الفصل الاول

مبادئ الاشعاع المؤين

obeikandl.com

١ – ١ الكميات ووحدات القياس Quantities and Units:

توصف العمليات والخواص الفيزيائية بكميات معينة مثل الزمن ، الشغل وهذه الكميات تقاس بوحدات مثل ثانية ، جول ..... الخ.

جدول ١ ـ١ الكميات والوحدات الأساسية والمشتقة بالنظام العالمي

الكمية	الرمز .عربي.انكليزي	التعريف	الوحدة	العلاقة
الكتلة	ك (m)	كمية اساسية	كغم	.
الطول	ل (L)	=	متر	.
الزمن	ن (t)	=	ثانية	.
التيار	ت (i)	=	امبير	.
السرعة	س (v)	كمية مشتقة(dx/dt)	م /ثا	.
التعجيل	جـ (a)	كمية مشتقة (dv / dt)	م /ثا^2	جـ = Δ س/Δ ن
القوة	ق (F)	ق= ك× جـ	نيوتن	نيوتن = كغم . م /ثا^2
الطاقة	طح (E)	طح= ½ ك س^2	جول	جول=كغم.(م/ثا)^2
القدرة	قر (P)	قر=طح / ن	واط	الواط = جول /ثا
التردد	د (f)	عدد الذبذبات /ثا	هرتز	الهرتز =١/ثا
الجهد	ف (V)	الطاقة / الشحنة	فولط	فل = جول\ كولوم
الجرعة الممتصة	D	الجرعة =ألطاقة / الكتلة	كري	كري =جول /كغم
التعرض	X	التعرض =الشحنة /الكتلة	كولوم/كغم (رونتكن)	.
النشاط الاشعاعي	(A)	عدد الانحلالات /ثانية	بيكرل	الكيوري = ٣,٧×١٠^{١٠}بيكرل

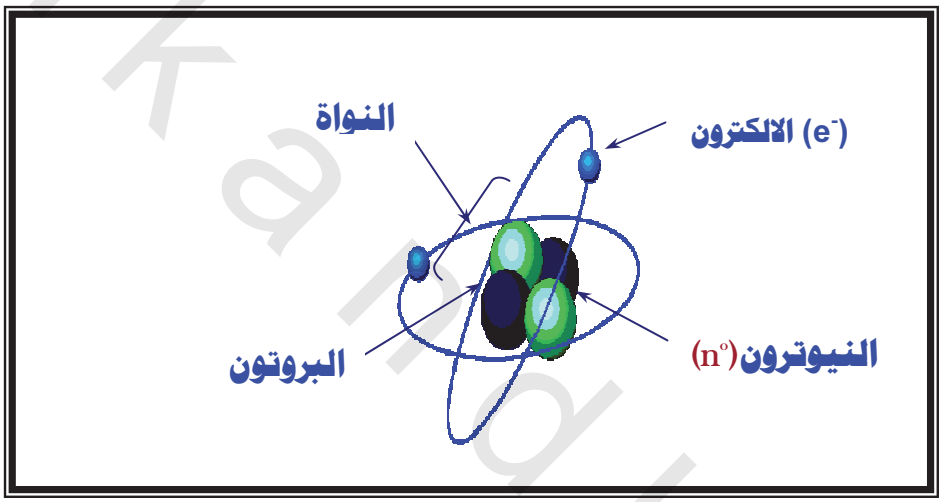
الكميات الفيزياوية اما ان تكون اساسية او مشتقة حيث ان الكميات الاساسية ووحداتها تعرف بالنسبة الى مصادرعيارية تحفظ في المختبرات الوطنية او العالمية. اما الكميات المشتقة فانها تعرف بدلالة مجموعة من الوحدات الاساسية مثل القوة (نيوتن = كغم .م\ ثا^2) وفي النظام العالمي للوحدات(SI) فان الكميات الاساسية هي الكتلة ،الطول ، الزمن ، والتيار .اما بقية الكميات فهي مشتقة .

١-٢ الـذرة (Atoms):

تعرف الذرة بأنها اصغر جزء في المادة وتحمل الخواص الكيميائية لتلك المادة وان اتحاد الذرات يولد الجزيئات والمركبات الكيميائية .

واول من وضع تصورا تجريبيا عن الذرة هو العالم رذرفورد عام ١٩١٥ عند قصفه رقائق الذهب بجسيمات الفا ،فلاحظ انحراف هذه الجسيمات في مركز الرقائق فوضع الموديل لتركيب الذرة بأنها تتكون من جزء مركزي موجب الشحنة يسمى بالنواة تحاط بغيمة من الجسيمات سالبة الشحنة تسمى الالكترونات .شكل (١ – ١)

شكل (1-1) مكونات الذرة



ولقد فشل نموذج رذرفورد للذرة لسببين:

الاول: عندما تتحرك الالكترونات بتعجيل فانها تفقد طاقة وتقترب بطريق محلزن من الذرة فينهار حجم الذرة وهذا غير ممكن لان حجم الذرة ثابت .

الثاني: عندما تتناقص طاقة الإلكترونات تدريجيا يتولد طيف مستمر بينما أثبتت التجارب إن طيف ذرة الهيدروجين هو طيف خطي براق .

لذلك وضع العالم بور عام (١٩١٣) نموذجا يعتمد على الميكانيك الكمي سمي بنموذج بور والذي ينص على ان الالكترون في أي مستوى يملك طاقة محددة في ذلك المستوى وعندما

obeikandl.com

يكتسب طاقة فانه يقفز من ذلك المدار الى مدار اعلى . تسمى مدارات الالكترونات من الاقرب الى الابعد عن النواة N, M , L, K

حيث ان K المدار الاول وهكذا . وفي معظم الذرات المستقرة فأن الالكترونات المدارية تحتل المدارات القريبة من النواة فمثلا الكاربون يتكون من ستة الكترونات اثنان منهما في المدار K واربعة في المدار L ولكي يتحرر الالكترون من مداره يجب ان يجهز بطاقة مساوية الى طاقة ربطه مع النواة والتي تسمى طاقة الربط النووي (binding energy) لذلك المستوى،عندما ينتقل الالكترون من مستوى عالي للطاقة الى مستوى أوطأ فأنه يبعث فوتونات طاقتها تساوي الفرق بين طاقة المدارين ويحصل ذلك عند اكتساب احد الالكترونات الداخلية للذرة طاقة فأنه يقتلع من مداره ويبقى مكانه فارغا فينتقل الكترون من مدار اعلى ليحل محل الالكترون المقتلع والفرق بالطاقة يظهر بشكل فوتونات للاشعة السينية تسمى بالاشعة السينية المميزة . او ان الطاقة الفائضة نتيجة لانتقال الكترون من مدار اعلى الى المستويات القريبة من النواة تنتقل الى احد الالكترونات وتقلعه من مداره وتسمى هذه العملية بتأثير اوجي (Auger Eeffect) والالكترون يسمى الكترون اوجي (Auger Electron). وبذلك يحصل تأين مضاعف للذرة .

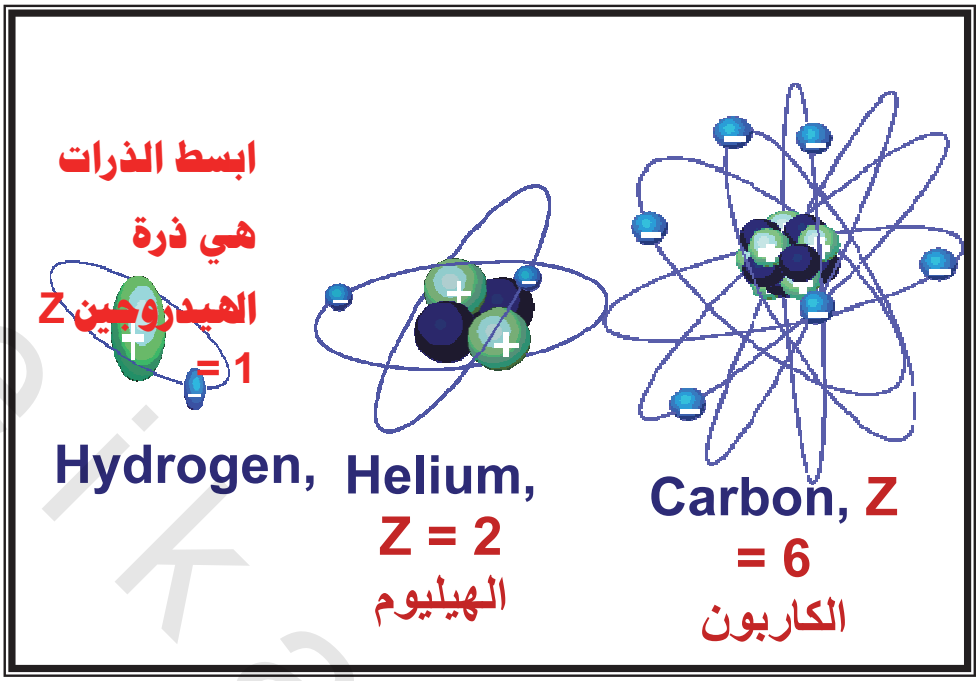
3-1 ـ النواة

تتكون نواة الذرة من جسيمات موجبة الشحنة هي البروتونات واخرى متعادلة الشحنة هي النيوترونات ومجموعهما تسمى بالنيوكليونات ،و يوضح الشكل (1 – 2) نوى بعض الذرات. أكتشف النيترون من قبل العالم الانكليزي شادوك سنة ١٩٣٢ حيث لاحظ انبعاث اشعاع عند قصف البريليوم بجسيمات الفا ذات طاقة عالية. هذا الاشعاع ليس له قدرة على التأين المباشر لذلك فانها لا تحمل شحنة ، لذلك سميت بالنيترونات (المتعادلة) وكتلتها قريبة من كتلة البروتونات.

ان عدد البروتونات = العدد الذري للذرة (Z) والذي يساوي عدد الالكترونات في الذرات المتعادلة وهذا العدد يحدد الصفات الكيمياوية للعنصر الذي تعود له الذرة .

اما العدد الكلي للنيوكليونات فيسمى بالعدد الكتلي (, Aو الفرق بين العددين (A, Z) فهو عدد النيوترونات لذلك فأن التعبير عن المكونات الذرية والنووية يكتب $^{A}_{Z}X_{n}$

شكل (1 -2) نوى بعض الذرات المختلفة

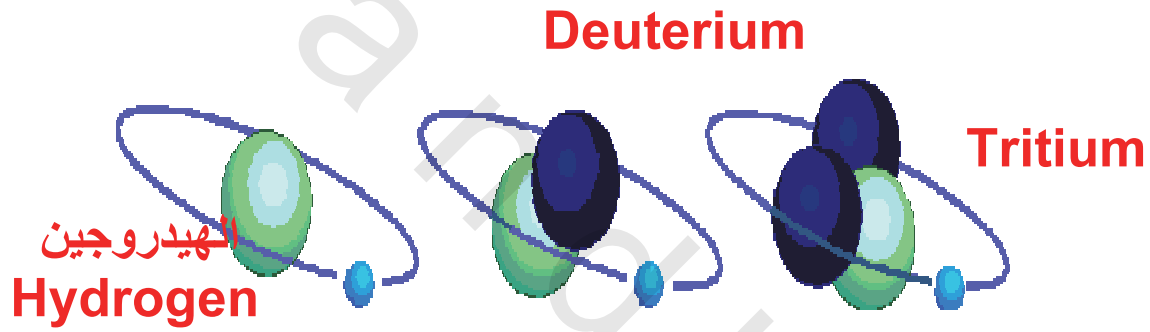


شكل(١-٣) يوضح رمز الذرات كيمياويا

obeikandl.com

فمثلا الذرة التي تتكون من 55 بروتون 78 نيوترون ومجموعهما يمثل عدد النيوكليونات(133)
وعدد الالكترونات يساوي 55 اما عدد النيوترونات = 133 −55 =78
و يوضح الشكل (١-٣) كيف يمكن تمثيل العدد الكتلي و العدد الذري و عدد النيوترونات.
تسمى العناصر المتساوية بالعدد الذري بالنظائر(Isotopes)مثل نظائرالهيدروجين ^{1}H ، ^{2}H ، ^{3}H
شكل ١- ٤ والنيوكليونات التي لها نفس العدد الكتلي تسمى بالايزوبار(Isobars)
مثل $^{40}_{19}K$, $^{40}_{18}Ca$. اما النيوكليونات التي لها نفس عدد النيوترونات فتسمى بالايزوتون
$^{131}I_{78}$, $^{132}X_{78}$, $^{133}CS_{78}$

شكل 1 -٤- نظائر الهيدروجين



اما المستويات غير المستقرة فهي ما يلي :
١- *المستوى المتهيج*: وهي المستويات التي تكون فيها النواة متهجة وتحتوي طاقة فائضة تعود إلى مستوى الاستقرار بسرعة .
٢. *المستوى فوق الاستقرار (Metastable)*: وهي مستويات غير مستقرة للنواة ولكنها تبقى فترة طويلة نسبيا قبل التحول الى مستوى الاستقرار وتسمى احيانا المستويات الايزوميرية .(^{99m}Te)

ان كتلة الذرة تقاس بالغرام او بوحدة تسمى بوحدة الكتل الذرية. ويعتبر ^{14}C كدليل معياري لوحدة الكتل الذرية (amu) حيث ان كتلة الكاربون = كتلة الكاربون (غم) لكل مول/عدد افوكادرو

obeikandl.com

= ١٢/٦,٠٢٧×١٠^٢٣ =١,٩٩×١٠^-٢٣ غم كتلة الكاربون،

ولتحويلها الى وحدة الكتل الذرية نقسمها على ١٢ فنحصل على

وحدة الكتل الذرية (amu) = ١,٦٥×١٠^-٢٤ / ١٢ = ١,٩٩×١٠^-٢٣ غم وعلى هذا الاساس

فان كتلة النيترون، البروتون، الالكترون هي ١,٠٠٨٩، ١,٠٠٧٦ او ٠,٠٠٠٥ وحدة كتل ذرية على التوالي.

