وزارة التعليم العالي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

الفصل الثاني عشر
بنية النواة والخصائص النووية

Nuclear Structure & Properties

جامعة الشام الخاصة
Al-Sham Private University

أهمية دراسة بنية النواة وخصائصها

- يظهر من خلال استعراض منجزات الفيزياء وإمكاناتها المعاصرة أهمية نواتج التفكك الإشعاعي في الطب النووي.
- إذ تؤدِّي النوى التي تتصف **بالنشاط الإشعاعي** دوراً مهماً في:
  - **الدراسات الفيزيولوجية ،**
  - **والكشف عن الإصابات بالأورام الخبيثة،**
  - **ومدى انتشار هذه الأورام،**
  - إمكانية **معالجة تلك الأورام** بها.

أهمية دراسة بنية النواة وخصائصها

- يجدر بالذكر أن:
- أشعة غاما تؤدِّي دوراً رئيسياً في هذه المهمة
- (وأحياناً أشعة بيتا)،
- في حين يمكن للإشعاع الناجم عن فناء البوزترونات
- أن يكشف عن وظائف الأعضاء وأهمها الدماغ.

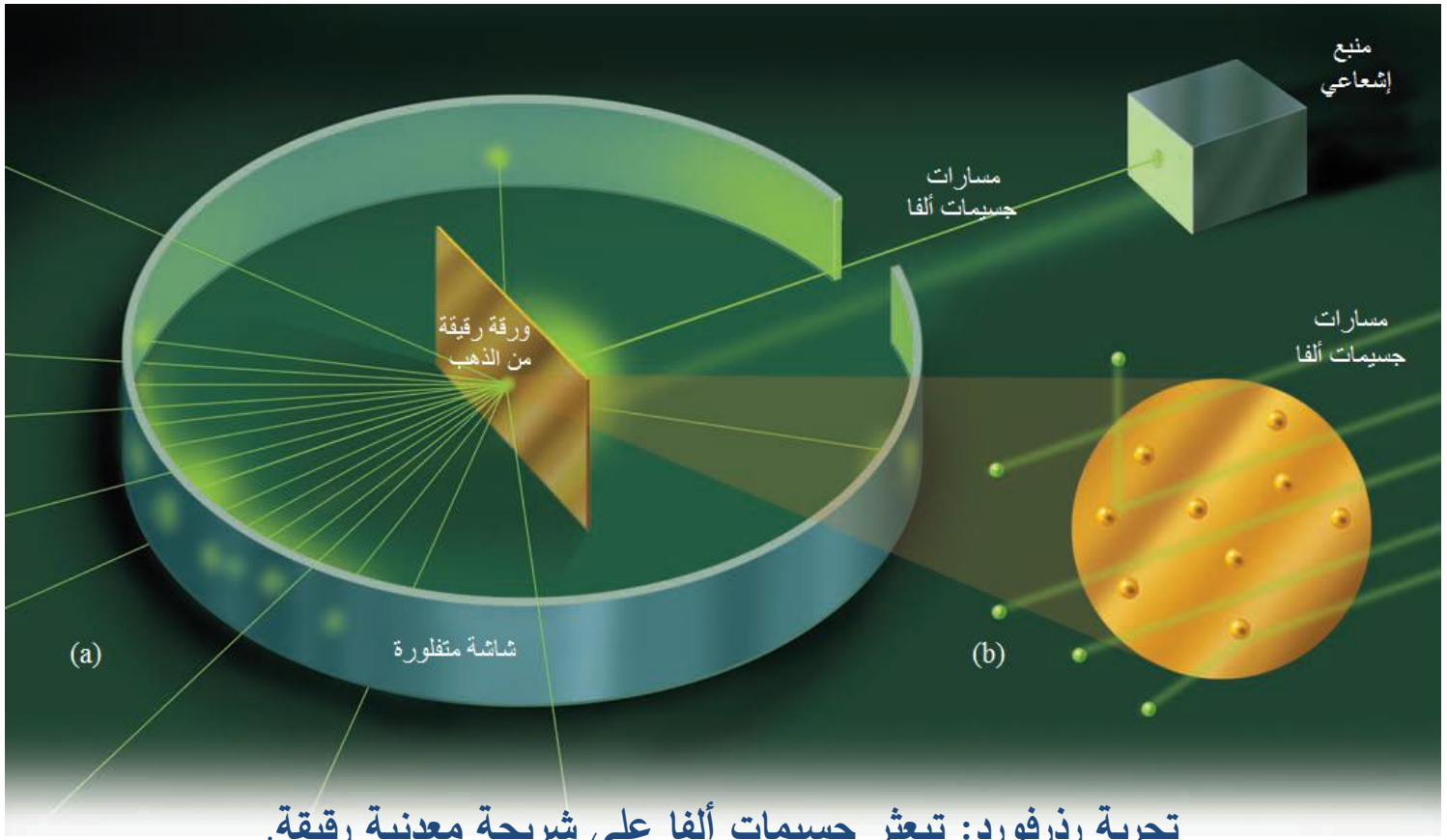
- لفهم آليات إصدار هذه الإشعاعات لا بد من:

  – **الإشارة إلى أنواع القوى النووية**

  – **والمفاهيم الجديدة** التي أدخلت على كل من الفيزياء الذرية وفيزياء الجسيمات (وقد وردت في الفصل الأول).

- كما أنه لا بد من دراسة **الخصائص المغنطيسية للنواة** ليتسنى لنا التعرف على مكونات الجسم البشري التي يمكن الاعتماد عليها في الحصول على صور تشريحية أو وظيفية للجسم بتصوير التجاوب المغنطيسي النووي.

تجربة رذرفورد ونصف قطر النواة



تجربة رذرفورد: تبعثر جسيمات ألفا على شريحة معدنية رقيقة.

نصف قطر النواة المعدنية يساوي تقريباً $D = 3.2 \times 10^{-14}\, m$

بنية النواة

- تتكون النواة الذرّيّة من النكليونات
  - وتضم البروتونات والنترونات
  - إن بعض هذه النوى مستقر
  - والآخر غير مستقر تنشأ عنه ظاهرة النشاط الإشعاعي radioactivity.

بنية النواة

- وتتميز أي نواة :
  - **بعدد البروتونات** فيها الذي
  - يساوي **عدد الإلكترونات** في الغمامة الإلكترونية لذرّتها (العدد الذرّي Z)،
  - **وبعددها الكتلي** A أو بالعدد الكلي لنكليوناتها،
  - **وبعدد النترونات** الممكنة $N = A - Z$.
- يجدر بالذكر بأن العدد الكتلي هو عدد صحيح ويجب تمييزه من كتلة النواة التي لا تساويه بالضرورة.

بنية النواة وواحدة الكتل الذرية

- في حالة الهدروجين مثلا $A = 1$
- ولكن $M = 1.00759 amu$
- حيث amu ترمز إلى
- واحدة الكتل الذرية *Atomic mass unit*

$$1 amu = 1/N_{avo} = (1/6.02 \cdot 10^{23}) g$$

$$= 1.660240 \cdot 10^{-24} g = 931.5 MeV$$

طاقة ارتباط النواة

- إذا جعلنا $m(A,Z)$ ترمز لكتلة النواة
- و $M(A,Z)$ لكتلة الذرة
- وبإهمال طاقة ارتباط الإلكترونات يكون:
-

$$M(Z,A) = m(A,Z) + Zm_e$$

طاقة ارتباط النواة

- لدى الحديث عن نوى مختلفة:
- نطلق اسم النكليد Nuclide على نواة عدد بروتوناتها Z، وعدد نتروناتها N محدَّدَيْن، ويمثّل النكليد عادة بالشكل:

$$ {}^{A}_{Z}X $$

مثل ${}^{235}_{92}U$:

حيث $A=235$ نكليوناً و $Z=92$ بروتوناً و$N=143$ نتروناً.

