

الوحدة السابعة

الفيزياء النووية

Nuclear Physics

لها أهمية كبيرة في مجالات السلم مثل توليد الطاقة الكهربائية/ علاج مرضى السرطان والحروب في صنع القنابل الذرية والهيدروجينية.

مكوناتها

(١) النواة:

موجبة الشحنة لوجود البروتونات وتتركز فيها كتلة الذرة.

(٢) الإلكترونات:

سالبة الشحنة وتدور حول النواة.

وفي هذه الوحدة سنتعرف على تركيب النواة وطاقتها واستخداماتها.

تركيب النواة:

ظهرت نظريات عديدة لمحاولة تفسير تركيب النواة قديماً و حديثاً ومنها:

(١) نظرية البروتون-الإلكترون (P-e)

ظهرت في بداية القرن العشرين قبل اكتشاف النيوترون.

فروض النظرية:

(أ) النواة تحتوي على عدد من البروتونات مساو للعدد الكتلي للنواة.
(ب) النواة تحتوي على عدد من الإلكترونات مساو للفرق بين العدد الكتلي والعدد الذري للنواة.

16 → العدد الكتلي

توضيح:

0

ذرة الأكسجين

8 → العدد الذري

تحتوي النواة على ١٦ بروتون يساوي العدد الكتلي لها، وعلي ٨ - ١٦ = ٨ إلكترون

لماذا افترض العلماء وجود إلكترونات في النواة؟ ولماذا تغير الرأي الآن؟

ليفسروا خروج أشعة بيتا السالبة من النواة.

وتغير الرأي لسببين:

(١) لأن الإلكترون المتحرك حسب معادلة دي برولي له طول موجي أكبر من أبعاد أي نواة.

(٢) لاكتشاف النيوترون.

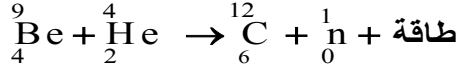
اكتشاف النيوترون:

أكتشف العالم شادويك وجود النيوترون بتجربته الشهيرة في عام ١٩٣٥م وقد اعتمد على فكرة التصادم تام المرونة للأجسام المتصادمة.

فكرة التجربة:

قذف عنصر البريليوم بقذائف ألفا السريعة فتنتلق النيوترونات حسب المعادلة:

جسيم ألفا + نواة بريليوم ← نواة كربون + نيوترون



وقد اعتقد العلماء في البداية أن النيوترونات موجات كهرومغناطيسية طاقتها عالية جداً ولكن بتحليل التفاعل وحسب قانون بقاء العدد الكتلي (العدد الكتلي للمتفاعلات = العدد الكتلي للنواتج) يتضح أن النيوترون جسيم متعادل عدده الكتلي = ١

(٢) نظرية البروتون/ النيوترون (p-n)

ظهرت بعد اكتشاف النيوترون.

فروض النظرية:

- (أ) تتركب النواة من بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة الشحنة.
 (ب) عدد البروتونات والنيوترونات يمثل العدد الكتلي للنواة وتسمى البروتونات والنيوترونات بالنيوكليونات.

$$\text{عدد النيوترونات} = \text{العدد الكتلي} - \text{العدد الذري}$$

حيث:

$$16 \rightarrow \text{العدد الكتلي}$$

0

ذرة الأكسجين

توضيح:

$$8 \rightarrow \text{العدد الذري}$$

عدد البروتونات = 8 (وأيضاً عدد الإلكترونات خارج النواة = 8 لأن الذرة متعادلة كهربياً)
 عدد النيوترونات = 16 - 8 = 8

وقد استطاعت النظرية تفسير النشاط الإشعاعي الطبيعي والصناعي للنواة وتفسير وجود النظائر.

النظائر:

لاحظ العلماء عند قياس الكتلة الذرية لبعض العناصر بطريقة دقيقة بأنها تحتوي على قيم كسرية أي أن ذرات العنصر الواحد لا تكون متساوية في الكتلة وباستخدام جهاز مطياف الكتلة ظهرت لبعض العناصر خطوط طيف على لوح فوتوغرافي يساوي عددها عدد نظائر العنصر.

النظائر:

هي أنوية لنفس العنصر تتشابه في عدد البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات.

أولاً: هي وجود العنصر الواحد في عدة صور تتشابه في أعدادها الذرية وتختلف في أعدادها الكتلية.

أمثلة:

نظائر الهيدروجين:			
${}^3_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^1_1\text{H}$	
تريتيوم	ديوترون	بروتون	
١	١	١	عدد البروتونات =
١	١	١	عدد النيوترونات =
${}^{14}_6\text{C}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{12}_6\text{C}$	نظائر الكربون =
٦	٦	٦	عدد البروتونات:
٨	٧	٦	عدد النيوترونات:

النشاط الإشعاعي

اكتشاف النشاط الإشعاعي:

(١) اكتشفها العالم الفرنسي بيكريل عندما لاحظ انبعاث إشعاعات من أملاح اليورانيوم كما لاحظ خاصية توهج الأملاح عند تعرضها للضوء وأيضاً قدرة الأشعة على تفريغ الأجسام المشحونة كهربياً.

(٢) بعد ذلك اكتشفت عالمة مدام كوري وزوجها بيريوري عناصر مشعة مثل البولونيوم ثم

الراديوم ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ وهم من أهم العناصر المشعة.

تفسير الظاهرة:

(١) العناصر الثقيلة مثل اليورانيوم / الراديوم / البلوتونيوم نلاحظ اختلاف كبير في عدد

النيوترونات عن عدد البروتونات داخل أنوية ذراتها:

عدد البروتونات = 88

عدد النيوترونات = 226 - 88 = 138

(٢) هذا الاختلاف يؤدي إلى عدم استقرار النواة لأن النواة تميل بشكل طبيعي إلى أن يكون عدد البروتونات فيها مساوي لعدد النيوترونات.

(٣) لذلك تميل الذرات إلى التخلص من هذه الزيادة في عدد النيوكلونات بانبعث جسيمات وأشعة من هذه الأنوية ويعرف هذا بالنشاط الإشعاعي الطبيعي للمواد المشعة.

ظاهرة النشاط الإشعاعي:

هي عملية التحول التلقائي لأنوية ذرات العناصر غير الثابتة أو المشعة إلى أنوية ذرات عناصر أخرى عن طريق انبعث نوع معين من الإشعاع.