1 - 4 طاقة الربط النووية (Binding Energy):

لقد اثبتت التجارب العملية أن كتلة معظم النوى أصغر من العدد الكتلي لتلك النوى او مجموع كتل مكوناتها أي ان كتلة النواة اصغر من مجموع كتل الجسميات المكونة لها .

ان سبب النقصان في الكتلة يعود الى الطاقة المتحررة اثناء تشكيل او تكوين النواة . والذي يسمى طاقة الربط النووية (ΔE) حيث ان

$$\Delta E = Z_{mp} - N_{mn} - m$$

Z : عدد البروتونات التي كتلتها m_p

N : عدد النيوترونات التي كتلتها m_n

m : كتلة النواة الكلية

ويمكن ايجاد هذه الطاقة بتطبيق علاقة انشتاين في تكافؤ الكتلة والطاقة

$$E_b = \Delta m\, C^2$$

حيث ان Δm : الفرق في الكتلة او الكتلة المختفية.

طاقة الارتباط تزداد خطيا مع العدد الكتلي (A) أي مع عدد النيوكليونات لان زيادة عدد النيوكليونات في النواة يصاحبه تحرر طاقة ، لكل نيوكليونات حيث ان طاقة الربط النووي لكل نيوكليونات تكون قليلة جدا للعناصر ذات الاعداد الذرية الواطئة ولكنها تزداد بشكل سريع حتى تصل الى اكثر من (8MeV) لكل نيوكليونات ثم تقل بعد ذلك.

الزيادة في الطاقة مع العدد الكتلي تزداد بشكل منتظم عدا النظائر ($_2^4$He) ، ($_6^{12}$C) ، ($_8^{16}$O) حيث توجد لها نهايات عظمى أي ان طاقة الربط كبيرة جدا وهي تحتوي على عدد زوجي من البروتونات والنيوترونات بينما النظائر ($_3^6$Li)، ($_5^{10}$B) لها نهايات صغرى أي ان طاقة الربط قليلة لانها تتكون من عدد فردي من البروتونات وعدد فردي من النيوترونات .

5 - 1 النماذج النووية Nuclear Models:

١ـ نموذج قطرة السائل (Liquid drop):

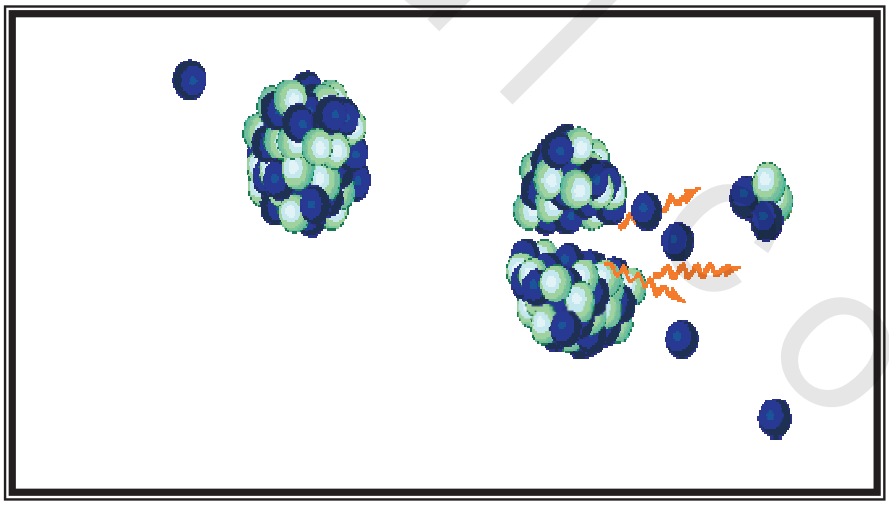
يفترض هذا النموذج بان النواة تشبه قطرة السائل حيث إن النيوكليونات لها تركيب متجانس وتتفاعل فيما بينها لتاخذ اقل حجم ممكن وهو حجم الكرة وتتوزع الطاقة بالتساوي عليها . فعند اثارة النواة أي تقديم طاقة اضافية اليها تتوزع هذه الطاقة على البروتونات والنيوترونات توزيعا احصائيا مثلما تتوزع الطاقة الحرارية لجزيئات المائع عند تسخينه حسب التوزيع الاحصائي لما كسويل . بولتزمان . هذا النموذج اقترح من قبل العالم بور وقد اثبتت نجاحه في تفسير الانشطار النووي. حيث ان زيادة الطاقة المزودة الى النواة يؤدي الى تهيجها

والنواة المتهيجة تتمدد وتستطال ثم يحدث تخصر في وسطها وتتقسم الى قسمين تسمى بشظايا الانشطار. شكل 1-5

٢- نموذج القشرة (Shell Mode):

وحسب هذا النموذج فان النيوكليونات توجد في قشرة (Shell) محددة من الطاقة داخل النواة على شكل يشابه الالكترونات الذرية، وان التفاعل بين هذه النيوكليونات يكون ضعيفا وتكون القشرة مغلقة(مملوءة) اذا كانت جميع مستوياتها مملوءة بالجسيمات وتكون الطبقات المغلفة اكثر استقرارا، وهذا يشبه خصائص الطبقات الالكترونية الذرية حيث ان الطبقات المشبعة تكون مستقرة .

شكل(5-1) شظايا الانشطار



ان النظائر المستقرة (تتكون من نوى زوجية- زوجيه) وهي التي تحتوي على عدد زوجي من البروتونات وكذلك عدد زوجي من النيوترونات هي الاكثر وتصل الى ١٦٥ نظير، اما النظائر

التي تحتوى على نوى زوجية . فردية وفيه يكون عدد البروتونات زوجية والنيوترونات فردية او بالعكس وعدد هذه النظائر (١٠٩) نظير مثل $_{5}^{11}Be$ ، $_{4}^{9}Be$.

اما النظائر التي تحتوي على النوى الفردية . فردية وهي النواة التي تحتوي على عدد فردي من البروتونات وكذلك عدد فردي من النيوترونات وعددها اربعة من النظائر المستقرة ($_{7}^{14}N$ ، B $_{5}^{10}$ ، $_{3}^{6}Li$ ، $_{1}^{2}H$)

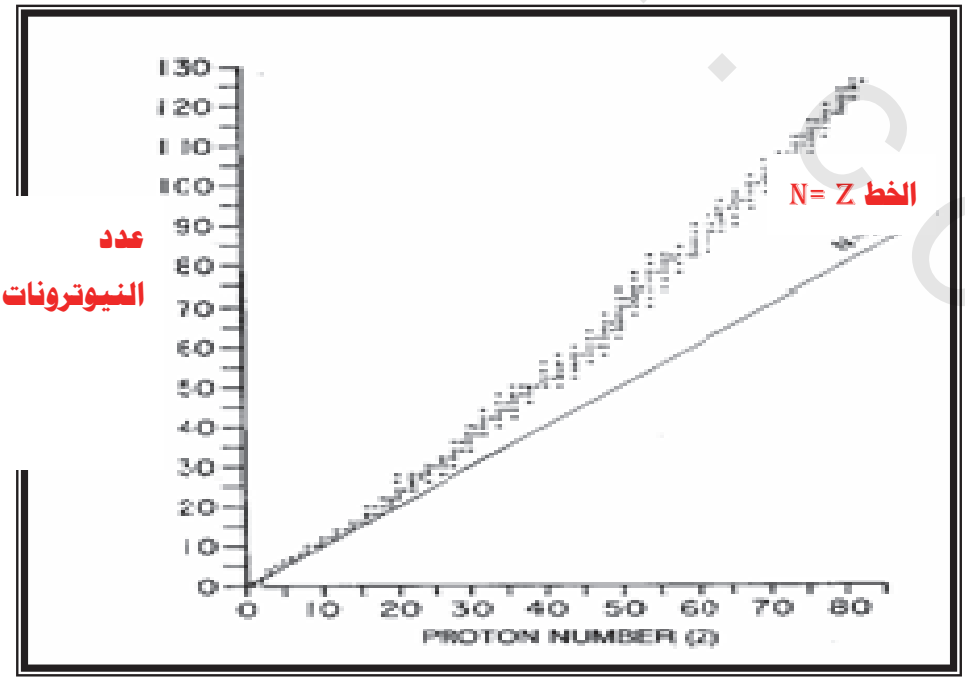
وهناك بعض النظائر المستقرة التي تحتوي نواها على ما يسمى بالاعداد السحرية وهي النوى التي تحتوي ٢، ٨، ٢٠، ٥٠، ٨٢، ١٢٦ من البروتونات او النيوترونات . النوى التي تحوي على الاعداد السحرية تكون مستقرة وخاملة ولاتتفاعل بسهولة عند قصفها بالنيوترونات.

٦-١ الاستقرار النووي (Nuclear Stability):

عند رسم الخط البياني بين عدد البروتونات كدالة لعدد النيوترونات فتحصل على خط مستقيم بالنسبة للعناصر المستقرة والتي يتساوى عدد بروتوناتها مع عدد نيوتروناتها اما العناصر التي تقع خارج الخط المستقيم فانها تكون غير مستقرة وتبعث بالاشعاع لكي تتحول الى نظائر مستقرة بعملية الانحلال الاشعاعي . شكل (٦-١)

فأذا كان ($N \approx Z$) فان النوى تكون مستقرة وتقع على خط الاستقرارية . اما العناصر الثقيلة فان عدد البروتونات لا يساوى عدد النيوترونات ($N \approx 1.5\ Z$) فان العناصر لاتقع على هذا الخط فان وقعت اعلى الخط (الى جهة اليسار) فان عدد النيوترونات اكثر من عدد البروتونات لذلك يتحول النيوترون الى بروتون والكترون .

شكل (٦-١) عدد البروتونات كدالة لعدد النيوترونات

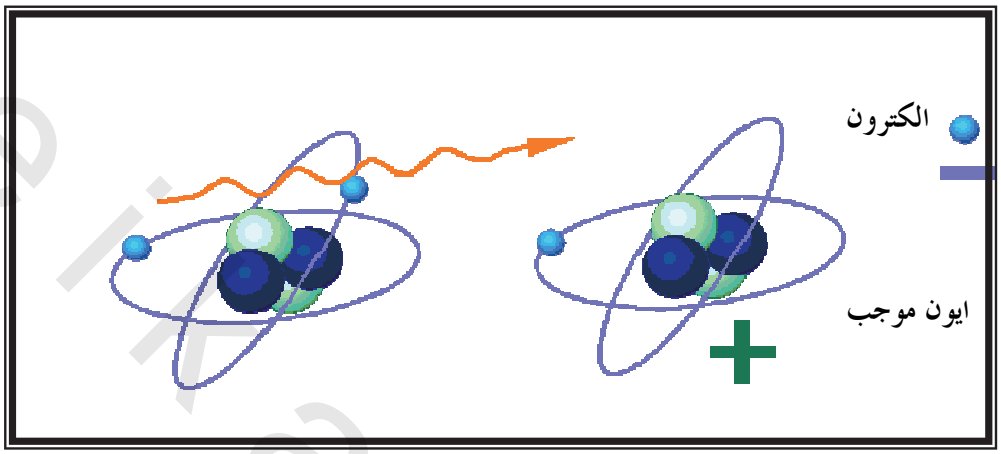


obeikandi.com

١-٧ الإشعـــاع المؤين : ■

يعرف الإشعاع بأنه عملية انتقال الطاقة من المصدر إلى المادة بشكل دقائق او بشكل موجات وعندما تكون لهذه الإشعاعات القابلية على تأين ذرات المادة وذلك بفقدانها أو اكتسابها لإلكترون أو اكثر فتسمى هذه الإشعاعات بالإشعاعات المؤينة و يوضح الشكل (١-٧) عملية التأين.

