

باسمه تعالی

## رزومه کاری



اطلاعات شخصی:

نام خانوادگی: کشاورز

نام: امیر حسین

تاریخ و محل تولد: 1357- شیراز

وضعیت و محل خدمت سربازی: کارت پایان خدمت سازمان صنایع هوا فضا، مدیریت

مونتاژ صنایع شهید باقری 81,82

وضعیت تاهل: مجرد

وضعیت تسلط بر زبان انگلیسی: خوب

مهارتهای کامپیوتری:

word-powerpoint- flash mx -qbasic -photoshop--access

excell-Multimedia builder-foxpro(visual&2.5)-delphi5.0(50%)-

internet-c++,.....

سوابق تحصیلی:

کارشناسی فیزیک کاربردی گرایش هسته ای -80- 1376 دانشکده علوم دانشگاه شیراز -

جزء 10 نفر اول

زمینه های تحقیقاتی:

1- تحقیقات در زمینه رادیو ایزوتوپهای مورد استفاده در صنایع و پزشکی هسته ای

2- تحقیقات در زمینه پرتوهای آلفا ( $\alpha$ ) - بتا ( $\beta$ ) - گاما ( $\gamma$ )، راکتور های هسته ای و نحوه

ارتباط آنها با موشکهای حامل کلاهک هسته ای

3- نحوه فراوری enrichment و استفاده از مواد رادیو اکتیو در کلاهکها و چگونگی

افزایش برد موشکها و شاتلها با استفاده از مواد رادیو اکتیو

4- همکاری در زمینه تحقیقات لیزر و اپتیک در دانشگاه شیراز

5- تحقیقات در زمینه پمپهای خلاء (vaccum pump)

دوره های تخصصی:

1- اندازه گیری رضایت مشتری (Customer Satisfaction Measurement) CSM

2- طراحی عملکرد کیفیت (Quality Function Design) QFD

3- مبانی سیستم مدیریت کیفیت ISO 9001-2000

4- مبانی ساخت و مستند سازی سیستم مدیریت کیفیت ISO 9001-2000

5- الزامات تضمین کیفیت برای تجهیزات اندازه گیری (کالیبراسیون)-10012

و2-10012 Iso

سوابق کاری:

1- مدرس کنکور در شهرهای تهران و شیراز 80-1376

2- فعالیت در مدیریت کنترل کیفیت مونتاژ معاونت تضمین مرغوبیت و عملیات میدانی

صنایع شهید باقری 81و82

3- فعالیت و آشنایی با کارها و امور در سالنهای 3بال و بدنه- 6 موتور مایع و هوای فشرده-

7 مکانیزمها، 9 مونتاژ تحت کنترل مدیریت مونتاژ در صنایع شهید باقری

-تستهای تخریب، x - ray و ray - و تست آلتراسونیک 82 و 1381

4- فعالیت در زمینه بانکهای اطلاعاتی و عضو فعال نشریه طرح نو در صنایع شهید باقری

و82 1381

5- سه سال سابقه فعالیت در اتحادیه کامپیوتر تهران

6- مدرس فیزیک دانشگاهی و کامپیوتر

7- کالیبراتور ابزار دقیق (2-10012, 1-10012 iso)

8- همکاری در زمینه سیستم Gps با شهرداری و سازمان آتش نشانی تهران

آدرس: تهران - بلوار فردوس - شقایق - 21 شرقی - بلوک 115 - واحد 4

تلفن تماس: 09122871680

E-mail : [amkeshavarzir@gmail.com](mailto:amkeshavarzir@gmail.com)

[amkeshavarzir@yahoo.com](mailto:amkeshavarzir@yahoo.com)

