مقدمة عن الفيزياء الصحية

الفيزياء الصحية هي حماية الأنسان و البيئة من الأثار الضارة للأشعاعات المؤينة عن طريق تقليل الجرعة الأشعاعية للعاملين و العامة و يتم ذلك من خلال التقييم و السيطرة على مخاطر الصحة للسماح بالأستخدام الأمن و تطبيق الأشعاعات المؤينة .كثيرا ما تسمى الفيزياء الصحية فيزياء الحماية من الأشعاع أو فيزياء الصحة الأشعاعية.

وهي مجال دراسة يجمع بين مفاهيم الفيزياء والعلوم الطبية لفهم وتحسين الصحة البشرية. يهدف هذا المجال إلى تطبيق مبادئ الفيزياء والتكنولوجيا الحديثة في تشخيص وعلاج الأمراض .

تشمل مجالات البحث في الفيزياء الصحية مجموعة واسعة من المواضيع، بما في ذلك:

1. الصور الطبية: استخدام تقنيات الفيزياء للحصول على صور عالية الدقة للأنسجة والأعضاء الداخلية للجسم، مثل الأشعة السينية، والتصوير بالرنين المغناطيسي ، والتصوير المقطعي المحوسب (CT scan).

2. الأجهزة الطبية: تطوير واستخدام الأجهزة الطبية التي تعتمد على مبادئ الفيزياء، مثل أجهزة قياس الضغط، وأجهزة تحديد نسبة الأوكسجين في الدم، وأجهزة تنظيم ضربات القلب.

3. الطب النووي: استخدام المواد المشعة وتقنيات الاشعاع في تشخيص وعلاج الأمراض، مثل العلاج بالأشعة والتصوير الوظيفي بالاشعة النووية.

4. البيوفيزياء: دراسة التفاعلات بين الأنظمة الحية والظواهر الفيزيائية، مثل التأثيرات الكهربائية على الأعصاب والأنسجة، والتأثيرات الحرارية على الأنسجة.

5. التصوير البصري والتصوير الضوئي: استخدام تقنيات الضوء والليزر في تشخيص ومراقبة الأمراض، مثل التصوير بالأشعة تحت الحمراء والتصوير البصري للأوعية الدموية.

تهدف الفيزياء الصحية إلى تقديم أدوات وتقنيات جديدة للتشخيص المبكر والعلاج الفعال، وتحسين فهمنا للعمليات الحيوية والأمراض في الجسم البشري.

التسميات الذرية

العناصر (Elements):

هناك (92) عنصراً في الطبيعة تبدأ بالهيدروجين وتنتهي بـاليورانيوم، يتم إنشاء العديد من العناصر الجديدة عن طريق إضافة النيوترونات إلى نواة الذرة حتى زادت إلى (118) عنصرا.

النويدة (Nuclide) : نوى ذرية تحتوي على عدد محدد من البروتونات والنيوترونات

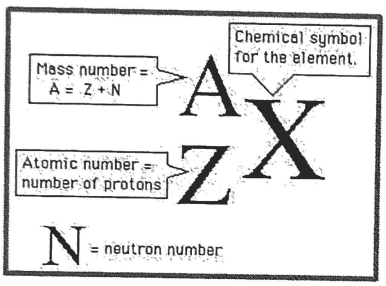
النيوكليونات(Nuocluons) :هي البروتونات أو النيوترونات.

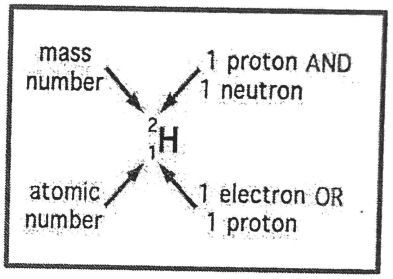
الذرة المحايدة(Neuotral Atoms):الذرة لديها عدد متساو من الإلكترونات والبروتونات اي

النويدة المشعة: ${}^{A}_{Z}X$ نواة غير مستقرة

العدد الذري:عدد البروتونات في النواة ويرمز لها بالرمز(Z)

عدد الكتلة الذرية: عدد (البروتونات+النيوترونات) الموجودة في النواة و يرمز لها بالرمز(A).