وقد تمكن العلماء من معرفة مكونات النشاط الإشعاعي حيث تنقسم إلى ثلاثة أنواع هي:

[١] أشعة (جسيمات) ألفا (α):

عبارة عن جسيمات مشحونة مكونة من نواة ذرة الهيليوم He تحمل شحنة كهربائية موجبة

تساوي ضعف شحنة الإلكترون، وهي تحتوي على ٢ بروتون و ٢ نيوترون.

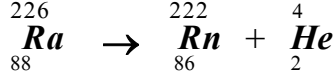
ما يحدث عند انبعث أشعة ألفا من نواة عنصر مشع

هو التحول إلى عنصر آخر يقل عدده الذري (شحنته) بمقدار ٢ ويقل عدده الكتلي (كتلته) بمقدار ٤ عن العنصر المشع.



مثال:

تحول الراديوم إلى الرادون بانبعاث أشعة ألفا.



خواصها:

- (١) قدرتها ضعيفة على اختراق الأجسام لكبر كتلتها.
- (٢) قدرتها عالية على التأين لكبر شحنتها.
- (٣) تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لشحنتها الموجبة فتتحرف عند مرورها في المجالات.

[٢] أشعة (دقائق) بيتا (β):

هي دقائق صغيرة مشحونة بشحنة مساوية لشحنة الإلكترون ولها نفس كتلة الإلكترون.

أنواعها:

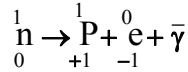
- (أ) دقائق بيتا السالبة (β^-) أي إلكترون شحنته -1.6×10^{-19} كولوم.
- (ب) دقائق بيتا الموجبة (β^+) أي بوزيترون شحنته $+1.6 \times 10^{-19}$ كولوم.

تفسير انبعاث أشعة بيتا من النواة.

النواة لا تحتوي على إلكترونات ولذلك فإن انبعاث أشعة بيتا إنما يحدث نتيجة لتحول نيوترون إلى بروتون أو العكس كما يلي:

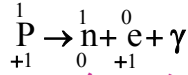
(أ) انبعاث الإلكترون (β^-):

يحدث لتحول نيوترون في النواة إلى بروتون وإلكترون وجسم متعادل يسمى انتينوترينو $\bar{\nu}$.



(ب) انبعاث البوزيترون (β^+):

يحدث لتحول بروتون في النواة إلى نيوترون وبوزيترون وجسم متعادل يسمى نيوتريينو ν .



ما يحدث عند انبعاث بيتا السالبة من نواة عنصر مشع

هو قلت عدد النيوترونات بمقدار (١) في النواة الجديدة ويزيد عدد بروتوناتها بمقدار (١) عن النواة الأصلية بينما يظل عدد الكتلة ثابت أي يزداد العدد الذري بمقدار (١).

يحدث عند انبعاث بيتا الموجبة من نواة عنصر مشع

يزداد عدد النيوترونات في النواة الجديدة بمقدار (١) عنها في النواة الأصلية ويقل عدد البروتونات عن النواة الأصلية بمقدار (١) بينما يظل عدد الكتلة ثابت. أي يقل العدد الذري بمقدار (١).

خواصها:

- (١) قدرتها عالية على اختراق الأجسام لصغر كتلتها.
- (٢) لها قدرة على تأيين الغازات التي تمر بها ولكن بدرجة أقل من أشعة ألفا.
- (٣) تتحرف عند مرورها في المجالات الكهربائية والمغناطيسية بزوايا انحراف أكبر من زاوية انحراف أشعة ألفا.

[٣] أشعة جاما (γ):

هي موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية وتردد عالي وطول موجي قصير جداً.

تفسير خروج أشعة جاما من العنصر المشع

يحدث عندما تفقد نواة العنصر طاقة زائدة عن طاقة استقرارها أي يهبط مستوى طاقة النواة إلى مستوى أقل فتخرج أشعة جاما تحمل هذه الطاقة على هيئة فوتونات طاقتها عالية وطولها الموجي قصير جداً ولذلك لا يتغير العدد الكتلي للعنصر أو العدد الذري له.

خواصها:

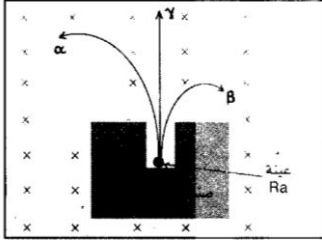
- (١) قدرتها هائلة جداً على اختراق الأجسام لكبر طاقتها.

(٢) شديدة الخطورة عند سقوطها على الأجسام لأنها تتلف المادة الحية ولذلك تسمى بأشعة الموت.

(٣) لا تنحرف عند مرورها في المجالات الكهربائية والمغناطيسية لأنها غير مشحونة. تمثل أشعة جاما جزء من الطيف الكهرومغناطيسي وهي تشبه في خواصها الأشعة السينية إلا أن طاقتها أكبر.

تأثير المجال المغناطيسي على مكونات النشاط الإشعاعي:

تجربة:



(١) نضع عينة من مادة مشعة مثل الراديوم داخل صندوق مقفل من الرصاص به نافذة لخروج الأشعة.
(٢) تمر الأشعة خلال مجال مغناطيسي كما بالشكل ونلاحظ انحراف الأشعة.

الاستنتاج:

(١) انحراف أشعة ألفا الموجبة عكس انحراف أشعة بيتا السالبة.
(٢) لا تنحرف أشعة جاما لأنها متعادلة غير مشحونة.

التحليل الإشعاعي وعمر النصف:

عرفنا سابقاً أن بعض ذرات العناصر المشعة تتحول إلى ذرات عناصر أخرى طبيعياً وقد يحدث التحول صناعياً بقذفها بجسيمات أو أشعة ولذلك فإن أنوية العناصر المشعة تتحلل وتقل عدد النيوكليونات فيها وتختلف سرعة انحلال العناصر من مادة لأخرى ويعبر عن ذلك باستخدام مصطلح أطلق عليه أسم عمر النصف.

عمر النصف لعنصر مشع:

هو الزمن اللازم لتحلل نصف كمية المادة المشعة وتحولها لعنصر جديد بواسطة النشاط الإشعاعي.

