مبادئ أساسية

في الفيزياء الذرية الفيزياء النووية

الدكتور نبيل درغام

مبادئ أساسية في الفيزياء الذرية

الفيزياء النووية، والنشاط الإشعاعي

Fundamental principles in the atomic physics, the nuclear physics, and the radioactivity

18 – النشاط الإشعاعي The radioactivity

19 – التفكك الإشعاعي The radioactive decay

20 – قانون التفكك الإشعاعي Radioactive decay law

21 – عمر النصف (الدور) Half-life (period)

22 – العمر الوسطي (الاستمرارية) Mean lifetime (continuity)

23 – النشاط (الفعالية) Activity

24 – العلاقة بين كتلة العنصر المشع، ونشاطه ودوره
Relationship between the radioelement mass, his activity, and his period

25 – النظائر المشعة واستخدامها في الطب Radioisotopes and their medical uses

26 – عناصر التقفي (الاقتفاء) الإشعاعية Radioactive tracers

27 – الدور الحيوي والدور الفعلي Biological period and effective period

18 – النشاط الإشعاعي The radioactivity:

يُقسم النشاط الإشعاعي إلى قسمين: طبيعي (تلقائي) وصنعي (اصطناعي).

يعود اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي إلى العالم هنري بيكريل عام 1896 حيث كان لهذا الاكتشاف أهمية كبرى في تطور الفيزياء الذرية والنووية. وبعد عامين من ذلك التاريخ استطاعت ماري كوري اكتشاف هذه الظاهرة وبرهنت على أن النشاط الإشعاعي الطبيعي هو خاصة تتمتع بها نوى بعض النظائر وأن شدة الإشعاع تتناسب طرداً مع عدد نوى العنصر المشع ولا تتعلق لا بطبيعة المادة المستخدمة ولا بتركيبها الكيميائي. وفي عام 1899 درس رذرفورد طبيعة الإشعاع الصادر عن هذه المواد. يُعبر النشاط الإشعاعي الطبيعي عن قدرة نوى العناصر ذات العدد الذري $Z > 83$ (البيزموت له $Z = 83$) على التحول تلقائياً (أي بدون مؤثرات خارجية: كالتسخين إلى درجات حرارة مرتفعة أو تطبيق حقول كهربائية ومغناطيسية أو الضغوط العالية) إلى نوى عناصر أخرى، ويترافق ذلك بتحرير نوع خاص من الإشعاعات وبانطلاق كمية كبيرة من الحرارة، وتسمى هذه الظاهرة بالتفكك الإشعاعي. ينضوي تحت اسم إشعاعات النشاط الإشعاعي ثلاث أنواع من الأشعة المختلفة بطبيعتها ولكنها ذات خواص عامة واحدة سميت تاريخياً بأشعة ألفا، بيتا وغاما. أما ظاهرة النشاط الإشعاعي الاصطناعي فقد اكتشفت عام 1934 من قبل العالمين فريدريك جوليو وإيرين كوري.

وفي ما يلي سوف نوجز أهم الصفات والمميزات التي تتصف بها كل من إشعاعات ألفا، بيتا وغاما.

أ – تتصف أشعة ألفا بأنها عبارة عن جسيمات مشحونة بشحنة مضاعفة موجبة، وهي تمتلك عدد ذري 2 وعدد كتلي 4 وهي بذلك تقابل نوى ذرات الهليوم، يرمز لها بأحد الرمزين التاليين: $^{4}_{2}\mathrm{He}^{++}$ أو $^{4}_{2}\alpha$ (أو اختصاراً α). تمتلك جسيمات ألفا الصادرة عن النظائر المشعة المختلفة طاقات حركية كبيرة مختلفة تتراوح بين $1-10\,\mathrm{MeV}$، وكذلك تمتلك سرعات مختلفة تتراوح بين: $7000-20000\,\mathrm{Km}\times\mathrm{s}^{-1}$. يتميز مسار جسيمات ألفا بأنه عبارة عن خطوط مستقيمة قصيرة يختلف طولها تبعاً لطاقتها الابتدائية. كما تمتاز جسيمات ألفا بأنها ذات قدرة تأينية كبيرة وذلك بسبب كبر كتلتها وشحنتها الموجبة المضاعفة، ولكنها بالمقابل ذات قدرة اختراق (نفوذ) ضعيفة في الأوساط المادية التي تجتازها. يقدر طول مسارها في الهواء بين $2-8.5\,\mathrm{cm}$ وذلك تبعاً للنظير المشع، وتعتبر هذه القيمة من الخواص المميزة والثابتة للعنصر المشع عند درجة حرارة معينة. أما ضمن الأنسجة الحية فيقدر طول مسارها بعشرات الميكرومتر. فعلى سبيل المثال إذا سقطت حزمة من تلك الأشعة على سطح الجلد فإنه سرعان ما تفقد كامل طاقتها في خلايا الطبقة السطحية للأدمة. يمكن تحقيق الحماية من تأثير جسيمات α باستخدام طبقة رقيقة جداً من أية مادة كانت (قماش، ورق السميك، ...).