شكل (١-٧) تأين الذرات و تحولها الى الكترون و ايون موجب



وتقسم الاشعاعات المؤينة الى :

الفوتونات: وهي الاشعاعات التي تحمل الطاقة نتيجة لتذبذب المجال الكهربائي والمغناطيسي المتنقل في الفراغ وبسرعة تساوي سرعة الضوء واهم هذه الاشعاعات هي الاشعة السينية واشعة كاما .

_الجسيمات المشحونة: وهي الدقائق الذرية او دون الذرية والتي تحمل طاقة حركية مثل الالكترونات السريعة (جسيمات بيتا) او جسيمات الفا.

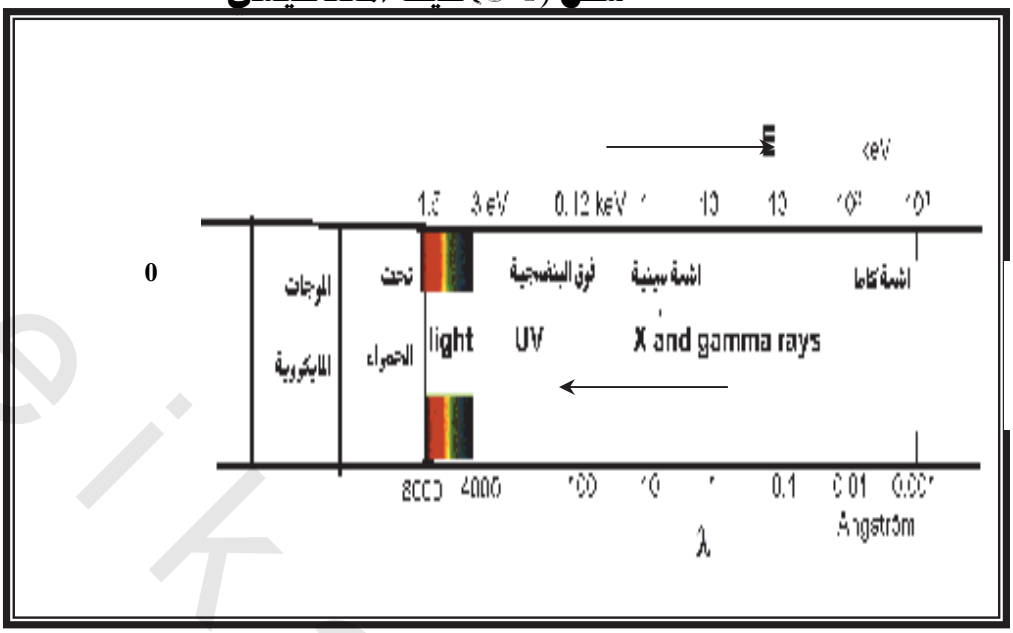
الجسيمات غير المشحونة: وهي النيوترونات،جسيمات عديمة الشحنة كتلتها تساوي كتلة البروتون

الفوتونات:

وهي اشعاعات كهرومغناطيسية تتكون من مجالين متعامدين الاول كهربائي والثاني مغناطيسي ينتشران بصورة عمودية على خط انتشار الموجة وتتحرك جميع الفوتونات بسرعة واحدة تساوي سرعة الضوء في الفراغ والتي تساوي ٣×١٠^{٨} متر/ثا. وهذه الاشعاعات بعضها غير مؤين مثل الاشعاعات الراديوية والضوئية وبعضها مؤين وذلك لطاقته العالية وطول موجته القصير ومن اهم الفوتونات المؤينة، الاشعة السينية واشعة جاما وهي اشعاعات تؤين الجسم بصورة غير مباشرة.

obeikandi.com

شكل (1-8) طيف المغناطيسي

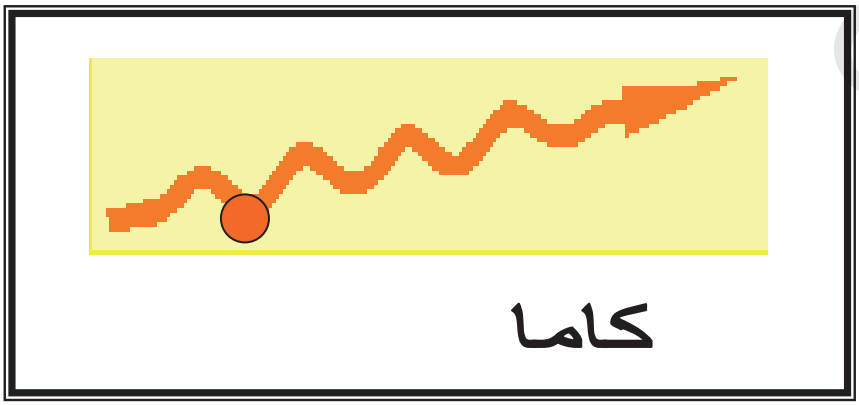


أ–الاشعة السينية (X-Ray): وهي موجات كهرومغناطيسية ترددها يفوق تردد الاشعة فوق البنفسجية واطوالها الموجية قصيرة (سوف يتم شرحها بشكل مفصل في الفصول القادمة).

ب–اشعة جاما (Gamma Ray): وهي موجات كهرومغناطيسية تنبعث من نوى الذرات غير المستقرة وطاقتها عالية جدا وتعود الذرة المتأينة الى حالة الاستقرار عندما تبعث الطاقة الفائضة على شكل اشعة جاما. شكل (١-9)

وتسمى النواة المتهيجة ذات العمر الطويل نسبيا بالنوى شبة المستقرة مثل Tc^{99m} ان طاقة اشعة جاما ليس مستمرا كطيف الاشعة السينية بل هو اشعاع احادي الطاقة او اعداد من طاقات منفردة متميزة ومن اهم المصادر الباعثة لاشعة كاما هو Co^{60} , Cs^{137} .

شكل (١-9) اشعة جاما



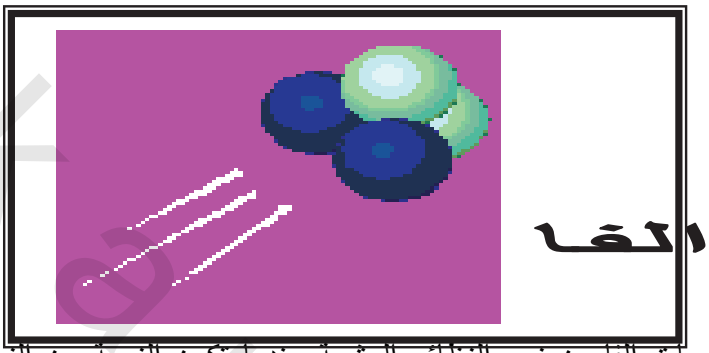
obeikandl.com

ومن اهم الجسيمات المشحونة

١- جسيمات الفا :

تعرف جسيمات الفا بأنها نواة ذرة الهليوم التي تحتوي على طاقة كبيرة وتكون ذات شحنة موجبة تحتوي على بروتون ونيوترون يرتبطان مع بعضهما بقوة ويسلكان وكأنهما جسم واحد (شكل ١-١٠).

شكل(١- ١٠) جسيمات α و التي تتكون من نيوترونين و بروتونين



تبعث جسيمات الفا من نوى النظائر المشعة عندما تكون النسبة بين النيوترونات الى بروتونات قليلة جدا ونتيجة لانبعاث جسيمات الفا تتكون نواة وليدة عددها الذري اقل باثنين من العدد الذري للام وعددها الكتلي اقل باربعة عن العدد الكتلي للام.

$$ {}_{Z}X^{A} \quad = \quad {}_{2}He^{4} + {}_{z-2}Y^{A-4} + Q $$

كما في حالة البولونيوم ٢١٠ .

$$ Po^{210m} \quad = \quad {}_{2}He^{4} + {}_{82}Pb^{206} + Q $$

حيث ان Q الطاقة الناتجة عن الانحلال .

ففي هذا المثال فان النسبة بين النيوترونات الى البروتونات في (Po^{210}) تساوي (126 / 84) وتساوي (1/1.5) وبعد انحلالها تنبعث جسيمات الفا و يتولد الرصاص المستقر (Pb^{206}) والذي تكون نسبة النيوترونات الى البروتونات (1/1.5) .

ان الطاقة الناتجة عن الانحلال بجسيمات الفا ناتجة عن النقص الكلي في الكتلة نتيجة لتولد جسيمات الفا أي ان :

$$M_X = M_Y + M_\alpha + 2\,M_e + Q$$

حيث ان M_x , M_y , M_α , M_e هي كتل الام ، البنت جسيمات α وكتلة الإلكترون على التوالي (هو الطاقة الكلية الناتجة عن التفاعل ففي حالة مثال(Po^{210}) فان

$$Q = M_X - M_Y - M_\alpha - 2M_e$$

$$= 210.048 - 206.0388 - 4.0028 - 2 \times 0.00055$$

$$= 0.0058 \text{ atomic mass units}$$

ولتحويلها الى وحدات طاقة نضرب في المعامل 931 MeV/amu

أي أن $Q = 0{,}0058 \times 931 = 5{,}4$ MeV

تتوزع الطاقة بين جسيمات إلفا والنواة البنت لعدم انبعاث اشعة جاما في هذا التفاعل . نظرا لثقل جسيمات الفا فان قوة اختراقها تكون قليلة أي ان مداها في هذه المادة قليلة لذلك فان التعرض الخارجي منها يكون غير ضار لأن الجلد يمكن ان يمتص هذه الاشعاعات ولكنها خطرة جدا عند دخولها الى الجسم لأنها تقوم بترسيب طاقتها بالأنسجة الحية .

٢ ـ **جسيمات** (β):

هي عبارة عن الكترونات معجلة بطاقة كبيرة جدا تبعث من داخل النواة لبعض العناصر المشعة. شحنة هذه الجسيمات تساوي ($١{,}٦ \times ١٠^{-١٩}$) كولوم ،وكتلته قليلة تساوي (٠,٠٠٠٥٥) وحدة كتل ذرية.

ان جسيمات (β) تتولد نتيجة لتحول النيوترونات الفائضة الى بروتونات كما في

$$_0n^1 \rightarrow {}_1P^1 + \beta\,(_{-1}e^0) + \gamma$$

إن الطاقة الناتجة عن الانحلال بجسيمات β تتولد كذلك نتيجة لاختلاف الكتلة الاصلية للام ومجموع كتل النواة البنت وجسيمات بيتا، وفي هذا الانحلال تتحول النواة الام الى نواة البنت التي تمتلك شحنة تزيد عن شحنة الام بواحد.

$$_ZX^A \rightarrow {}_{Z+1}Y^A + \beta^- + \gamma$$

$$_{15}{}^{32}P \rightarrow {}_{16}{}^{32}S + {}_{-1}{}^{0}e\ \beta + 1.71 \text{ MeV}$$

وفي المثال السابق فان طاقة الانحلال الناتجة عن جسيمات β للفسفور المشع تساوي1.71 MeV ولكن معظم جسيمات بيتا طاقتها اقل من ذلك حيث ان معدل الطاقة يبلغ 0.7 MeV والذي يمثل 41% من الطاقة العظمى لجسيمات بيتا وبشكل عام فان معدل طاقة جسيمات بيتا لمعظم النظائر الباعثة لهذه الجسيمات يتراوح بين (30% .40%) من الطاقة العظمى .

obeikandl.com

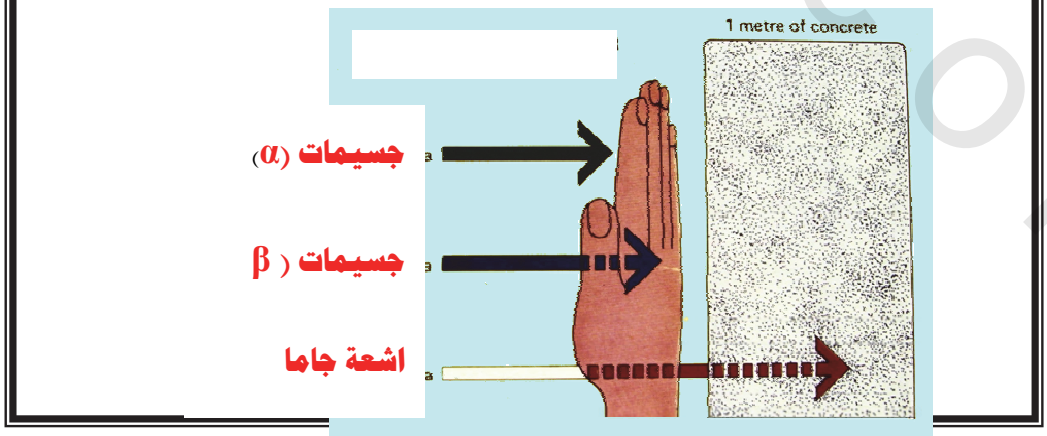
طاقة جسيمات (β) تشكل طيف مستمر يبدأ بطاقة الصفر حتى المقدار الاعظم للطاقة لاتفق مع قانون حفظ الطاقة والزخم ولأجل الحفاظ على قانون حفظ الطاقة افترض وجود جسيمات تصاحب انبعاث جسيمات بيتا تسمى بالنيوترينيو(υ)، والذي طاقته تساوي الفرق بين الطاقة الحركية لجسيمات بيتا والطاقة العظمى لتوزيع طيف الطاقة للنواة الام . والنيوترينيو عديم الشحنة وذات كتلة صغيرة جدا.