العوامل التي يتوقف عليها عمر النصف لأي عنصر:

- (١) العدد الذري للعنصر.
- (٢) النشاط الإشعاعي للعنصر.

توضيح:

- (١) عمر النصف للراديوم هو ١٦٠٠ سنة، الرادون ٣.٢٨ يوم.
- (٢) لو يوجد ١٠٠ جم مثلاً من الراديوم فيعد ١٦٠٠ سنة تصبح ٥٠ جم منه لأن ٥٠ جم الأخرى تتحول إلى الرادون وبعد فترة ثانية تصبح ٢٥ جم منه وهكذا.

قياس وحساب شدة النشاط الإشعاعي

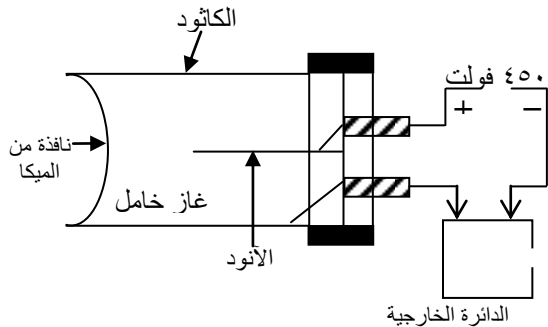
يستخدم جهاز يسمى عداد جيجر لقياس شدة النشاط الإشعاعي:

الأساس العملي لفكرة الكشف عن الأشعة:

الأشعة طاقتها عالية وعند مرورها في وسط مادي مثل الغازات فإنها تؤين ذرات الغازات إلى إلكترونات وأيونات موجبة فإذا أمكن الكشف عن الشحنة أو بتسجيلها أو قياسها أمكن بذلك الاستدلال على وجود الإشعاعات المؤينة ($\alpha - \beta - \gamma$) وهذه هي الفكرة التي بنى عليها الكثير من كواشف الإشعاع مثل عداد جيجر.

عداد (كشاف) جيجر

تركيبه:



- (١) أسطوانة معدنية مقفلة من الجانبين بأحد وجهيها نافذة من الميكا تسمح بنفوذ الأشعة المنبعثة من العنصر المشع.
- (٢) تملأ الأسطوانة بغاز خامل (الأرجون).

(٣) يمر في وسطها سلك معدني دقيق معزول عن جدرانها يتصل بموجب البطارية فيعمل كأنود.

(٤) تتصل جدران الأنبوبة بسالب البطارية فتعمل ككاتود وتوجد في الدائرة الخارجية مقاومة وعداد للنبضات الكهربائية.

شرح عمله:

- (١) عند نفاذ الأشعة الناتجة من عينة العنصر إلى الأسطوانة فإنها تؤين ذرات الغاز إلى أيونات موجبة والإلكترونات سالبة ويتوقف هذا على شدة النشاط الإشعاعي.
 - (٢) يجذب الأنود الإلكترونات بينما تجذب الكاثود (جدران الأنبوبة) الأيونات الموجبة.
 - (٣) تتضاعف الأيونات نتيجة لتصادم الإلكترونات بذرات الغاز فيتولد تيار كهربائي في صورة نبضات كهربائية في الدائرة الخارجية يمكن حساب عددها بواسطة العداد وبالتالي معرفة كمية النشاط الإشعاعي.
- توجد نسبة من بخار كحول في الأسطوانة لامتناس الفوتونات الزائدة فتتمنع توليد إلكترونات ثانوية فيسجل العداد النبضات الناتجة من التأين بتأثير الإشعاع فقط،

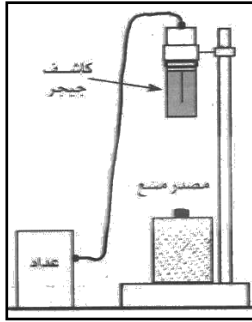
وظيفة الجهاز:

الكشف عن الأشعة وتحديد كميتها والتمييز بين أنواعها المختلفة.

وهو يستخدم في المفاعلات الذرية وفي الأبحاث العلمية.

تعيين المنحنى المميز لكشاف جيجر (التجربة العملية التاسعة)

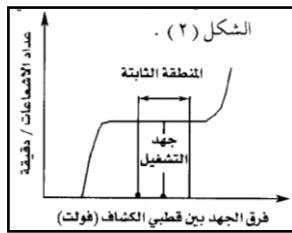
الأدوات:



- (١) كشاف جيجر مثبت على حامل خاص به.
- (٢) دائرة عد (عداد).
- (٣) مصدر فرق جهد كهربائي (٢٥٠/٥٠٠ فولت).
- (٤) مصدر مشع تخرج منه إشعاعات بيتا.
- (٥) ماسك يستخدم في تداول المصدر المشع أثناء التجربة كما في الشكل.

خطوات العمل:

- (١) صل كشاف جيجر بالمصدر الكهربائي وبالعداد.
- (٢) اترك الأجهزة تعمل لمدة خمس دقائق قبل البدء في القياس حتى تتلافي تأثير الحرارة.
- (٣) تأكد من سلامة الأجهزة قبل البدء في العمل وذلك بتشغيل العداد، لكي تقيس تردد المصدر العام للكهرباء بالمعمل (أو بالغرفة التي تجري فيها التجربة، ٥٠ ذبذبة في الثانية مثلاً).
- (٤) باستخدام الماسك ضع المصدر المشع على بعد (١٠ سم) من الكشاف.
- (٥) ضع المصدر الكهربائي بحيث يغذي الكشاف بأقل قيمة لفرق الجهد (٢٥٠ فولت).
- (٦) سجل عدد الإشعاعات بواسطة العداد خلال فترة زمنية مناسبة (حوالي ٤-٥ دقائق).
- (٧) ارفع قيمة فرق الجهد في خطوات ثابتة وفي كل مرة سجل عدد الإشعاعات بالعداد (خلال نفس الفترة الزمنية) كما في بند (٦) حتى تصل بفرق الجهد إلى (٤٠٠-٤٥٠ فولت).
- (٨) يجب أن يكون العداد والمصدر المشع ثابتين في موضعيهما طيلة فترة هذه القياسات.
- (٩) يجب وقف التجربة عند بدء ارتفاع الإشعاعات المسجلة بالعداد بعد فترة ثبوتها. حتى لا يتلف الكشاف.

