جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية-المعهد الطبي

قسم تقنيات الاشعة
DEPARTMENT OF RADIOLOGY TECHNOLOGIES

الوقاية من الاشعاع الجزء النظري
Radiation Protection

2022-2023

مدرسي المادة

الدكتوره ضمياء حسن محسن

- **دكتوراه علوم فيزياء / كلية العلوم / جامعة الموصل**
- **تدريسية في قسم تقنيات الاشعة منذ عام 2006 الى الان**
- **العديد من البحوث في مجال التخصص الدقيق**
- **المشاركة في العديد من الندوات وورش العمل والمؤتمرات**
- **المواد التي تم تدريسها هي مادة الفيزياء الشعاعية ومادة السلوك المهني والوقاية من الاشعاع**

الأستاذ محمد سالم الطائي

- **ماجستير علوم الفيزياء الطبية / كلية الطب / جامعة بيلاروسيا الطبية الدولية**
- **محاضر في المعهد الطبي / قسم تقنيات الاشعة**
- **استشارية الجملة العصبية / مستشفى ابن سينا**
- **المواد التي تم تدريسها هي مادة الفيزياء الشعاعية والوقاية من الاشعاع**
- **المشاركة في العديد من المؤتمرات داخل وخارج العراق**
- **بحث علمي ضمن مجال التخصص الدقيق في مجلة عالمية**

الإشعاع:-

في الفيزياء هو انبعاث أو نقل الطاقة على شكل موجات أو جسيمات عبر الفضاء أو عبر وسط مادي وهذا يشمل:
1-الإشعاع الكهرومغناطيسي ، مثل موجات الراديو ، والميكروويف ، والأشعة تحت الحمراء ، والضوء المرئي ، والأشعة فوق البنفسجية ، والأشعة السينية ، وأشعة كاما (γ).
2- إشعاع الجسيمات ، مثل إشعاع ألفا (α) ، وإشعاع بيتا (β) ، وإشعاع البروتون ، والإشعاع النيوتروني .
3-الإشعاع الصوتي ، مثل الموجات فوق الصوتية والصوتية والموجات الزلزالية (تعتمد على وسط نقل فيزيائي).
4- إشعاع الجاذبية ، الذي يأخذ شكل موجات الجاذبية ، أو تموجات في انحناء الزمان والمكان.

انواع الاشعاع:

غالبًا ما يُصنف الإشعاع على أنه إما مؤين أو غير مؤين اعتمادًا على طاقة الموجات اوالجسيمات المشعة. يحمل الإشعاع المؤين أكثر من 10 إلكترون فولت ، وهو ما يكفي لتأين الذرات والجزيئات وكسر الروابط الكيميائية. هذا تمييز مهم بسبب الاختلاف الكبير في الضرر الذي يلحق بالكائنات الحية. المصدر الشائع للإشعاع المؤين هو المواد المشعة التي تنبعث منها إشعاع α أو β أو γ ، وتتألف من نوى الهيليوم أو الإلكترونات أو البوزيترونات والفوتونات على التوالي. تشمل المصادر الأخرى الأشعة السينية من فحوصات التصوير الشعاعي الطبية والميزونات والبوزيترونات والنيوترونات والجسيمات الأخرى التي تشكل الأشعة الكونية الثانوية التي تنتج بعد تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع الغلاف الجوي للأرض.
تشكل أشعة كاما والأشعة السينية ونطاق الطاقة الأعلى للأشعة فوق البنفسجية الجزء المؤين من الطيف الكهرومغناطيسي. تشير كلمة "تأين" إلى كسر إلكترون واحد أو أكثر بعيدًا عن الذرة ، وهو إجراء يتطلب الطاقات العالية نسبيًا التي توفرها هذه الموجات الكهرومغناطيسية. علاوة على ذلك ، لا تستطيع الطاقات المنخفضة غير المؤينة للطيف فوق البنفسجي السفلي تأين الذرات ، ولكنها يمكن أن تعطل الروابط بين الذرات التي تشكل الجزيئات ، وبالتالي تكسر الجزيئات بدلاً من الذرات ؛ وخير مثال على ذلك هو حروق الشمس الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية الشمسية ذات الطول الموجي الطويل. لا يمكن للموجات ذات الطول الموجي الأطول من الأشعة فوق البنفسجية في الضوء المرئي وترددات الأشعة تحت الحمراء والميكروويف أن تكسر الروابط ولكنها يمكن أن تسبب اهتزازات في الروابط التي يتم استشعارها على أنها حرارة. لا تعتبر الأطوال الموجية الراديوية وما دونها عمومًا ضارة بالنظم البيولوجية. وهناك بعض التداخل في تأثيرات ترددات معينة.

دليل الأنواع المختلفة من الإشعاع

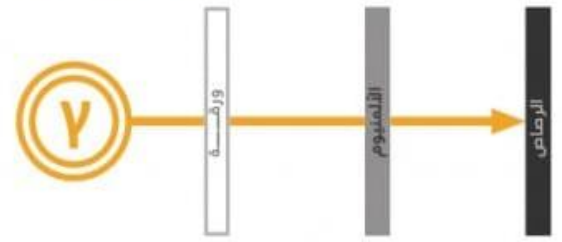
هناك ثلاثة أنواع شائعة من الإشعاع المؤين: ألفا، بيتا وكاما، يتميز كل نوع بتركيبته الخاصة، وبطبيعة المادة التي يمكن اختراقها، والقدرة على التأيين، وكذلك الاستخدامات. يقدم هذا الانفوغراف معلومات ملخصة عن كل نوع من هذه الأنواع.

كاما (γ)

إشعاع كهرومغناطيسي ذو طاقة عالية

القدرة على التأيين؟

القدرة على النفاذ؟



تستخدم

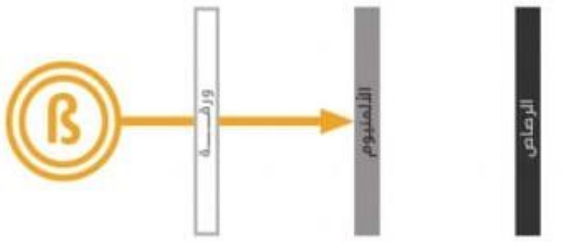
تستخدم أشعة كاما في تعقيم المعدات الطبية، والأطعمة المعلبة. تستخدم بعض التلسكوبات تقنية الكشف عن أشعة كاما لإنتاج الصور. وتستخدم هذه الأشعة كذلك في علاج السرطان إذ أنها تساعد في القضاء على الخلايا السرطانية.

بيتا (β)

الكترونات ذات طاقة عالية

القدرة على التأيين؟

القدرة على النفاذ؟



تستخدم

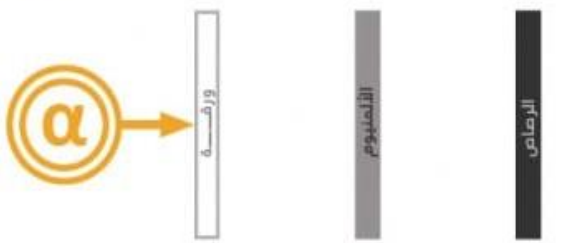
تستخدم العناصر المطلقة لأشعة بيتا طبياً كمادة كاشفة للتصوير الداخلي في جسم الإنسان، وتستخدم كذلك كعلاج للسرطان. تستخدم هذه العناصر صناعيا للكشف عن مواضع التسريب في الأنابيب المدفونة تحت الأرض، ولقياس سماكة المواد خلال عملية التصنيع.

ألفا (α)

2 بروتون و 2 نيوترون

القدرة على التأيين؟

القدرة على النفاذ؟



تستخدم

تحتوي معظم كاشفات الدخان على عنصر الأمريكيوم 241 والذي يطلق أشعة ألفا ويساعد على اكتشاف الدخان. تستخدم العناصر المطلقة لأشعة ألفا كذلك لتشغيل أجهزة ضبط نبضات القلب، وفي بعض المسبارات الفضائية ومنها مسبار كيوريوستي.

