقائيا أشعة غير مرئية تترك آثارا على الصفائح الفوتوغرافية. و قد أثبت بعد ذلك أن قابلية بعث الأشعة هي خاصية لعنصر الأورانيوم، و سمى هذه الأشعة بـ " الأشعة الأورانية".

و ابتداء من سنة 1898م، لاحظ الفيزيائيان بيير كوري و زوجته ماري كوري أن عنصر الثوريوم يبعث أيضا الأشعة الأورانية المكتشفة من طرف بيكريل.

تلت ذلك عدة أبحاث أدت إلى تعرف و تصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة، حيث تعرف الفيزيائيان الإنجليزيان إرنست رذرفورد و فريديريك صودي على الأشعة المنبعثة من الأورانيوم 238، و بينا أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة، و سميت أشعة ألفا α. و يعتبر عن هذا الإنبعاث بالمعادلة: $^{283}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$.

في سنة 1900م، تعرف بيكريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع بيطا β^-. و هو عبارة عن انبعاث إلكترونات من نوى الثيريوم وفق المعادلة: $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$.

بعد ذلك أبرز الفرنسي بول فيلار وجود الأشعة غاما γ و هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية غير مرئية.

أدت كل هذه الاكتشافات و تطبيقاتها إلى تطور و إغناء المعارف حول طبيعة نواة الذرة.

هنري بيكريل (1852م - 1908م)

بيير كوري (1859م - 1906م) جائزة نوبل 1903م

ماري كوري (1867م - 1934م) جائزة نوبل 1903م و 1911م

إرنست رذرفورد (1871م - 1937م) جائزة نوبل 1908م

فريديريك صودي (1877م - 1957م) جائزة نوبل 1921م

1) ماذا تعني كلمة استشعاع؟

.....

.....

2) كيف اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث أشعة مرئية؟

.....

.....

3) هل تم اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي بالصدفة أم كان هناك تنبؤ نظري باكتشافها؟

.....

4) ما هو النشاط الإشعاعي؟ كيف يمكن الكشف عن المادة مشعة؟

.....

.....

5) أذكر اسمي النواتين المشعتين اللتين تم التعرف عليهما إلى حدود 1898م.

.....

.....

6) أذكر أنواع الإشعاعات النووية الواردة في النص و حدد طبيعتها.

.....

.....

7) تحقق من انحفاظ كل من عدد الكتلة A و عدد الشحنة Z في معادلتي التحولين الواردين في النص.

.....

.....

2. خلاصة:

أ. النشاط الإشعاعي:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ب. قانون صودي أو قانون الانحفاظ:

.....

.....

.....

.....

.....

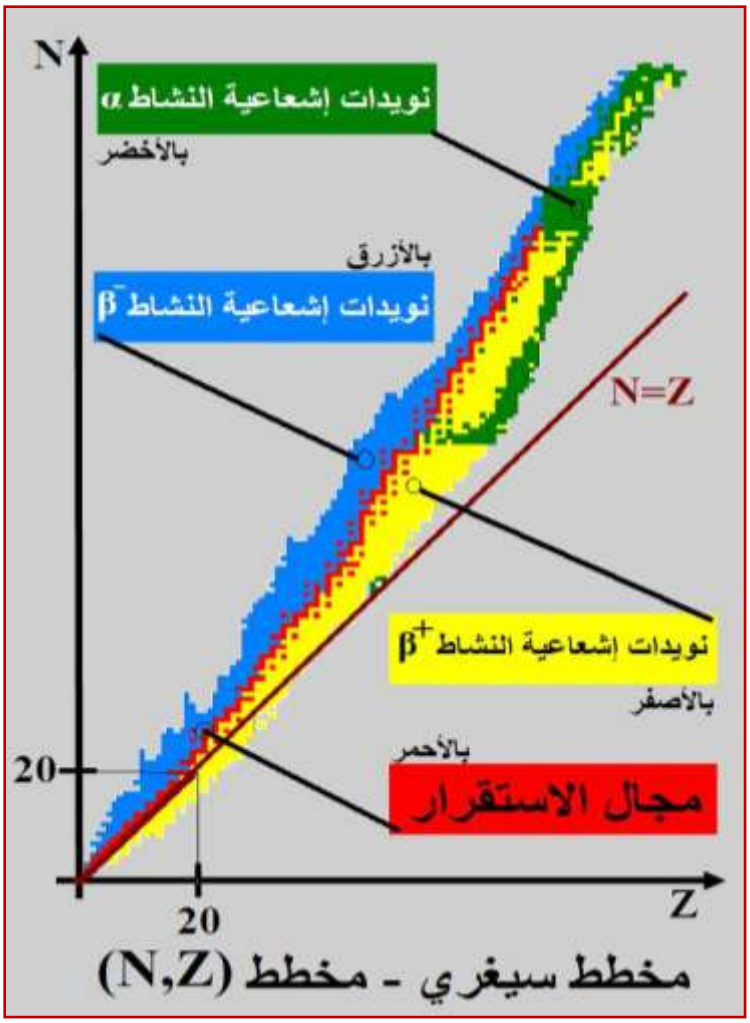
.....