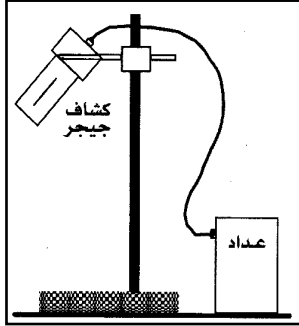


- (١٠) ارسم العلاقة البيانية بين العدد المسجل في الدقيقة على المحور السيني وفرق الجهد بين قطبي الكشاف (بالفولت) على المحور السيني.
 - (١١) عين من الرسم المنطقة التي تثبت فيها قيمة عدد الإشعاعات المسجلة.
 - (١٢) عين فرق الجهد المقابل لنقطة المنتصف.
- لهذه النقطة الثابتة فيكون هو جهد التشغيل الخاص بالكشاف كما في الشكل (٢).

استخدام كشاف جيجر لقياس النشاط الإشعاعي والكشف عن نوعه (التجربة العملية العاشرة)

الأدوات:

- ١- كشاف جيجر مثبت على حامل خاص به. ٢- دائرة عد (عداد).
- ٣- مصدر فرق جهد كهربائي.
- ٤- مصادر مشعة ثلاثة أحدهما يشع أشعة ألفا والثاني بيتا والثالث جاما.
- ٥- ماسك لتداول المصادر المشعة.
- ٦- رقائق مختلفة السمك من الألومنيوم والرصاص.
- ٦- قاعدة يوضع عليها المصدر المشع.
- ٧- أرفف يثبت عليها الألواح المختلفة من الورق، أو الألومنيوم، أو الرصاص كما في الشكل.



خطوات العمل:

أولاً: قياس النشاط الإشعاعي وتعيين كميته:

- ١) صل الكشاف بالعداد، وبمصدر الجهد الكهربائي.
- ٢) أترك الأجهزة تعمل لمدة من الزمن (١٠ دقائق) حتى تتلافى تأثير التسخين، والحرارة.
- ٣) تأكد من سلامة الأجهزة بواسطة عد تردد المصدر العام للكهرباء بالمعمل (٥٠ هرتز في الثانية مثلاً).
- ٤) أضبط مصدر فرق الجهد بحيث يغذي الكشاف بقيمة فرق جهد مساوية لجهد التشغيل الذي قمت بتعيينه في التجربة السابقة.
- ٥) سجل عدد الإشعاعات التي تصل الكشاف بدون وجود المصدر المشع الذي يراد قياسه أمام الكشاف، وذلك خلال فترة زمنية (٤-٥ دقائق) وعلى فترات مختلفة قبل بدء التجربة حتى تتأكد من عدم وجود مصدر مشع آخر. اللهم إلا ما أتى من الأشعة الكونية.
- سجل هذا العدد لأهميته.
- ٦) ضع المصدر المشع المراد قياسه على بعد مناسب من الكشاف وسجل عدد الإشعاعات التي تصله خلال فترة زمنية (٤-٥ دقائق).
- ٧) عين عدد الإشعاعات المنبعثة من المصدر المشع في الثانية الواحدة بعد أن تطرح منه عدد الإشعاعات المسجلة في الثانية الواحدة والتي قيست بدون وجود المصدر في الخطوة رقم (٥).
- ٨) كرر الخطوات رقم (٦ ، ٧) عدة مرات واحسب المتوسط الحسابي لهذه القيم، هذا المتوسط الحسابي لهذه القيم، هذا المتوسط الحسابي يدل على كمية الإشعاع المنبعثة من المصدر في الثانية الواحدة. أي على قوة المصدر.

ثانياً: التمييز بين الأنواع المختلفة للإشعاع:

- ١) ضع المصدر المشع الذي تنبعث منه إشعاعات ألفا فوق القاعدة الخاصة به على بعد معين من الكشاف.
- ٢) سجل عدد الإشعاعات المسجلة بالعداد في فترة زمنية معينة (٤-٥ دقائق).
- ٣) ضع لوح رقيق من الورق فوق المصدر المشع على أحد الأرفف المخصصة لذلك.
- ٤) سجل عدد الإشعاعات التي تصل الكشاف بواسطة العداد في نفس الفترة الزمنية التي قيست في الخطوة السابقة (٤-٥ دقائق).
- لاحظ أن هذا العدد قد قلّ بنسبة كبيرة جداً عنه في الخطوة (١) مما يدل على أن معظم إشعاعات ألفا المنبعثة من المصدر المشع قد امتصت في لوح الورق وهذا يدل على عدم قدرة أشعة ألفا على النفاذ، والاختراق خلال المواد.
- ٥) استبدل مصدر ألفا المشع بمصدر آخر يشع أشعة بيتا.
- ٦) ضع هذا المصدر على نفس المسافة.

- سجل عدد أشعة بيتا التي تصل الكشاف في فترة زمنية معينة (٤-٥ دقائق).
- ٧) ضع لوح رقيق من الورق بين المصدر والكشاف.
- لاحظ أن تأثيره في تقليل عدد الإشعاعات التي تخترقه ليس كبيراً مثل تأثيره في حالة إشعاعات ألفا.
- ٨) استبدل اللوح الورقي بألواح مختلفة السمك من مادة الألومنيوم.
- لاحظ أنه كلما زاد السمك قلت الإشعاعات التي تخترقه بنسبة كبيرة؛ حيث تمتص في ألواح الألومنيوم من ذلك.
- يُستنتج من ذلك أن أشعة بيتا لها قدرة على النفاذ خلال المواد أكبر من تلك التي تتميز بها أشعة ألفا.
- ٩) استبدل ألواح الألومنيوم بألواح من الرصاص ذات سمك مختلف.
- ١٠) لاحظ فاعليتها في تقليل نسبة إشعاعات جاما التي تنفذ منها.

الاستنتاج:

- ١) يستخدم عداد جيجر في قياس كمية النشاط الإشعاعي.
- ٢) يستخدم أيضاً في قياس كمية الإشعاع وعن طريقة يمكن التمييز بين الأنواع المختلفة للأشعة.
- ٣) قدرة أشعة جاما أكبر في النفاذ خلال المواد من أشعة ألفا وأشعة بيتا.