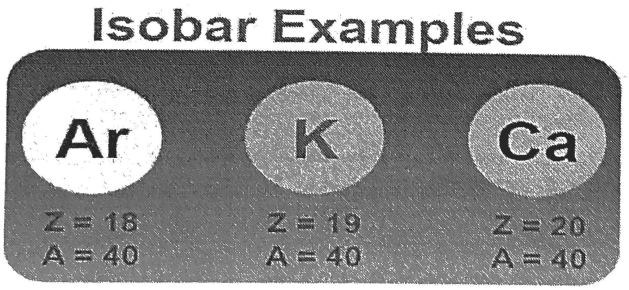


Isotopesالنظائر : الذرات لها نفس العدد الذري (نفس البروتونات).مثال ذلك ${}^{16}_{8}O{}^{17}_{8}O{}^{18}_{8}O$

Isotones النظائر المتساوية : تحتوي الذرات على نفس عدد النيوترونات (A-Z) مثل البورون- 12 ${}^{12}_{5}B$ و الكاربون - ${}^{13}_{6}C13$ كلاهما يحتوي على سبعة نيوترونات .

Isobars:الذرات لها نفس عدد الكتلة الذرية (نفس العدد الإجمالي من النيوكليونات). على سبيل المثال

$40_{Ar}, 40_{K}, 40_{S}, 40_{Cl},$



Isomers : الذرات لها نفس العدد الذري ونفس الكتلة الذرية،الأيزوميرات هي ذرات متطابقة الا أنها توجد في حالات طاقة مختلفة بسبب الاختلافات في ترتيب النيوكليونات مثال ذلك، الأيزومر النووي المستخدم في الإجراء الطبي $^{39m}_{43}TC$

يضمحل بعمر نصف قدره 6 ساعات عن طريق إصدار أشعة كاما بقوة 140 كيلو إلكترون فولت (وهذا قريب من طاقة الأشعة السينية التشخيصية الطبية).

الأيزومرات شبه المستقرة يشار إليها بالحرف "m"

سؤال\ما عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة في كل من العناصر السبعة الموجودة بشكل طبيعي؟

$^{130}_{56}Ba$ $^{132}_{56}Ba$ $^{134}_{56}Ba$ $^{135}_{56}Ba$ $^{136}_{56}Ba$ $^{137}_{56}Ba$ $^{138}_{56}Ba$

Answer:The number of protons in each isotope is 56. The number of neutrons is equal to (A–Z) therefore:

$^{130}_{56}$Ba: 130 – 56 = 74 neutrons

$^{132}_{56}$Ba: 132 – 56 = 76 neutrons

$^{134}_{56}$Ba: 134 – 56 = 78 neutrons and so on.

Q/ Determine which are isotopes, isobars, and isotones:

$^{131}_{54}$Xe , $^{130}_{53}$I, $^{132}_{55}$Cs , $^{131}_{53}$I

$^{130}_{53}$I and $^{131}_{53}$I are isotopes.

$^{131}_{54}$Xe and $^{131}_{53}$I are isobars.

$^{132}_{55}$Cs , $^{131}_{54}$Xe and $^{130}_{53}$I are isotones.

Characteristics of various nuclear arrangements			
Arrangement	(Z) Atomic no.	(A)Atomic mass no.	(N)Neutron no.
isotope	same	different	different
isobar	different	same	different
isotones	different	different	same
isomer	same	same	same

الفصل الأول

النشاط الإشعاعي الطبيعي

أنواع مصادر الأشعة :-

أ- المصادر الأرضية : مثل اليورانيوم والعناصر المشعة الأخرى

ب- المصادر الكونية (الأشعة الكونية) : تتفاعل مع الغلاف الغازي وتسمى مضاعيل الأرض

$$n + {}^{14}_{7}N \longrightarrow p + {}^{14}_{6}C$$

$$n + {}^{2}_{1}H \longrightarrow \gamma + {}^{2}_{1}H$$

${}^{14}_{6}C$ مصدر مشع

γ إشعاع

الأضمحلال الإشعاعي

* يحدث الإضمحلال الإشعاعي عندما يكون هناك طاقة فائضة داخل نوى الذرات المشعة ويعرف نشاط (Activity) عينة من مادة مشعة بأنه سرعة أضمحلال نوى الذرات المكونة لها، وهو عملية لا عشوائية لأنه يحدث بصورة تلقائية.