النشاط الاشعاعي (Activity) :

ظاهرة النشاط الاشعاعي للعناصر هي انحلال ذاتي او تلقائي (spontaneous decay)يحدث للنوى مع انبعاث اشعاع (اشعة الفا او بيتا او كاما....الخ) ويكون على نوعين :

1- النشاط الاشعاعي الطبيعي (Natural Radioactivity)

2- النشاط الاشعاعي الاصطناعي (Artificial Radioactivity)

ان معظم النظائر والعناصر الثقيلة ($Z > 82$) الموجودة في الطبيعة والتي تحتوي على اليورانيوم والثوريوم لها خاصية النشاط الاشعاعي الطبيعي (باستثناء البوتاسيوم (1.28×10^9) K^{40} والكاربون (C^{14}) (5730y) اللذان يعدان من العناصر الخفيفة .

اما النشاط الاشعاعي الاصطناعي فيمكن صنعه في المختبرات من خلال التفاعلات النووية وذلك بقذف نوى معينة بجسيمات مشحونة او بالنيترونات.

- **ان معدل انحلال مادة ذات نشاط اشعاعي يعتمد على نوع النظير المنحل ومع ذلك يوجد قانون انحلال (decay law) محدد يتحكم بعملية النشاط الاشعاعي لجميع العناصر المشعة .**

كما يعرف النشاط الاشعاعي بانه عدد الاضمحلالات بالثانية (disintegration/second) وهو ايضا" كمية النشاطية الاشعاعية في المادة والتي اذا حصل فيها تحلل مقداره ($3.7x10^{10}$ dis/sec) فهو يساوي الكيوري (Ci). اما الوحدة الجديدة فهي البيكرل (Bq) وتساوي (1 dis/sec) . والعلاقة هي :

$\{1Ci = 3.7x\ 10^{10}\ Bq\}$ او $\{1curie = 3.7x\ 10^{10}\ Bq\}$

بعض التعاريف :

النيترونات : هي احدى مكونات النواة وهي متعادلة الشحنة زيادتها او نقصان عددها في النواة اي نسبتها الى عدد البروتونات يساهم بشكل كبير في استقرار النويات ، تستعمل في معالجة الاورام ، واحداث التفاعلات النووية في المفاعلات وانتاج الاشعة كتلتها اكثر قليلا" من البروتون.

البروتونات : هي دقائق موجبة الشحنة وعددها يحدد هوية العنصر .وتشترك مع النويات داخل النواة ونسبتها الى عدد النيترونات تحدد النظير المستقر او الغير مستق (المشع).

الميزونات: هي جزيئات خفيفة كتلتها اكبر من كتلة الالكترون ولها انواع مختلفة تتراوح كتلتها بين (100 الى 280 مرة) يعتقد بانها تساهم في القوة النووية التي تعمل على ترابط محتويات نواة الذرة وتدعى بالصمغ النووي ،تتواجد بهيئات مختلفة (سالبة، موجبة، متعادلة)وتستخدم في المعالجة الشعاعية مثل الباي ميزون.

تكافؤ المادة والطاقة : ربط البرت اينشتاين بين مفهومي الكتلة والطاقة في نظريته النسبية ونص على(ان المادة والطاقة يتحول احداهما الى الاخر ومقدارهما في الكون ثابت . والمعادلة هي

$E= mc^2$

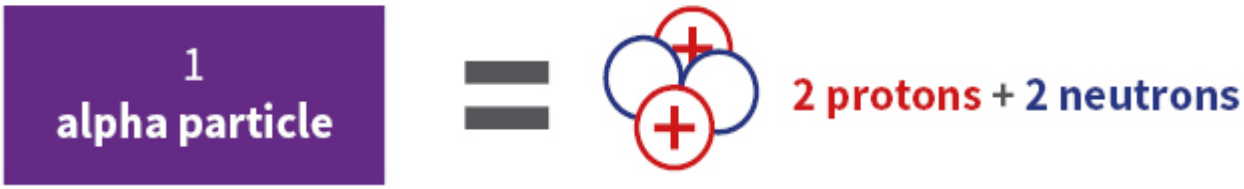
حيث ان الطاقة (E) ، والكتلة (m) ، و(c) هي سرعة الضوء

الاشعاع المؤين: هناك انواع خاصة من الاشعاعات الكهرومغناطيسية مثل الاشعة السينية واشعة كاما تؤين المادة .

جسيمات الفا Alpha particles

جسيمات ألفا بطيئة وثقيلة نسبيًا مقارنة بأشكال الإشعاعات النووية الأخرى.

جسيمات ألفا عبارة عن جسيمات مركبة تتكون من بروتونين ونيوترونين مرتبطين بإحكام (الشكل 1).



(Figure 1)

1 - التحلل بانبعاث جسيمات الفا

تنبعث من نواة بعض النويدات المشعة خلال شكل من أشكال الاضمحلال الإشعاعي ، يسمى انحلال الفا. جسيم ألفا مطابق لنواة ذرة هيليوم عادية (الكتلة الذرية أربعة) أي ذرة هيليوم مؤينة مضاعفة.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

تفقد النواة التي تنبعث منها جسيمات ألفا اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات، لذلك، يتناقص الرقم الذري Z بمقدار ٢، وينخفض رقم الكتلة A بمقدار ٤، وينخفض رقم النيوترون بمقدار ٢، يمكن كتابة الانحلال

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

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

حيث تسمى X النواة الأم و Y النواة الابنة. كقاعدة عامة في أي تعبير من الاضمحلال مثل هذا ، (١) يجب أن يكون مجموع الأعداد الكتلة Aهو نفسه على جانبي الانحلال و (٢) يجب أن يكون مجموع الأعداد الذرية Zهو نفسه على كلا جانبي الاضمحلال. على سبيل المثال ، ٢٣٨ Uو ٢٢٦ Ra كلاهما بواعث ألفا وتتحلل وفقًا للمخططات.

$$Q = (M_X - M_Y - M_\alpha)c^2$$

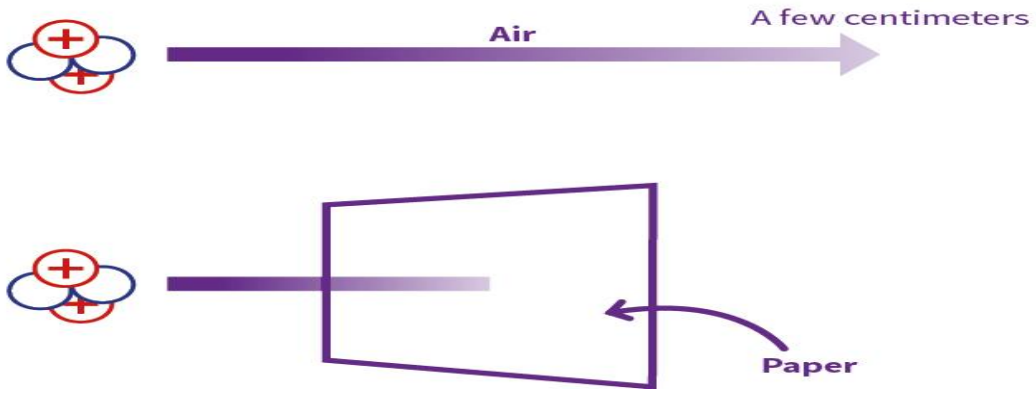
عندما تتغير نواة عنصر واحد إلى نواة عنصر آخر كما يحدث في اضمحلال ألفا ، تسمى العملية اضمحلال تلقائي، يجب الحفاظ على الطاقة النسبية وزخم النواة الأم المعزولة. إذا أطلقنا على MX اسم كتلة النواة الأم، MY كتلة النواة الابنة، و Ma كتلة جسيم ألفا ، يمكننا تحديد طاقة تفكك Q للنظام.

وحيث ان كتل النواة ثابتة وطاقة التفكك ثابتة بالنسبة لكل نواة تكون طاقة جسيمات الفا الصادرة عن نظير معين واحدة عندما تتفكك النواة الام الى نواة وليدة(الابنة) في الحالة الارضية وقد تأخذ طاقات هذه الجسيمات قيم متعددة لكنها محددة عندما تتكون النواة الوليدة في حالات إثارة مختلفة . لذلك يقال ان طيف جسيمات الفا هو طيف محدد الطاقات ويختلف من نظير لأخر ويعتبر بصمة من البصمات التي تميز هذا النظير دون غيره

كانت جسيمات ألفا (التي يطلق عليها أيضًا إشعاع ألفا أو أشعة ألفا) أول إشعاع نووي يتم اكتشافه ، وتم التعرف على جسيمات بيتا وأشعة كاما بعد فترة وجيزة.