***Abstract of Article:***

***Subject:***

**Applied Method of Radio Isotopes  
in the Nuclear Medicine**

\* \_\_\_\_\_ \*

***By: Mr, Amir Hossein Keshavarz***

***B.S of Nuclear Physics***

***Date : 2005 – 2006***

\* \_\_\_\_\_ \*

***Special Thanks of our Masters***

***Prof. Eskandari.***

***Prof. Behkami***

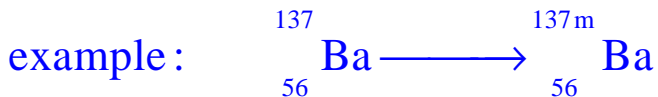
***Prof. Kargar***

## Introduction.....مقدمه:

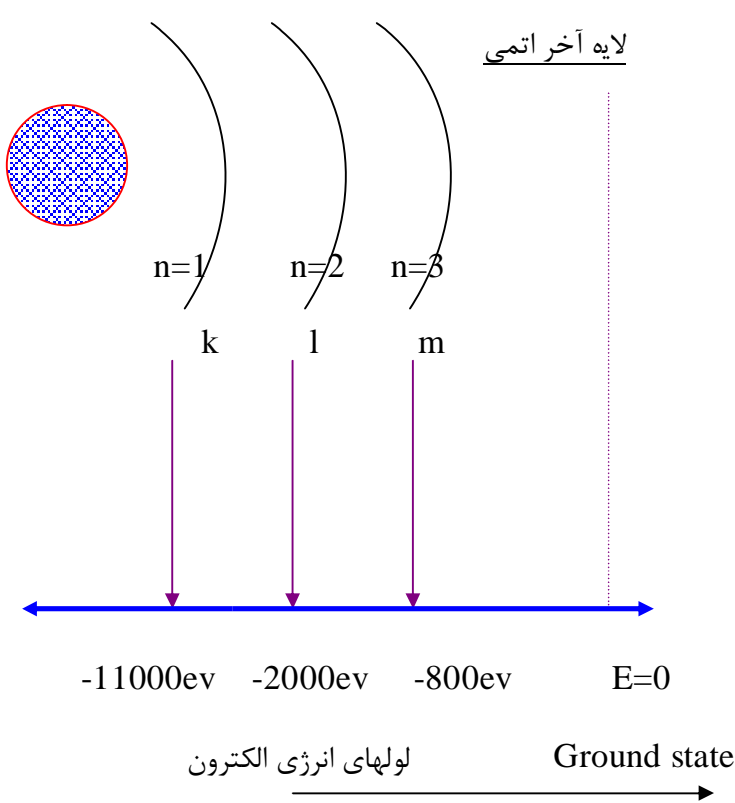
ایزوتوپهای یک عنصر از لحاظ شیمیایی ویژگیهای یکسانی دارند تنها عدد جرمی آنهاست (mass no) که متفاوت است. ایزوتوپهای عناصر رادیو اکتیو رادیو ایزوتوپند. اما isomer ها عدد جرمی یکسانی دارند.

ولی energy level هر هسته متفاوت است، ایزومرها می توانند پایدار یا ناپایدار ( meta stable )

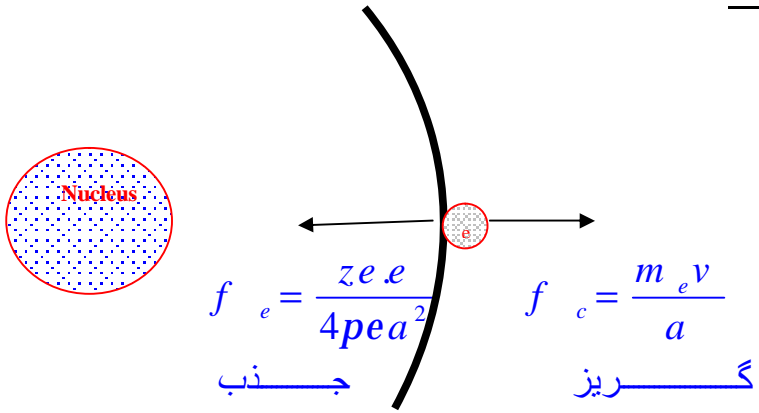
باشند این موضوع در پزشکی هسته ای اهمیت فوق العاده زیادی دارد. این عناصر را با نماد m در کنار عدد جرمی آنها نمایش می دهند.