سرعة أضمحلال النوى $\frac{N_0 - N}{t}$

$$N_0 \xrightarrow[t]{\text{تتحول بعد زمن}} N \quad \therefore -\frac{dN}{dt} \propto N \Rightarrow -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

حيث λ ثابت التناسب (ثابت التحلل) ولذلك يسمى احتمالية التحلل بوحدة الزمن :

$$\lambda = -\frac{1}{N}\frac{dN}{dt}$$

when $t = 0 \Rightarrow$ عدد الذرات $= N_0$

$t = t \Rightarrow$ عدد الذرات $= N$

$$\therefore \int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_{t=0}^{t} \lambda\, dt$$

$$\therefore \boxed{N = N_0\, e^{-\lambda t}}$$

معادلة الأضمحلال الإشعاعي

مثال: ما هي الفترة الزمنية لكي تصبح ذرات عادة مشعة مادية الى نصف كميتها الاصلية؟

الحل $N=\frac{1}{2}N_0 \Rightarrow \frac{1}{2}N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$

$e^{\lambda t} = 2$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$ حيث

* لاثبات ان القانون الاسي ذو طبيعة احصائية ($N=N_0 e^{-\lambda t}$) فاننا نفرض ان تحلل الذرة يعتمد على قوانين الصدف وان احتمالية p لتحلل الذرة خلال فترة زمنية قصيرة Δt هي نفسها لجميع الذرات من النوع الواحد وانها لا تعتمد على الماضي او عمر الذرة. وهكذا فان احتمالية التحلل تعتمد على الفترة الزمنية ولفترات قصيرة جداً تتناسب مع طول الفترة وعليه يكون

$p \propto \Delta t$

$p = \lambda \Delta t$ احتمالية تحلل الذرة

نفرض ان Q_1 لذرة ما سوف لا تتحلل خلال الفترة الزمنية Δt وهي

$Q_1 = 1-p$: Δt خلال الفترة الزمنية Q_1 احتمالية عدم تحلل ذرة ما

$Q_1 = 1-\lambda \Delta t$

* لذلك Q_2 احتمالية عدم تحلل نفس الذرة الثانية خلال زمن $2\Delta t$:

$\therefore Q_2 = (1-p)(1-p) = (1-\lambda \Delta t)^2$

* احتمالية عدم تحلل الذرة في الفترة الزمنية $n\Delta t$ هي :

$Q_n = (1-\lambda \Delta t)^n$

ولفترات طويلة فان $t = n\Delta t$ اذن

$$Q_n = (1-\lambda \frac{t}{n})^n$$

Q_n احتمالية بقاء الذرة دون تحلل في الفترة الزمنية t.

* ولكن بلوغ النهاية لهذه الكمية عندما تصبح n كبيرة جداً هي $\frac{N}{N_0}$ والتي هي نسبة عدد الذرات المتبقية بدون أن تتحلل (تتغير) خلال فترة زمنية t الى العدد الكلي للذرات الموجودة في الاصل ($t=0$).

3

ولإيجاد هذه العلاقة :- باستخدام نظرية ذي الحدين :

$$Q_n = 1 - \frac{n\lambda t}{n} + \frac{n(n-1)}{2!}\frac{\lambda^2 t^2}{n^2} - \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}\frac{\lambda^3 t^3}{n^3} + \cdots$$

وعندما تكون n كبيرة جداً فإن :-

$$Q_n = 1 - \lambda t + \frac{\lambda^2 t^2}{2!} - \frac{\lambda^3 t^3}{3!} + \cdots$$

$$\therefore \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\therefore N = N_0 e^{-\lambda t}$$

أي أن القانون الأسي للانحلال الإشعاعي ذو طبيعة احصائية .

* إن قانون التحلل الإشعاعي هو نتيجة لعدد كبير من الحوادث معرضة لقوانين الصدفة وبناءً عليه

النشاطية Activity $= \lambda N$ (معدل التقدار)

* أن المقادير الحقيقية خلال الفترات الزمنية المتعاقبة تتأرجح حول هذا المقدار.

