عمليات التخامد الإشعاعي

Radioactive Decay Processes

- هنالك عدد من أنماط وعمليات التخامد منها ما ذكر سابقاً ومنها ما لم يذكر.
- تخضع كل هذه العمليات للقانون الفيزيائي الأساسي لحفظ الشحنة والطاقة والكتلة.

1- تخامد الفا Alpha decay

2- تخامد بيتا Beta decay

3- التلاشي Annihilation

4- الأسر الالكتروني Electron Capture

5- التحول الإيزوميري Isomeric Transition

6- الانقلاب الداخلي Internal Conversion

7- الانشطار النووي التلقائي Spontaneous Nuclear Fission

تخامد ألفا

- يحدث إصدار جسيم ألفا من نوى غير مستقرة التي لديها عدد ذري Z كبير أكثر من 80 . يصدر جسيم ألفا محملاً بطاقة من النوى الصادر عنها وتتحرر هذه الطاقة على شكل طاقة حركية خلال العملية.

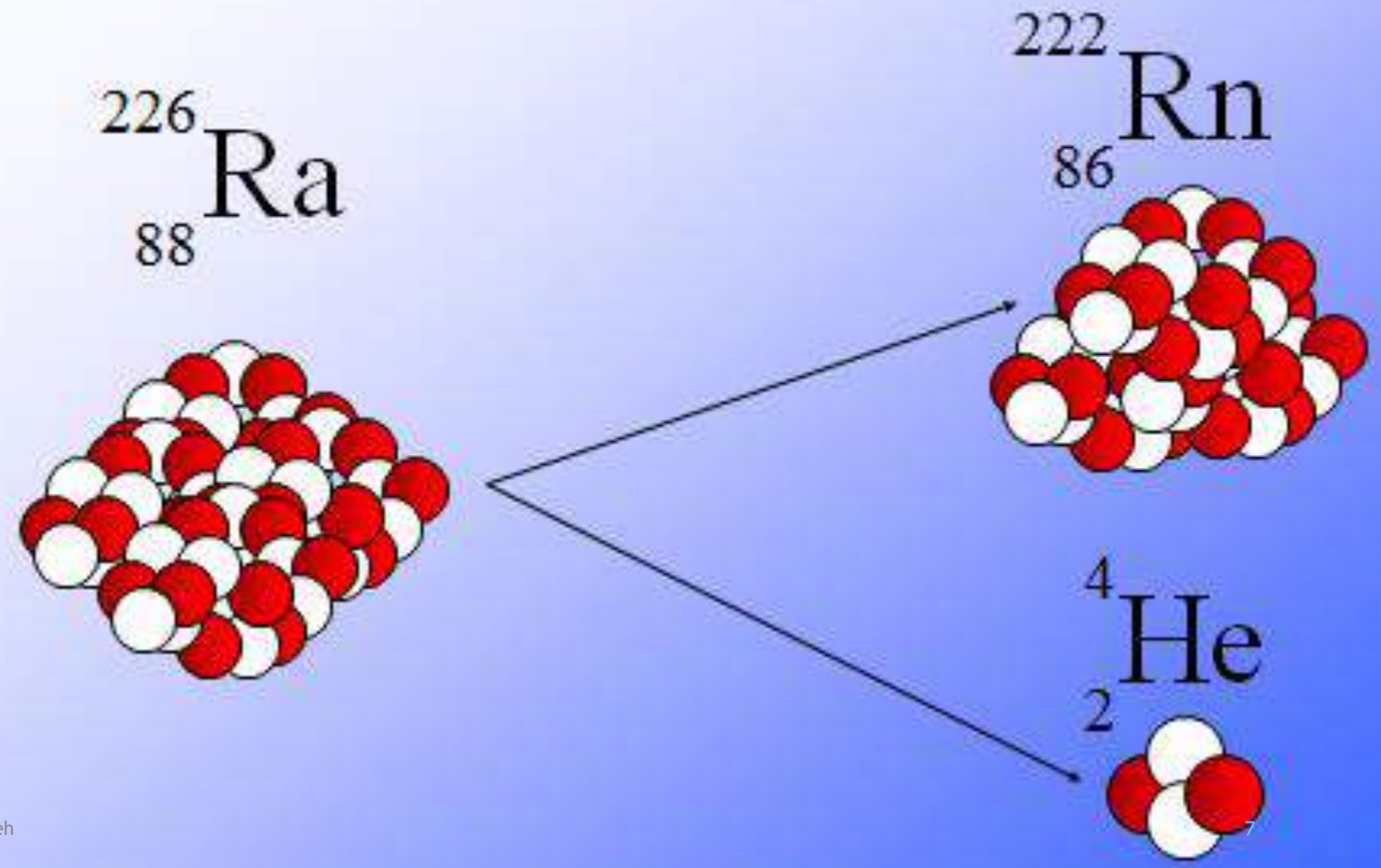
- يمكن كتابة هذه العملية على الشكل التالي:

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

- نلاحظ أن المجموع الكلي لرقم الكتلة A والعدد الذري Z مصان على جهتي المعادلة، لكي يتناسب مع قانون حفظ المادة والكتلة والطاقة والشحنة.
- نلاحظ أن النواة البنت الناتجة هي عنصر مختلف نظراً لاختلاف العدد الذري الذي ينقص 2 عن العدد الذري للنواة الأم أي $Z \rightarrow Z-2$

- وغالباً ما يتلو إصدار ألفا إصدار لأشعة أخرى لتصل النواة للاستقرار.
- مثال على ذلك تخامد اليورانيوم-238 بإصدار جسيم α ويتحول إلى يورانيوم -234.
- هنالك تخامداً بديلاً عن إصدار ألفا في النوى الثقيلة وهو الانشطار النووي التلقائي.
- يحدث الانشطار النووي بشكل تلقائي ولكن في أغلب الحالات يحدث بتحريض النواة الهدف بجسيم مشحون في مفاعل نووي.

Alpha Decay



- **تخامد بيتا Beta decay**

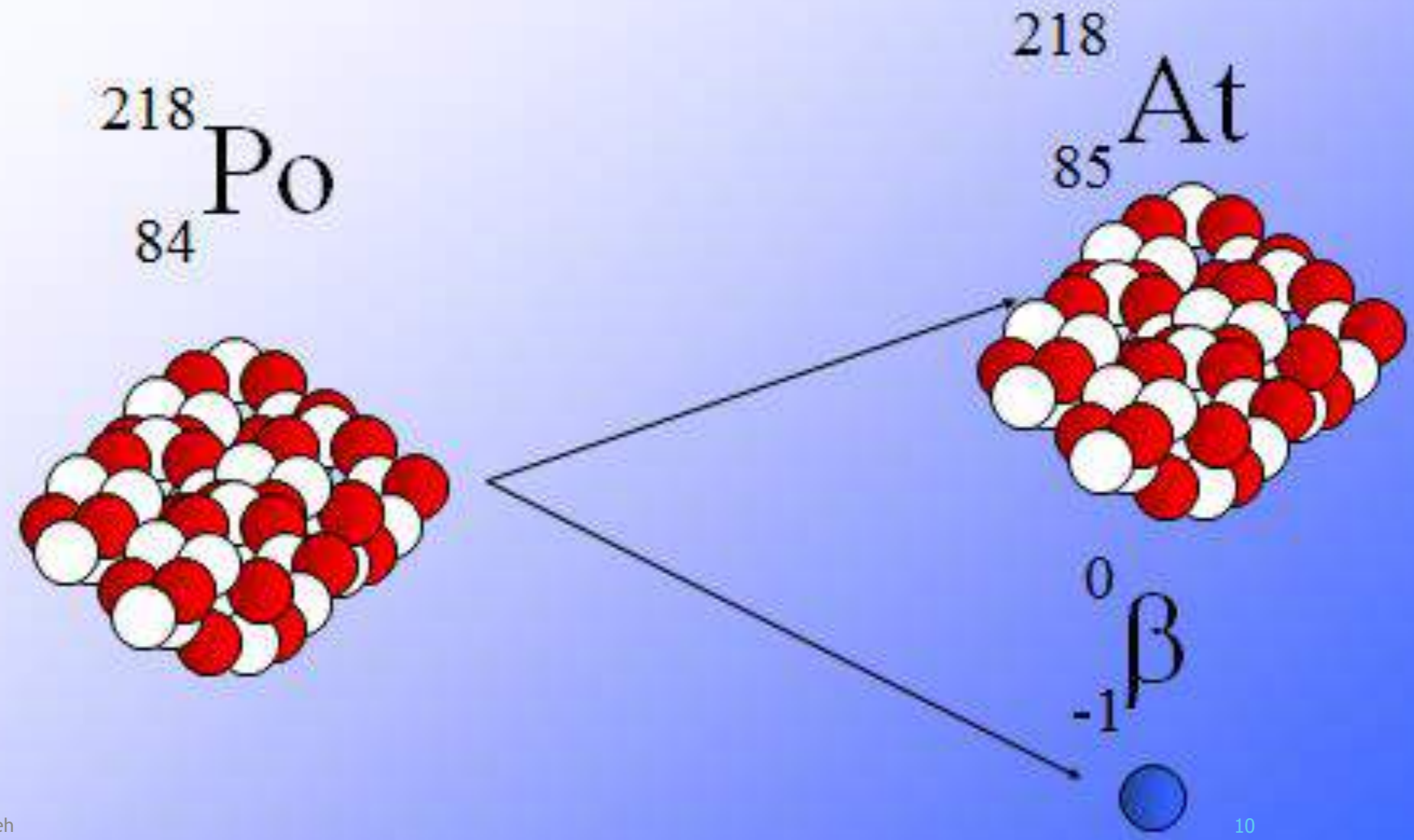
$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}\beta + \bar{\nu} $$

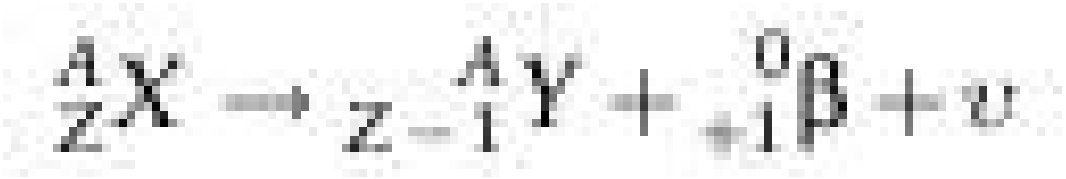
- إصدار بيتا السالب
- يحدث هذا النمط من التخامدالإشعاعي عندما تحمل النواة غير المستقرة عدداً زائداً من النيوترونات مقارنة بالنوكليدات المجاورة الأكثر استقراراً. ويحصل بتحول نيوترون إلى بروتون في النواة غير المستقرة. يصاحب هذا التحول إصدار جسيم بيتا سالب لحفظ الشحنة.
- كما في تخامد ألفا يترافق إصدار جسيم بيتا مع إنتاج نواة قد تكون غير مستقرة تخضع لتخامد آخر فتصدر أشعة γ مثلاً سعياً للاستقرار.
- $Z \rightarrow Z+1$