طاقة ارتباط النواة

عندما يجتمع عدد من النكليونات لتشكيل نواة تنخفض طاقتها الكلية بمقدار ΔE يتناسب مع الانخفاض في مجموع كتل مكوناتها، تعطى طاقة الارتباط الكلية للنواة، وفق العلاقة:

$$E_B = \Delta E = \Delta M\, c^2$$

$$\Delta M = ZM_p + NM_n - M_{nucleus}$$

طاقة ارتباط النواة

مثال: لحساب طاقة ارتباط ذرة الهليوم $M_{He} = 4.001493\,amu$

$$2M_p + 2M_n = 1.007276 \times 2 + 1.008665 \times 2$$

$$= 4.031882\ amu$$

$$\Delta M = 4.031882 - 4.001493$$

$$= 0.030389\ amu$$

باستخدام علاقة آينشتاين $E = mc^2$ نحصل على

$$E_B = \Delta E = 0.030389\,amu \times 931.5\,MeV/amu$$

$$= 28.306\,MeV$$

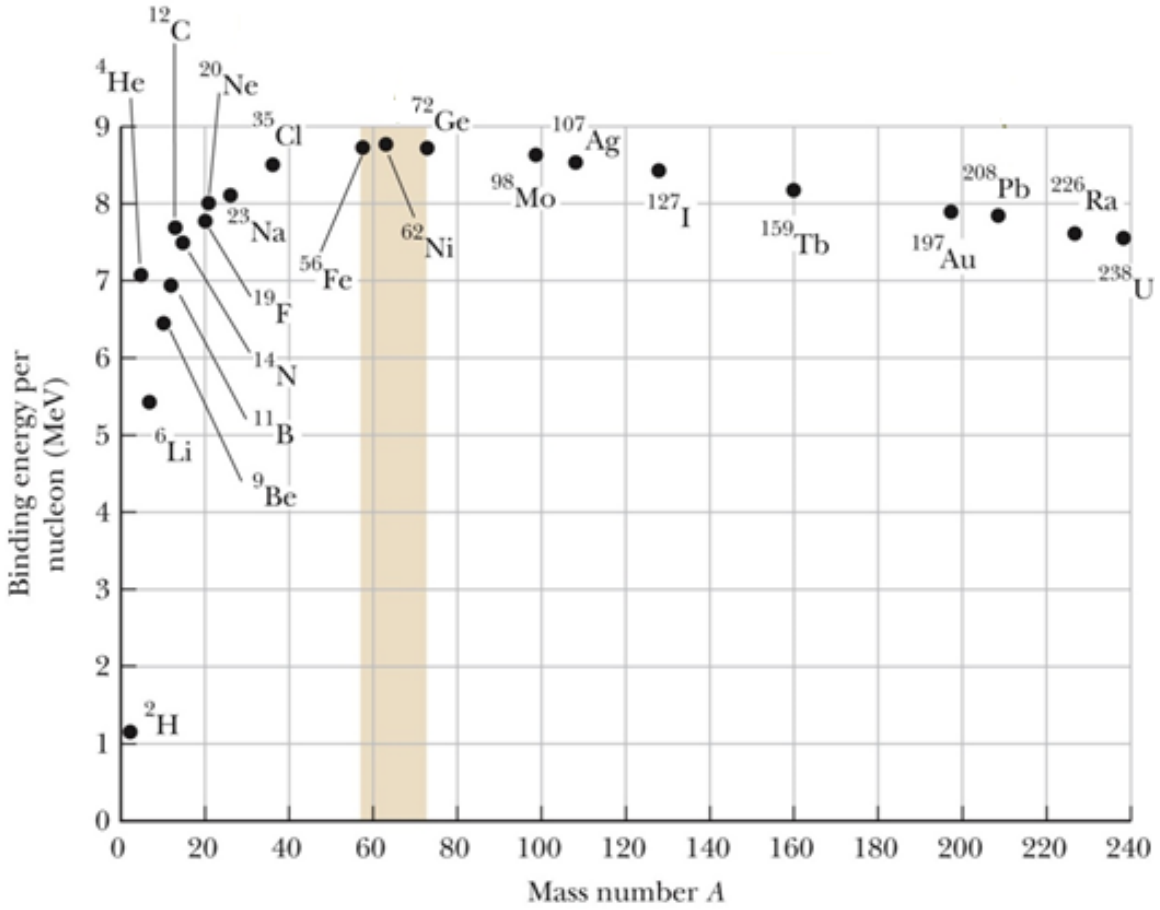
طاقة ارتباط النكليون الواحد

من أهم الخصائص المميزة للنواة **القيمة المتوسطة لارتباط النكليون**، أي النسبة بين **طاقة ارتباط النواة** والعدد الكتلي، وهي القيمة التي تحدد استقرارية النواة.