يكمن الخطر الأساسي لجسيمات α عند إصابتها لأغشية جهاز التنفس وجهاز الهضم وذلك من جراء استنشاق غازات أو تناول أغذية ملوثة بنظائر مشعة.

تصدر أشعة α عن نوى الذرات الثقيلة جداً (أي التي لها عدد ذري $Z > 83$) ويُعبر عن ذلك بمعادلة التفكك النووي التالية:

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

لنأخذ على سبيل المثال تفكك نظير اليورانيوم ٢٣٨:

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

ب – تتصف أشعة بيتا بأنها عبارة عن جسيمات مشحونة وهي على نوعين: إما سالبة (بالنسبة لغالبية العناصر الذرية المشعة) وهي عبارة عن إلكترونات وتدعى بأشعة بيتا السالبة، ويرمز لها بأحد الرمزين التاليين: ${}^{0}_{-1}e$ أو ${}^{0}_{-1}\beta$ (أو اختصاراً e^{-} أو β^{-})، وإما موجبة (بالنسبة لبعض النظائر المشعة الاصطناعية) وهي عبارة عن بوزيترونات (أي إلكترونات ذات شحنة موجبة) وتدعى بأشعة بيتا الموجبة، ويرمز لها بأحد الرمزين التاليين: ${}^{0}_{+1}e$ أو ${}^{0}_{+1}\beta$ (أو اختصاراً e^{+} أو β^{+}). تمتلك جسيمات بيتا بنوعيها طاقة حركية متغيرة من الصفر وحتى قيمة عظمى $\mathrm{E}_{\max}$، التي توافق سرعة قريبة من سرعة الضوء. يتميز مسار أشعة بيتا بأنه مستقيم في البداية وسرعان ما يأخذ شكل زيك–زاك. تمتاز أشعة بيتا بأنها ذات قدرة تأينية أقل من جسيمات ألفا ولكنها بالمقابل تمتاز بقدرة اختراق (نفوذ) أكبر من جسيمات ألفا في الأوساط المادية التي تجتازها. يقدر طول مسارها في الهواء بعدة أمتار، أما في الأنسجة الحية فيتراوح طول مسارها بحسب طاقتها الابتدائية بين جزء من الميكرون إلى بضع ميليمترات. إذا سقطت حزمة من أشعة بيتا على سطح الجلد فإن بإمكانها أن تخترق الطبقات العميقة من الأدمة حيث تتخلص عند هذا المستوى من قسم كبير من طاقتها. يمكن تحقيق الحماية من تأثير جسيمات β بنوعيها باستخدام طبق من البلاستيك أو الزجاج أو أي معدن خفيف تكون سماكته من مرتبة $1\mathrm{cm}$. يكمن الخطر الأساسي لجسيمات β عند إصابتها لأغشية جهاز التنفس وجهاز الهضم وذلك من جراء التلوث الإشعاعي الداخلي.

تصدر أشعة β^{-} عن نوى العناصر المشعة بشكل طبيعي والتي تمتلك فائض في النيوترونات بالنسبة لعدد البروتونات ويُعبر عن ذلك بمعادلة التفكك النووي التالية:

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu} $$

لنأخذ على سبيل المثال تفكك نظير الكوبالت ٦٠:

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

أما أشعة β^+ فتصدر عن نوى العناصر المشعة بشكل اصطناعي والتي تمتلك فائض في البروتونات بالنسبة لعدد النيوترونات، ويُعبر عن ذلك بمعادلة التفكك التالية:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\nu$$