الفسفور (P^{32}) والنظائر (Sr^{96}.C^{14}.H^3) تعتبر من النظائر الباعثة لجسيمات β غير المصحوبة بأشعة جاما أي من بواعث (β) النقية. معظم النظائر تبعث جسيمات β وجاما للوصول إلى حالة الاستقرار.

جسيمات β لها القابلية على اختراق الاجسام اذا كانت طاقتها كبيرة ويكون مداها اكبر بكثير من مدى جسيمات α. ولكن يمكن ايقافها وامتصاصها بدروع واقية بسيطة مثل اللدائن أو رقائق الألمنيوم وبشكل عام فان جسيمات بيتا التي طاقتها اقل من MeV 200 تكون غير خطرة من ناحية التعرض الخارجي مثل C^{14}, S^{32} . ولكن جسيمات بيتا عند تفاعلها مع الدروع الوقائية قد تولد اشعه سينيه ذات طيف مستمر (برمشتالنك) والتي يكون تأثيرها كبير. لذلك يجب اختيار وتصميم الدروع الواقية من جسيمات β بشكل يمنع تولد اشعة البرمشتالنك وكذلك فان أي نظير باعث لجسيمات (β) يكون خطرا عندما يدخل الى داخل الجسم .

يصعب الكشف عن النظائر الباعثة لجسيمات β فقط وقياسها في التطبيقات العملية للطب النووي وذلك لانها تمتص في سمك قليل من المادة الصلبة حيث انها تمتص في بضع مليمترات من الانسجة الحية . لذلك لا يجوز استخدامها عند القياس داخل الجسم الحي اما النظائر التي تبعث جسيمات β بالإضافة إلى أشعة جاما فلا توجد مشاكل في قياسها لذلك لها تطبيقات مهمة في الطب النووي.

شكل (1-11) اختراق الاشعاعات المؤينة المختلفة للجسم



٤- الجسيمات غير المشحونة:

وهي النيوترونات، حيث اكتشف العالم شادوك عام ١٩٣٢ هذه الجسيمات، عندما كان يقصف هدف من البريليوم بجسيمات إلفا ذات الطاقة العالية حيث لاحظ انبعاث إشعاعات لها قدرة على التأين غير المباشر وبأنها تحرر بروتونات سريعة عندما تتفاعل مع المواد الحاوية على الهيدروجين وتوصل إلى ان هذه الأشعة ليست بفوتونات وإنما جسيمات عديمة الشحنة ذات كتلة قريبة من البروتونات سميت بالنيوترونات وتوضح المعادلة التالية انبعاث النيوترون حسب تجارب شادويك:

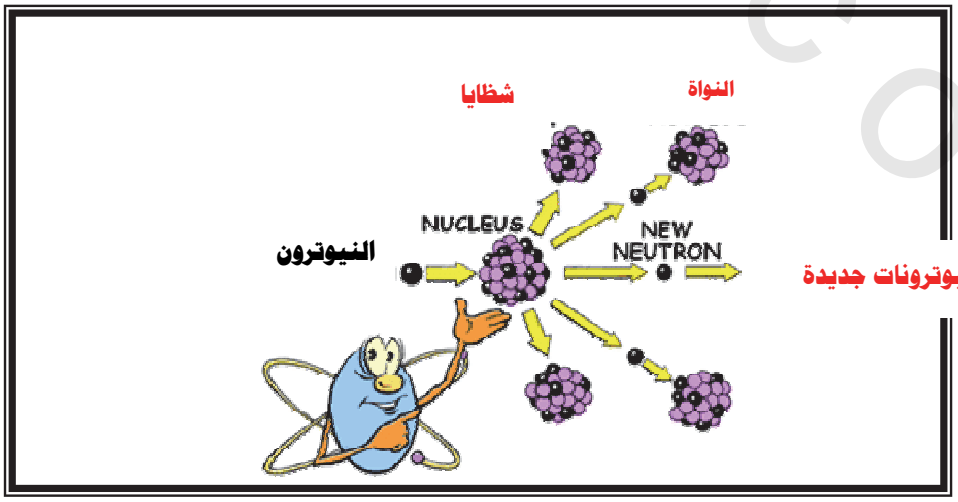
$$^{9}Be + {}^{4}He \longrightarrow {}^{1}n + {}^{12}C$$

حيث ان n هو النيوترون والذي يبلغ عدده الكتلي ١، والنيوترونات تنبعث عادة من النواة وتملك طاقة عالية جدا تسمى بالنيوترونات السريعة وعند مرورها في المواد الخفيفة (التي تحتوي على كمية من الهيدروجين) فإنها تهدأ مولدة نيوترونات ذات طاقة قليلة (0.0025eV ألنيوترونات الحرارية) وهذه النيترونات خطرة على الجسم البشري لقدرتها على تنشيط المواد أي تحويلها من مواد مستقرة الى مواد مشعة.او ان النيوترونات يمكن ان تحدث عملية الانشطار المتسلسل إذا قصفت النواة بنيوترونات سريعة او حرارية كما في شكل (1-14)

1-8- الانحلال الإشعاعي وانواعه:

تبعث العناصر غير المستقرة(المشعة) الطاقة الفائضة فيها نتيجة للتحول النووي التلقائي وتتكون عناصر جديدة يسمى العنصر الاصلي بالام(Parents) وتسمى العناصر الوليدة البنت (Daughter) وقد تكون الوليدة مستقرة او مشعة فتكون وليدات جديدة .

شكل (1-14) الانشطار الحاصل بالنواة نتيجة لقصفها بالنيوترونات



قد يحصل التحول التلقائي الى عناصر جديدة بدون جسيمات الفا وكل هذا التحلل قد يكون ولايكون مصحوبا باشعة جاما. خاصية النشاط الاشعاعي تتعلق بخواص نوى العناصر فقط وليس لها علاقة بالوضع الكيميائي او الفيزيائي للنظير المشع. لذلك فان التحول الاشعاعي يعتمد على عاملين الاول خاصية عدم الاستقرار النووي والذي يعتمد على النسبة بين عدد النيوترونات الى عدد البروتونات والثاني العلاقة بين الكتلة والطاقة للنواة الام، نواة البنت والجسيمات المنبعثة .

ومن اهم حالات الانحلال الاشعاعي الاخرى هي:

أ. الانحلال بانبعاث البوزوترون:

البوزوترون هو عبارة عن جسيمات بيتا ذات الشحنة الموجبة وتتولد نتيجة لتحول البروتونات الفائضة إلى نيوترون وبوزوترون β^+ وجسيمات مصاحبة تسمى انتي نيوريتو لغرض الحفاظ على قانون حفظ الطاقة والزمن.

ان البوزوترون له نفس شحنة الالكترون ولكنها موجبة ونفس كتلة الإلكترون، وعندما تبعث الام البوزوترون فان البنت المتولدة سيقل عددها الذري بمقدار واحد ويبقى عددها الكتلي بدون تغير

$$_{11}Na^{22} \rightarrow {}_{10}Ne^{22} + {}_{-}e^{o} + \gamma -$$

وبعد انبعاث البوزوترون فانه يفقد طاقته نتيجة لتصادمه مع ذرات المواد المحيطة به في زمن قصير جدا ثم يتحد مع احد الالكترونات الذرية ويفني كلاهما متحولان الى طاقة لاشعة حاما طاقتهما تساوي مكافئ كتلته كل من البوزترون والالكترون 0.511MeV ولان العدد اقل بمقدار واحد فان البنت يجب ان تفقد احد الكتروناتها المدارية بعد التحول النووي . لذلك تتحول المعادلة السابقة بالشكل الاتي

$$M_p \rightarrow M_d + 2Me + Q$$

حيث ان:

M_e, M_d,Mp هي كتلة الام، البنت، البوزوترون على التوالي Q الطاقة الناتجة عن الانحلال من اشعة كاما باتجاهين متعاكسين و تكون طاقة الانحلال البالغة 1.277MeV كما في التفاعل الأتي:

$$M(Ne^{22}) \rightarrow M(Na^{22}) - 2Me + Q$$
$$\rightarrow 22.0014 - 2\times 0.00055 - 0.549 + 1.27/931$$
$$\rightarrow 21.998 \text{ amu}$$

ومخطط الانحلال لهذا التفاعل هو النظائر الباعثة للبوزوترون مهمة في تطبيقات الطب النووي وذلك بسبب انبعاث اشعاعين باتجاهين متعاكسين وان الاتجاهين المتعاكسين للفوتونات المنبعثة مهمة جدا في تطبيقات عد التزامن.

ب ـ الانحلال بأسر الإلكترون (ELECTRON CAPTURE):

إن النظائر المشعة التي يكون فيها عدد البروتونات اكبر من عدد النيوترونات (نقصان في عدد النيوترونات) يتحول فيها البروتون إلى نيوترون وبوزترون وإذا لم تحصل مثل هذه الحالة فان النقصان في عدد النيوترونات يمكن التغلب عليه بعملية تسمى الاسر الالكتروني او الآسر في الطبقة (k) . ففي هذا التحول الإشعاعي فان أحد إلكترونات المدار (k) يؤسر من قبل النواة ويتحد مع أحد بروتونات النواة يولد نيوترون حسب المعادلة التالية :

$$_{-1}e^{o} + {}_{1}H^{1} \rightarrow {}_{0}n^{1} + \upsilon$$

فنتيجة لفراغ احد مواقع الالكترونات فتبعث كذلك اشعة سينية او الكترون اوجي .

إن الأسر الالكتروني مشابه للتحول الاشعاعي بواسطة البوزوترون حيث ان العدد الذري للبنت يقل بمقدار واحد عن الام بينما يبقى العدد الكتلي ثابتا .

ويمكن كتابتها كما في الشكل الاتي :

$$M_p + M_e \rightarrow M_d + Q$$

حيث إن Q هي طاقة ربط الالكترون المؤسر.

إن الأشعة السينية المميزة المنبعثة من البنت بعد عملية الاسر الالكتروني قد تكون مناسبة لقياس هذا النوع من التحول الاشعاعي. او ان عملية الاسر تكون مصحوبة بانبعاث اشعة جاما والتي يمكن قياسها بواسطة كواشف الاشعاع .

ولان كل من التحولات بواسطة البوزوترون او الاسر الالكتروني متشابهة تماما وتولد نفس النتيجة فان العناصر الخفيفة بشكل عام تتحول اشعاعا بواسطة البوزوترون بينما العناصر الثقيلة فانها تتحول اشعاعيا بوسطة الاسر الالكتروني لان الالكترونات المدارية في حالة العناصر الثقيلة تكون قريبة جدا من النواة وبذلك من السهولة أسرها.