*معدل العمر $\bar{t}$ للذرة النشطة إشعاعياً

* وهو معدل زمن تخلف النوى المشعة . ويعبر $\bar{t}$ حسابياً هو بالنسبة للنظرة الإحصائية .

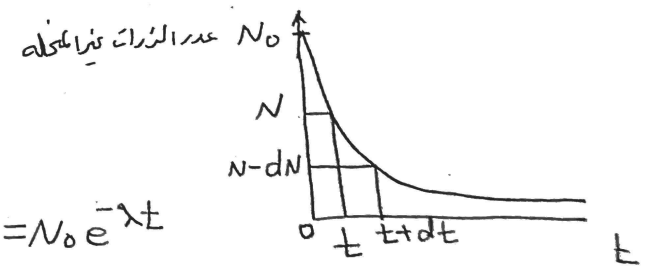
* لتكن N عدد الذرات التي بقيت على قيد الحياة (لم تتحلل) في زمن مقداره t

وأن $N - dN$ عدد الذرات التي لا تزال باقية عند الزمن $t+dt$

إذن مجموع أعمار الذرات في هذه المجموعة في زمن التحلل t هو $t\,dN$

إذن معدل عمر الذرة الواحدة :

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{N_0} t\,dN}{\int_0^{N_0} dN} = \frac{1}{\lambda}$$



where: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$t = 0 \Rightarrow N = N_0$

$t = \infty \Rightarrow N = 0$

$$\therefore \boxed{\bar{t} = \frac{1}{\lambda}}$$ معدل العمر

مثال : إذا كانت المادة النشطة إشعاعياً تحتوي على 3 ملغرام من U^{234} فكم من الوزن U^{234} سيبقى بدون تغيير بعد 150000 سنة S_0 فإذا سيكون نشاط U^{234} بعد مضي ذلك الوقت S_0

4

اكمل:

للنوى الأم $N_0 = m \frac{N_A}{A}$

$$N_0 = 3\times10^{-3} \frac{6.03\times10^{23}}{234}$$

$$N = m \frac{N_A}{A} \leftarrow \text{للنوى الام}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{75\times10^3 y} \Rightarrow m = 3\times10^{-3}\, e^{-0.416}$$

$$A = \lambda N = 4.5\times10^5 \frac{\text{distin}}{\text{sec}}$$

* التراوح الاحصائي (مقدار الزيادة والنقصان عن قيمة معينة)

* أن ظاهرة النشاط الاشعاعي هي عملية احصائية عشوائية لذلك فالقياسات المعتمدة على ملاحظة التحلل الاشعاعي تتضمن تراوحاً احصائياً. أن التراوح الاحصائي يسبب لا دقة في القياسات النووية والاشعاعية ولا يمكن ازالة هذه اللادقة ولكن يمكن التقليل من اثرها باساليب مختلفة كالتالي :- أذا توفرت لدينا مجموعة من القياسات عددها N لاحدى المتغيرات الفيزيائية X_i مثل معدل العد مثلاً فان معدل العد (القراءات) يعرف بالعلاقة :-

$$\bar{X} = \frac{X_1+X_2+X_3+\cdots}{N} = \frac{\sum_i X_i}{N}$$

معدل العد : المقدار الذي يعيده العداد من جسيمات مشحونة بالدقيقة.

ان معدل القراءات أقرب الى الصحة من قراءة منفردة واحدة فكلما أزداد عدد القراءات N ازدادت الدقة وقل تأثير التراوح الاحصائي فاذا تجاوز عدد القراءات عن العشرة فان ترتيب القراءات يقلل في كل مراحل يوفر الكثير من الجهد في الحسابات وكما في المثال التالي :-

مثال : في تجربة احصائية لطلبة احدى المراحل في كلية ما سجلت القراءات التالية لكتلة طلبة تلك المرحلة وصنفت حسب التالي :-