3. مخطط سيغري أو مخطط (N,Z):

مخطط سيغري أو مخطط (N,Z) هو مخطط جامع لجميع النويدات المعروفة، حيث توجد مختلف نظائر نفس العنصر الكيميائي على نفس المستقيم الموازي لمحور الأراتيب (N). كما أنه يميز لنا بين مواقع النويدات المستقرة و النويدات المشعة، ممثلا كل نويدة بمربع صغير.

و يقسم مخطط سيغري كما يلي:

- **بالنسبة للنويدات ذات $Z \leq 20$:** يحتوي هذا المجال على نويدات مستقرة ممثلة باللون الأحمر.كما تسمى هذه المنطقة **بمنطقة الاستقرار**، تلتقي هذه الخيرة مع المستقيم ذي المعادلة N=Z، مما يدل على أن هذه النوى تتميز بعدد البروتونات Z مساو لعدد النوترونات N بمعنى أن A=2Z=2N.
- **بالنسبة للنويدات ذات $Z > 20$:** تكون منطقة الاستقرار في هذا المجال فوق المنصف الأول (N=Z)، حيث عدد النوترونات N أكبر من عدد البروتونات Z بالنسبة لكل نويدة، مما يفسر أن استقرار النواة لا يمكن أن يحصل إلا إذا كان عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات.



4. التحولات النووية التلقائية:

أ. النشاط الإشعاعي α:

.....

.....

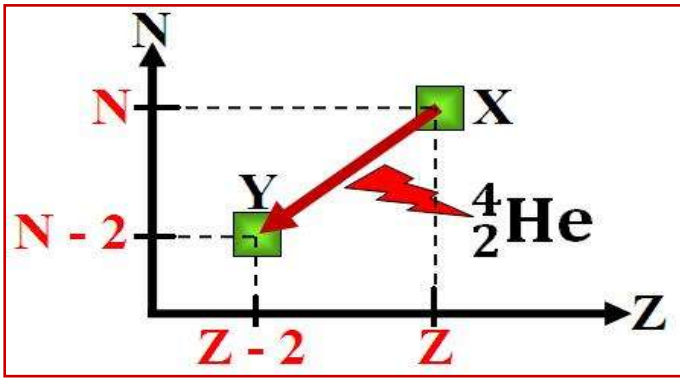
.....

.....

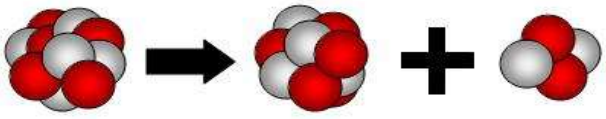
.....

.....

.....