لنأخذ على سبيل المثال تفكك نظير الكربون ١١:

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

ج – تتصف أشعة غاما بأنها أمواج كهرطيسية وبالتالي فهي فوتونات متعادلة كهربائياً (لا تحمل شحنة) ولا تمتلك كتلة ولا عدد ذري وهي بذلك عبارة عن جسيمات طاقية يرمز لها بالرمز $^{0}_{0}\gamma$ (أو اختصاراً γ). تمتاز فوتونات غاما الصادرة عن النظائر المختلفة بكونها تمتلك طاقة حركية مختلفة، حيث تتراوح بين عشرات الإلكترون فولط إلى أكثر من $1\mathrm{MeV}$، كما تتميز بطول موجة قصير جداً ($\lambda \leq 0.1\mathrm{nm}$)، وسرعة تماثل سرعة الضوء. وتمتاز فوتونات غاما أيضاً بأنها ذات قدرة تأينية أقل بكثير من جسيمات ألفا وبيتا، إلا أن قدرتها التأينية الإجمالية أكبر بكثير من جسيمات ألفا وبيتا وذلك بسبب أن فوتونات غاما تحرض تأيناً ثانوياً من خلال التشتت على إلكترونات الحرة (مفعول كومبتون) أو بالامتصاص (المفعول الكهرضوئي). وتمتاز فوتونات غاما بأنها ذات قدرة اختراق (نفوذ) أكبر بكثير من جسيمات ألفا وبيتا، ويعود السبب في ذلك لانعدام كتلتها ولسرعتها التي تماثل سرعة الضوء. يقدر طول مسارها في الهواء بمئات من الأمتار، أما في الأنسجة الحية فهي قادرة على اختراق هذه الأنسجة وبالتالي الجسم بأكمله بيسر وسهولة. تتحقق الحماية من إشعاعات غاما باستخدام طبقة سميكة من الماء أو التربة أو البيتون المسلح أو الجدران القرميدية وأيضاً بواسطة المعادن الثقيلة مثل الرصاص حيث تستخدم طبقة منه يصل سمكها إلى بضع سنتيمترات.

تصدر أشعة غاما بصفة عامة من إزالة الإثارة للنواة الناتجة عن إصدارات ألفا أو بيتا وذلك وفق التفاعل النووي التالي:

$$Y^{*} \rightarrow Y + {}^{0}_{0}\gamma$$

لنأخذ على سبيل المثال ناتج تفكك β^- حيث نجد أن: $^{60}_{28}\mathrm{Ni}^{*} \rightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + {}^{0}_{0}\gamma$

ملاحظات Remarks:

1 – تختلف جسيمات β^- و β^+ عن إلكترونات الذرة من حيث مصدرها وليس من حيث الشكل الفيزيائي، فهي تصدر عن النواة.

2 – عندما تدخل أشعة β^+ وتنخفض طاقتها إلى أدنى مستوى لها وتكون في تماس مع إلكترونات الوسط يحدث تفاعل فناء (الفناء البوزيتروني) يترافق ذلك بتحرير –على الأغلب– إشعاعي غاما كل منهما بطاقة قدرها $0.511\,\mathrm{KeV}$ يصدران تقريباً بزاوية قدرها 180^o أحدهما بالنسبة للآخر. يعتبر هذا الإصدار المضاعف لأشعة غاما مميز للنشاط الإشعاعي β^+.

19 – التفكك الإشعاعي The radioactive decay:

لا بدّ أولاً من أن نعرف ما يلي:

النوى الأم الغير مستقرة وهي عبارة عن نوى النظير المشع الأصلي القابلة للتفكك.

النوى البنت (الابن) هي النوى التي تنتج عن تفكك النوى الأم.

بناءً على ذلك يمكن أن نميز بين حالتين أساسيتين من التفكك الإشعاعي ترتبطان بحالة النوى البنت (الابن) الناتجة عن تفكك النواة الأم وهما:

أ – حالة النوى البنت (الابن) المستقرة.

ب – حالة النوى البنت (الابن) الغير مستقرة (سلسلة التفكك الإشعاعية).

سوف نقتصر في دراستنا على حالة النوى البنت (الابن) المستقرة، وفيما يلي نورد بالتفصيل أهم القوانين الخاصة بالتفكك الإشعاعي.