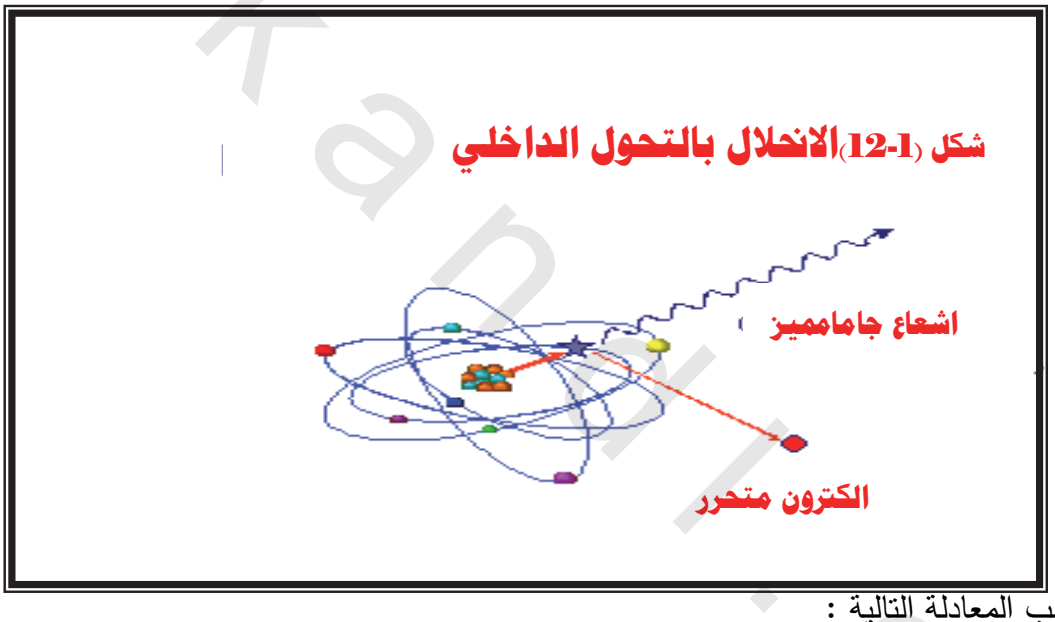
جـ - الانحلال يبعث اشعة جاما :

اشعة جاما عبارة اشعاع كهرومغناطيسي يبعث من نوى العناصر المشعة طبيعيا او صناعيا للوصول الى حالة الاستقرار، ويكون تردد هذه الموجات كبيرا وطولها الموجي قصير، لذلك فان

طيف اشعة جاما يستخدم لمعرفة النظائر المختلفة، وتمتاز هذه الاشعة بقدرتها العالية على الاختراق وهي لاتتاثر بالمجال الكهربائي او المغناطيسي، ان جميع الانحلالات بواسطة البوزترون تكون مصحوبة بانبعاث اشعة جاما.

د ـ الانحلال بالتحول الداخلي:

احد الطرق التي بواسطتها تفقد النوى المتهيجة طاقتها للوصول الى حالة الاستقرار هي التحول الداخلي . وفي هذا الانحلال يمتص احد الالكترونات الداخلية للذرة (في المدار k) طاقة تهيج النواة ويغادر الذرة. إن طاقة الإلكترون المتحرر تساوي الفرق بين طاقة فوتونات اشعة جاما المنبعثة من النواة المتهيجة وطاقة ارتباط الالكترون المتحرر بالذرة. يعتبر التحول الداخلي بأنه ظاهرة كهروضوئية داخلية حيث ان فوتونات اشعة جاما تتفاعل مع الالكترونات المرتبطة بقوة بالذرة وتعطيها جميع طاقتها لكي يتحرر الالكترون شكل (12-1)



حسب المعادلة التالية :

$$E\gamma \text{------} E_e + Q$$

حتى إن Q هي طاقة ارتباط الإلكترون بالذرة.(E_e) الطاقة الحركية للإلكترون المتحرك.

التحول الداخلي يشبه الانحلال بواسطة جسيمات بيتا حيث ان كليهما ينتج في انبعاث الالكترونات ولكن الفرق الاساسي بين العمليتين هو:

١ـ في حالة الانحلال بواسطة جسيمات بيتا فان الالكترونات تبعث من النواة اما في حالة التحول الداخلي فان الالكترون المتحول يبعث من المدارات الخارجية .

٢ . ان طيف جسيمات بيتا يكون طيف مستمر بينما طيف عملية التحول الداخلي يحتوي على طاقات محددة ان هذا التحول مفيد جدا في تطبيقات الطب النووي حيث ان النويدات

obeikandi.com

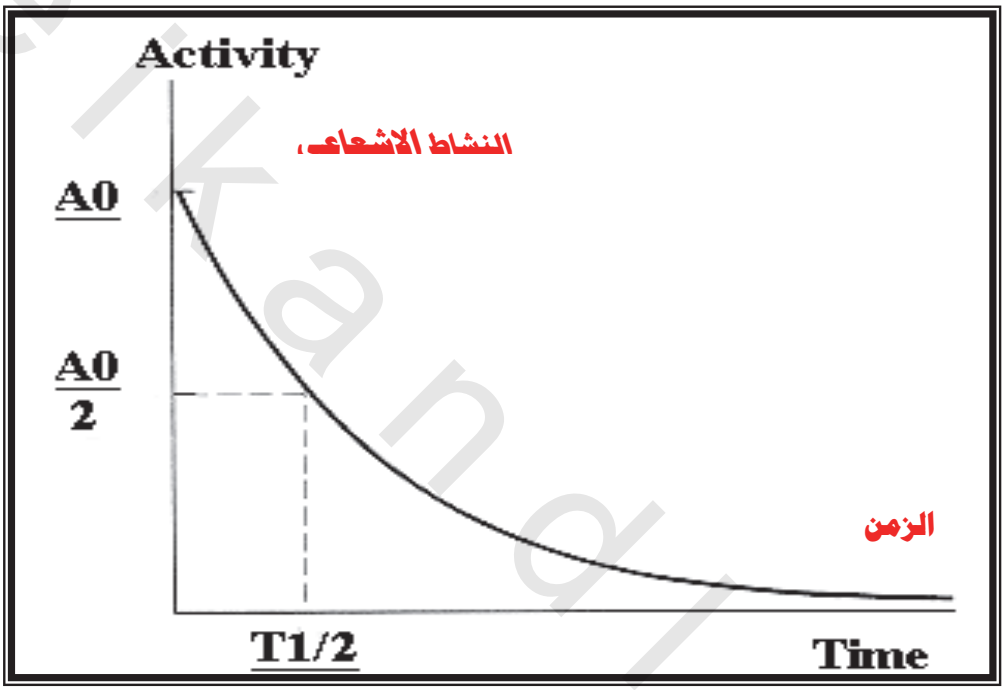
المشعة الشبه مستقرة لها عمر طويل نسبيا لذلك يمكن فصلها عن الام والحصول على نويدات مشعة باعثة لاشعة جاما فقط

١ – ٩ بعض المصطلحات الاشعاعية :

١ - -نصف العمر($T_{1/2}$)

يعرف عمر النصف لأي نظير مشع بأنه الزمن اللازم ليقل نشاطه الاشعاعي الى نصف قيمته الاصلية .

شكل (13-1) العلاقة بين النشاط الاشعاعي و الزمن



ونصف العمر من صفات النظير الاشعاعي ،عند رسم النشاط الاشعاعى على المحور الصادي بمقياس لوغارتيمي والزمن على المحور السيني بمقياس اعتيادي. المقدار الذي يصبح فيه النشاط الاشعاعي نصف قيمته الاصلية فيكون نصف العمر شكل (1-13)، ويتناسب عمر النصف عكسيا مع ثابت يسمى ثابت الانحلال λ ، والذي يعرف بأنه ذلك الجزء من الذرات في نموذج النويدات المشعة والذي يحصل اشعاعيا في وحدة الزمن. إن وحدة ثابت الانحلال هي مقلوب الزمن .

obeikandi.com

٢- النشاط الإشعاعي (Activity) :

هي عدد الانحلالات في وحدة الزمن أي إن $\mathbf{A = A_o e^{-\lambda t}}$

(A_o) عدد الذرات المشعة التي تحتوي النموذج

(A) عدد الذرات المشعة بعد الانحلال في زمن مقداره t

λ ثابت الانحلال الاشعاعي

حيث إن (A_o) العدد الاصلي للذرات :

لكي يصبح عدد الذرات (A) بعد زمن مقداره (t) نصف عدد الذرات الاصلية (A_o)

$A/A_o = e^{-\lambda t} \longrightarrow ½ = e^{-\lambda t}$

$Log2 = \lambda t_{1/2}$ then $t_{1/2} = log2/\lambda$ $t_{1/2} = 0.693/\lambda$

ان وحدة النشاط الاشعاعي القديمة هي الكيوري وقد عرف الكيوري بأنه النشاط الاشعاعي وعدد الانحلالات في الغرام الواحد من ^{226}Ra ولكن هذا التعريف تغير بعد عدة سنوات من وضعه واخذ قيمة ثابتة وقد عرف الكيوري بأنه عدد من الانحلالات مقداره ($3.7x10^{10}$) انحلال / ثانية.

اما الوحدة الحالية في النظام العالمي للنشاط الاشعاعي فهي البيكرل.(1 Ci = 37 GBq)

٣- معدل العمر (τ):

ان معدل العمر لأي ذرة يعتمد على ثابت الانحلال وقيمته صفة من صفات النويدات المشعة ويستفاد منه في حساب الجرع الاشعاعية في النماذج الرياضية للجهاز التنفسي والجهاز المعدي والمعوي.

ويعرف معدل العمر بأن مجموع انصاف الاعمار للذرات المفردة مقسوما على العدد الكلي للذرات الموجودة اصلا.

ان معدل الانحلال لنظير مشع يحتوي على ذرات عددها N يساوي λN وخلال زمن dt فان العدد الكلي للانحلال هو $\lambda N dt$، وان مجموع أعمار النصف لجميع الذرات والتي يتحلل خلال الزمن t الى t+dt

ويساوي $t\,\lambda N dt$.

ضمن تعريف معدل العمر τ يمكن كتابته بالصورة التالية:

$$\tau = 1/No \int_0^\infty t\,\lambda N dt$$

حيث ان عدد الذرات المشعة N_o عند الزمن $t=0$

$N = N_o e^{-\lambda t}$

Then $\tau = 1/No \int_0^{\infty} t \lambda N_o e^{-\lambda t} dt$

وبأخذ تكامل المعادلة فان:

$\tau = 1/\lambda = T_{1/2}/0.693 = 1.45\ T_{1/2}$

يتضح من المعادلة ان معدل العمر لذرات النويدات المشعة اكبر قليلا من عمر النصف.

٤- النشاط الاشعاعي النوعي (Specific activity):

يعرف النشاط الاشعاعي النوعي بأنه العلاقة بين النشاط الاشعاعي للمادة وكتلتها وتقاس بالبيكرل/كغم او البيكرل/م^3 ويمكن حساب النشاط الاشعاعي النوعي كما يلي:

فإذا كانت λ هي ثابت الانحلال فان عدد الانحلالات لوحدة الزمن هي λN حيث ان N عدد الذرات.

N= عدد افوكادرو/ العددالكتلي =**6.03×10^{23}/ A**.

لذلك فان النشاط الاشعاعي لوحدة الكتلة (النشاط الاشعاعي النوعي S_A) هو النشاط الاشعاعي النوعي (S_λ) = λ **N** = λ **xA /6.03×10^{23} بيكرل/غم**.

١ - ١٠ النشاط الإشعاعي الطبيعي:

عندما كان بيكرل يجري بعض التجارب على بعض املاح اليورانيوم عام ١٨٩٦ لاحظ فلورة هذه الاملاح عند تعرضها لاشعة الشمس. فاعتقد ان هذه الفلورة ناتجة عن انبعاث الاشعة السينية والتي اكتشفها رونتكن في تلك الفترة (عام ١٨٩٥). لكن التجارب قادته الى ان هذه الظاهرة ليس سببها ضوء الشمس حيث ان الفلورة يمكن رؤيتها في الظلام وتعتمد على تركيز اليورانيوم في النماذج. وفي عام ١٨٩٨ وضح بير كيوري بأن هذه الاشعاعات ظاهرة ذرية خاصة بالعنصر وليس لها علاقة بالحالة الفيزياوية او الكيميائية.

Henri Becquerel 1852-1908

obeikandl.com

هذه المواد تبعث بشكل تلقائي اشعاعات مستمرة تعتمد على نوع العنصر وسميت هذه العناصر بالعناصر المشعة.الاشعاع الذي يحيط بيئة الانسان بشكل طبيعي ومستمر يسمى بالخلفية الاشعاعية لأن هذا الاشعاع يشمل سكان العالم كافة وان التعرض يحدث بمعدل ثابت نسبيا وعلى مدى فترات زمنية طويلة. وتعتبرالخلفية الاشعاعية كمستوى مرجعي للمقارنة بين مصادر الاشعاع المؤين التي يتعرض لها الانسان من المصادر الطبيعية.