مثال

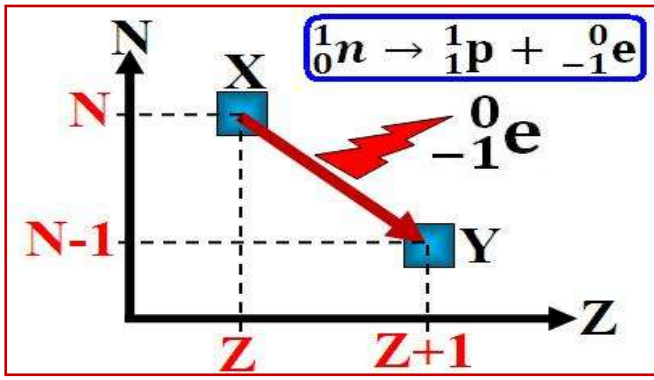


$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

ب. النشاط الإشعاعي β^-:

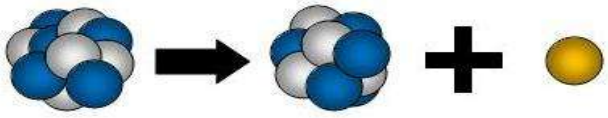
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....



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

مثال

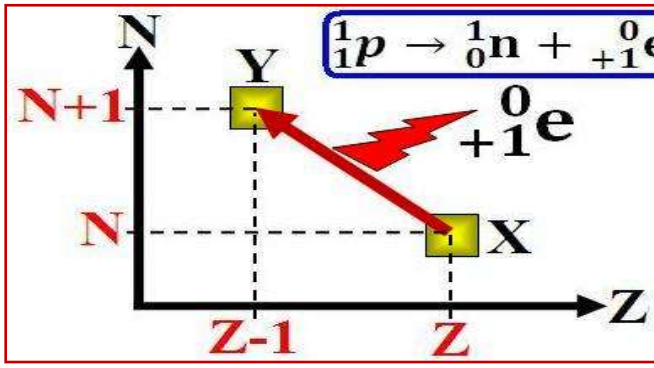


$_{27}^{60}Co \rightarrow {}_{28}^{60}Ni + {}_{-1}^{0}e$

ج. النشاط الإشعاعي β^+:

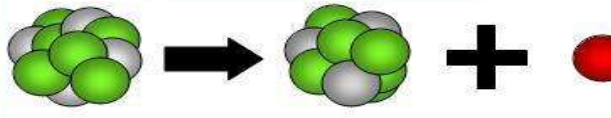
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....



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

مثال



$_{7}^{13}N \rightarrow {}_{6}^{13}C + {}_{+1}^{0}e$

د. النشاط الإشعاعي γ:

مـــثـــال

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

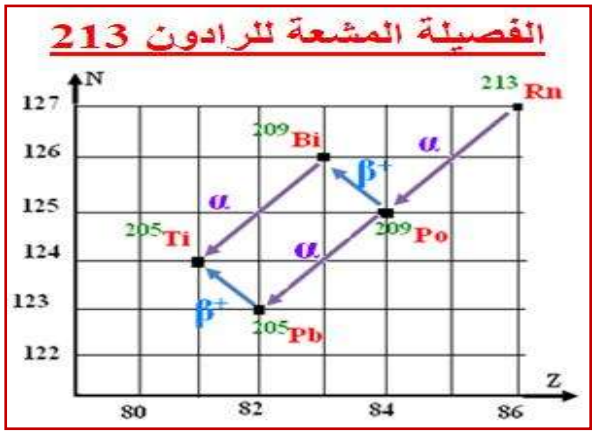
.....

.....

.....

.....

5. الفصيلة المشعة:



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. تطبيق 1:

الأسئلة

تتحول نويدة الأورانيوم 238 $\left({}^{238}_{92}U\right)$ إلى نويدة الرصاص 206 $\left({}^{206}_{82}Pb\right)$، على إثر سلسلة من التفتتات التلقائية و المتتالية من طراز α و β^- حسب المعادلة التالية: ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x.\alpha + y.\beta^-$

1) تعرف على الدقيقتين α و β^-.
2) باستعمال قانون صودي حدد x و y.

الأجوبة

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

III. قانون التناقص الإشعاعي.

1. الصبغة العشوائية للنشاط الإشعاعي:

إن القياسات المتتالية لعدد التفتتات خلال مدة زمنية Δt، تعطي نتائج مختلفة لا يمكن التنبؤ بها، إذن **فالنشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية**، إذ لا يمكن التنبؤ مسبقا بلحظة تفتت النواة و لا حتى تغيير خاصيات و مميزات هذه الظاهرة.