طاقة الربط النووية:

عرفنا سابقاً أن نواة الذرة تتكون من بروتونات ونيوترونات (نيوكلونات) وقد أفادت نتائج القياسات الدقيقة للكتل الذرية بأن كتلة النواة كوحدة متكاملة أقل من مجموع كتل مكوناتها عندما تكون كل منها على انفراد.

∴ يوجد فرق في الكتلة بين مجموع كتل مكوناتها منفردة وكتلة النواة مجتمعة أي الفعلية وينحول هذا الفرق إلى طاقة تبط مكونات النواة، تسمى بطاقة الربط النووية ويمكن حسابها من قانون أينشتاين:

$$\text{طاقة الربط النووية} = \Delta K \times c^2 \text{ جول}$$

حيث (ك) الفرق في الكتلة = كتلة مكونات النواة منفردة - كتلة مكونات النواة مجتمعة

$$\text{(الكتلة الحسابية)} \quad \leftarrow \quad \text{(الكتلة الفعلية)}$$

$$c = \text{سرعة الضوء} = 3 \times 10^8 \text{ م/ث}$$

توضيح: نواة الديوترون ${}^2_1\text{H}$

تحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد.

كتلة مكونات النواة (الكتلة الحسابية) = عدد البروتونات × كتلتها + عدد النيوترونات × كتلتها

$$= 1.0078 \times 1 + 1.0087 \times 1 = 2.0165 \text{ (وحدة كتل ذرية)}$$

كتلة نواة الديوترون مجتمعة (الكتلة الفعلية) = 2.0141 و.ك.ذ

∴ الفرق في الكتلة (ك) = 2.0165 - 2.0141 = 0.0024 و.ك.ذ

$$\therefore \Delta K = 0.0024 \times 931$$

$$\therefore \Delta K = 2.23 \times 0.0024 = 0.005352 \text{ م.إ.ف}$$

$$\Delta K = 2.23 \text{ مليون إلكترون فولت}$$

أي أن تكوين نواة الديوترون من اتحاد بروتون مع نيوترون تخرج كمية من الطاقة تبلغ قيمتها 2.23 م.إ.ف. هذه الطاقة تساوي الشغل اللازم بذلة لتفتت نواة الديوترون إلى مكوناتها أو أزيد قليلاً.

طاقة الربط النووي:

هي الطاقة اللازمة لربط مكونات النواة.

أو هي الطاقة اللازمة إعطاؤها لمكونات النواة لفصلها تماماً عن بعضها.

(١) تعتبر طاقة الربط مقياس لمدى ترابط النواة واستقرارها ولولاها لتفكك الكون ولم يتماسك.
 (٢) عند تحلل النواة طبيعياً أو صناعياً تخرج الطاقة من النواة على شكل أشعة جاما وغيرها.

كيفية حساب طاقة الربط النووي في المسائل:

- (١) نحسب عدد النيوترونات في النواة: عدد النيوترونات = العدد الكتلي - العدد الذري.
- (٢) نحسب كتل مكونات النواة منفردة:
- (٣) **الكتلة الحسابية = عدد البروتونات × كتلتها + عدد النيوترونات × كتلتها.**
- (٤) نحسب الفرق في الكتلة: $K = \text{الكتلة الحسابية} - \text{الكتلة الفعلية (و.ك.ذ.)}$

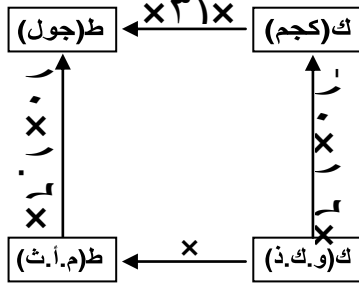
(٤) نحسب طاقة الربط النووي كما يلي:

أ) أما نعوض في العلاقة: $E = K \times 931 \text{ (م.أ.ف)}$

$E = K \times 931 \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ (جول)}$

حيث (م.أ.ف = ١.٦ × ١٠^{-١٣} جول = ١.٦ × ١٠^{-١٩} جول = ١.٦ × ١٠^{-١٣} جول) (جول)
 ب) أو نعوض في العلاقة $E = K \times 931 \text{ (م.أ.ف)}$ حيث نحول ك (و.ك.ذ.) إلى ك (كجم)
 بالضرب $1.66 \times 10^{-27} \text{ كجم}$

متوسط طاقة الربط للنوكليون الواحد =
 والرسم المقابل يمثل خريطة التحويلات.



□ مثال (١):

احسب طاقة الربط النووي لذرة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ علماً بأن كتلة البروتون 1.0078 و.ك.ذ. كتلة النيوترون 1.0087 و.ك.ذ. كتلة نواة الهيليوم 4.0026 و.ك.ذ. ثم احسب متوسط طاقة الربط لكل نوكليون.

الإجابة النموذجية:

عدد البروتون = ٢
 لأن (العدد الذري = ٢)
 عدد النيوترونات = ٢ - ٢ = ٠

(١) الفرق في الكتلة (ك) = الكتلة الحسابية - الكتلة الفعلية.

$= (1.0078 \times 2 + 1.0087 \times 2) - 4.0026 = 0.0304 \text{ و.ك.ذ.}$

$\therefore K = 0.0304 \text{ و.ك.ذ.}$

$E = K \times 931 = 28.3 \text{ م.أ.ف}$

$E = 28.3 \times 1.6 \times 10^{-13} = 45.28 \times 10^{-13} \text{ جول}$

$E = 45.28 \times 10^{-13} \text{ جول}$

ط.ث.ك: $E = K \times 1.66 \times 10^{-27} \times 0.0304 = 1.66 \times 10^{-27} \times 0.0304 \text{ كجم}$

$\therefore E = K \times 931$

$\therefore E = 931 \times 0.0304 = 28.3 \text{ م.أ.ف}$

$E = 28.3 \times 1.6 \times 10^{-13} = 45.28 \times 10^{-13} \text{ جول}$

(٢) متوسط طاقة الربط للنوكليون الواحد = $\frac{28.3}{4} = 7.075 \text{ م.أ.ف}$

□ مثال (٢):

في أحد التفاعلات النووية الانشطارية تحولت كتلة ٥ جم من المادة إلى طاقة احسب كمية الطاقة المكافئة بوحدة الجول-الإلكترون فولت.