در سال 1897 Mr. Thomson نشان داد که اتم از یک سری ذرات بنیادی (Fundamental , particle) تشکیل یافته و الکترون (Electron) یکی از آنهاست، راتر فورد در 1911 به این نتیجه رسید که اتم از هسته کوچک مرکزی به شعاع  $10^{-13}\text{m}$  که در برگیرنده پروتونها است تشکیل شده، وی مدعی شد که این هسته را ابری الکترونی به شعاع تقریبی  $10^{-8}\text{m}$  در بر گرفته، این نظریه بعد از کشف نوترون توسط ای چادویک (Chadwick) دچار ایراد شد به همین دلیل دانشمندی دانمارکی به نام بوهر (Bohr) تئوری دیگری را جایگزین آن نمود.



مدل یک الکترون در یک Shell:



V: سرعت الکترون

a: شعاع orbit

ze: بار هسته

$4\pi\epsilon$ : یک ثابت پایا

### شرایطی که باید برای الکترون در نظر گرفت؟

1 - Electrons اگر چه دارای شتابند ولی Radiation ندارند.

2 - شتاب در صورتی Radiation دارد که الکترون از یک مدار به مدار با انرژی کمتر برود.

$$E_1 - E_2 = E_{\text{photon}} = h\nu \Rightarrow n = \frac{E_1 - E_2}{h}$$

$$\text{الکترون } a = \frac{en^2h^2}{ze^2m\epsilon\pi} \quad n \rightarrow \begin{cases} k \dots n = 1 \\ l \dots n = 2 \\ m \dots n = 3 \end{cases}$$

$$\text{الکترون } V = \frac{ze.e}{2\epsilon nh}$$

K ثابت است

$$\Rightarrow \nu = \frac{z^2me.e^4}{8\epsilon^2h^3} \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = kz^2 \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

فرکانس فوتون تابشی

اعداد کوانتومی چهار گانه اتمی:  $(n, l, m, s)$

**l** : orbital quantum number

عدد کوانتومی مداری یا Azimuthally: هر اوربیتال دارای یک عدد مختص است

$$S \dots l = 0$$

$$P \dots l = 1$$



Example :

	لايه	لايه	لايه
	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>L</i>
${}_{10}Ne$	$1s^2$	$2s^2$	$2P^6$
	↓	↓	↓
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$
	$l = 0$	$l = 0$	$l = 1$
	$s = \pm 1/2$	$s = \pm 1/2$	$s = \pm 1/2$

توضیح اصل طرد پاولی:

- در لایه  $k(1s^2)$  دو الکترون می باشد  $\mathbf{l} = 0$  (اوربیتال s)
- در لایه  $l(2s^2, 2p^6)$  مجموعاً 8 الکترون می باشد.

$$s = +1/2$$

$$s = -1/2$$

$$\mathbf{l} = 0$$

2 الکترون در  $(2s^2)$

$$m = +1 \dots s = +1/2$$

$$m = 0 \dots s = +1/2$$

$$m = -1 \dots s = +1/2$$

$$m = +1 \dots s = -1/2$$

$$m = 0 \dots s = -1/2$$

$$m = -1 \dots s = -1/2$$

$$\mathbf{l} = 0$$

6 الکترون در  $(2p^6)$

- چون اصل طرد زیر سؤال می رود و هر اوربیتال دارای دو حالت یکسان (حداقل) است.