5

$f_i E_i^2$	عدد العلبة (f_i)	الكتلة (كغم) X_i	$\bar{X}_i$	$f_i \bar{X}_i$	$E_i = \bar{X}_i - \bar{X}$	E_i^2
208	5	60-62	61	305	-6.45	41.6
214.29	18	63-65	64	1152	-3.45	11.9
8.53	42	66-68	67	2814	-0.45	0.203
1.75	27	69-71	70	1890	2.55	6.5
246.4	8	72-74	73	584	5.55	30.8

٥٪ المعدل $\bar{X} = \frac{\sum f_i \bar{X}_i}{\sum f_i} = 67.45 \text{ kg}$

التباين الإحصائي $\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_i E_i^2}{\sum f_i}}$

التباين الإحصائي النسبي $= \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100 = FSD\ \%$

النماذج الإحصائية

① التوزيع الثنائي :-

توزيع الاحتمالية النسبية $W(n) = \frac{N_0!}{n!(N_0-n)!} P^n (1-P)^{N_0-n}$

حيث أن $W(n)$:- توزيع الاحتمالية النسبية

N_0 :- عدد المحاولات

n : تأخذ القيم من ١ الى N_0

P : احتمالية النجاح

س/ ما هي احتمالية الحصول على صورتين فقط من ست رميات لقطعة معدنية جيدة الصنع ؟

$$W(2) = \frac{6!}{2!(6-2)!} \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(1-\frac{1}{2}\right)^{6-2}$$

$P = \frac{1}{2} \Leftarrow 50\%$ الاحتمالية

$6 \Leftarrow N_0$

$2 \Leftarrow n$

$$W(2) = \frac{15}{64} = 23.4\ \%$$

② توزيع بوزون

* ويعطى بالعلاقة :

$$W(n)=\frac{m^n e^m}{n!}=\frac{(N_0P)^n e^{-(N_0P)}}{n!}$$

توزيع الاحتمالية النسبية

$m=N_0P$ معدل العد

مثال : اذا كانت نسبة التلف في مصنع ما 10% ما هي احتمالية الحصول على العدد التالف 2 للنموذج من عشرة أدوات ؟

Sol: $n=2$ ، $N_0=10$ ، $p=0.1$

$W(2)=0.1937$ النموذج الثنائي

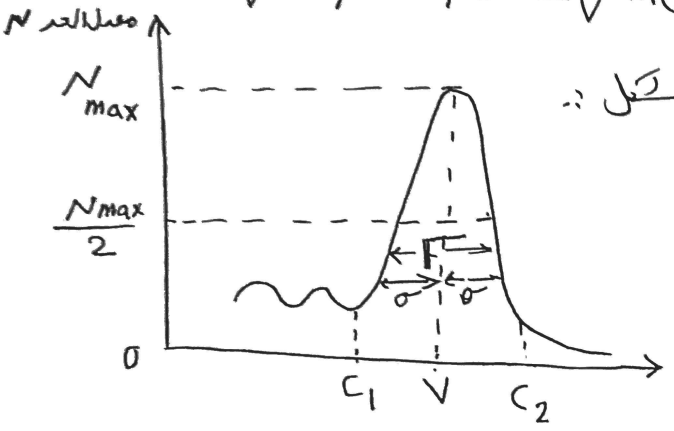
$W(2)=0.1839$ نموذج بوزون

③ توزيع كاوس

* ويعطى بالعلاقة :

$$W(n)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(m-n)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\sigma=\sqrt{N_0P(1-P)}=\sqrt{m(1-P)}$$



* يستخدم التوزيع الكاوسي للأطياف الخطية كما في الشكل :

حيث V تمثل موقع القمة

N_{max} قيمة أعلى عد

$$y'(x)=N e^{\left(-\frac{(V-x)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

$$\Gamma=2.36\sigma$$

* العلاقة أعلاه لا تمثل أي طيف خطي على المحور X .

نمو واضمحلال الإشعاع

$$A \xrightarrow{\text{تتحلل}} B \longrightarrow C$$

* إذا كان: N_1 عدد الذرات في A في أي لحظة زمنية

N_0 عدد الذرات الابتدائية.