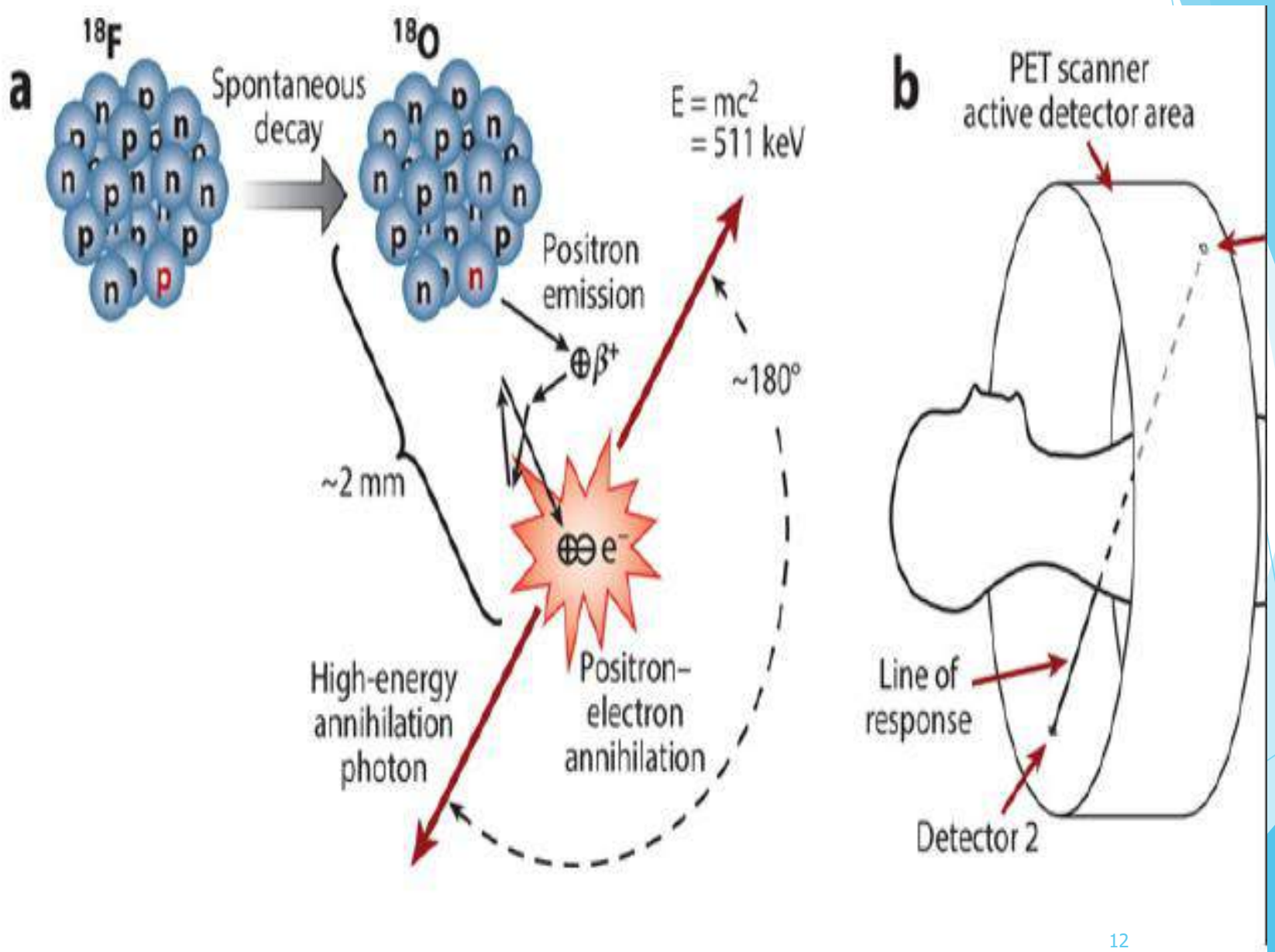
مثال

- الموليبدينوم- 99 (Mo-99) يتخامد إلى تكنيشيوم-99m((Tc-99m) مع إصدار جسيم بيتا سالبة بعمر نصف 66 ساعة ويتخامد الأخير بإطلاق أشعة غاما إلى Tc-99 بعمر نصف 6 ساعات.