الإجابة النموذجية :

$$ك = ٥ \text{ جم} = ١٠ \times ٥^{-٣} \text{ كجم} \quad ع = ٣ \times ١٠^٨ \text{ م/ث}$$

$$\therefore ط = ك \times ع^٢$$

$$\therefore ط = ١٠ \times ٥^{-٣} \times (٣ \times ١٠^٨)^٢$$

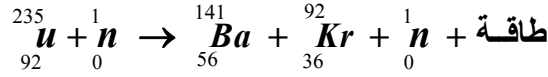
$$ط = ١٠ \times ٥^{-٣} \times ٩ \times ١٠^{١٦} = ١٦١٠ \times ٤٥ = ١٣١٠ \text{ جول}$$

$$ط = \frac{13 \times 10 \times 45}{19 \times 10 \times 16} = ٢٨.١٢٥ \times ١٠^{-٣} \text{ أ. ث}$$

الانشطار النووي:

وجد أنه عند قذف نواة ذرة يورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ بنيوترون سريع جداً فإن نواة اليورانيوم تنشط إلى نواتين هما الباريوم والكريبتون ويسمى ذلك بالانشطار النووي ويصاحب ذلك انطلاق طاقة حيث يحدث نقص في الكتلة ناتج من أن كتل المواد الناتجة تقل عن كتل المواد الأصلية ويتحول الفرق في الكتلة إلى طاقة كبيرة حسب قانون أينشتاين.

توضيح:



عملية الانشطار النووي:

هو عملية انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين جديدتين أو أكثر لهما عدد ذري أقل من النواة الأصلية وانطلاق عدد من النيوترونات ويصاحب ذلك انطلاق طاقة نووية وجسيمات أولية أخرى مختلفة.

التفاعل المتسلسل:

يلاحظ من التفاعل السابق خروج ٣ نيوترونات تستطيع بدورها القيام بتصادمات جديدة تؤدي إلى انشطار عدد مساوي لها من أنوية اليورانيوم فيتكون عدد مضاعف من النواتج (٩ نيوترون) تصبح مقذوفات جديدة وهكذا يستمر التفاعل في زمن قصير جداً يسمى بالتفاعل المتسلسل.

تعريفه:

هو سلسلة من التفاعلات الانشطارية تحدث في زمن قصير جداً.

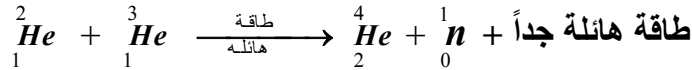
النتائج المترتبة على التفاعل المتسلسل (التطبيقات):

(١) أدى اكتشاف الانشطار النووي وخروج كمية هائلة من الطاقة إلى إنتاج القنبلة الذرية.
(٢) كما أمكن التحكم في الطاقة الناتجة في المفاعلات النووية لاستخدامها بشكل سلمي في أغراض مختلفة.

الاندماج النووي:

عملية عكسية للانشطار النووي حيث تندمج أنوية صغيرة لتكوين نواة كبيرة مستقرة ويحدث هذا في وجود طاقة هائلة لحدوث الاندماج.

توضيح:



تعريفه

هو اتحاد نواتين صغيرتين غير مستقرتين لتكوين نواة أكبر أكثر استقراراً.

التطبيق العلمي على الاندماج النووي:

القنبلة الهيدروجينية.

حيث توضح أنوية الهيدروجين داخل القنبلة في وعاء وبداخل القنبلة أيضاً قنبلة انشطارية ويبدأ تفجير القنبلة الهيدروجينية بتفجير القنبلة الانشطارية التي بداخلها أولاً فتتكون حرارة هائلة تعمل على الاندماج لأنوية الهيدروجين فيؤدي ذلك إلى انطلاق طاقة تدميرية هائلة (تعادل ٥٠ قنبلة انشطارية).

يشبه عمل القنبلة الهيدروجينية ما يحدث في الشمس حيث تندمج أنوية ذرات الهيدروجين متحولة لذرات هيليوم وتخزن طاقة هائلة تتحول إلى طاقة حرارية عالية تساعد على استمرار حرارة الشمس المتوهجة.

المفاعلات النووية السلمية:

هو تصميم يمكن التحكم فيه في الطاقة النووية الناتجة من التفاعلات النووية عن طريق التحكم في عملية الانشطار ومعدل حدوثها.

أهم التطبيقات على استخدام الطاقة النووية سلمياً:

(١) توليد الطاقة الكهربائية:

حيث تستخدم الطاقة النووية الناتجة في المفاعل في تسخين مياه البحر فتتحول إلى طاقة بخارية هائلة تدير توربين الذي يدير ملف المولد الكهربائي فتتولد طاقة كهربائية.

(٢) تحلية مياه البحر:

حيث يؤدي تسخين مياه البحر المالحة وتحوله إلى بخار ماء (دون أن تتبخر جزيئات الملح المذابة فيه) وبتكثيف ذلك البخار تنتج المياه العذبة الصالحة للشرب والري.

(٣) في الزراعة:

حيث تستخدم بعض النظائر المشعة الناتجة من المفاعل في اكتشاف درجة الامتصاص للأملح الكلسية من التربة أو في القضاء على الحشرات الضارة.

(٤) في الطب:

تستخدم بعض الإشعاعات النووية المخففة (كوبالت مشع) في علاج السرطان وتشخيص بعض الأمراض.

تعاريف

(١) الفيزياء النووية: أحد فروع علم الفيزياء الحديثة ولها أهمية كبيرة في السلم والحروب.

(٢) تركيب النواة:

(أ) نظرية البروتون-الإلكترون ($P-e$) تنص على:

(١) النواة تحتوي على عدد من البروتونات مساو للعدد الكتلي للنواة.

(٢) النواة تحتوي على عدد من الإلكترونات مساو للفرق بين العدد الكتلي والعدد الذري للنواة وقد ظهرت قبل اكتشاف النيوترونات لتفسير انبعاث أشع بيتا من النواة.

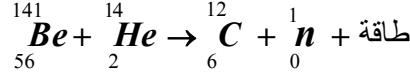
(ب) نظرية البروتون - النيوترون ($P-n$) تنص على:

(١) تتركب النواة من بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة الشحنة.

(٢) عدد البروتونات والنيوترونات يمثل العدد الكتلي للنواة وتسمى بالنيوكلونات.