N_2 عدد الذرات في المادة B

at $t=0 \Rightarrow$ عدد الذرات الأصلية $= N_0$ أي أن العدد الابتدائي للمادة B = صفر

$t=0 \Rightarrow N_2 = 0$

$\therefore -\frac{dN}{dt} = \lambda N$

$-\frac{dN_1}{dt} = \lambda N_1$ ∴ A الجزء الداخل الى B والخارج من

$\lambda_2 N_2 \Longrightarrow$ B الجزء الخارج من

$\therefore \frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$

$= \lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 N_2$

$\therefore dN_2 = \lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t} dt - \lambda_2 N_2 dt$

$dN_2 + \lambda_2 N_2 dt = \lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t} dt$

نضرب الطرفين بـ $e^{\lambda_2 t}$ ونكامل:

$e^{\lambda_2 t} dN_2 + \lambda_2 N_2 e^{\lambda_2 t} dt = \lambda_1 N_0 e^{(\lambda_2 - \lambda_1) t} dt$

ينتج بعد التكامل:

$N_2 e^{\lambda_2 t} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_0 e^{(\lambda_2 - \lambda_1) t} + C$

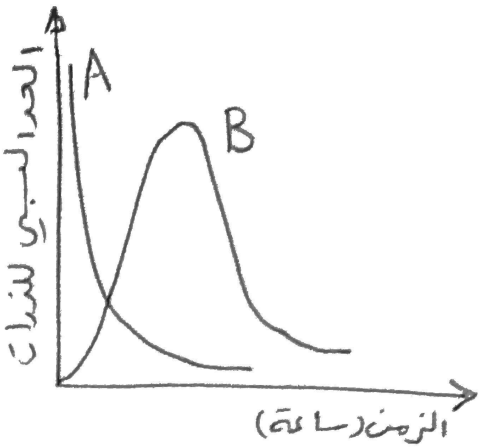
نضع $t=0$ حيث عندها $N_2 = 0$ لإيجاد الثابت C:

$C = -\frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_2 - \lambda_1}$

$\therefore N_2 e^{\lambda_2 t} = \frac{N_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left(e^{(\lambda_2 - \lambda_1) t} - 1 \right)$

8

$$\therefore N_2 = \frac{N_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)$$



* الحصول على النظائر المشعة بواسطة القصف بالنيوترون

لتكن Q معدل تكون المادة المشعة لنشطة نتيجة القصف بالنيوترون

$$\therefore \frac{dN}{dt} = Q - \lambda N$$

$$\frac{dN}{Q - \lambda N} = dt$$

$$\therefore \frac{d(Q-\lambda N)}{Q - \lambda N} = -\lambda dt$$

وهي تكامل العلاقة :-

$$(Q-\lambda N)_t = (Q-\lambda N)_{t=0}\, e^{-\lambda t} \xrightarrow{\text{حيث}} N_{t=0} = 0$$

$$\therefore N = \frac{Q}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t})$$

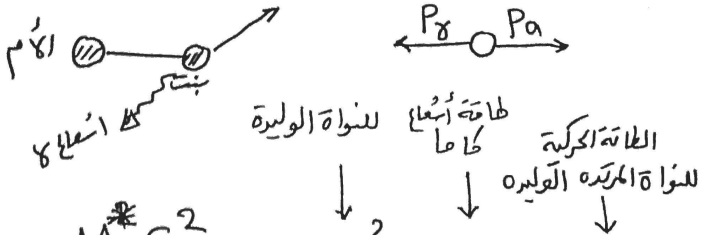
أخلال كاما

* تتخلص النواة المتهيجة بانبعاث اشعة كهرومغناطيسية وذلك للوصول الى حالة الاستقرار ففي معظم الحالات تتبع اشعة كاما نتيجة انتقال البروتون داخل النواة من مستوى طاقة أعلى الى مستوى طاقة ادنى . فاذا كانت

M_0^* كتلة السكون للنواة الام

M_0 كتلة السكون للنواة الوليدة

وحسب قانون حفظ الطاقة :