Beta Decay



- **التخامد بيتا موجب أو البوزترون**
- يحدث هذا التخامد في النوى غير المستقرة التي يكون فيها زيادة في نسبة البروتونات إلى النيوترونات نسبة إلى النوى المجاورة الأكثر استقراراً حسب التفاعل التالي:
- 
- البوزيترون هو الجسيم المعاكس للالكترون فهو يماثل الالكترون في الكتلة ويعاكسه في الشحنة
- $Z \rightarrow Z\text{-}1$


a
^{18}F
^{18}O
Spontaneous decay
$E = mc^2$
= 511 keV
Positron emission
$\oplus\beta^+$
~180°
~2 mm
$\oplus\ominus e^-$
High-energy annihilation photon
Positron–electron annihilation
b
PET scanner active detector area
Line of response
Detector 2

- **الأسر الالكتروني Electron Capture**
- تلجأ النوى غير المستقرة نتيجة إلى عوز النيوترونات فيها إلى أسر الكترون من مدار قريب، كبديل عن إصدار بيتا وهذا يتطلب إعادة ترتيب للالكترونات وبالتالي يليه إصدار أشعة X بالطاقة الفائضة

Interaction of radiation with matter تفاعل الأشعة مع المادة

- إن فهم هذا التفاعل هام جداً لأن له تأثير على الوقاية الإشعاعية من جهة لأنها تحدد كيفية إيداع الطاقة في الوسط (إذا كان مواد التدريع أو نسج حية)، و من جهة أخرى أثرها على تصميم الأجهزة الكاشفة عن الإشعاع فتأثير تفاعل الأشعة مع المادة يحدد كيفية كشف وتحري وقياس الأشعة.
- تتفاعل الأشعة الجسيمية والكهرطيسية مع المادة بآليات مختلفة لذلك تدرس كل على حدى.

الأشعة الجسيمية

- تتفاعل الأشعة الجسيمية مع المادة التي تصادفها بنقل الطاقة الحركية التي تملكها إلى الذرات في المادة المحيطة وتسبب إحدى حالتين رئيسيتين إما التأين أو الإثارة الالكترونية.

التأين Ionisation

- إن التأين هو عملية نزع الالكترونات من الذرة . يحدث هذا التأين عندما تنقل الأشعة الجسيمية طاقة إلى الالكترونات المدارية كافية لنزعهم كاملاً من الذرة ، وينتج عنه ايونات.
تتمتع جسيمات ألفا نظراً لشحنتها وكتلتها بالمقدرة على تأيين ذرات أكثر بـ 100 مرة من جسيمات بيتا . التأيين هو الآلية المهيمنة في تأثير أشعة ألفا بسبب القدرة العالية لجسيمات ألفا على التأيين لها مجال قصيرجداً للاختراق وبالتالي فإن ورقة عادية تستطيع امتصاص جسيمات ألفا.

- أما جسيمات بيتا فنظراً لكتلتها الأقل وشحنتها الأقل فاختراقها أبعد لذا تحتاج إلى بضعة مليميترات من الألمنيوم لامتصاصها كلياً. في حالة البوزيترون فشعاعي غاما الناتجين عن تلاشي جسيم البوزيترونيوم لهما طاقة عالية 511 KeV لذا نكون بحاجة إلى بضعة سنتيمترات من الرصاص للوقاية منها .

- **الإثارة Excitation**
- هي الآلية الأقل مصادفة مع الأشعة الجسيمية وتحدث عندما لا تحمل الأشعة طاقة حركية كافية تنقلها إلى الالكترونات لنزعها كلياً من الذرة ، وبدلاً من خروج الالكترونات عن مداراتها فتبقى في المدار ولكن بشكل مثار مع طاقة أعلى من السابق.

الأشعة الكهرطيسية

- لا تختلف الأشعة الجسيمية عن الكهرطيسية في ماهيتها فقط بل وأيضا في تفاعلها مع المادة حيث أشعتي غاما و X يسببان تأين وإثارة ثانوية أو غير مباشرة للالكترونات المدارية. فهذه الالكترونات هي المسؤولة عن الأثر البيولوجي للأشعة الكهرطيسية غاما و X.
- هذه الآليات من تأيين وإثارة تستخدم في استنباط أجهزة لكشف هذه الأشعة إن كانت جسيمية أو كهرطيسية.
وبالتالي نستطيع بهذه الأجهزة تقصي وجود هذه الأشعة كما بنفس المبدأ تستعمل لتسجيل الأشعة بالدراسات التشخيصية السريرية.