جسيمات ألفا بطيئة وثقيلة نسبيًا مقارنة بأشكال الإشعاع النووي الأخرى. تنتقل الجسيمات بمعدل 5 إلى 7٪ من سرعة الضوء أو 20.000.000 متر في الثانية ولها كتلة تعادل تقريبًا 4 بروتونات.

نظرًا لأن جسيمات ألفا شديدة التأين ، فهي غير قادرة على اختراق المادة لمسافات بعيدة ، ويتم ايقافها بواسطة بضعة سنتيمترات من الهواء أو أقل من عُشر ملليمتر من الأنسجة البيولوجية (الشكل 2).



الآثار الصحية للتعرض لجسيمات ألفا :

جسيمات ألفا شديدة التأين بسبب شحنتها الموجبة المزدوجة وكتلتها الكبيرة (مقارنة بجسيم بيتا) ولأنها بطيئة نسبيًا. يمكن أن تسبب تأينات متعددة على مسافة صغيرة جدًا. وهذا يمنحهم القدرة على إحداث المزيد من الضرر البيولوجي لنفس المقدار من الطاقة.

لا تستطيع جسيمات ألفا اختراق الطبقة الطبيعية من الخلايا الميتة على السطح الخارجي للجلد ، ولكنها يمكن أن تلحق الضرر بقرنية العين. عادةً ما يكون إشعاع جسيمات ألفا مصدر قلق للسلامة فقط إذا حدث التحلل الإشعاعي من ذرة موجودة بالفعل داخل الجسم أو الخلية. تعتبر بواعث جسيمات ألفا خطيرة بشكل خاص إذا تم استنشاقها أو بلعها أو إذا دخلت الجرح.

بعض المصادر الشائعة لجسيمات ألفا:

تحدث العديد من بواعث ألفا بشكل طبيعي في البيئة. على سبيل المثال ، يتم إطلاق جسيمات ألفا بواسطة النويدات المشعة مثل اليورانيوم 238 والراديوم 226 وأعضاء أخرى من سلسلة اضمحلال اليورانيوم والثوريوم والأكتينيوم الموجودة بشكل طبيعي والتي توجد بكميات متفاوتة في جميع الصخور والتربة والمياه تقريبًا.
تشمل المصادر المنتجة صناعيًا لجزيئات ألفا النظائر المشعة لعناصر مثل البلوتونيوم والأمريسيوم والكوريوم والكاليفورنيوم. يتم إنتاجها بشكل عام في مفاعل نووي من خلال امتصاص النيوترونات بواسطة نظائر اليورانيوم المشعة المختلفة.

جسيمات بيتا Beta particles

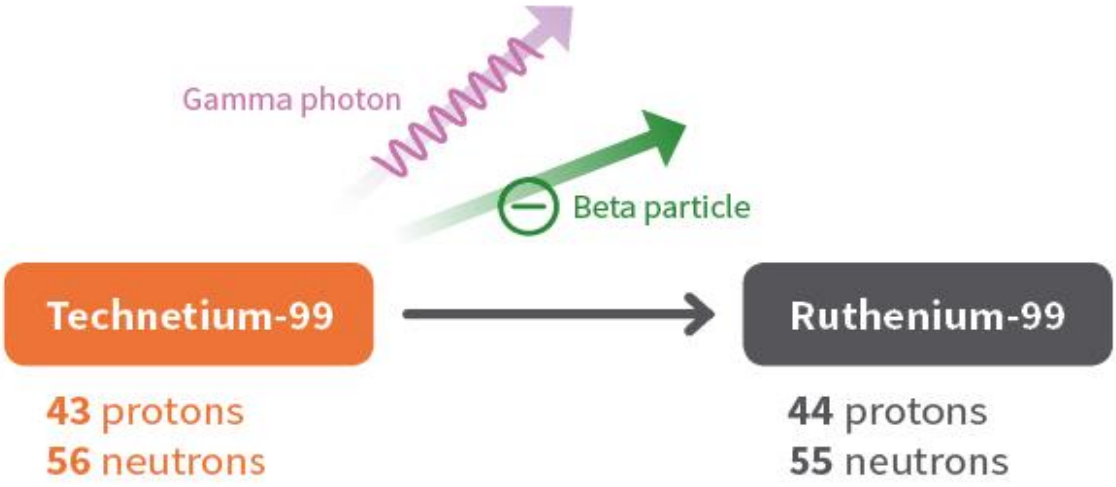
كتلة جسيمات بيتا تساوي نصف جزء من ألف من كتلة البروتون وتحمل شحنة سالبة واحدة. جسيمات بيتا (β) هي إلكترونات ذات طاقة عالية ، أو إلكترونات عالية السرعة (β-) أو بوزيترونات (β +) يتم إخراجها من النواة بواسطة بعض النويدات المشعة أثناء شكل من أشكال الانحلال الإشعاعي يسمى تحلل بيتا. يحدث تحلل بيتا عادةً في النوى التي تحتوي على عدد كبير جدًا من النيوترونات لتحقيق الاستقرار.
لأن لها كتلة صغيرة ويمكن إطلاقها بطاقة عالية ، فيمكنها الوصول إلى سرعات نسبية (قريبة من سرعة الضوء).
أنها تفقد الطاقة بسرعة من خلال التفاعل مع المادة ولديها مسار عشوائي أثناء تحركها عبر الهواء أو المواد الأخرى. جسيمات بيتا أقل تأينًا من جسيمات ألفا وعمومًا تسبب ضررًا أقل لكمية معينة من ترسب الطاقة. عادة ما يكون لديهم نطاقات عشرات السنتيمترات في الهواء (تعتمد على الطاقة) وبضعة ملليمترات في المواد.
2-التحلل بانبعاث جسيمات بيتا
يحدث انبعاث جسيم بيتا ناقص (β-) عندما تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات في النواة عالية جدًا. النيوترون الزائد يتحول إلى بروتون وإلكترون. يبقى البروتون في النواة ويقذف الإلكترون بقوة.
تقلل هذه العملية عدد النيوترونات بمقدار واحد وتزيد عدد البروتونات بمقدار واحد. نظرًا لأن عدد البروتونات في نواة الذرة يحدد العنصر ، فإن تحويل النيوترون إلى بروتون يغير فعليًا النويدات المشعة إلى عنصر مختلف.

$$^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

$$^{11}_{6}\mathrm{C} \longrightarrow {}^{11}_{5}\mathrm{B} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}^{+}$$

في كثير من الأحيان ، يصاحب انبعاث أشعة كاما انبعاث جسيم بيتا. عندما لا يقوم طرد جسيم بيتا بتخليص النواة من الطاقة الإضافية ، تطلق النواة الطاقة الزائدة المتبقية في شكل فوتون كاما.

يعد اضمحلال التكنيشيوم 99 ، الذي يحتوي على عدد كبير جدًا من النيوترونات بحيث لا يكون مستقرًا ، مثالًا على تحلل بيتا. يتحول النيوترون الموجود في النواة إلى بروتون وجسيم بيتا. تقوم النواة بإخراج جسيم بيتا وبعض إشعاع كاما. تحتفظ الذرة الجديدة بنفس العدد الكتلي ، لكن عدد البروتونات يزيد إلى 44. الذرة هي تصبح ذرة روثينيوم.