لذا عدد کوانتومی مغناطیسی مداری این مشکل را رفع می کند و هیچ دو الکترونی اعداد کوانتومی شبیه

ندارد.

shell	subshell	L	s	m
n=1 Lایه... K	S	l = 0 1s <sup>2</sup>	$s = +\frac{1}{2}$	$m = 0$
			$s = -\frac{1}{2}$	$m = 0$
n=2 Lایه..... 1	S	l = 0 (2s <sup>2</sup> )	$s = +\frac{1}{2}$	$m = 0$
			$s = -\frac{1}{2}$	$m = 0$
			$s = +\frac{1}{2}$	$m = +1$
	P	l = 1 (2p <sup>6</sup> )	$s = +\frac{1}{2}$	$m = 0$
			$s = +\frac{1}{2}$	$m = -1$
			$s = -\frac{1}{2}$	$m = +1$
			$s = -\frac{1}{2}$	$m = 0$
			$s = -\frac{1}{2}$	$m = -1$

### نیروهای هسته ای: ..... Nuclear Forces

در سال 1932 بعد از کشف نوترون توسط چادویک آقای هایزنبرگ (Heisenberg) آلمانی فرضیه خود مبنی بر اینکه هسته از پروتون و نوترون تشکیل شده و توسط نیروهای هسته ای که آقای یوکاوا (yukawa) در 1935 آن را از نوع تبدالی معرفی کرد (Exchange Force) کنار هم قرار گرفته اند. این نوع تبادل توسط ذره

ای که بعداً توسط پاول (Powell) در 1974 کشف شد و  $276$  برابر الکترون جرم دارد و مزون پی یا  $(p \text{ meson})$  پیون (pion) نامیده شد صورت می گیرد.

واکنشهای تعادلی هسته ای

$$P \quad N + p^+$$

$$N \quad P + p^-$$

$$P \quad P + p^0$$

$$N \quad N + p^0$$

\* این واکنشها در  $10^{-24} \text{sec}$  چرخش کرده و برای برقراری قوانین پایستگی توسط آقای هایزنبرگ و عدم قطعیت

$$\Delta P \Delta X \geq h / 2p = h / 4p \quad \text{ولی بیان شد زیرا که:}$$

\* طبق تئوری آقای یوکاوا پروتون و نوترون مرتباً ماهیتشان را عوض می کنند که باعث ایجاد یک زرونانس شدید در بین Nucleon ها می شود که انرژی پیوند و پایداری هسته را تأمین می کند.

$$\Delta E_p = M_p C^2 = 135 \text{MeV} \quad \text{تغییر انرژی این تعادل:}$$



(for extra energy)  
antineutrino



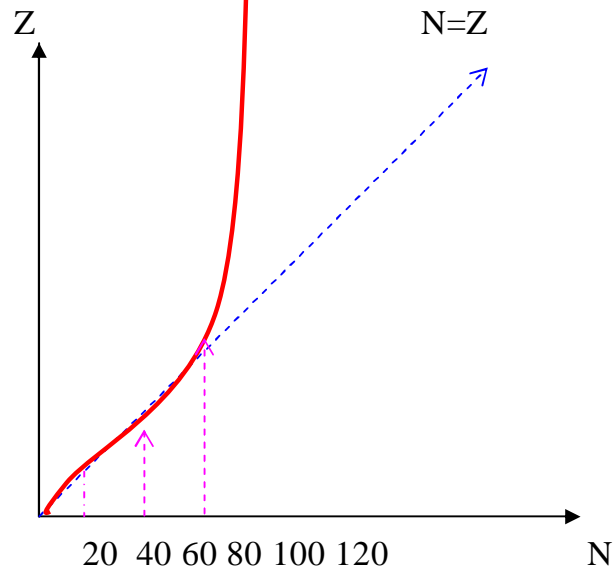
neutrino

**Stable state theories for nucleus**      نظریه های پایداری هسته و حالت های آن:

1 - اولین نظریه پایداری هسته نسبت پروتون و نوترون هسته هاست به طور مثال هسته های  $(N \text{ زوج} - Z \text{ زوج})$  پایدارترین هسته ها هستند .

جدول فراوانی هسته ها:

Z	N	Exist element number
Even	Even	۱۶۴ هسته
Even	Odd	۵۵ هسته
Odd	Even	۵۰ هسته
Odd	Odd	۴ هسته



2 - هسته هایی که نوترون یا پروتون اضافی دارند یا نسبت  $\frac{N}{Z}$  آنها 1.5 باشد هسته های ... Unstable هستند.