وقد ظهرت حديثاً بعد اكتشاف النيوترون واستطاعت تفسير النشاط الإشعاعي والنظائر.

(٣) اكتشاف النيوترون: اكتشفه العالم شادويك واعتمد على فكرة التصادم تام المرونة.



(٤) النظائر: هي أنوية لنفس العنصر تتشابه في عدد البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات.

(٥) ظاهرة النشاط الإشعاعي: هي عملية التحول التلقائي لأنوية ذرات العناصر المشعة إلى أنوية ذرات عناصر أخرى عن طريق انبعاث نوع معين من الإشعاع.

(٦) مكونات النشاط الإشعاعي (٣) أنواع:

(١) جسيمات ألفا (α): عبارة عن نواة هيليوم موجبة ${}^4_2\text{He}$

(٢) رقائق بيتا (β): عبارة عن إلكترون سالب (β) أو إلكترون موجب يسمى بوزيترون (β^+)

(٣) أشعة جاما (γ): عبارة عن موجات كهرومغناطيسية طاقتها عالية وترددتها عالي وطولها الموجي قصير جداً.

(٧) عمر النصف لعنصر مشع: هو الزمن اللازم لتحلل نصف كمية المادة المشعة وتحولها لعنصر جديد بواسطة النشاط الإشعاعي.

ويتوقف عمر النصف للعنصر على (١) العدد الذري له. (٢) النشاط الإشعاعي له.

- ٨) **عداد جيجر:** جهاز للكشف عن الأشعة وتحديد كميتها والتمييز بين أنواعها المختلفة، وهو يستخدم في المفاعلات الذرية / الأبحاث العلمية.
- ٩) **طاقة الربط النووية:** هي الطاقة اللازمة لربط مكونات النواة أو هي الطاقة اللازمة لإعطائها لمكونات النواة لفصلها تماماً عن بعضها، وهي مقياس لاستقرار أنوية وتماسك الكون وعدم تفككه.
- ١٠) **الإشطار النووي:** هو عملية انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين جديدتين أو أكثر لهما عدد ذري أقل من النواة الأصلية وانطلاق عدد من النيوترونات ويصاحب ذلك انطلاق طاقة نووية وجسيمات أولية أخرى مختلفة.
- ١١) **التفاعل المتسلسل:** هو سلسلة من التفاعلات الانشطارية تحدث في زمن قصير جداً.
- ١٢) **التطبيقات على التفاعل المتسلسل:** (١) إنتاج القنبلة الذرية.
(٢) المفاعلات النووية السلمية
- ١٣) **الاندماج النووي:** هو اتحاد نواتين صغيرتين غير مستقرتين لتكوين نواة أكبر أكثر استقراراً.
- ١٤) **التطبيق على الاندماج النووي:** القنبلة الهيدروجينية.
- ١٥) **المفاعلات النووية السلمية:** هو تصميم يمكن التحكم فيه في الطاقة النووية الناتجة من التفاعلات النووية عن طريق التحكم في عملية الإشطار ومعدل حدوثها.
- ١٦) **التطبيقات على استخدام الطاقة النووية سليماً:**
(١) توليد الطاقة الكهربائية.
(٢) تحلية مياه البحر.
(٣) في الزراعة.
(٤) في الطب.

القوانين

(١) حساب طاقة الربط النووي:

(أ) النقص في الكتلة (ك) = وزن مكونات النواة منفردة - وزن النواة مجتمعة.

(الكتلة الحسابية) (الكتلة الفعلية)

ك = (عدد البروتونات × كتلتها + عدد النيوترونات × كتلتها) - الكتلة الفعلية. (مثال ١)

(ب) طاقة الربط النووية = ك × ٩٣١ م.أ.ف
ط = ك × ٩٣١ × ١.٦ × ١٠^{-١٣} جول

(ج) أو ط = ك × ع^٢ جول
كجم م/ث

(٢) حساب متوسط طاقة الربط النووي لكل نيوكليون:

متوسط الطاقة لكل نيوكليون = $\frac{\text{طاقة الربط النووي}}{\text{عدد النيوكليونات}}$

تعليقات:

التعليق (التفسير)	الحقيقة العلمية
ليفسروا خروج أشعة بيتا من النواة. وتغير الرأي لاكتشاف النيوترون ولأن الطول الموجي للإلكترون أكبر من أبعاد أي نواة.	١ افتراض العلماء قديماً وجود إلكترونات بالنواة ثم تغير الرأي حديثاً.
لأنها تتشابه في عدد البروتونات المسئول عن العدد الذري وتختلف في عدد النيوترونات وهو جزء من العدد الكلي.	٢ تتشابه النظائر في أعدادها الذرية وتختلف في أعدادها الكتلية.
يرجع ذلك لزيادة عدد النيوترونات بانويتها عن عدد البروتونات فتصبح النواة غير مستقرة ولذلك تميل ذرات العناصر إلى التخلص من هذه الزيادة بانبعث جسيمات وأشعة من أنويتها.	٣ خروج إشعاعات من العناصر المشعة (الثقيلة)
يرجع ذلك لأنها مشحونة فتتأثر بالمجالات بينما لا تتأثر أشعة جاما لأنها غير مشحونة.	٤ تأثر أشعة الفا وبيتا بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية بينما لا