ولا يعرف لحد الآن تأثير الاشعاع الناتج عن المصادر الطبيعية اي تأثير الخلفية الاشعاعية فقسم من الباحثين يعتبر ان الخلفية الاشعاعية ذات فائدة كبيرة للانسان حيث ان (٢-١٠%) من الطفرات الوراثية المفيدة والتي سببت تطورا للانسان ناتجة عن الخلفية الاشعاعية.

والدليل على ذلك ان الخلفية الاشعاعية في بعض مناطق العالم كبيرة مثل كيرلا في الهند ومع ذلك فأن اكثر المعمرين في العالم في هذه المنطقة. وفي الارجنتين حيث ان الخلفية الاشعاعية لبعض المناطق كبيرة جدا وبالرغم من دلك تقام في هذه المناطق المصحات لامراض كثيرة.

وقسم آخر من الباحثين يعتبر بأن سبب زيادة السرطان في العالم ناتج من الخلفية الاشعاعية ولا توجد ادلة مؤكدة على صحة رأي اي من الفريقين.

من اهم المصتادر المشعة الطبيعية:

١-الاشعة الكونية (cosmic ray):

تنشأ هذه الاشعة من اماكن بعيدة في الفضاء الخارجي وينطلق بعضها من الشمس اثناء التوهج الشمسي ومن المجرات الخارجية. ويمثل التعرض لهذه الاشعة حوالي ربع ما يتعرض له الانسان من الاشعاع الطبيعي وتتكون الاشعة الكونية من قسمين رئيسيين هما:

الاشعة الكونية الاولية والاشعة الكونية الثانوية.

وتتكون الاشعة الكونية الاولية من بروتونات ذات طاقة عالية جدا تبلغ حوالي ٢٠٠ ميكا الكترون فولت وتمثل ٨٧% من الاشعة الكونية و٢% من جسيمات الفا وحوالي ١% من بعض نوى الذرات الثقيلة والالكترونات وتكون الاشعة الكونية الاولية حوالي ٢٠% من مجموع الاشعة الكونية عند مستوى سطح البحر وخط العرض الجيومغناطيسي ٥٠° وتزداد نسبة الاشعة الكونية بالارتفاع عن سطح الارض وتكون سائدة على ارتفاع ٥٠ كم فاكثر.

اما الاشعة الكونية الثانوية فهي الاشعة الناتجة عن تفاعل الاشعة الكونية الاولية او تصادمها بمكونات الغلاف الجوي، وتتكون من مكونات خفيفة مثل الالكترونات والميزونات والفوتونات ومكونات ثقيلة مثل النيترونات والبروتونات، تكون هذه المركبة سائدة على ارتفاع معين من سطح الارض يبلغ ٢٠كم.

٢-العناصر المشعة طبيعيا:

تنتشر العناصر المشعة طبيعيا انتشارا واسعا في القشرة الارضية مسببة جرعة اشعاعية قد تكون اقل او اكثر من الجرعة الاشعاعية الناتجة من الاشعة الكونية، وهذه الاشعة على نوعين:

أ- العناصر المشعة ذات الاصل الكوني:

وهي العناصر التي تتولد في الجو نتيجة للتفاعل النووي بين مركبات الاشعة الكونية ونوى وذرات العناصر المستقرة مثل الكاربون ١٤ (عمر النصف ٥٥٧ سنة) والذي يتكون من عملية تفاعل نيتروجين الهواء الجوي من نيوترونات الاشعة الكونية ويؤثر C^{14} بجرعة اشعاعية خارجية ضئيلة جدا ولكن جرعته الاكبر تكون عند تكونه داخل جسم الانسان:

$$_7N^{14} + n^{o} \rightarrow {}_1H^1 + {}_6C^{14}$$

اما العنصر المشع الآخر فهو التريتيوم هو نظير مشع للهيدروجين ونصف عمره $١٠\times١,٢^{٥}$ سنة يتولد نتيجة لتفاعل بروتونات الاشعة الكونية من نيتروجين الهواء في الطبقات العليا فوق المعادلة:

$$_7N^{14} + {}_1P^1 \rightarrow {}_1H^3 + {}_7N^{12}$$

وقد ازدادت نسبة التريتيوم في الطبيعة خلال تجارب تفجيرات الاسلحة النووية فوق سطح الارض.

ب- العناصر المشعة ذات الاصل البدائي:

تنتشر المواد المشعة الطبيعية انتشارا واسعا في القشرة الارضية ونظرا لنصف عمرها الطويل فانها تكونت مع تكون الارض وهذه المواد تتكون من اربعة سلاسل هي:

أ-سلسلة اليورانيوم- ٢٣٨:

يتواجد اليورانيوم- ٢٣٨ ونواتج انحلاله في الطبيعة بشكل مختلف من مكان لآخر وعمر النصف لليورانيوم ٢٣٨ يساوي $٩١٠\times٤,٥$ سنة ويتحلل بشكل طبيعي حتى يصل الى عنصر الرصاص المستقر ويرمز لهذه السلسلة بالرمز (4n+2) حيث ان n يتراوح بين ٥١-٥٩.

ب-سلسلة الثوريوم ٢٣٢:

والثوريوم اكثر انتشارا من اليورانيوم في الطبيعة وعند انحلال هذه السلسلة يتكون الرصاص المستقر ويرمز لها بالرمز 4n حيث ان n عدد صحيح يتراوح بين ٥٢-٥٨.

ج-سلسلة الاكتينيوم:

تبدأ هذه السلسلة باليورانيوم ٢٣٥ (عمر النصف $١٠\times٧,١^{٨}$ سنة) وينتهي بالرصاص المستقر ويرمز لهذه السلسلة بالرمز (4n+3) وتمثل n عدد صحيح بين ١٠-٥٨ ولأن عمر النصف لها قليل فانه لم يعد لهذه السلسلة تأثير محسوس.

د–سلسلة النبتونيوم:

وتبدأ هذه السلسلة بالنبتونيوم (عمر النصف ٢,٢×١٠^{٦} سنة) وتنتهي بالرصاص ونظرا لأن نصف العمر لها قليل مقارنة بعمر الارض، لذلك فان ما يتبقى من النبتونيوم كمية لا يمكن قياسها ويرمز لها بالرمز (4n+1).

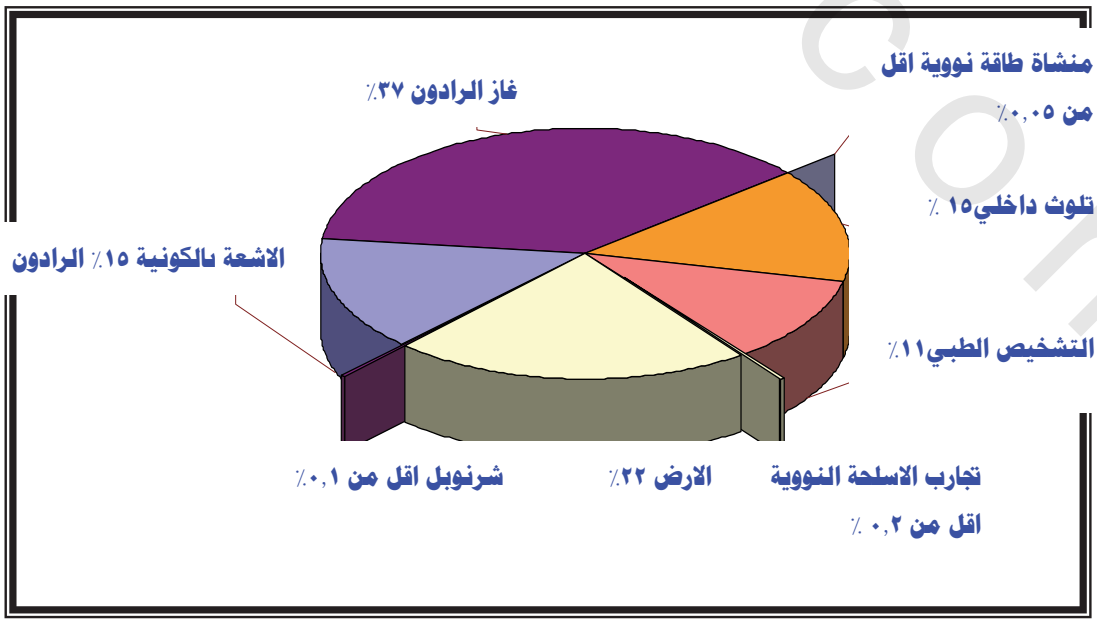
عدد كبير من عناصر هذه السلاسل يدخل في تركيب الصخور والمواد الاولية المستخدمة في البناء. لذلك يتعرض سكان البنايات المنشأ من الكونكريت والحجر الى جرع اضافية خارجية تزيد من التعرض.

ومن اهم نواتج اضمحلال سلسلة اليورانيوم ٢٣٨ هو الراديوم ٢٢٦ وقد لا يكون في حالة اتزان مع اليورانيوم ٢٣٨ في الطبقة السطحية من القشرة الارضية والذي ينحل الى عنصر الرادون ٢٢٢ والذي ينبعث من الصخور او التربة التي تحتوي على اليورانيوم ويدخل الى جسم الانسان عن طريق الاستنشاق حيث يصل الى الرئتين ويتحلل فيها ليستقر في القصبات الهوائية معرضا الرئتين الى جرع ناتجة من جسيمات الفا المنبعثة عنه.

1 -11 **المصادر الطبية**:

يحتل التعرض الناتج عن المصادر الاشعاعية المستخدمة في الطب المرتبة الاولى بين مصادر التعرض البشري للمصادر الصناعية. حيث يستخدم الاشعاع للاغراض التشخيصية والعلاجية. وتتراوح الجرعة التي يتعرض لها المريض عند التشخيص بين ١ ملي سيفرت/سنة الى ٥٠ ملي سيفرت/سنة. اما استخدام الاشعاع في العلاج فانه يعرض المريض الى جرعة تزيد آلاف المرات عن جرعة التشخيص ولكن هذه الجرعة في العموم يتعرض لها عضو معين وليس عموم الجسم وتجزأ هذه الجرعة الى عدد من المرات.

شكل (1-15) النشاط الاشعاعي الطبيعي و الصناعي



تعتمد الجرعة الناتجة عن التشخيص الطبي بالاشعة السينية على نوع الاشعة السينية المستخدمة، زمن التعرض، طاقة الاشعاع، نوع النسيج المشع وحجم الاشعاع الساقط. ويوضح الجدول(١-٢)الجرع المستلمة في التشخيص الطبي للاشعة السينية، وقد شاع في السنوات الاخيرة استخدام بعض المواد الصيدلانية المشعة لاغراض التشخيص او العلاج، استخدام مثل هذه المواد يزداد بنسبة ٢٥% كل عام.

جدول (١-٢) المستويات الارشادية للجرعة الممتصة لاغراض التعرض الطبي للاشعة السينية التقليدية

الفحص	المسقط	جرعة الدخول السطحية ملي كري
الفقرات القطنية	امامي خلفي جانبي الفقرات القطنية	١٠ ٢٠ ٤٠
البطن	امامي – خلفي	١٠
الحوض	امامي – خلفي	١٠
الصدر	خلفي-امامي جانبي	٠,٤ ١,٥
الاسنان	التاج	٧
الجمجمة	امامي – خلفي خلفي-امامي جانبي	٥ ٥ ٢

المستويات الارشادية للجرع لاغراض التصوير المقطعي المحوسب (CT)

الفحص	الجرعة المتوسطة (ملي كري)
الرأس	٥٠
الفقرات القطنية	٣٥
البطن	٢٥

*** المستويات الارشادية للجرعة لاغراض تصوير الثدي**

الجرعة المتوسطة لغدة الثدي	١ ملي كري	بدون مصفاة
	٣ ملي كري	مع المصفاة

- محددة لثدي مضغوط سمكه ٤٥ سم مكون من نسيج غدي بنسبة ٥٠% ونسيج دهني بنسبة ٥٠% الهدف من المبوليدوينوم ومرشح المبوليدوينوم.