3 - Nuclear Bounding energy: اگر طبق رابطه انیشتین  $E = mc^2$  جرم تک تک نوکلئون ها را بدست آوریم. مجموع این جرمها از جرم ترکیب شده درون هسته بیشتر می شود و انرژی این تفاوت جرم را که اصطلاحاً جرم کاهش یافته (mass decrement) نامیده می شود را با  $VE$  نمایش می دهیم این  $VE$  همان انرژی

$\Delta E = \text{Energy of mass decrement}$

پیوند نوکلئون ها درون هسته است

$$m_p = 1.007276 \text{ amu}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ amu}$$

$$m_e = 0.0005487 \text{ amu} \quad \Delta m = d = \text{mass decrement} = w - m$$

(w=particles mass)

(m=total nucleus mass)

همچنین برای یک اتم فرضی مثلاً  ${}^4_2\text{He} (a)$  .....

$$m = 4.002603 \text{ amu} \quad (\text{for He})$$

$$\Rightarrow w = zm_p + nm_n + zm_e$$

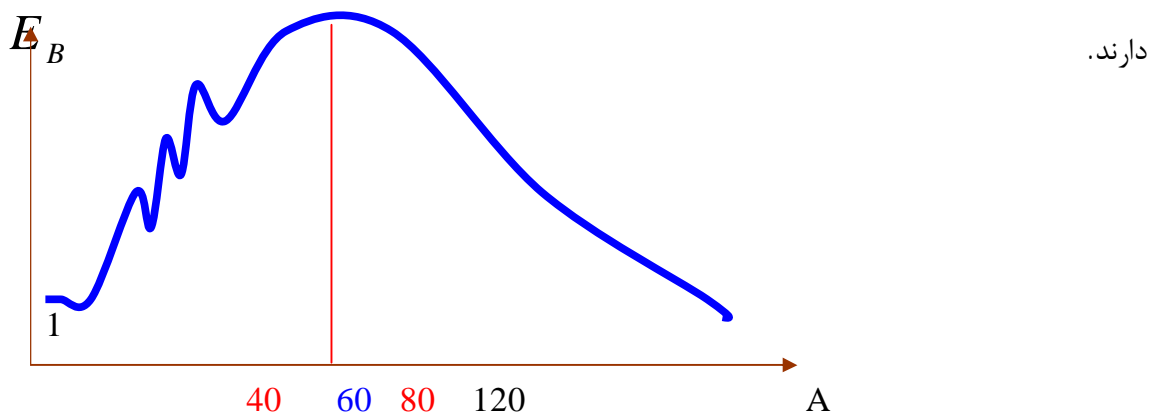
$$\rightarrow d = 0.030379 \text{ amu} = 0.030379 \text{ amu} * \frac{931.48 \text{ amu}}{1 \text{ amu}}$$

$$\Rightarrow \Delta E = d * c^2 = 28.28 \text{ mev}$$

${}^4_2\text{He} (a)$  انرژی پیوند هسته ای برای اتم فرضی

Bounding energy for He(a)

Note: هسته هایی که  $E_B$  بالایی دارند پایدارترند یا به عبارت بهتر هسته های سنگین تر پایداری کمتری



نمودار  $E_B$  در برای عدد جرمی  $A$  نشان می دهد که:

پایدارترین عنصر  $^{56}\text{Fe}$  با  $A=60$  است. هسته هایی که  $A>60$  دارند فقط قابلیت Fission دارند و هسته هایی که  $A<60$  دارند قابلیت Fusions یا همچوشی دارند.