يمكن تلخيص انحلال بيتا بثلاثة انواع من التفكك :

1 - التفكك الالكتروني

نلاحظ ان اصدار الكترون من النواة ناتج عن تحول نيترون النواة عن بروتون وذلك تصبح النسبة بين البروتونات والنيترونات هي نسبة الاستقرار ويعبر عن هذا التفكك كالاتي

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}^{-}\beta$$

ومن الامثلة على التفكك الكتروني هو الكوبلت ^{60}Co يتحول الى النيكل ^{60}Ni وتحول السيزيوم الى باريوم ^{137}Ba مع انبعاث بيتا السالبة

$$^{60}Co \rightarrow {}^{60}Ni$$

$$^{137}Cs \rightarrow {}^{137}Ba$$

2- التفكك البوزتروني

في بعض الاحيان تكون نسبة النيترونات الى البروتونات في النظير المعين اقل من النسبة التي تحقق الاستقرار وفي هذه الحالة يتحول احد بروتونات النواة الى نيترون وينطلق بوزترونات يحمل شحنة موجبة كما معبرة

$$^{1}_{1}P \rightarrow {}^{1}_{0}n + \beta^{+}$$

الامثلة

الصوديوم ^{22}Na الى نيون ^{22}Ne

$$^{22}_{11}Na_{11} \rightarrow {}^{22}_{10}Ne^{*}_{12} + \beta^{+}$$

القاعدة هي

$$^{A}_{Z}X_{N} \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y_{N+1} + \beta^{+}$$

3- الاسر الالكتروني

يمكن ان يحدث تحول احد بروتونات النواة الى نيترون بطريقة خلاف المذكورة في التفكك البوزتروني ويتم ذلك بأن تأسر النواة الكترون من الكترونات المدارية القريبة من النواة وغالبا من مدار k او قريبة من L . ويتحد هذا الكترون المأسور مع احد بروتونات النواة فيتكون النيترون دون اصدار جسيم بيتا ويعرف تفكك بيتا في هذه الحالة بالأسر الالكتروني ويعبر كالاتي

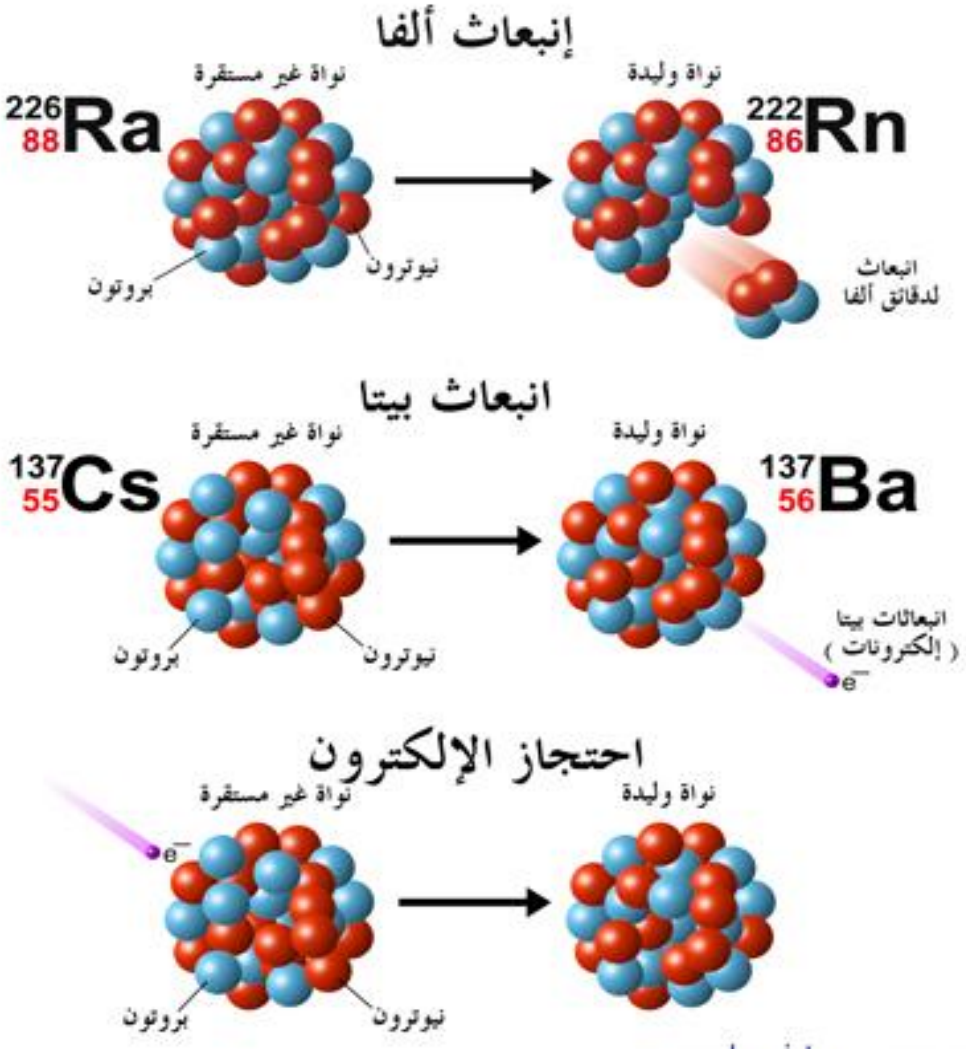
$$_{-1}^{0}e + {}_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n$$

ولقد ثبت فيما بعد انه عند حدود أي نوع من تفكك بيتا ينطلق من نواة جسيمات تعرف باسم النيترينو υ النيترينو المضاد عبارة عن جسيم متعادل الشحنة وكتلته السكونية مساوية الى الصفر ويمكن التعبير على الانواع الثلاثة للتفكك

$$^{0}n \rightarrow {}_{1}^{1}P + \beta^{-} + \upsilon^{-}$$

$$_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n1 + \beta^{+} + \upsilon$$

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



شكل يوضح انحلال جسيمات (الفا و بيتا)

الآثار الصحية للتعرض لجسيمات بيتا:

يمكن لجسيمات بيتا ، كونها أقل تأينًا من جسيمات ألفا ، أن تنتقل عبر عدة سنتيمترات أو حتى أمتار أو الهواء وعبر ملليمترات من الجلد أو الأنسجة. يمكن أن تسبب الشدة الكافية لإشعاع بيتا حروقًا ، مثل حروق الشمس الشديدة. إذا تم استنشاق النويدات المشعة الباعثة للبيتا أو تناولها ، فإنها يمكن أن تلحق الضرر أيضًا بالخلايا والأعضاء الداخلية.

بعض المصادر الشائعة لجسيمات بيتا:

تحدث العديد من بواعث بيتا بشكل طبيعي في النظائر المشعة الموجودة في سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعية لليورانيوم والثوريوم والأكتينيوم. تشمل الأمثلة الرصاص 210 ، والبزموث 214 ، والثوريوم 206. توجد أيضًا بواعث بيتا بشكل شائع في المنتجات المشعة للانشطار النووي. تشمل الأمثلة السترونشيوم 90 والسيزيوم 137.

مثال : واجب فرع (b)

اكتب المعادلة النووية لكل من العمليات الإشعاعية التالية:

a. نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}Ra$ ، يشع جسيم ألفا ليتحول إلى نظير الرادون $^{222}_{86}Rn$

b. نظير الرصاص المشع، $^{209}_{82}Pb$ يشع جسيم بيتا وضديد النيوترينو ليتحول إلى نظير البزموث $^{209}_{83}Bi$

في اغلب الاحيان تكون النوى الوليدة الناتجة عن تفكك الفا او تفكك بيتا او أي عملية نووية اخرى كالتفاعلات النووية في حالتها المثارة او التهيج . ويعني هذا ان طاقة مكونات النواة تكون اعلى من طاقتها في حالتها الارضية (الحالة المستقر) أي ان كتلة النواة في الحالة المثارة اكبر من كتلتها في الحالة الارضية . عندئذ تنتقل النواة من الحالة المثارة الى حالة اقل اثارة او الى الحالة الارضية للتخلص من طاقة الاثارة وذلك بإصدار اشعاعات كهرومغناطيسية تعرف باسم اشعة كَاما .

كما يمكن ان تتخلص النواة من طاقة الاثارة بتجميع هذه الطاقة الزائدة وتركيزها على احد الالكترونات المدارية خاصة الكترونات الموجودة في الغلاف (k) وينطلق هذا الاكترون تاركا الذرة وحاملا معه قيمه محددة من الطاقة وتعرف هذه العلمية باسم التحول الداخلي .

وتجدر الاشارة الى ان ازالة الاثارة عن طريق اصدار اشعاعات كهرومغناطيسية (اشعة كاما) يمكن ان يحدث بانتقال النواة من الحالة المثارة مباشرة الى الحالة الارضية . كذلك يمكن ان يحدث الانتقال على المراحل كأن تنتقل النواة في الحالة المثارة الى حالة اقل اثارة ثم الى حالة اقل وهكذا الى ان تصل النواة الى الحالة الارضية .

$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne* + \beta+$$

وعلامة* معناها ان النيون في حالة مثارة .