إن الدراسة الإحصائية لهذه الظاهرة تمكن من التنبؤ بالتطور الزمني لعينة مشعة، حيث تخضع هذه العينة **لقانون التناقص الإشعاعي**. (رذرفورد و صودي سنة 1902م)

2. قانون التناقص الإشعاعي:

علاقات رياضية مهمة

دالة اللوغاريتم النيبيري $f(x) = \ln(x)$:	دالة اللوغاريتم الأسية $f(x) = \exp(x) = e^x$:
معرفة على المجال $]0;+\infty[$.	معرفة على المجال IR.
$\ln(1) = 0$	$\exp(0) = e^0 = 1$
$\ln(a.b) = \ln(a) + \ln(b)$	$e^{(a+b)} = e^a \cdot e^b$
$\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$	$e^{-a} = \frac{1}{e^a}$
$\ln\left(\frac{1}{a}\right) = -\ln(a)$	$\frac{e^a}{e^b} = e^{a-b}$
$\ln x^n = n.\ln x$	$(e^a)^b = e^{a.b}$
المشتقة: $(\ln(f(x))' = \frac{f'(x)}{f(x)}$	المشتقة: $(e^{f(x)})' = f'(x).e^{f(x)}$

$x = \ln y <=> y = e^x$ و $e^{\ln x} = x$ و $\ln e^x = x$

نعتبر عينة تحتوي على N_0 من النويدات المشعة عند اللحظة **t=0**، و بما أن بعضها يتفتت مع مرور الزمن فإننا نعتبر **N(t)** عدد النويدات التي لم تتفتت (المشعة) عند اللحظة **t** و أن **N(t) + dN** هو عدد النويدات المتبقية في العينة عند اللحظة **t + dt** مع **dN < 0** لأن **N(t) يتناقص**. إذن عدد النوى المتفتتة بين اللحظتين **t** و **t + dt** هو:

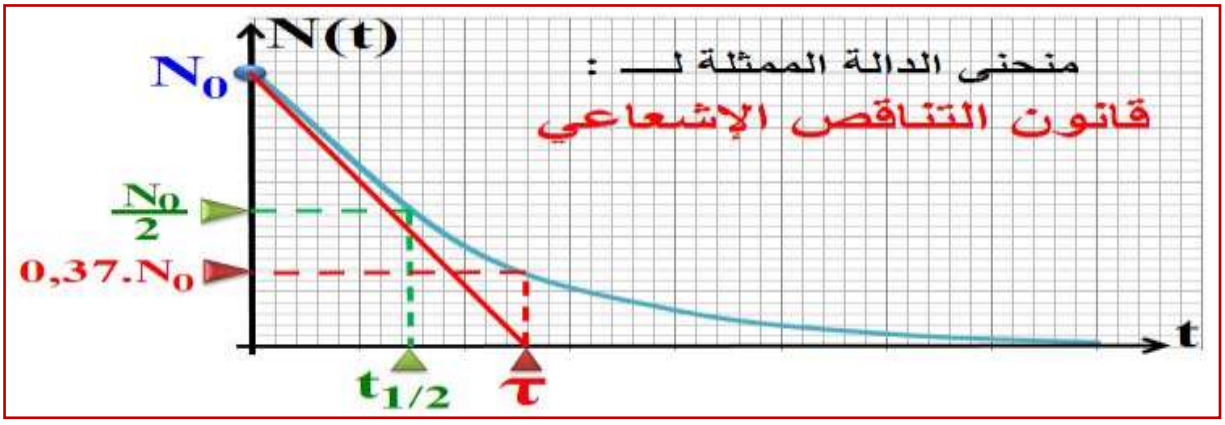
$$N(t) - (N(t) + dN) = -dN$$

و قد أكدت التجارب أن $-dN$ يتناسب مع $N(t)$ و dt أي أن: $-dN = \lambda.N(t).dt$ و منه نحصل على المعادلة التفاضلية من الدرجة الأولى التالية: $\frac{dN}{N} = -\lambda \times dt$ و التي يكتب حلها كما يلي: $N(t) = k.e^{-\lambda t}$ (1).