20 – قانون التفكك الإشعاعي Radioactive decay law:

في عام 1900 اكتشف العالم رذرفورد أن معدل إصدار الجسيمات من مادة مشعة غير ثابت مع الزمن ولكنه يتناقص أسياً (أنظر الشكل – 4)، وتشير خاصية الارتباط الأسي بالزمن والمميزة لكل النشاطات الإشعاعية إلى أن التفكك الإشعاعي هو عملية إحصائية، وأن احتمال التفكك الإشعاعي من أجل كل نواة خلال وحدة الزمن عبارة عن مقدار ثابت لا يتعلق بالشروط الفيزيائية والكيميائية للعنصر المعتبر، ويتحدد ذلك بمعامل يسمى ثابت التفكك ويرمز له بالرمز λ ويقدر بإحدى الوحدات التالية:

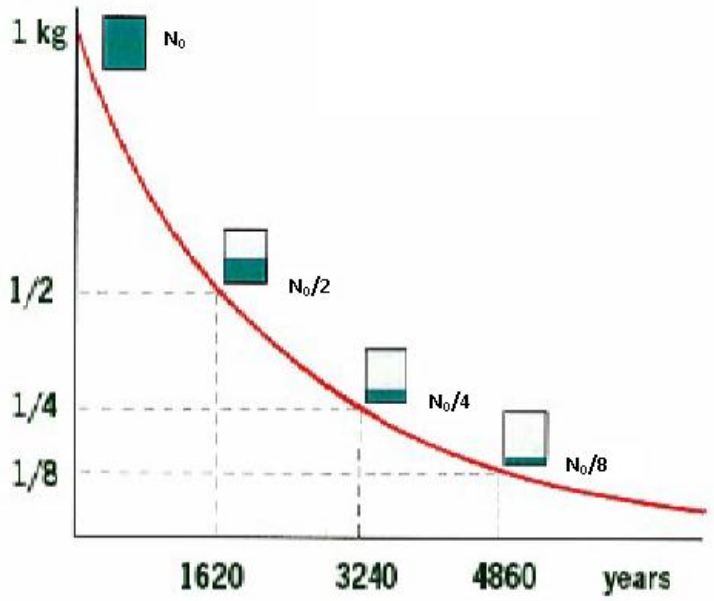
$$\mathrm{s^{-1}}\,,\ \mathrm{min^{-1}}\,,\ \mathrm{hr^{-1}}\,,\ \mathrm{D^{-1}}\,,\ \mathrm{yr^{-1}}$$

تجدر الإشارة إلى أن ثابت التفكك λ يختلف من عنصر مشع لآخر وهو يحدد سرعة التفكك.

يعطى قانون التفكك الإشعاعي بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{N}_t = \mathrm{N}_\mathrm{o} \times e^{-\lambda t} \qquad (1)$$

حيث N_o تمثل عدد النوى القابلة للتفكك في اللحظة البدئية، و N_t تمثل عدد النوى الباقية دون تفكك حتى اللحظة t.



(الشكل – 4): يبين تناقص كتلة واحد كيلوغرام من الراديوم ٢٢٦ مع الزمن.

21 – عمر النصف (الدور) Half-life (period):

هو عبارة عن الزمن اللازم كي يتفكك نصف عدد النوى الابتدائي القابلة للتفكك يرمز له بـ T أو $t_{1/2}$. يرتبط عمر النصف بطبيعة المادة المشعة، وبالتالي بثابت التفكك ولا يرتبط بعدد النوى البدئي N_o ويعبر عن ذلك بالصيغة الرياضية التالية:

$$T = \frac{Ln\ 2}{\lambda} \qquad (2)$$

يقدر عمر النصف (الدور) بإحدى الوحدات التالية: s, min, hr, D, yr

22 – <u>العمر الوسطي (الاستمرارية) Mean lifetime (continuity)</u>:

هو عبارة عن الزمن اللازم لتفكك $\frac{1}{e}$ من عدد النوى البدئي القابلة للتفكك يرمز له بالرمز τ ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{Ln2} = 1.44 \times T \qquad (3)$$

يقدر العمر الوسطي τ بإحدى الوحدات التالية: s, min, hr, D, yr

23 – النشاط (الفعالية) The activity:

هي عبارة عن عدد النوى المتفككة خلال وحدة الزمن، ويرمز لها بالرمز A. من المعروف بأن المقدار الذي يتم قياسه تجريبياً هو النسبة $\left|-\frac{d\mathrm{N}}{dt}\right|$ أو كمية تتناسب معها وتسمى هذه النسبة معدل التفكك الإشعاعي أو سرعة التفكك الإشعاعي. بالاعتماد على العلاقة (1) يمكن التعبير عن النشاط (الفعالية) بالصيغة الرياضية التالية:

$$\mathrm{A}_t = \left|-\frac{d\mathrm{N}_t}{dt}\right| = \lambda \times \mathrm{N}_\mathrm{o} \times e^{-\lambda t} = \lambda \times \mathrm{N}_t = \mathrm{A}_\mathrm{o} \times e^{-\lambda t} \qquad (4)$$

حيث $\mathrm{A}_\mathrm{o} = \lambda \times \mathrm{N}_\mathrm{o}$ يمثل الفعالية للعنصر المشع في اللحظة الابتدائية.

و N_t تمثل عدد النوى المتفككة حتى اللحظة t. ترتبط الفعالية بطبيعة العنصر المشع وبعدد النوى القابلة للتفكك الموجودة في اللحظة t. تقدر الفعالية حسب الجملة الدولية بإحدى الوحدتين التاليتين: $(\mathrm{dps})\,\mathrm{decay}\times\mathrm{s}^{-1}$ أو بالبيكريل ويرمز لها بالرمز Bq حيث $1\,\mathrm{Bq} = 1\,\mathrm{decay}\times\mathrm{s}^{-1}$، أما في الجملة السغثية فتقدر بالكوري ويرمز لها بالرمز Ci حيث $1\ \mathrm{Ci} = 3.7\times10^{10}\ \mathrm{Bq}$

24 – العلاقة بين كتلة العنصر المشع، نشاطه ودوره:

Relationship between the radioelement mass, his activity, and his period:

من المعروف بأن m غرام من عنصر مشع دوره T وكتلته الذرية M_A تحتوي على $\mathrm{N} = \frac{\mathrm{N}_\mathrm{Av}}{M_\mathrm{A}} \times m$ ذرة حقيقية مشعة. في هذه الحالة تتحدد الفعالية لهذا العنصر المشع بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{A} = \lambda \times \mathrm{N} = \lambda \times \frac{\mathrm{N}_\mathrm{Av}}{M_\mathrm{A}} \times m = \frac{\mathrm{Ln}2}{\mathrm{T}} \times \frac{\mathrm{N}_\mathrm{Av}}{M_\mathrm{A}} \times m \qquad (5)$$

تقدر A بال Bq و λ بال s^{-1} و T بال s أما m و M_A فتقدر كل منهما بال g

<u>ملاحظة Remark</u>:

اعتماداً على العلاقة (2) يمكن كتابة كل من العلاقتين (1) و (4) بالصيغ المختزلة التالية:

$$\mathrm{N}_t = \frac{\mathrm{N}_\mathrm{o}}{2^n} \qquad (6) \qquad \text{أو} \qquad \mathrm{A}_t = \frac{\mathrm{A}_\mathrm{o}}{2^n} \qquad (7)$$

حيث $n = \frac{t}{\mathrm{T}}$ تمثل عدد أعمار النصف (الدور) خلال الفترة الزمنية t .

25 – النظائر المشعة واستخدامها في الطب Radioisotopes and their medical uses:

تستخدم النظائر المشعة بكثرة في الطب، لاسيما لأغراض العلاجية والتشخيصية والدراسية. وكانت أولى استخدامات النظائر المشعة في دراسات حركية في الجسم الكائن الحي (in vivo)، وهي ترتبط بشدة مع علم الفيزيولوجيا في محاكمتها، كما هو الحال في التجديد وفي التدفق وفي الفقدان ومراكز التوشظ (التشظي). وهي ذات أهمية وخاصة في علم الدم كما في حجم الدم وأعمار الخلايا وحركية الحديد، وفي علم الجهاز الهضمي كامتصاص فيتامين B_{12} والحديد والكالسيوم، وفي علم العقاقير كامتصاص الأدوية وطرحها وتوزعها في مختلف أنحاء العضوية الحية وتفاعل الأدوية فيما يتعلق بامتصاصها، وفي الصحة العامة كما في دراسة مسالك الرفد الإضافية بالحديد أو الفيتامين ودراسة تأثيرات العادات الغذائية والمطبخية في امتصاص الأغذية الضرورية. كما تستخدم النظائر المشعة في تصوير الإشعاع الذاتي الذي يقوم على تتبع الانقسام الخلوي في داخل الزجاج (in vitro) (في التجربة) أو تتبع بعض الاصطناعات البروتينية في زراعات خلوية أو على مقاطع نسيجية وذلك باستخدام طلائع موسومة بالكربون ^{14}C أو بالتريتيوم ^{3}H ولاسيما طلائع DNA. كما تستخدم النظائر المشعة في التصوير بالكواشف الوميضية، الذي يقابل التصوير الإشعاعي التقليدي بالأشعة السينية، ولكنه يتميز عنه بثلاث مزايا خاصة، يمكن أن تكون هامة سريرياً إذا تمكنا من كيفية استغلالها وهي:

1 – النوعية في وسم أحد عناصر التقفي لعضو أو نسيج سليم أو خبيث بصورة اصطفائية كاليود في الغدة الدرقية وفوسفونات التكنيسيوم في النسيج العظمي والثاليوم في احتشاءات العضلة القلبية والأضداد وحيدة النسيلة الموسومة في السرطانات والنقائل.

2 – الطابع الكمي الذي يسمح بقياس تراكم عنصر التقفي في موقع أو آخر وذلك بإجراء حسابات معقدة أحياناً يمكن أن يكون لها قيمة علاجية.

3 – الطبيعة الديناميكية، حيث يسمح الكاشف (يتكون من كاميرا وميضية مقترنة بأجهزة حاسوبية مناسبة) بقياس تطور تثبيت عنصر التقفي واختفائه في كل من قطاعات الكشف الفراغية بدلالة الزمن. تدخل النظائر المشعة أيضاً في دراسات المناعة الإشعاعية وهي طريقة منافسة لتقدير جرعات الكميات الضئيلة من المواد التي لا يمكن معها استخدام الطرق الكيميائية التقليدية تقديراً دقيقاً. فالنظير هنا ليس إلا عنصر التقفي للمستضد أو للضد ولا تشكل الجرعات الصغيرة أي خطر على الأشخاص أو على الوسط المحيط. وقد تطورت كذلك تقانات أخرى تستخدم النظائر المشعة ولاسيما تلك التي تتناول المناعة الأنزيمية وغيرها. كما تستخدم النظائر المشعة (مثل الكوبالت والراديوم والسيزيوم والفوسفور واليود والإيريديوم والذهب) للأهداف العلاجية، فالنظير المشع للكوبالت يستخدم عند معالجه الخراجات

الخبيثة كمصدر لإشعاعات غاما. كما يستخدم الكوبالت المشع في المعالجة الداخلية حيث تغرز إبرة تحوي رأساً رفيعاً من الكوبالت المشع في أنسجة الجسم، كما تستخدم في المعالجات الطبية النظائر المشعة (الفوسفور لمعالجة أمراض الدم، واليود لمعالجة الغدة الدرقية)، حيث يعتمد الأثر العلاجي لهذه النظائر على تركُز هذه المواد في أعضاء ونسج محددة مؤثرة بإشعاعاتها على النسج المحيطة بها فمثلاً يتركز الفسفور الفعّال في المادة الصلدة من العظام القصبية ويتفكك وفق التفاعل:

$$^{32}_{15}\mathrm{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\mathrm{S} + {}^{0}_{-1}e$$

لذلك فهو يقذف النخاع العظمي الموجود في قناة العظم بالإلكترونات مما يؤدي إلى تنظيم الخلل الحاصل أثناء إنتاج الدم. أما اليود المشع $^{131}\mathrm{I}$ فيتجمع في الغدة الدرقية حيث يتفكك قاذفاً الأجزاء الداخلية لها بجسيمات β^- الناتجة عن تفككه بطاقة قدرها $606\,\mathrm{KeV}$ ويستخدم اليود المشع بكثرة كمادة تشخيصية لأمراض الغدة الدرقية ولأورام الدماغ ويعطى بالإضافة إلى إشعاعات β^- فوتونات غاما بطاقة قدرها $364\,\mathrm{KeV}$ لذلك تستطيع هذه الفوتونات أن تنفذ إلى خارج الجسم وبالتالي استكشافه.