حيث يتكون النيون ^{22}Ne والذي يكون في حالة مثارة بطاقة اثارة مقدارها1.275MeV ثم تضمحل نواة النيون في الحالة المثارة الى الحالة الارضية مع اصدار اشعاعات كاما فوتون كاما(طاقته مساوية لطاقة الاثارة)

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{22}_{28}Ni + \beta^- + \upsilon^-$$

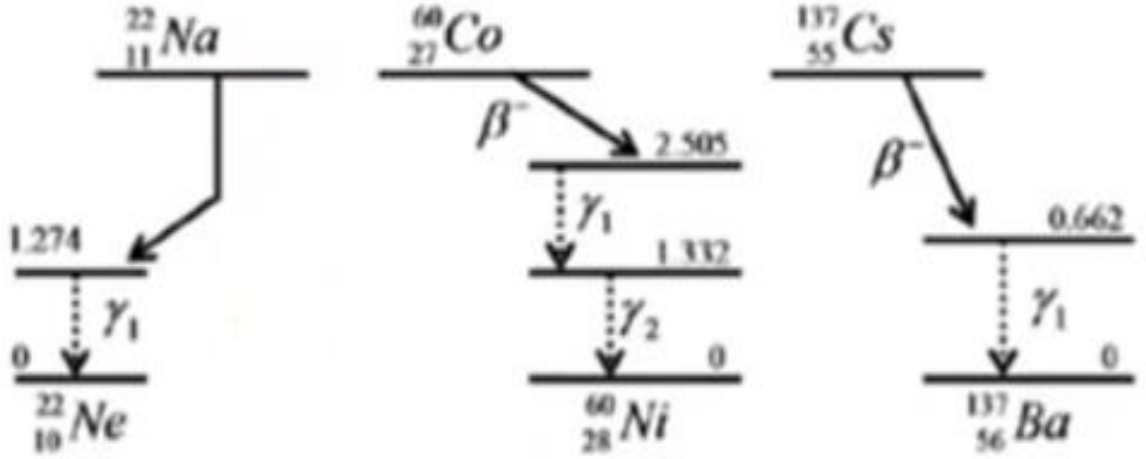
وتكون نواة النيكل في حالة الاثارة الرابعة بطاقة اثارة مقدارها 2.55MeV *فتنتقل* تضمحل نواة النيكل من هذه الحالة الى حالة الاثارة مباشرة بطاقة اثارة اقل وهي

1.332Mev *مع اصدار فوتون كاما مقدارها* 1.173MeV ثم تنتقل نواة النيكل من الحالة المثارة الاعلى الى الحالة الارضية . مع اصدار فوتون كاما بطاقة مقدارها

1.332MeV *وبصفة* عامة تكون طاقة فوتون كاما E_γ نتيجة انتقال النواة من حالة مثارة ابتدائية الى حالة اثارة نهائية اقل اثارة مساوية للفرق بين الطاقتين بالعلاقة التالية

$$E_\gamma = E_i - E_f = h\upsilon$$

υ تردد الفوتون الساقط. h ثابت بلانك.



***Q*/ ماذا تتوقع أي العناصر الآتية يمكن أن تكون مشعة أم مستقرة ؟**

(1)$^{60}_{27}Co$ (2)$^{222}_{86}Rn$ (3)$^{3}_{1}H$ (4)$^{40}_{20}Ca$

الحل :

1-العنصر $^{60}_{27}Co$ يحتوي على *27* بروتون و *33* نيرون وكلهما *N=Z* عدد فردي لذا يمكن اعتباره عنصر مشع.

2- العنصر $R_n{}^{222}_{86}$ العدد الذري *Z=86* وكما هو معلوم أن أي عنصر *Z>83* يكون عنصر مشع.

3- العنصر H^3_1 يحتوي على بروتون واحد و *2*نيرون وبما أن النسبة $2 = \frac{n}{\rho}$ لذا فهي خارج خط الاستقرارية لهذه يعتبر العنصر H^3_1 عنصر مشع .

4-العنصر $Ca^{40}{}_{20}$ يحتوي *N=20* و *P=20* وهو أحد الأعداد السحرية وهو ايضاً مزدوج السحرية *double Mayic* لذا فأن هذا العنصر مستقر .

عمر النصف هو الزمن اللازم لتحلل نصف عدد انوية الذرات للعنصر المشع .

$$T_{1/2} = \frac{t}{\mathrm{n}}$$

n هو عدد الانحلات او مرات التكرار

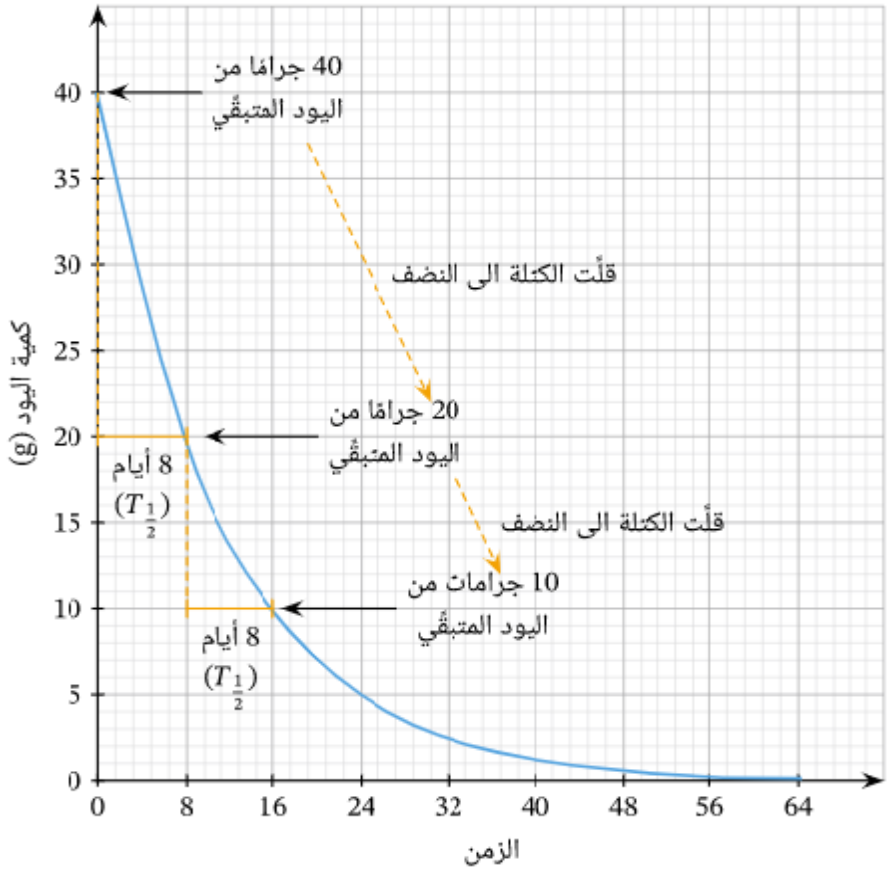
عمر النصف للنشاط الاشعاعي : Radioactive Half- Life

المادة ذات النشاط الاشعاعي لا يمكن ان تختفي نهائيا" ، فقوتها تبدأ بالضعف مع مرور الزمن وهي لاتصل الصفر ولكن يمكن قياس هذا الاضمحلال عن طريق ما يسمى بعمر النصف كما في الشكل :

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

حيث ($\mathbf{N_o}$) و (N) هو عدد النويات المشعة الموجودة اصلا" والمتبقية .(والمعادلة اعلاه سوف يتم اشتقاقها لاحقا")

يبعث الايودين ($^{131}_{53}\mathbf{I}$) اشعة (β ، γ).



نصف العمر (Radioactive Half-life): هو الزمن اللازم لأي كمية من المادة المشعة لكي تضمحل الى النصف ونصفها بالمعادلة التالية :

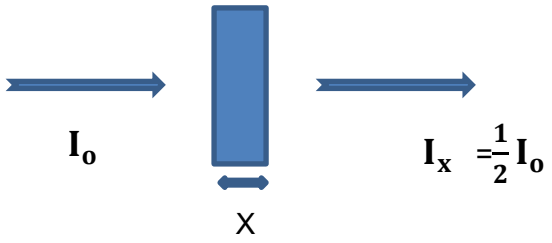
$$\mathbf{t_{1\backslash 2} = \frac{0.693}{\lambda}}$$

و(λ) هي ثابت التحويل والذي يعطي فكرة عن السرعة التي يحدث فيها الاضمحلال .