العنصر	${}_{1}^{2}H$	${}_{1}^{3}H$	${}_{2}^{3}He$	${}_{2}^{4}He$	${}_{92}^{238}U$
طاقة ارتباط النكليون (MeV)	1.09	2.8	2.5	7	7.5

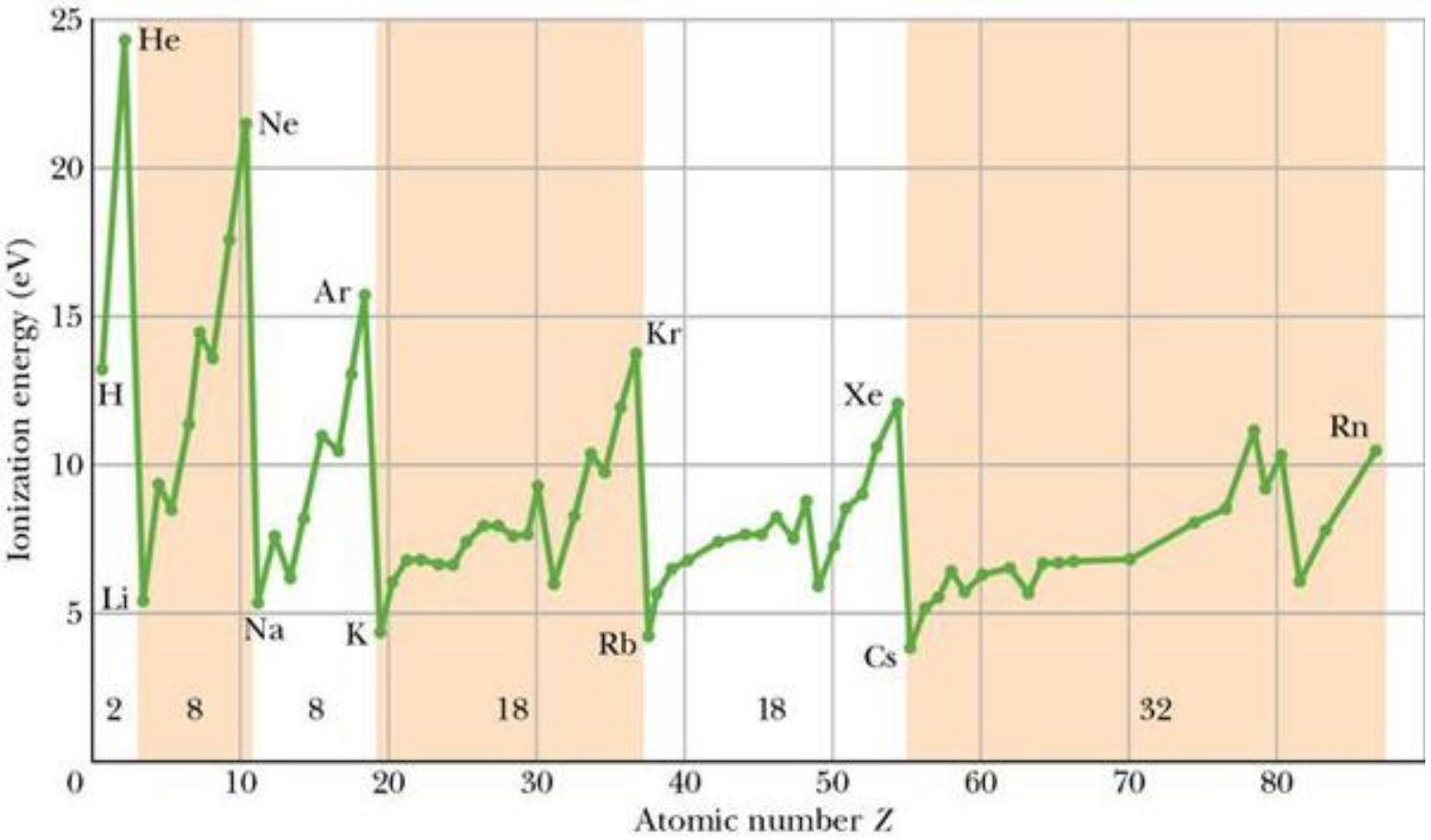
طاقة ارتباط النكليون الواحد في بعض العناصر