وحدات النشاط الإشعاعي Units of Radioactivity

- يقاس النشاط الإشعاعي على أنه عدد النوكليدات المشعة التي تتخامد في وحدة الزمن. تستعمل وحدة المعايير الدولية وحدة البيكريل (Bq) Bequerel والتي تعرف على أنها تساوي تحولاً (تفككاً) واحداً في الثانية. وهي وحدة صغيرة لذا تستعمل مضاعفاتها.
- أما أول وحدة استعمات لقياس النشاط الإشعاعي فهي الكوري Curie (Ci)، والتي تعرف على أنها عدد التحولات بالثانية من غرام واحد من معدن الراديوم. وهي وحدة كبيرة نسبياً لذا نستعمل أقسامها الميلي والميكرو.

1 kilo Becquerel (1 kBq) = 10^3 disintegrations per second

1 mega Becquerel (1 MBq) = 10^6 disintegrations per second

1 giga Becquerel (1 GBq) = 10^9 disintegrations per second

1 tera Becquerel (1 TBq) = 10^{12} disintegrations per second

1Ci = 37 GBq

1milliCi = 37 MBq

1microCi = 37 kBq

And

1 kBq = 27 nanoCi

1 MBq = 27 microCi

1 GBq = 27 milliCi

1 TBq = 27 Ci

- **إنتاج النظائر المشعة Radionuclide production**
- لاتوجد معظم النظائر المشعة المطلوبة بكميات كافية بالطبيعة ، لذا توجب إنتاجهم لأغراض طبية وصناعية. يمكن تحريض التفاعلات اللازمة إنتاج هذه النظائر بقذف نوى هدف بجسيمات مختلفة أو بنوى أخرى حسب الحاجة. من ضمن الطرق العملية لإنتاج النظائر المشعة المستعملة في الطب النووي هو القذف بالنيوترونات وجسيمات مشحونة أخرى أو بالانشطار النووي أو من المولدات.

- **النيوترونات أو الجسيمات المشحونة**
- هناك عدة عوامل تقرر فيما إذا كان نظير مشع ما يمكن إنتاجه بهذا التفاعل أم لا. أولاً إذا كانت الجسيمات تحمل طاقة تساوي أو أكبر من ما يسمى الطاقة الأدنى (العتبة) للتفاعل.
- ثانياً الاحتمالية للجسيمات أن تتفاعل أو تتصادم مع نوى الهدف وهذا يسمى باللغة الأجنبية cross-section التفاعل
- ثالثاً حزمة الجسيمات
- الطريقة الأكثر فعالية باستعمال النيوترونات لقذف النوى الهدف هي المفاعلات النووية .

- **الجسيمات المشحونة**
- يمكن تحميل الجسيمات المشحونة الطاقة اللازمة والكافية لحدوث التفاعل من خلال تمريرها بحقل مغناطيسي بمسار إما خطي أو حلزوني حيث يسمى الأول مسرع خطي والثاني حلزوني.
- إغناء أو تخصيب الهدف
- يجب أن يكون الهدف الذي سيتحول إلى النظير المشع المطلوب نقياً جداً. وإن لم يكن بالإمكان فيجب إغناؤه بالنظير المناسب.

E.g..

$^{16}O(n,p)^{16}N$

Which can be read as the bombardment of oxygen-16 by neutrons produces nitrogen-16 with the emission of a proton.