سمك الطبقة المنصف :

هو السمك اللازم لكي تنخفض شدة الاشعة النافذة خلال المادة لكي يكون مساويا" الى نصف الاشعة الداخلة .

بما ان قانون التوهين هو :



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

فان :

$$\frac{1}{2} I_o = I_o e^{-\mu x_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\mu x} \quad \Longrightarrow \quad 2 = e^{\mu x}$$

وبأخذ (ln) الطرفين :

$$\ln(2) = \mu x_{1/2}$$

$$x_{1/2} = \frac{0.693}{\mu}$$

حيث (μ) هو معامل الامتصاص الخطي ، ($x_{1/2}$) سمك المادة المنصفة .

مثال : جد عمر النصف اذا كان ثابت التفكك يساوي $0.944\ sec^{-1}$ ؟

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{0.944} = 0.7341\ \text{sec}$$

مثال/ وجد أن عنصر الثوريوم يبعث جسيم الفا يوصف بالمعادلة؟

$$\log \lambda = 56.13 - \frac{105.07 \times 10^7}{v_\alpha}$$

حيث λثابت التحلل v_α سرعة جسيم الفا .فأذا كانت الطاقة الحركية لجسيم α 33.7 ميكا الكترون فولت .جد عمر النصفي للنظير ^{224}Th .

الحل:

بما أنه $1amu = 1.67 \times 10^{-27} kg$

$$k_\alpha = \frac{1}{2}\mathrm{m}_\alpha \mathrm{v}_\alpha^2$$

$$33 \times 1.6 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 4 \times 1.67 \times 10^{-27} \mathrm{v}_\alpha^2$$

$$v_\alpha = 1.874 \times 10^7 \mathrm{m} sec^{-1}$$

بتعويضها في العلاقة المعطاة في السؤال

$$\log \lambda = 56.13 - \frac{105.07 \times 10^7}{1.874 \times 10^7}$$

$$\log \lambda = -0.0571 \rightarrow \lambda = \mathrm{e}^{-0.0571} = 0.944 \mathrm{sec}^{-1}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{0.944} = 0.7341 \text{ sec}$$

النظائر المشعة في الطب : Radioisotopes

عدة عوامل تؤثر على الاستقرار النووي . وبالطبع الاكثر اهمية هو عدد النيترونات .عندما النويات {nucleus} تحتوي اما على عدد قليل او كثير من النيترونات فان الذرة سوف تتفسخ او تتحلل بالنشاط الاشعاعي منبعث منها . النتيجة في النهاية ستصل النسبة بين عدد النيترونات الى عدد البروتونات الى النسبة الملائمة لجعلها مستقرة التركيب . بالإضافة الى النظائر المستقرة هناك نظائر مشعة منها ما هو طبيعي الاشعاع مثل اليورانيوم الذي هو موجود في تكوين الارض ولازال مستمرا بالانحلال الى الراديوم وثم يتحلل الى غاز الرادون, او نظير مشع صناعي مثل التكنيشيوم ^{99}Tc او مثل اليود $^{131}_{53}\mathbf{I}$ الذي يستخدم في علاج الغدة الدرقية اما الاول فيستخدم في تشخيص الغدة الدرقية او يضاف اليه عامل (Agent) والذي يُدار ليصل الى العضو المراد فحصه حسب نوع العامل المضاف .

ويستخدم التكنيشيوم ايضا في تشخيص وتخطيط الدماغ \ الرئة\ الكبد\ الكليتان \العظم . واضمحلاله كما يلي :

^{99}Mo الاب, $\mathbf{t_{1\backslash 2} = 2.8\ Days,}$

$\downarrow\rightsquigarrow (\beta \cdot \gamma)$

^{99}Tc ، الأبنة **E= 140KeV ,** $\mathbf{t_{1\backslash 2} = 6\ Hrs.}$

$\downarrow\rightsquigarrow (\gamma)$

^{99}Tc **الحفيدة ,** $\mathbf{t_{1\backslash 2} = 10^5\ years}$

اما اليود (I) والمستخدم في علاج الغدة الدرقية فهو يتحلل الى الزينون مع انبعاث اشعة بيتا .

$$-^{131}_{53}\mathbf{I} \mp \quad \frac{t_{1\backslash 2}=8d}{n \rightarrow p + \beta^-} \rightarrow {}^{131}_{54}\mathbf{Xe} + {}^{0}_{1}\boldsymbol{\beta}$$

وهذا مثال اخر لانبعاث اشعة(β) بيتا السالبة (يطلق عليها مجازا" اشعاع لكونه مكون من دقائق متناهية في الصغر).

ان اختيار النظير (Isotope) في المجال الطبي يعتمد على :

1- النشاطية الاشعاعية النوعية وهي النشاطية الاشعاعية مقسومة على الكتلة ،ان لا تكون عالية الاشعاعية عند استخدامها حتى لا تؤثر في النظام المراد فحصه والمحافظة على خاصيته الكيمياوية ويمكن السيطرة عليه بسهولة . وان لا تكون الكتلة كبيرة لكي يمكن امتصاصها بسهولة .

2- يجب ان يكون الدواء الصيدلي ملازم للنظير الشعاعي مثلا" يكون ($^{131}_{53}I$) ملازم الى الألبومين ويبقى ملاصق للجسم حتى يتجزأ الألبومين .

3- الاشعاع المنبعث :

أ- طاقة كاما يجب ان لا تكون منخفضة لكي لا تمتص من قبل الجسم .

ب- منع اي اشعاع غير مرغوب به مثلا": عندما يكون اشعاع كاما اساسي للكشف عنه فيجب ان لا يكون هناك اشعاع اخر مثل (α ، β) موجود لان هذا يرفع كمية الاشعاع المستعملة من قبل المريض ولا يُحسن قابلية الكشف عنه (يعني عمليا" يجب تجنب اشعاع (α ، β)) .

ت- طاقة كاما يجب ان لا تكون عالية لكي لا تؤثر على الجسم وحتى لا يكون الاشعاع غي المرغوب فيه يحتاج الى حاجز واقي سميك .

قانون انحلال النشاط الاشعاعي

لنفرض ان (N) من النوى المشعة موجودة في عينة معينة في الزمن (t) والتي لم تنحل بعد. لذا فأن العدد المنحل (dN) خلال فترة زمنية (dt) (اي من t الى t + dt) . يجب ان يتناسب مع(N) و (dt) :

$$-dN \propto Ndt$$

ان الاشارة السالبة تعني ان هناك نقصا في عدد النوى المشعة . لذا فان $-dN = \lambda N\, dt$

حيث (λ) هو كمية ثابتة ويسمى بثابت الانحلال (disintegration or decay constant) والذي يمثل احتمالية انحلال اي نواة مشعة في وحدة الزمن ، وعلى هذا يمكن كتابة ثابت الانحلال على وفق الشكل الاتي :

$$\lambda = -\frac{(dN/dt)}{N} \quad \text{---------} \quad (1)$$

والان نحسب عدد النوى المشعة N(t) الموجودة في اي فترة زمنية t . وهو ما يعرف بقانون الانحلال . وذلك باستخدام المعادلة اعلاه وعلى وفق الاتي :

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

وعندما نجري التكامل للحصول على (N(t فأن حدود التكامل تحدد من الشروط الابتدائية .

ففي الزمن t=0 ، فان $N = N_o$ وفي الزمن t يكون عدد النوى مساويا الى N=N(t) وعلى هذا فان :

حيث ان c ثابت التكامل وتحدد قيمته من الشروط الابتدائية ، وبهذا فأن

$$\ln N_o = 0 + c = c _____ (4)$$

بتعويض قيمة (*c*) من معادلة (4) في معادلة (3) نحصل عل ما يعرف بالقانون الاسي لانحلال النشاط الاشعاعي (*exponential decay law*) او قانون الانحلال فقط .

$$N(t) = N_o e^{-\lambda t} _____ (5)$$

(اشتقاق المعادلة 5 مهم)

ويمكن كتابة هذا القانون بدلالة الفاعلية الاشعاعية (*A*) *Activity* والتي تعرف بانها معدل الانحلال للنشاط الاشعاعي والذي يساوي ($N\lambda$) .من معادلة رقم (1).($A=N\lambda$)

حيث ان (*N*) عدد ذرات العنصر المشع وتعطى بالعلاقة :

$$N = \frac{W(gm)}{A'} N_a$$

حيث (*W*) الوزن بالغرامات

(A') الوزن الذري (العدد الكتلي).