طاقة ارتباط االنكليون الواحد



طاقة ارتباط النكليون الواحد بدلالة العدد الكتلي. يدل الشريط الملون على منطقة أكبر قيمة لطاقة ارتباط النكليون الواحد، والنوى الواقعة إلى يمين الرصاص 208غير مستقرة

طاقة ارتباط الإلكترونات في الذرة بدلالة العدد الذري

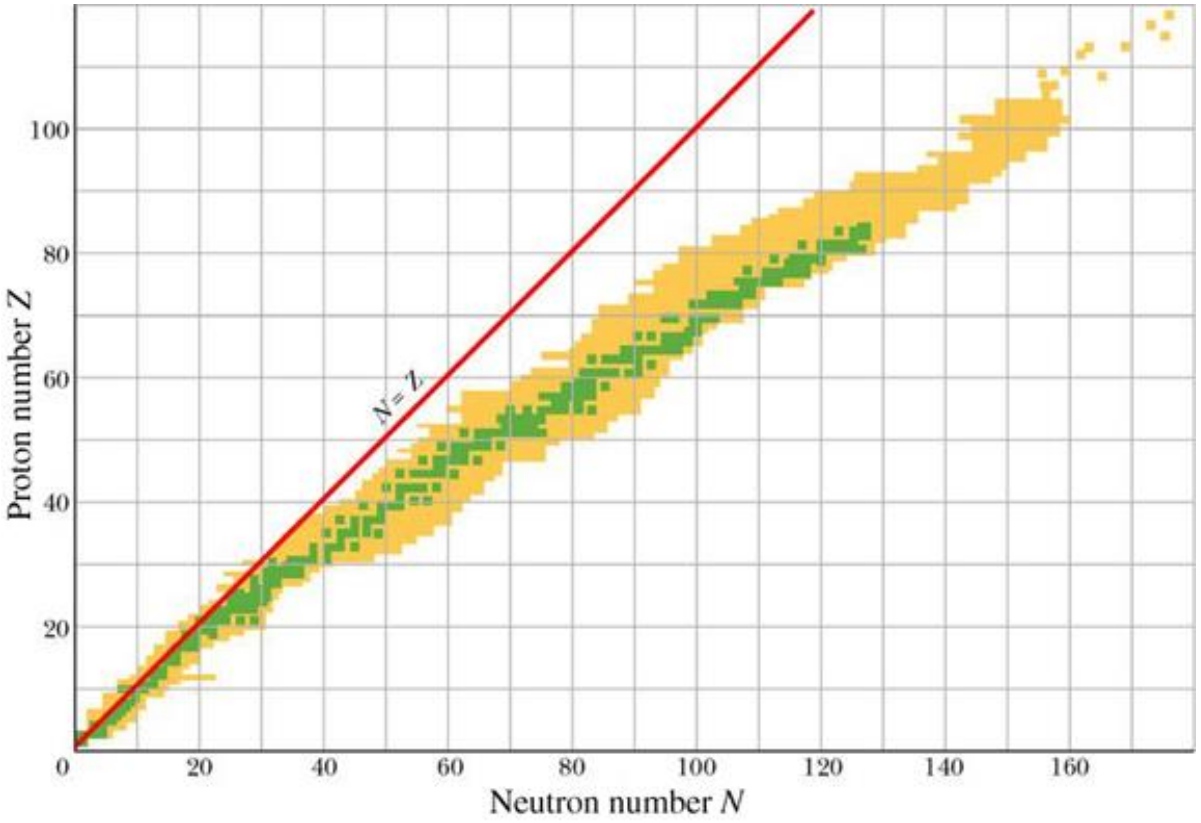


طاقة تأين العناصر بدلالة العدد الذري.

النظائر والأنواع النووية

- النظائر *isotopes* نكليدات لها العدد الذري نفسه وتختلف بعددها الكتلي.
- الإيزوتونات *isotones* تحوي العدد نفسه من النترونات.
- الإيزوبارات *isobars*، تحوي العدد نفسه من النكليونات.
- الإيزوميرات النووية *isomers* أو المماكبات نوى تحوي العدد نفسه من النترونات والبروتونات ولكنها تختلف فيما بينها بحالة الإثارة،

النظائر والأنواع النووية



مخطط النترونات – البروتونات.