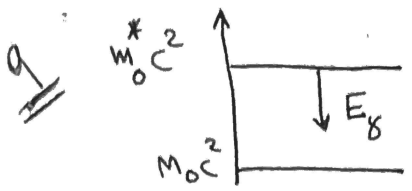


$$M_0^* c^2 = M_0 c^2 + E_\gamma + T_a$$

وحسب قانون حفظ الزخم :-

$$0 = P_\gamma + P_a$$

زخم النواة المرتدة الوليدة



$$T_q = \frac{P_a^2}{2M_0}$$

حيث

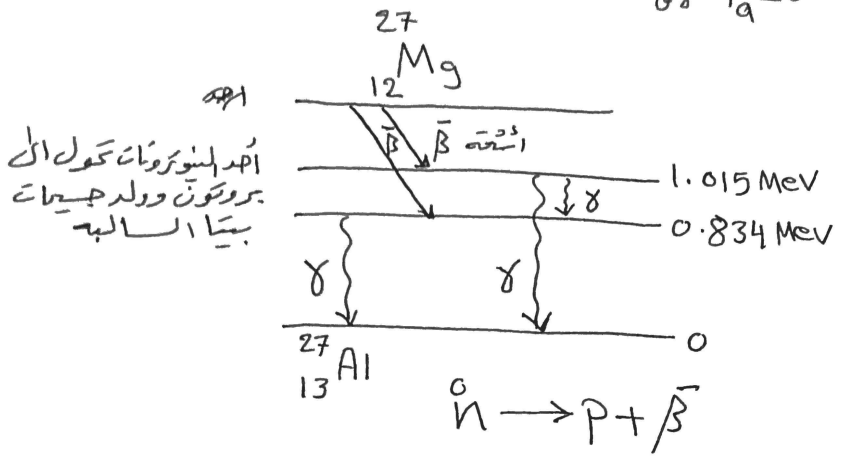
$$\text{or} \quad T_q = \frac{P_r^2}{2M_0} = \frac{E_r^2}{2M_0c^2} = \frac{(h\nu)^2}{2M_0c^2}$$

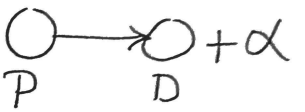
$$E_r = E_\gamma = h\nu$$

$$E_r = h\nu \;,\; P_r = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow E_r = (M_0^* - M_0)c^2$$

على فرض $T_q \simeq 0$ تؤول

∴ طاقة أخلال كاما



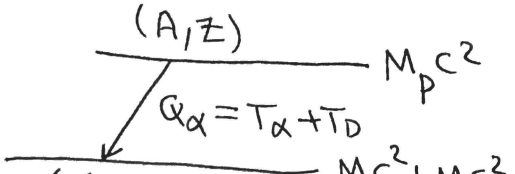


أخلال الفا

~~~~~ :. يعتبر أخلال الفا أخلالاً جسيمياً لعدد المتراث النووية الكتلية الغير مستقرة.

* ان النوى التي تكون فيها $(A > 150)$ تكون غير مستقرة لأخلال الفا قياساً للنوى الخفيفة

فاذا كانت كتلة النواة الأم M'_P وكتلة النواة الوليدة M_D فان:



من قانون حفظ الطاقة: $M'^2_P c^2 = M'^2_D c^2 + T_D + M'^2_\alpha c^2 + T_\alpha$

" " " الزخم: $0 = P_D + P_\alpha$

$$\therefore Q_\alpha = T_\alpha + T_D$$

$$Q_\alpha = [M_P - (M_D + M_\alpha)]c^2$$

ونظراً لصغر T_α و T_D فيمكن استخدام المعادلات الغير نسبية:

$$T_D = \frac{P_D^2}{2M_D} = \frac{P_\alpha^2}{2M_\alpha} \quad \text{where: } P_\alpha^2 = 2M_\alpha T_\alpha$$

$$\therefore T_D = \frac{M_\alpha}{M_D} T_\alpha$$
~~~~~

15

ولا يمكن أحمال طاقة ارتداد النواة الوليدة في هذه الحالة كما في حالة أنبعاث أشعة γ لذلك فإن:

$$Q_\alpha = \frac{M_D + M_\alpha}{M_D} T_\alpha$$

$$\therefore \boxed{Q_\alpha = \frac{A}{A-4} T_\alpha}$$

* نحوض بالعدد الكتلي لكل كتله ينتج :-

A = عدد الكتلي للنواة الأم.