(N_a) عدد افوكادرو 6.02×10^{23}

وبطريقة اخرى يمكن الحصول على (*A*) بضرب طرفي المعادلة (5) بـثابت الانحلال (λ) ونحصل على :

$$A(t) = A_o e^{-\lambda t}$$

مثال: احسب الوزن بالغرامات لبولونيوم (Po^{218}) المشع عمره النصفي (3.05 min) اللازم لإنتاج كيوري واحد من النشاط الاشعاعي؟

الحل:

$$t_{1\backslash 2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{3.05 \times 60} = 3.8 \times 10^{-3} sec^{-1}$$

$$A = N\lambda$$

$$N = \frac{W(gm)}{A'} N_a$$

$$N = \frac{W(gm)}{218} 6.02 \times 10^{23}$$

نعوض قيمة (N) في معادلة معدل الانحلال للنشاط الاشعاعي على اعتبار ان :

(1cure= $3.7 \times 10^{10} dis/sec$)

$$3.7 \times 10^{10} = \frac{6.02 \times 10^{23}}{218} \times W \times 3.8 \times 10^{-3}$$

$$W = 35.269 \times 10^{-10} gm$$

واجب : احسب الوزن بالغرامات للراديوم (Ra^{226}) عمره النصفي(1620 year) اللازم لإنتاج كيوري واحد من النشاط الاشعاعي ؟

تفاعل الاشعاع المؤين مع خلايا الجسم

عند سقوط الإشعاعات المؤينة على الخلية فإنها تؤدي إلى تأين بعض مكوناتها و خصوصا جزيئات الماء, الذي يمثل الجزء الأكبر في أي خلية حية. و يؤدي تأين الماء إلى حدوث تغيرات كيميائية قد تؤدي بدورها إلى إحداث تغيرات في وظيفة الخلية. و يمكن أن تظهر نتائج هذه التغيرات في الإنسان في شكل أعراض ،كالمرض الإشعاعي , أو إعتام عدسة العين , أو في الإصابة بالسرطان على المدى الطويل.

و هكذا تؤدي الأشعاعات المؤينة إلى إتلاف الخلية من عدة مراحل مختلفة و معقدة نوجزها في ما يلي :

1- المرحلة الفيزيائية :The physical stage

تتم هذه المرحلة خلال زمن قصير جدا (حوالي 10^{-16} ثانيه) من لحظة دخول الإشعاع أو الجسيم للخلية. و في هذه المرحلة تنتقل الطاقة من النوع المعين من الإشعاعات إلى جزئيات الماء بالخلية و يحدث التأين طبقا للتفاعل التالي:

$$\text{photon or particle} + H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$$

حيث H_2O^+ أيون ماء موجب و e^- الكترون سالب

2- المرحلة الفيزيو كيميائية :The physico-chemical stage

و تتم هذه المرحلة خلال زمن قصير (حوالي 10^{-6}ثانيه)بعد حدوث التأين , و يحدث خلالها تفاعل الأيونات الموجبة و السالبة مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن هذا التفاعل عدة مركبات جديدة. فعلى سبيل المثال , يمكن أن يتحلل أيون الماء الموجب مكونا أيون هيدروجين موجب H و أيون هيدروكسيد OH طبقا للمعادلة التالية:

$$H^+H_2O^+ \rightarrow \text{OH} + \text{أيون موجب}$$

حيث ان H ايون موجب

أما الإلكترون السالب e^- فيمكن أن يتحد مع جزئي ماء متعادل مكونا بذلك أيون ماء سالب , أي أن :

$$+ H_2O \rightarrow H_2O^- e^-$$

حيث أن الناتج أيون ماء سالب

ثم يتحلل هذا الأيون مكونا الهيدروجين و أيون الهيدروكسيد السالب أي :

$$H_2O^- \rightarrow H + OH^-$$

و هكذا تؤدي هذه التفاعلات إلى تكوين كل من أيون الهيدروجين الموجب H^+ و أيون الهيدروكسيد السالب OH^- و ذرة الهيدروجين المتعادلة ,Hو جزئي الهيدروكسيد المتعادل , OHو أيونات الهيدروجين H^+ الموجبة و الهيدروكسيد OH^- السالب موجودة دائما في الماء و لا تشترك عموما في إحداث تفاعلات تالية.

أما بالنسبة للنواتج الأخرى و هي الهيدروجين , Hو الهيدروكسيد OH المتعادلة فهي معروفة بنشاطها الكيميائي الشديد. كذلك , يمكن أن يتكون ناتج آخر هو فوق أكسدي الهيدروجين الذي يعتبر عاملا مؤكسدا قويا و ذلك طبقا للتفاعل التالي:

$$OH + OH \rightarrow H_2O_2$$

3- المرحلة الكيميائية : The chemical stage

تستغرق هذه المرحلة عدة ثوان بعد المرحلة السابقة, و يتم خلالها تفاعل نواتج المرحلة السابقة و هي ذرة الهيدروجين H و جزئي الهيدروكسيد OH و فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 مع الجزئيات العضوية المختلفة في الخلية فمثلا , يمكن أن تتفاعل هذه النواتج مع الجزئيات المعقدة التي تتكون منها الكروموسومات و تؤدي إلى تكسير تراكيبها المتسلسلة الطويلة و يمكن أن تحدث, بالتالي. بعض التغيرات في الجينات.

4- المرحلة البيولوجية :The biological stage

يتراوح زمن هذه المرحلة بين عدة دقائق و عدة عشرات السنوات . و تبدأ في هذه المرحلة ظهور تأثيرات التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية, و بعض هذه التأثيرات هي:

أ- موت الخلية.

ب-منع أو تأخر إنقسام الخلية أو زيادة معدل إنقسامها.

جـ - حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا إلى الخلايا الوليدة.

و هكذا , فإن تأثيرات الإشعاع على الإنسان و الكائنات الحية ناتجة عن إتلاف الخلايا. و يمكن أن تتجلى هذه التأثيرات في نفس الشخص المتعرض للإشعاع نتيجة إتلاف الخلايا العادية لجسمه و تعرف هذه التأثيرات, عندئذ, بالذاتية.

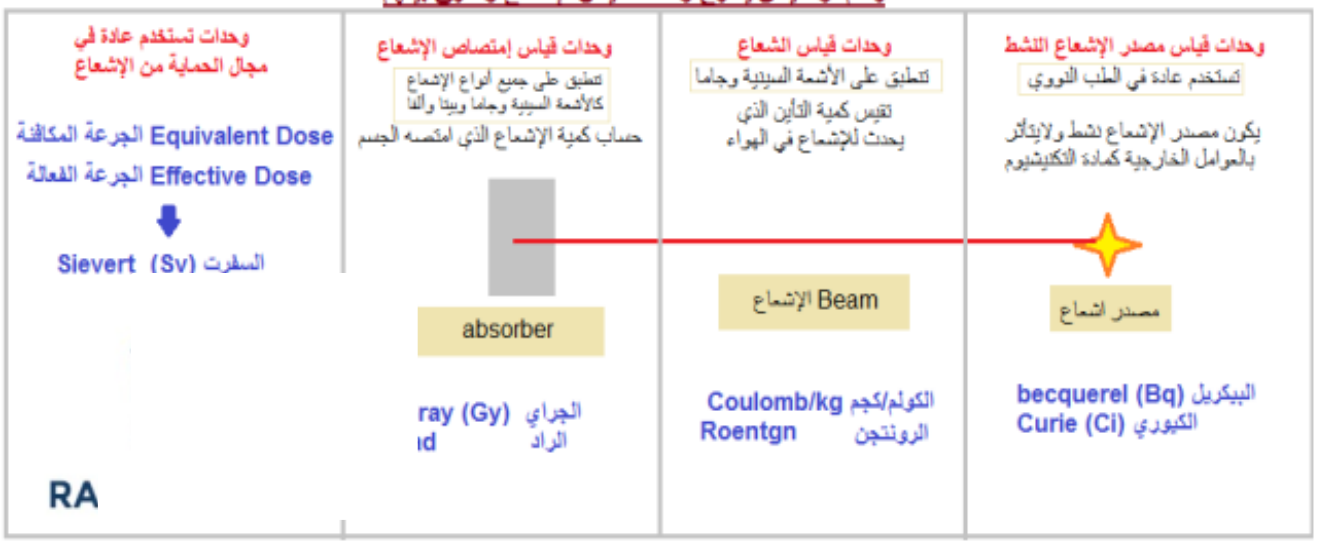
كذلك يمكن أن تنتقل هذه التأثيرات إلى الأبناء أو الأجيال التالية للشخص المتعرض, و تعرف التأثيرات , عندئذ, بالوراثية.