اخطر انواع التعرض للاشعاع هو تعرض الجنين في المراحل الاولى من الحمل وخاصة في الاسبوعين الثاني والسادس. واكثر الانسجة تعرضا للتشخيص الطبي هو نخاع العظم لارتباطه بالاصابة باللوكيميا والغدد التناسلية نتيجة للطفرات الوراثية ،وعادة ما توضع مستويات ارشادية للتعرض الطبي وان تكون هذه المستويات مؤشرا معقولا للجرعات للمرضى وللكادر الطبي وتضعها الهيئات المهنية ذات الصلة بالتشاور مع الهيئة الرقابية واستخدام هذه المستويات بمرونة للسماح بالتعرضات العالية إذا كانت الآراء الطبية السليمة تشير بذلك.

١- ١٢ تفاعل الاشعاع مع المادة :

لمعرفة الاسس الفيزياوية للكشف عن الاشعاع ،الدروع الواقية، والتاثيرات البايولوجية للاشعاع يجب فهم طريقة التفاعل بين الاشعاع والمادة والتي يتم خلالها انتقال الطاقة من الاشعاع الى المادة التي يتفاعل معها. وهذا التفاعل قد يحصل بين الاشعاع والكترونات الذرة،اوبين الاشعاع ونواة الذرة،واخيرا بين الاشعاع والذرة بأجمعها. يعتمد نوع التفاعل وقدرة اختراق الاشعاع للمادة على نوع وطاقة ذلك الاشعاع وطبيعة المادة التي يتفاعل معها الاشعاع . المقصود بالتفاعل بين الاشعاع والذرات او الجزئيات او الالكترونات هو القوة الكهربائية المتبادلة بين الاشعاع والمادة والتي تتضمن قوة تجاذب او تنافر وليس المقصود بها التماس الميكانيكي بين الاشعاع والمادة. وينتج عن ذلك ظاهرة التأين او التهيج وتنقل الطاقة الى المادة والتي يتحول معظمها الى حرارة نتيجة لاهتزاز الذرات والجزيئات وتقسم التفاعلات الى قسمين اساسين هما تفاعل الاشعاع مع الجسيمات المشحونة وتفاعله مع الفوتونات .

١- تفاعل الاشعاع مع الجسيمات المشحونة

الجسيمات المشحونة ذات الطاقة العالية مثل جسيمات α وجسيمات β عند تفاعلها مع المادة فانها تفقد طاقتها نتيجة لهذا التفاعل وتحصل ظاهرة التأين او التهيج . ونتيجة لذلك تنبعث الكترونات باشكال مختلفة حيث تكون بشكل جسيمات بيتا الموجبة او السالبة وهي غير مهمة في تطبيقات الطب النووي او تفاعل التحول الداخلي او الكترونات اوجي وبالاضافة الى ذلك فان الالكترونات تتولد عند تفاعل اشعة جاما

والاشعة السينية مع المادة وتقسم جميع هذه التفاعلات الى ما يلي :

أ) التأين:

عندما تتفاعل جسيمات بيتا مع المادة فان طاقتها تستثمر للتغلب على طاقة ربطها بالذرة والباقي من الطاقة يكون بشكل طاقة حركية لهذه الالكترونات (الالكترونات الثانوية)، واذا كانت

طاقة الالكترونات الثانوية كبيرة فانها قد تؤين ذرات او جزئيات اخرى من الوسط وتسمى مثل هذه الالكترونات باشعة الدلتا.

ب) التهيج :

يحصل هذا التفاعل عندما تكون طاقة جسيمات بيتا غير كافية لحصول ظاهرة التأين لذلك فان الالكترونات المدارية ترتفع من مستوى استقرارها الى مستوى استقرارا أعلى فتكون الذرة في حالة تهيج وتفقد طاقة التهيج نتيجة اهتزاز للجزئيات و تنبعث الاشعة تحت الحمراء، المرئية او اشعة فوق البنفسجية

ج) التفاعل مع النواة :

عندما تكون طاقة جسيمات بيتا كبيرة فان الجسيمات المشحونة تخترق الغيمة الالكترونية وتقرب من المجال الكهربائي للنواة وذلك يؤدي الى تباطئ الجسيمات المشحونة وفقدانها للطاقة فتبعث هذه الجسيمات الطاقة المفقودة بشكل اشعاعات كهر ومغناطيسية تسمى باشعاعات الكبح او الحد من السرعة (البرمشتالنك) ان طاقة اشعاعات البرمشتالنك تتراوح بين الصفر(عندما يكون تباطئ الجسيمات قليلا) الى اعظم ما يمكن من الطاقة والذي يساوي طاقة الجسيمات المشحونة الساقطة وتسمى هذه التفاعلات بتفاعلات فقدان الاشعاع.

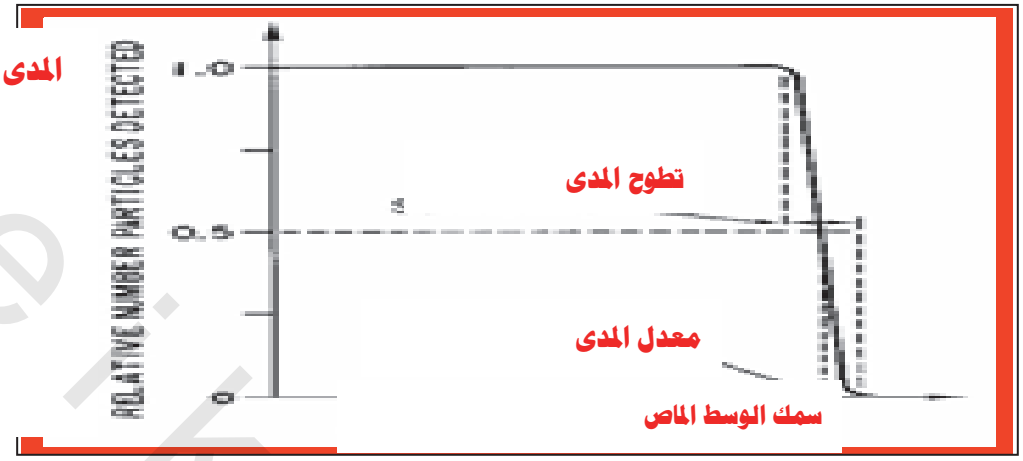
مدى الجسيمات المشحونة:

أ-مدى جسيمات α

ا جسيمات α هي الجسيمات التي يكون اختراقها للمادة قليلا وذلك بسبب كبر كتلتها وتسمى المسافة التي تخترقها الجسيمات المشحونة داخل المادة بالمدى. ولثقل جسيمات α فان انحرافها يكون قليل جدا عند تفاعلها مع الكترونات المادة ويكون مداها مستقيما، وبسبب هذا المدى القليل فانها تمتص بعد بضع سنتمترات من الهواء حيث يكون مداها في الانسجة الحية بالمايكرون. ويكون المدى لجسيمات α على نوعين الاول معدل المدى (Mean range) والثاني امتداد المدى (Extrapolation range). ويوضح الشكل (1-16) المنحني لامتصاص جسيمات α والمرسوم بين سمك الوسط الماص كدالة للمدى .المدى لجسيمات α في الوسط يبقي وسبب هذا الثبات لان جسيمات α احادية الطاقة وزيادة سمك الوسط (x) يقلل الطاقة جسيمات α فقط داخل الوسط وعدد جسيمات α لاتقل حتى يصل المدى الاعظم وبعدها يهبط فجائيا الى الصفر وتسمى المسافة الافقية الى نقطة الهبوط بمعدل المدى والذي يمثل سمك الوسط الذي يمتص ٥٠% من الاشعاع الساقط وان التطوح في هذا المدى (Range

straggling) يكـون قلـيلا ويسـاوي ١% تقريبيـا وان مـدى الامتـداد نحصـل عليـه بالامتـداد المستقيم لمنحني الامتصاص لجسيمات α الى الطاقة صفر . كما في الشكل التالي :

شكل (1-16) مدى جسيمات α



أي ان مدى جسيمات α في المادة يكون مستقيما وذات قيمة ثابتة تقريبا.

ان المعادلة التقريبية لحساب المدى في الهواء Ra يعتمد على طاقة جسيمات α ويكتب كما يلي :

$$Ra = 0.325\ E^{3/2}$$

اما مدى جسيمات α في أي وسط فيمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$R_m = 3.2\times 10^{-4)} A/\rho) R_a$$

حيث ان A العدد الكتلي و ρ كثافة الوسط

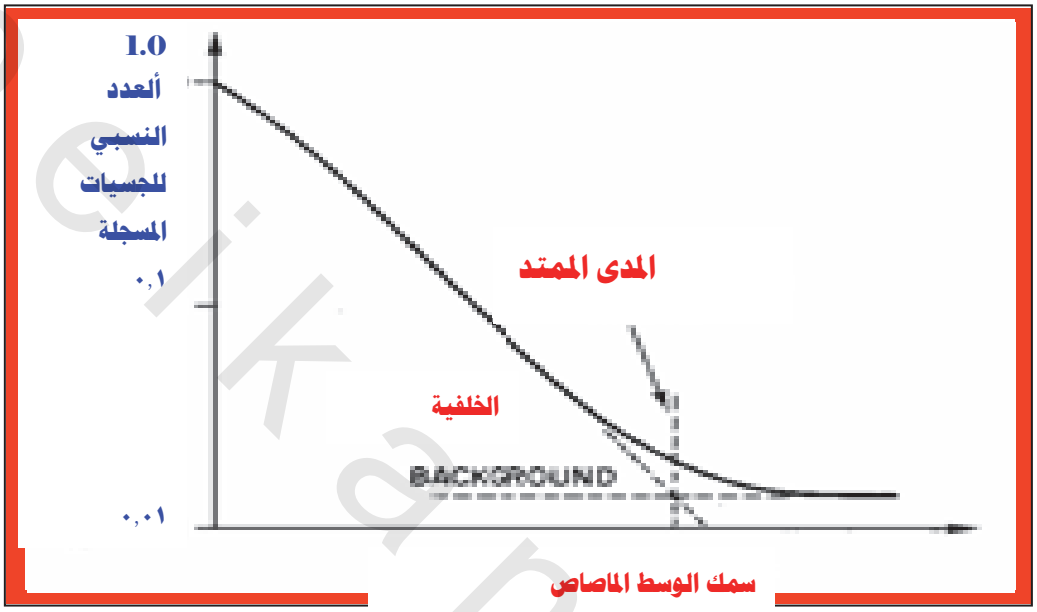
مدى جسيمات (β) :

على العكس من مدى جسيمات α والتي يكون مداها ثابتا ودقيقا وبشكل مستقيم فان مدى جسيمات (β) لا يكون ثابتا ويختلف من الكترون الى اخر حتى وان كانت الكترونات جسيمات (β) لها نفس الطاقة وفي نفس الوسط الماص. والسبب في ذلك هو صغر كتلة جسيمات (β) (الالكترون) وعند تفاعلها مع الكترونات المادة فانها تتشتت أي تستطار وان هذه الاستطارة الحاصلة في مدى الالكترون نتيجة للتفاعلات النووية او تولد اشعة البرمشتالنك تؤدي الى انحراف الالكترون بزاوية كبيرة او ايقافه كليا .

فان رسم منحني الامتصاص لجسيمات بيتا على مقياس شبه لوغارتيمي يبين بان المدى يتناقص نتيجة زيادة سمك الوسط الماص لانه مهما كان سمك الوسط فانه يستطيع امتصاص جزء من جسيمات β وبشكل خط مستقيم ثم بعد ذلك يصبح ثابتا تقريبا عند الخلفية الاشعاعية

.ان الامتداد المستقيم للمنحني وتقاطعه مع سمك الوسط الماص يسمى المدى الممتد هذا المدى اقل من المدى الاعظم قليلاكما موضح في الشكل (1-17). وبشكل تقريبي فان سمك الوسط اللازم لامتصاص نصف كمية جسيمات بيتا يساوي تقريبا ثمن (٨/١) مدى جسيمات بيتا.

شكل(1-17) مدى جسيمات بيتا



٢ - تفاعل اشعة جاما مع المادة:

تفاعل الفوتونات ذات الطاقة العالية لاشعة جاما،و الاشعة السينية يختلف عن تفاعل الجسيمات المشحونة مع المادة، حيث ان الفوتونات لا تستطيع تأين ذرات الوسط مباشرة كما هو الحال للجسيمات المشحونة لانها اشعة مؤينة بصورة غير مباشرة. تقوم الفوتونات بقذف احد الالكترونات للذرات القريبة من الوسط او الوسط نفسه هذه الالكترونات او الازواج الايونية تقوم بتأين جزيئات الوسط ، لذلك يبنى عمل الكشف عن الاشعاعات المؤنة او التأثير البايولوجي لها على هذا الاساس. يؤدي تفاعل الجسيمات المشحونة مع المادة الى امتصاصها وايقافها كليا عندما يكون سمك الحاجز كافيا لذلك فيكون لها مدى محدد داخل المادة، ولكن الفوتونات تتناقص في الشدة بزيادة سمك الوسط الماص ولكن الشدة لاتصبح صفرا لذلك يكون لها مدى غير محدد في المادة .