التعليل (التفسير)	الحقيقة العلمية
لكبر طاقتها عن أشعة ألفا وبيتا.	تتأثر أشعة جاما. قدرة أشعة جاما أكبر في الاختراق من أشعة بيتا وألفا
لأن بيتا السالبة تنتج من تحول نيترون إلى بروتون بالنواة فيظل عدد الكتلة ثابت بينما يزداد العدد الذري بمقدار (1)	عند انبعاث بيتا السالبة من نواة عنصر مشع يتحول إلى عنصر جديد يزيد عدده الذري بمقدار 1 عن العنصر المشع.
لأن البوزيترون ينتج من تحول بروتون إلى نيوترون بالنواة فيظل عدد الكتلة ثابت بينما يقل العدد الذري بمقدار (1)	عند انبعاث بوزيترون من نواة عنصر مشع يتحول إلى عنصر جديد يقل عدده الذري لمقدار 1 عن العنصر المشع.
لأنها تحمل الطاقة الزائدة عن طاقة استقرار النواة.	خروج أشعة جاما من العنصر المشع
لأنها تختلف حسب العدد الذري للعنصر وحسب النشاط الإشعاعي للعنصر.	اختلاف عمر النصف للعناصر المشعة.
لامتصاص الفوتونات الزائدة فتتمنع توليد إلكترونات ثانوية فيسجل العدد النبضات الناتجة من التأين بتأثير الإشعاع فقط.	وجود نسبة من بخار كحول في عداد جيجر.
لتحول الفرق في الكتلة إلى طاقة تربط مكونات النواة وتسمى بطاقة الربط النووية.	كتلة النواة كوحدة متكاملة أقل من مجموع كتل مكوناتها منفردة.
حتى تنفجر فتتكون حرارة هائلة تعمل على اندماج أنوية الهيدروجين فيؤدي ذلك إلى انطلاق طاقة تدميرية هائلة.	وجود قنبلة انشطارية داخل غلاف القنبلة الهيدروجينية.

المقارنة بين

وجه المقارنة	أشعة ألفا (α)	أشعة بيتا (β)	أشعة جاما (γ)
1- طبيعتها.	أنوية ذرات هيليوم ${}^4_2\text{He}$	إلكترونات سالبة e^- أو موجبة e^+	موجات كهرومغناطيسية طاقتها عالية وطولها الموجي قصير جداً
2- شحنتها	موجبة تساوي ضعف شحنة الإلكترون	مساوية لشحنة الإلكترون	متعادلة كهربياً (غير مشحونة)
3- قدرتها على اختراق الأجسام	ضعيفة	عالية	عالية جداً
4- تأثرها بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية	تتحرف بقوة كبيرة	تتحرف بقوة أقل	لا تتحرف لأنها متعادلة

الإجابات النموذجية لتقويم الوحدة من الكتاب المدرسي

أجب عن جميع الأسئلة الآتية:

س 1/ أملأ الفراغات في العبارات الآتية:

- كلما كان الفرق بين عدد النيوترونات في النواة أكبر من عدد..... تعتبر النواة نشطة إشعاعياً.
- أشعة جاما هي..... ذات تردد عالي وطول موجي قصير جداً وطاقة هائلة.
- تستخدم بعض النظائر المشعة في الزراعة وذلك من أجل.....
- تكون مجموع كتل مكونات النواة من النيوكليونات..... من كتلة النواة مجتمعة ويتحول هذا النقص في الكتلة إلى طاقة ربط نووية.

ج ١/

(١) البروتونات.

(٢) موجات كهرومغناطيسية.

(٣) اكتشاف درجة الامتصاص للأملاح الكلية من التربة والقضاء على الحشرات.

(٤) أكبر.

س ٢/ ضع علامة (□) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (⊙) أمام العبارة الخطأ في العبارات الآتية:

(١) تنحرف أشعة جاما عند مرورها في مجال مغناطيسي في اتجاه معاكس لاتجاه انحراف أشعة

(⊙)

(⊙)

(□)

(□)

بيناً.

(٢) أشعة ألفا هي جسيمات مشحونة بشحنة موجبة مساوية لشحنة الإلكترون

(٣) يستخدم عداد جيجر لقياس شدة إشعاع المواد.

(٤) عند تعرض الغازات إلى مكونات النشاط الإشعاعي فإنها تتأين.

س ٣/ أي العبارتين الآتيتين تعبر عن التعريف الصحيح لعمر النصف لمادة مشعة؟

- هو الزمن اللازم لكي يتحلل نصف مكونات المادة المشعة.

- هو كمية المادة التي تبقى من هذه المادة بعد مرور نصف الزمن.

ج ٣/ هو الزمن اللازم لكي يتحلل نصف مكونات المادة المشعة.

س ٤/ اشرح تركيب وفكرة عمل عداد جيجر.

ج ٤/ انظر

س ٥/ احسب متوسط طاقة الربط النووية لنواة الكربون $^{14}_6C$ ، علماً بأن الكتلة الذرية للكربون هي ١٤

(و.ك.ذ) وكتلة البروتون ١.٠٠٧٨ (و.ك.ذ) وكتلة النيوترون هي ١.٠٠٨٧ (و.ك.ذ).

ج ٥/ النقص في الكتلة (ك) = الكتلة الحسابية - الكتلة الفعلية.

$$\therefore \text{ك} = 14 - (1.0087 \times 8 + 1.0078 \times 6) =$$

$$14 - (8.0696 + 6.0468) =$$

$$\therefore \text{ك} = 14 - 14.1164 = 0.1164 \text{ و.ك.ذ}$$

$$\therefore \text{ط} = \text{ك} \times 931 =$$

$$\therefore \text{ط} = 0.1164 \times 931 = 108.37 \text{ م.أبف}$$

س ٦/ ما هي أقل طاقة تلزم لتفكيك نواة نظير ذرة البورون $^{12}_5B$ ، إذا علمت أن كتلة الذرة ١٢.٠١٤٣

و.ك.ذ.

ج ٦/ ك = الكتلة الحسابية - الكتلة الفعلية

$$12.0143 - (1.0087 \times 7 + 1.0078 \times 5) =$$

$$12.0143 - (7.0609 + 5.0390) =$$

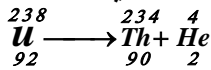
$$\text{ك} = 12.0143 - 12.0999 = 0.0856 \text{ و.ك.ذ}$$

$$\therefore \text{ط} = \text{ك} \times 931 =$$

$$\therefore \text{ط} = 0.0856 \times 931 = 79.69 \text{ م.أبف}$$

س ٧/ ما التغير الذي يحدثه انبعاث جسيم ألفا من نواة ذرة اليورانيوم ٢٣٨ في كل من عددها الكتلي وعددها الذري؟

ج ٧/ يقل عددها الكتلي بمقدار ٤ ويقل عددها الذري بمقدار ٢ وتتحول إلى عنصر حديد (الثوريوم).



تم التحميل من مدونة ملخصات الثانوية العامة

للمزيد قم بزيارة المدونة على الرابط التالي

<https://ye-thirdsecondr.blogspot.com>

ومدونة اقرا معي وتعلم على الانترنت على الرابط

<https://aimn2013.blogspot.com>