و تنتج هذه التأثيرات الوراثية عن إتلاف خلايا الأعضاء التناسلية للشخص المتعرض للإشعاعات المؤينة.

الوحدات المستخدمة في قياس الأشعاع

الوحدات المستخدمة في قياس الأشعة كثيرة ومتنوعة. ولكي يسهل فهمها وإستيعابها لابد من وجهة نظري أن يتم تصنيفها. لقد قسمت الموضوع إلى أربع أجزاء. كل جزء يعبر إما عن حالة الشعاع الصادر. أو الغرض من حساب كمية الأشعة.

رسم توضيحي يشرح وحدات قياس الإشعاع والفرق بينهم



التعرض (شدة المصدر)	النظام الدولي للوحدات (SI) إضرب	في	النظام الامريكي للحصول على
الجرعة الممتصة	بيكريل (Bq)	3.7×10^{10}	كوري (Ci)
الجرعة المؤثرة بيولوجيا	جري (Gy)	0.01	راد (rad)
الشدة	سيفيرت (Si)	0.01	رِم (rem)
	كولوم/كجم في الهواء	2.58×10^{-4}	رونتجين (R)

الحالة الأولى: وحدات قياس مصدر الإشعاع النشط

الإشعاع النشط radioactive هو الإشعاع الصادر من المادة بشكل مستمر ونشط بغض النظر عن العوامل الخارجية. أفضل أمثلة لهذا النوع من الإشعاع هي التي تستخدم في الطب النووي. فمادة التكنيشيوم تعتبر مادة مشعة نشطة radioactive material.وتسمى هذه الظاهرة بـ النشاطية الإشعاعية radioactivity . ويوجد وحدتان تستخدم في العادة لقياس هذا النوع من الإشعاع وتستخدم عادة في الطب النووي.

البكريل becquerel هو وحدة القياس الدولية SI للنشاطية الإشعاعية ويمكننا تعريفه بعدد الإشعاعات التي تصدرها العينة المشعة بمعدل انحلال واحد في الثانية الواحدة. ويتخذ الرمز التالي Bq.والإنحلال هو إضمحلال المادة المشعة ويطلق عليه بالإنجليزية decay.

لكن الوحدة الأكثر إستخدام هي وحدة الكيوري Curie ورمزها .Ciوالكيوري هو نشاط عينة تنحل فيها في الثانية الواحدة 3.7 * 10 10 . ويتم في الغالب التعبير عنهما إما بالملي كيوري mCi أو بالميكروكيوري .µCi

الحالة الثانية: وحدات قياس الشعاع

ويسمى Radiation Exposure وهي تقيس كمية التأين الذي يحدث للإشعاع في الهواء. ومن خواص الإشعاع أنه يتأين ionization عند دخوله للمادة. والهواء هنا يعتبر نوع من أنواع المادة .matterفي هذا النوع نحن نقيس كمية الشحنة الناتجة من التأين. وكما نعرف من مرحلة الثانوية أن الشحنة الكهربائية يتم قياسها بوحدة الكولوم .Coulombويمكن تطبيق هذه الوحدة على أشعة جاما أو الأشعة السينية على حد سواء.

أما كيف نستخدم هذه الوحدة في الأشعة؟ نستخدمها عندما نقيس كمية الإشعاع الكافية لإنتاج شحنة بمقدار 1 كولوم في كيلو واحد من الهواء. وتكون الوحدة هنا كولوم/كجم .Coulomb/kg

ويوجد وحدة أخرى تقليدية لقياس هذا النوع وهي وحدة الرونتكن .Roentgnوهذه الوحدة هي وحدة قديمة ويمكننا تعريفها كالتالي: كمية الأشعة الكافية لإنتاج شحنة بمقدار 2.58*10^-4 كولم/كجم.

للتحويل بين الرونتكن والكولوم/كجم نستخدم هذه العلاقة

$$I\,R = 2.58 \times 10\text{-}4\ \text{Coulomb/kg air}$$

الحالة الثالثة: وحدات قياس إمتصاص الإشعاع

عندما تدخل الأشعة جسم الإنسان على سبيل المثال يحدث لها إمتصاص وتسمى هنا بـ .Absorbed Dose ويمكن تطبيق هذه الوحدات لحساب كمية الإشعاع الممتص لمختلف أنواع الإشعاع كالأشعة السينية وجاما وبيتا وألفا. والوحدة الدولية لقياس إمتصاص الإشعاع هي وحدة الكراي Gray ورمزها .Gy والكراي هو إمتصاص 1 جول joule من الطاقة في 1 كغم من المادة. هذا يعني أنه عندما يتم إمتصاص 1 جول من طاقة الإشعاع بواسطة 1 كجم من المادة تكون الطاقة الممتصة 1كراي.

يوجد وحدة أخرى تقليدية لقياس إمتصاص الإشعاع هي وحدة الراد .RADوتساوي إمتصاص10^-2 جول من طاقة الإشعاع في 1 كغم من المادة.

للتحويل بين الكراي والراد نستخدم هذه العلاقة

$$1\ \text{Gy} = 100\ \text{rad}$$

الحالة الرابعة: وحدات تستخدم عادة في مجال الحماية من الإشعاع

ويمكننا تقسيم هذه الوحدات على قسمين لكي يسهل فهمها:

الجرعة المكافئة Equivalent Dose

الأنواع المختلفة من الأشعة لديها قدرة على إحداث الأضرار في جسم الإنسان بدرجات مختلفة. الجرعة المكافئة تقيس هذا النوع من الضرر. ما أقصد قوله هنا هو أن يوجد إختلاف بين الجرعة الممتصة absorbed dose والجرعة المكافئة .equivalent dose

وحدة قياس الجرعة المكافئة هي السفيرت Sievert ورمزها Sv

وبدون الدخول بالتفاصيل فقط أريد القول بأنه يتم حساب الجرعة المكافئة عن طريق ضرب الجرعة الممتصة absorbed dose بعامل معين لكل نوع من الإشعاع. فالأشعة السينية لديها عامل يختلف عن جاما وبيتا وهكذا.

الجرعة الفعالة Effective Dose

الأنواع المختلفة من أعضاء وأنسجة جسم الإنسان لديها حساسية مختلفة للإشعاع. فبعض الأنسجة يكون ضعيف في مواجهة الإشعاع. الجرعة الفعالة تأخذ في الإعتبار حساسية الأعضاء المختلفة للأشعة

وحدة قياس الجرعة الفعالة هي أيضاً السفيرت Sievert ورمزها Sv

أيضاً بدون الدخول في عمق التعقيدات الحسابية تُحسب الجرعة الفعالة عن طريق ضرب الجرعة المكافئة بعامل معين. يختلف هذا العامل بإختلاف أنسجة جسم الإنسان.

الكمية الأشعاعية	الوحدات (النظام الدولي(SI	مقدارها
طاقة الشعاع	الجول J	$1J=6.2422\times10^{18}$ eV
النشاط الأشعاعي	الكوري Ci ، وقد استبدلت بوحدة أصغر منها وهي البيكرل Bq	$1Ci=3.7\times10^{10}$ اضمحلال في الثانية 1Bq=1اضمحلال في الثانية
الجرعة الممتصة	الرادrad ، وقد استبدلت بوحدة أكبر منها وهي الجراي Gy	1rad=100 erg/g=0.01 J/kg 1Gy=100 rad=1 J/kg
التعرض الأشعاعي	الرونتجن R	$1R=2.58\times10^{-4}$ C/kg في الهواء
الجرعة المكافئة	الرم rem ، وقد استبدلت بوحدة أكبر منها وهي السيفرت Sv	1 rem=1rad 1 Sv =100 rad = 1 . Gy