النشاط الإشعاعي

- تفكك النظائر في حال وجود فائض في عدد النترونات

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^{-} + \bar{\nu}$$

$$^{99}Mo \rightarrow {}^{99m}Tc + \beta^{-} + \bar{\nu}$$

$$n \rightarrow p + \beta^{-} + \bar{\nu}$$

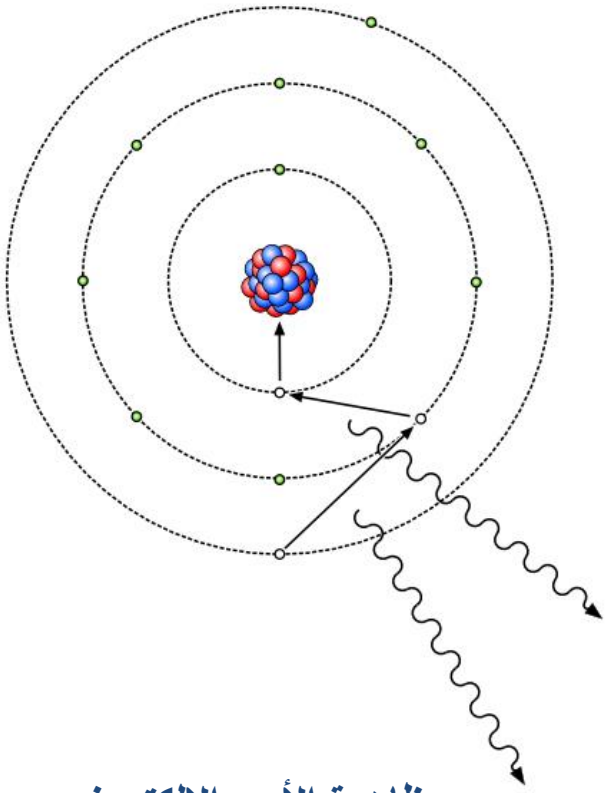
النشاط الإشعاعي

- **وجود فائض في عدد البروتونات**
- يمكن أن تصدر النواة إلكتروناً موجباً (بوزتروناً)
- مثال:

$$^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + \beta^{+} + \nu$$

$$p + energy \rightarrow n + \beta^{+} + \nu$$

النشاط الإشعاعي



ظاهرة الأسر الإلكتروني

- **وجود فائض في عدد البروتونات**

يمكن أن تحدث **ظاهرة الأسر الإلكتروني** يعقبها **إصدار أشعة الفلورة السينية** التي تنجم عن إعادة ترتيب الغمامة الإلكترونية

$$^{131}_{55}Cs + e^{-} \rightarrow {}^{131}_{54}Xe$$

النشاط الإشعاعي

- وعندما يكون العدد الكتلي كبيراً، فإن النواة تصدر جسيم ألفا الذي يمثل نواة الهليوم المكونة من بروتونين ونترونين.
- تحول الراديوم إلى رادون الذي يترافق مع انخفاض العدد الكتلي بمقدار4 والعدد الذري بمقدار2:

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}Rn + \alpha$$

النشاط الإشعاعي

- **المماكبات isomers**
- نظيران يتساوى فيهما عدد البروتونات والنترونات، غير أن نوى أحد النظيرين تنطوي على فائض في طاقتها الداخلية، أي إنها مثارة،

$$^{99m}Tc \rightarrow ^{99}Tc + \gamma$$

- يمثل فوتون غاما العنصر الأساسي في **التصوير الومضاني والتصوير المقطعي الإصداري الغاماوي**،
- وإما أن ينتقل فائض الطاقة إلى السحابة الإلكترونية ليقذف بأحد إلكتروناتها خارج الذرة، ويطلق عليه اسم " **إلكترون التحول الداخلي**"، ثم تعيد الغمامة الإلكترونية ترتيبها لتصدر **فوتونات فلورة سينية**.

الخصائص المغنطيسية لمكونات النواة

- العزم المغنطيسي لمكونات النواة
- المغنطون النووي $\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p}$
- العزم المغنطيسي للبروتون $\mu_p = 2.79\mu_N$
- العزم المغنطيسي للنترون $\mu_n = -1.9\mu_N$
- العزم المغنطيسي للإلكترون (مغنطون بور)

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} = 9.274\times10^{-24}\ J/T$$