تحدد الثابت k بالاعتماد على الشروط البدئية بحيث عند اللحظة $t=0$ لدينا: $N(t=0) = N_0$ و بالتعويض في المعادلة (1) نجد: $N(t=0) = k.e^{-\lambda.0} = k = N_0$ و منه نحصل على **قانون التناقص الإشعاعي** الذي نعبر عنه بالعلاقة التالية:

مع:

- N_0 عدد النويدات غير المتفتتة (المشعة) عند اللحظة $t = 0$.
- λ تسمى الثابتة الإشعاعية أو ثابتة التفتت و هي ثابتة تميز النويدة و لا تتعلق بالشروط البدئية، و حدتها هي (s^{-1}).



3. ثابتة الزمن لعينة مشعة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. عمر النصف لعينة مشعة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. نشاط عينة مشعة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ملاحظات:

- .....
- .....
- .....

.....

.....

6. تطبيق 2:

الأسئلة

نويدة اليود 131 $\left({}^{131}_{53}\mathrm{I}\right)$ إشعاعية النشاط β^-، عمر نصفها $t_{1/2} = 8jours$. خلال فحص طبي ابتلع مريض كمية من اليود 131 كتلتها $1\mu g$.

1) أكتب معادلة تفتت اليود 131 علما ان النواة المتولدة هي كزينون Xe.
2) أعط قانون التناقص الإشعاعي الذي تحققه الكتلة m.
3) أحسب كتلة اليود 131 المتبقية في جسم هذا الشخص بعد 30 يوما من الابتلاع.
4) أحسب المدة الزمنية اللازمة لكي تبقى في الجسم النسبة 1% من كتلة اليود 131 المبتلعة.

الأجوبة

IV. التأريخ بالنشاط الإشعاعي.

1. مبدأ التأريخ:

يعتمد الجيولوجيون و علماء الآثار على عدة تقنيات مختلفة تمكنهم من تحديد أعمار الحفريات و الصخور والمومياء... و من بين هذه التقنيات نجد تلك التي تعتمد على النشاط الإشعاعي. فالصخور و الحفريات ... تحتوي على نويدات مشعة يتناقص عددها مع مرور الزمن. و بذلك يمكن تأريخ عينة بقياس نشاطها الإشعاعي و مقارنته مع نشاط عينة أخرى مرجعية. كما أنه كلما كان عمر العينة المراد تأريخها كبيرا وجب استعمال طريقة تعتمد على نويدات ذات عمر نصف كبير.

2. التأريخ بالكربون 14:

تتبادل الكائنات الحية الكربون مع الجو و مع المركبات العضوية.

يتوفر عنصر الكربون أساسا على نظيرين هما الكربون 12، و هو نويدة مستقرة، و كذلك الكربون 14، وهو إشعاعي النشاط β^-، حيث أن هذا الأخير موجود بكمية ضئيلة بسبب ضعف وفارته الطبيعية 0,0001% حيث يوجد في أي تركيب كيماوي بهذه النسبة من الوفارة.

يتكون هذا العنصر ذو $t_{1/2} = 5600ans$ نتيجة تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية حسب المعادلة النووية التالية:

إن هذه النسبة توجد في كل الكائنات الحية، و عند موتها تتناقص هذه النسبة أسيا نتيجة تفتت نويدة الكربون 14 وعدم تعويضها، و ذلك وفق معادلة التفتت التالية:

و بالاستعانة بالعلاقة السابقة: $a(t) = a_0.e^{-\lambda t}$ يمكن تحديد عمر عينة بالعلاقة التالية:

حيث $a(t)$ نشاط العينة المراد تأريخها عند اللحظة t، و a_0 نشاط العينة المرجعية.

3. التأريخ بطرق أخرى:

لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور، يستعمل على سبيل المثال الأورانيوم 238 الذي عمر نصفه $4,4.10^9$ سنة.

قد مكن استعمال التأريخ بالأورانيوم 238 من تقدير عمر الأرض و الذي يقدر بحوالي 4.55 مليار سنة.