26 – <u>عناصر التقفي (الإقتفاء) الإشعاعية Radioactive tracers</u>:

تطلق تسمية عناصر التقفي (الاقتفاء) الإشعاعية أو الاستشفاء الإشعاعية على النوى المشعة التي تَسِمُ جزيئاً نوعياً والتي يستدل على توزعها في عضو ما أو نسيج بدءً من الإشعاعات التي تصدر عنها. لذلك فعنصر التقفي الإشعاعي في الجسم الحي يجب أن يتمتع ببعض المميزات الأساسية وهي:

1 – صالحاً من وجهة النظر الفيزلوجية، أي يسم نوعاً خلوياً بشكل اصطفائي أو يتثبت على بنية يراد إظهارها أو يتوزع في مواصفة فيزيولوجية يطلب قياسها كاليود مثلاً الذي يستخدم في فحص وعلاج الغدة الدرقية.

2 – قادراً على الاقتران بجزيئ نوعي أو متجه شديدة الإلفة للعضو الذي يطلب إظهاره أو للظواهر المرضية التي يبحث عنها كالنقائل مثلاً دون أن يغير من صفات ذلك الجزيء.

3 – مصدراً لفوتونات غاماوية لأنها الوحيدة التي تسمح باستكشاف الجسم البشري بدء من الخارج.

4 – أن تكون طاقة الفوتونات التي يصدرها تتراوح بين $100 - 400\,\mathrm{KeV}$ في الجسم الحي وقابلة للكشف باستخدام كاميرا غاماوية، فإذا كانت طاقة الفوتونات ضعيفة جداً يمتص أغلبها في النسج الرخوة والجلد، وإذا كانت عالية جداً في هذه الحالة يعبر أغلبها الكاشف دون التمكن من كشفه. من أجل الكشف الجيد عن إشعاعات غاما الصادرة عن عنصر الاستشفاء يجب أن تمتلك فوتونات غاما طاقة وسطية قدرها

150 KeV. تجدر الإشارة إلى أن العنصر المشع الأكثر استخداماً في مجال الطب النووي هو التكنيسيوم Tc^{99m} والذي يصدر عنه إشعاع غاما بطاقة قدرها 140 KeV

5 – أن يكون دور العنصر المشع قصيراً، فكلما قصر كان عدد الإصدارات التي يسجلها الكاشف أكبر خلال مدة الفحص ويسمح أيضاً بالحصول على صور أفضل وبتشعيع أقل نظراً لسرعة اختفاء الذرات المشعة بعد إجراء الفحص مثل التكنيسيوم Tc^{99m} ويقدر عمر النصف له بست ساعات

6 – أن يكون غير خطير، أي يجب أن لا تشكل الجرعة المستخدمة في الجسم الحي خطراً على مستقبله.

27 – <u>الدور الحيوي والدور الفعلي Biological period and effective period</u>:

يتفكك عنصر الإقتفاء الإشعاعي داخل الكائن الحي وفق آليتان هما:

1 – فيزيائية وتتميز بالدور الفيزيائي T_{phy} وهو عبارة عن الدور للعنصر المشع.

2 – بيولوجية وتتميز بالدور الحيوي T_{bio} وهو عبارة عن الزمن اللازم الذي يتم من خلاله طرح نصف كمية العنصر المشع الممتصة من قبل الجسم خارجاً.

لذلك يمكن أن يختفي عنصر التقفي من العضوية إما بالتفكك الذي يرتبط بالدور الفيزيائي T_{phy} أو بطرحه خارجاً وترتبط العملية الأخيرة بطبيعة المتجهة الكيميائية ووظائف العضوية الحيوية كشدة الاستقلاب أو الطرح وتتميز بالدور الحيوي T_{bio} للمتجه المفروض في العضوية المفروضة لذلك ينجم تغير في معدلات العد التي يسجلها الكاشف. بناءً على ذلك أعتمد على تعريف دور ثالث للعنصر المشع ودعي بالدور الفعلي T_{eff} حيث يرتبط مع كل من الدورين الفيزيائي والحيوي بالعلاقة التالية:

$$T_{eff} = \frac{T_{phy} \times T_{bio}}{T_{phy} + T_{bio}}$$

والدور الفعلي هو أصغر من كل من الدورين الفيزيائي والحيوي.