يتضمن تفاعل الفوتونات مع المادة تسعة انواع من التفاعلات ولكن الشائع منها خمسة انواع اهمها .

أ- الظاهرة الكهروضوئية . (Phto electric)

تحصل هذه الظاهرة عندما تكون طاقة الفوتونات قليلة نسبيا (ولكنها اكبرمن طاقة ربط الالكترون بالذرة) حيث ان الذرة تمتص طاقة الفوتون الساقط بأجمعها وتقذف احد الالكترونات الداخلية للذرة الى الخارج ويسمى الالكترون المقذوف بالالكترون الضوئي والذي طاقته الحركية تساوي الفرق بين طاقة الفوتون ($h\upsilon$) الساقط وطاقة ربط الالكترون بالذرة (Φ) :

$$K.E_e = h\,\upsilon - \Phi$$

يعتمد حصول الظاهرة الكهروضوئية على العدد الذري للوسط الماص يتناسب معه طرديا وكذلك على طاقة الفوتونات و يتناسب عكسيا حيث ان الطاقة الواطئة للاشعاع والعدد الذري العالي للوسط الماص.

المقطع العرضي لتفاعل الظاهرة الكهروضوئية يتغير تقريبا حسب ($Z^4\,\lambda^3$) حيث ان (Z) العدد الذري (λ) الطول الموجي للاشعاع الساقط .

ولهذا السبب يستخدم الرصاص كدروع واقية من الاشعة السينية واشعة كاما، وعندما يزاح الالكترون من مكانه وينتقل الكترون من طاقة اعلى الى ذلك المدار وتنبعث اشعة سينيه مميزة او الكترون اوجي .

تكون طاقة الفوتونات الساقطة كبيرة نسبيا وفي هذا التفاعل تتفاعل الفوتونات مع الالكترونات الخارجية للذرة والتي تكون قوة ارتباطها ضعيفة جدا بحيث يمكن اعتبارها الكترونات حرة ويعتبر التصادم بين الفوتونات والالكترونات تصادما مرنا .

الفوتون يفقد جزء من طاقته وينحرف عن مساره بزاوية Φ، أما الالكترون فانه يكتسب جزء من طاقته ويزاح عن الذرة مكونا الالكترون المرتد .

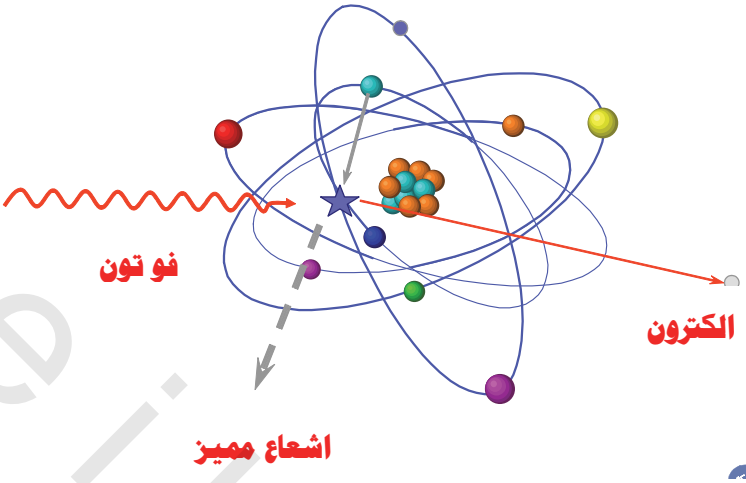
وبتطبيق قانون حفظ الطاقة فان:

طاقة الفوتون الساقط E تساوي طاقة الفوتون المستطار E_s + طاقة الالكترون المرتد E_r شكل (١٩-١)

$$E=E_s\acute{o} - E_e \quad \text{---------- 1}$$

وينطبق قانون حفظ الزخم في المستوى الافقي والشاقولي

شكل ١-١٨ الظاهرة الكهروضوئية



ب ـ استطارة كومتن :

.

$$P=P_{\acute{o}} \cos \Phi + P_e \cos \text{ ---------- 2}$$

$$0= -P_{\acute{o}} \sin \Phi + P_e \sin \text{ ---------- 3}$$

ولأن $P= mv \rightarrow P= 2E/m$

وبحل المعادلات ١ و٢ و ٣ ينتج

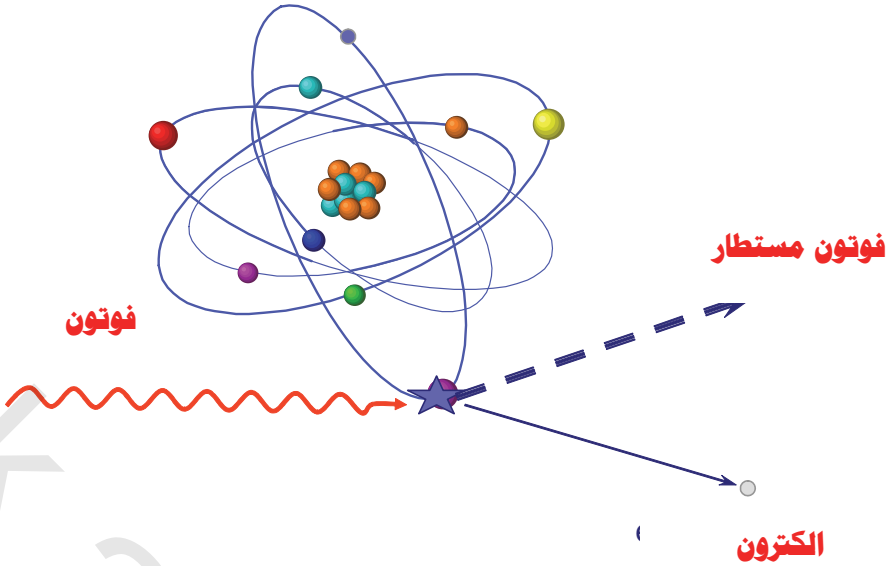
$$\lambda - \lambda_{\acute{o}} = h/m_o\, c\, (1-\cos \Phi)$$

ج – ظاهرة توليد الازواج

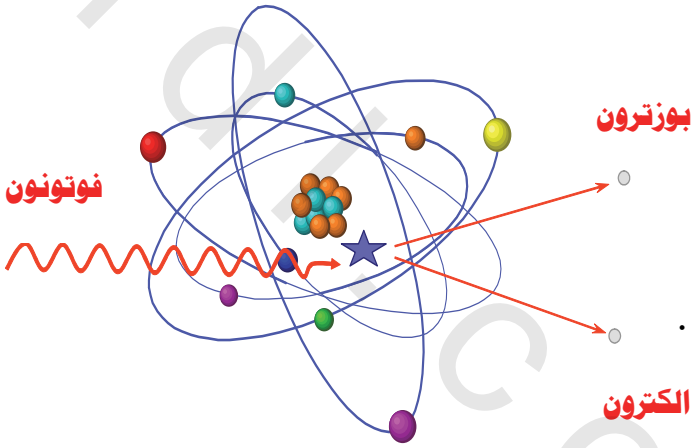
تحصل هذه الظاهرة عندما تكون طاقة الفوتونات كبيرة واكثر من (1.02 MeV) .في هذه الحالة تمر الفوتونات قرب النواة حيث يؤثر المجال الكهربائي القوي للنواة على الفوتونات ويختفي الفوتون وتستخدم طاقته لتوليد زوج الكترون وبوزترون وكل منهما له طاقة مقدارها(0.511MeV). شكل ١–١٩ لذلك فتكون اقل طاقة مطلوبة لحصول هذه الظاهرة هي 1.022MeV.يفقد كل من الالكترون والبوزترون طاقة بالتأين او التهيج، وعندما يفقد البوزوترون جميع طاقته فانه يتحد مع احد الالكترونات مولدا زوجين من الفوتونات ذات الطاقة 0.511 MeV باتجاهين متعاكسين وتسمى هذه الظاهرة بالفناء لذلك فان طاقة زوجي الفوتونات والبالغة 1.022MeV وحدها التي تترسب في موقع التفاعل .

obeikandi.com

شكل ١-١٩ كومتن



شكل ١-١٨ ضاهرة توليد الازواج



ان المقطع العرضي للتفاعل (احتمالية التفاعل) لتوليد زوج الكترون . بوزوترون تتناسب بشكل تقريبي مع $Z^2 + Z$ لذلك فهي مهمة للوسط الماص ذات العدد الذري الكبير ويزداد كذلك المقطع العرضي للتفاعل بشكل قليل بزيادة الطاقة.

obeikandi.com

د- تفاعل الاستطارة المحورة:

تحصل هذه الظاهرة عندما تكون طاقة الفوتونات قليلة جدا واقل من طاقة ربط الالكترون بالذرة ويحصل التفاعل بين الفوتون والذرة بأجمعها ولكبر كتلة الذرة فان الطاقة الممتصة تكون قليلة جدا لذلك ينحرف الفوتون بدون ان تتغير طاقته كثيرا وتكون هذه الظاهرة مهمة في بعض التطبيقات وخاصة في قياسات حيود الاشعة السينية

هـ- تفاعل الانحلال الفوتوني:

تحصل هذه الظاهرة في الطاقات العالية للفوتونات(اشعة جاما ذات الطاقة العالية) حيث تتفاعل هذه الفونونات مع النواة التي تاسرها وتبعث النيوترونات من النواة، وتتراوح الطاقة بين ٢MeV ـ ٨ MeV ما عدا الباريوم الذي تحصل فيه ظاهرة الانحلال الفوتوني عندما تكون تكون طاقة الفوتون الساقط اقل من ذلك وبحدود (٣MeV) وكذلك مهمة جدا لتوليد النظائر المشعة في المجالات الطبية.

١ – ١٣ توهين الفوتونات : **attenuation**

عند مرور الفوتونات خلال أي وسط ماص يحصل تفاعل بين الفوتونات والالكترونات او ذرات ذلك الوسط، يعتمد هذا التفاعل على طاقة الفوتون ونوع وسمك الوسط الماص. الوسط الاكثر سمكا هو الاكثر احتمالا للتفاعل فعند سقوط فوتون شدته ١ (فوتون / سم^2) على سطح ماص سمكه x فأن التفاعل يمتص قسم من الفوتونات ويوهن القسم الاخر . فاذا كانت حزمة الفوتونات الساقطة حزمة ضعيفة ورسمت العلاقة على مقياس شبه لوغارتيمي بين شدة الفوتونات النافذة (I) وسمك الوسط x نحصل على خط مستقيم تتناقص فيه الشدة مع سمك الوسط ومعادلة على ذلك الخط هي:

$$I = I_o e^{-\mu x}$$

والاشارة السالبة تدل على ان شدة الاشعاع النافذ تقل بزيادة سمك الوسط (ميل الخط المستقيم) ويسمى المقدار(μ) معامل التوهين الخطي للوسط وتقاس بمقلوب وحدات الطول (cm^{-1}) ولكن هذه الوحدة كبيرة لذلك استبدلت بوحدة اخرى تسمى البارن =(10^{-24}) سم .

وقد وجد بان (μ) يزداد بشكل خطي مع كثافة الوسط لذلك استخدم ما يسمى بمعامل التوهين الكتلي

(μ /p) والذي يفضل استخدامه لانه يعتمد على الكثافة ويعطي حسب المعادلة

$$I = I_o e^{-\mu/px}$$.

وتكون وحدات (μ /p) سم^{٢} / غم وهذا المعامل يعتمد على العدد الذري للوسط وعلى طاقة الفوتون الساقط. معامل التوهين الكتلي لمزيج من العناصر يمكن الحصول عليه من قيم التوهين الخطي لتلك العناصر وحسب المعادلة التالي $\mu_{total} = a_1 \mu_1 + a_2 \mu_2 +$

حيث ان (μ_1 , μ_2 , μ_3) هو معامل التوهين الكتلي للعناصر ١،٢

و) a (هو جزء ذلك العنصر نسبة الى المزيج الكلي فمثلا معامل التوهين للماء يعطي بالشكل

التالي :

$$(\mu_{H2O}) = (1/9\ \mu_H + 8/9\ \mu_o)$$.

obeikandl.com