س/ لماذا تشع جسيم الفا من النواة على شكل جسيم مكون من أربعة نيوكلونات ولا تنبعث على شكل نويات منفردة S

ج: لأن الطاقة اللازمة لكي نفصلها الى نويات أكبر من الطاقة اللازمة لفصل اكبر جسيم من النواة ($7\ MeV < 28\ MeV$).

أنحلال بيتا β

* يتم الحصول عليه (ينتج) طبقاً للتفاعل التالي:- $\bar{e} \rightarrow \beta^-$ هو

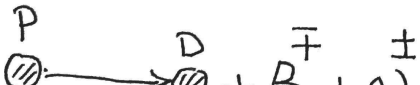
$$n^0 \longrightarrow p^+ + \bar{e} + \bar{\nu}$$

$e^+ \rightarrow \beta^+$ هو

$$p^+ \longrightarrow n^0 + e^+ + \bar{\nu}$$

س/ ما الفرق بين الالكترونات الذرية وتلك المنبعثة من النواة؟

ج/ يتم التمييز بينهما عن طريق الطيف فطيف الالكترونات الذرية مستمر بينما تلك المنبعثة من النواة يكون طيفها غير مستمر (منفصل) وتسمى بالالكترونات النووية (جسيمات بيتا).



قانون حفظ الطاقة (تستخدم كتل الذرات فقط)

$$M'_P c^2 = M'_D c^2 + T_D + \underbrace{W_0}_{\text{الطاقة الحركية للنيوترينو}} c^2 + T_e + W(\nu)$$

$$^{13}_{7}N \longrightarrow ^{13}_{6}C + e^+ + \nu \quad \text{(أنحلال بوزيتروني)}$$

$$^{A}_{Z}P \longrightarrow ^{A}_{Z-1}D + e^0_+ + \nu \quad \text{(علاقة الانحلال البوزيتروني)}$$

حيث ان $^{13}_{6}C$ تستطيع ان تكسب أعمار الكائنات العضوية نتيجة وجودها فيها.

لذلك

$$^{6}_{2}He \longrightarrow ^{6}_{3}Li + \bar{e} + \bar{\nu} \qquad \text{(الانحلال الكتروني)}$$

$$^{A}_{Z}P \longrightarrow ^{A}_{Z+1}D + e^{0}_{-} + \bar{\nu} \qquad \text{(علامة الانحلال الالكتروني)}$$

من قانون حفظ الزخم :

$$0 = P_D + P_e + P(\nu)$$

زخم النيوترينو

ملاحظة/ نأخذ بنظر الاعتبار كتلة الالكترون أي كتلة الذرة مطروحاً منه كتلة الالكترونات .

$$T_D = \left(\frac{m_0}{M'_D}\right)(T_e + W(\nu)) \qquad \text{(واجب)}$$

حيث $W(\nu)$ تمثل الطاقة الحركية للنيوترينو.

كذلك في حالة الانحلال البوزيتروني فان (بعد تطبيق القوانين) ينتج :-

$$M_p c^2 = M_D c^2 + 2m_0 c^2 + T_{e^+} + T_\nu \qquad \text{(واجب)}$$

اما الانحلال الالكتروني ينتج :- $M_p c^2 = M_D c^2 + T_{\bar{e}} + T_{\bar{\nu}}$ (واجب)

مع ملاحظة أن كتلة النيوترينو = صفر كذلك T_D أهملت لصغرها . اذن

للانحلال البوزيتروني :

$$\left.\begin{aligned} Q_{\beta^+} &= T_{e^+} + T_\nu = T_{e^+(max)} \\ Q_{\beta^+} &= (M_p - M_D - 2m_0)c^2 \end{aligned}\right\} Q_{\beta^+} > 0$$

(شرط الانحلال البوزيتروني)

كذلك

للانحلال الالكتروني :

$$\left.\begin{aligned} Q_{\bar{\beta}} &= T_{\bar{e}} + T_{\bar{\nu}} = T_{\bar{e}^{(max)}} \\ Q_{\bar{\beta}} &= (M_p - M_D)c^2 \end{aligned}\right\} Q_{\bar{\beta}} > 0$$

(شرط الانحلال الالكتروني)