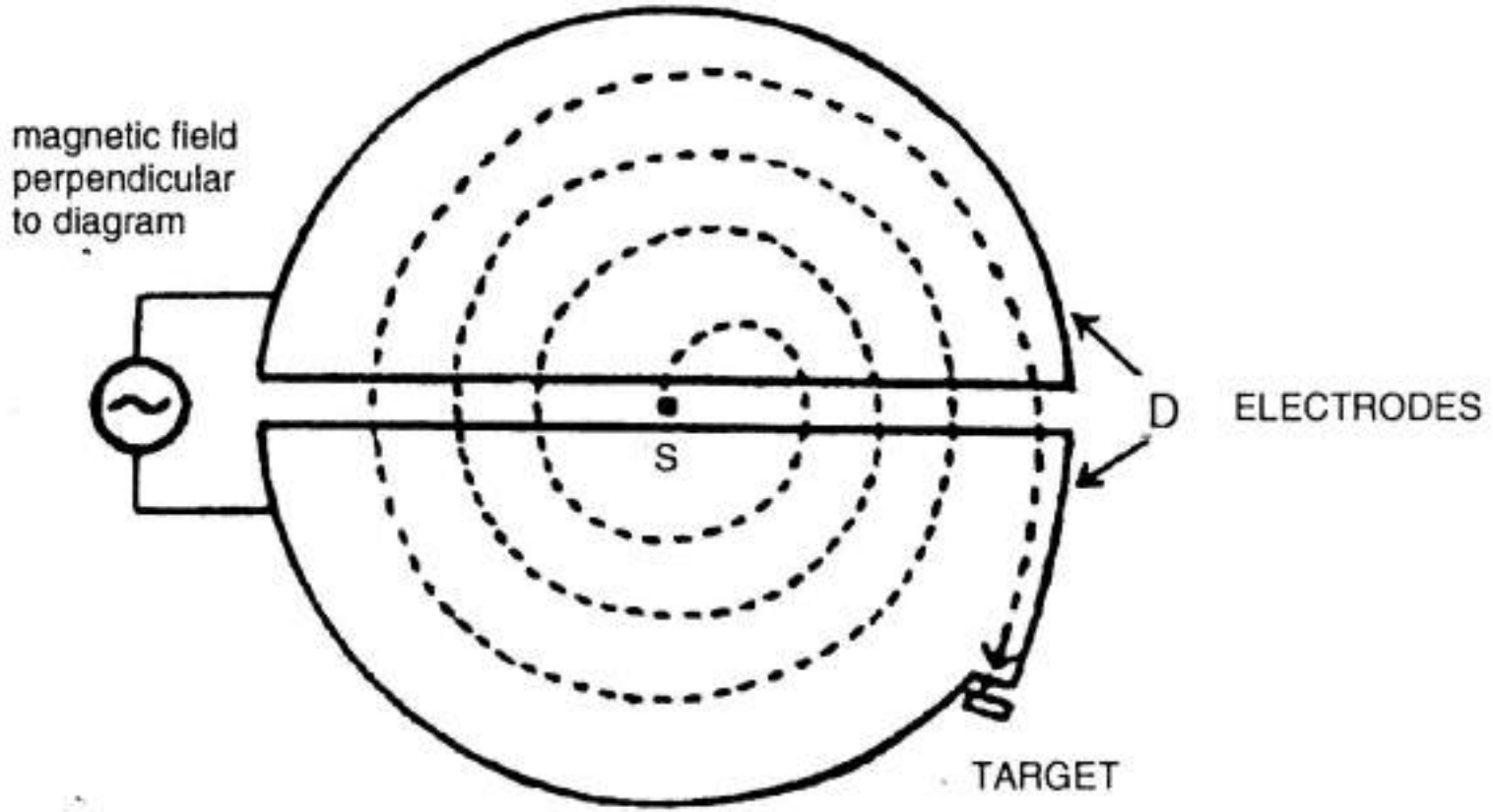


Figure 16. Schematic of cyclotron.

- **الانشطار النووي**
- هو انقسام نواة عنصر ثقيل إلى نواتين متماثلتين تقريباً من حيث الكتلة.
- المثال المعروف هو انشطار اليورانيوم-235 بقذف نواته بالنيوترونات لتحريضه على الانشطار النووي الذي يحدث بعد ذلك تلقائياً.
- مولدات النظائر المشعة
- سنفرد لها محاضرة خاصة نظراً للأهمية.