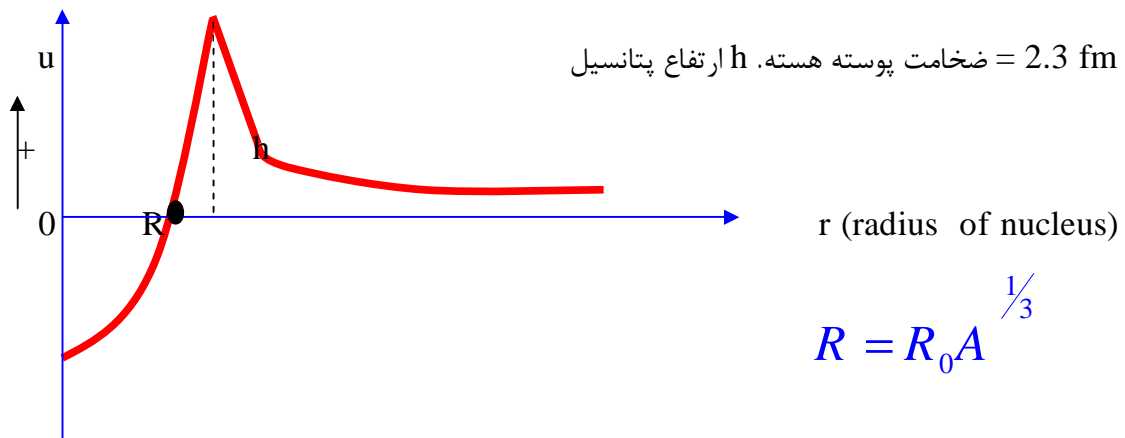
## Nuclear Models:

## مدلهای هسته ای:

### 1 – potential barrier :

یا سد پتانسیل

این مدل برای بیان Bombardment هسته به وسیله ذرات باردار مثبت  $^4_2\text{He}$  (a) انجام می گرفت پیشنهاد شد. در این مدل دیده شده که به صورت تجربی ذرات باردار با انرژی کمتر از انرژی سد نیز می توانند به درون Nucleus نفوذ کنند که Tunnel effect نامیده می شود در کوانتوم مکانیک این احتمال کم است.



**Shell model** – 2: یا مدل لایه ای. در صورتی که شماره N یا Z یکی از اعداد magic numbers

باشد. هسته پایداری فوق العاده زیادی دارد ( 2, 8, 20, ... 120 )

*Example* :  ${}^4_2\text{H}$  ,  ${}^{16}_8\text{O}$  ,  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$

این موضوع بیان می کند که درون هسته نیز شبیه ساختار کوانتومی اتمی است و نوکلئون ها درون هسته بدین گونه در shell های متفاوت طبق اصل طرح پاولی قرار گرفته اند.

**Liquid drop model** – 3: مدل قطره مایع: در این مدل فرض می شود که نوکلئون ها درون هسته

به یکدیگر نیرویی وارد می کنند که درست مانند نیروی کشش سطحی در قطره آب است. این مدل می تواند

جوابگوی ویژگیهایی نظیر: density ثابت، nuclear mass ، Bounding Energy ، تابش  $a$  و  $b$

و تلاشی هسته را که در مدل لایه ای با مشکل مواجه شده بود شرح دهد.

\* \_\_\_\_\_ \*

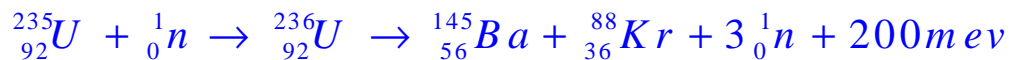
## Nuclear Reactions:

## واکنشهای هسته ای:

**Spontaneous** – 1: یا خود بخودی در شکافت خود به خود:  ${}^{252}_{98}\text{Cf}$  با نیمه عمر 2.65

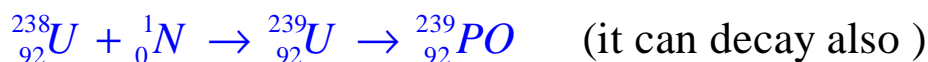
سال Decay کرده و در هر بار 4 نوترون با انرژی 3 – 1 meV آزاد می شود.

2 – **Fission**. در هسته هایی که بسیار سنگینند و در جایی که نیروهای متقابل دور کننده پروتون ها اندکی بیشتر از نیروهای همبستگی لازم برای نزدیکی کردن پروتونهاست انجام می گیرد. در این حالت Bombardment هسته توسط درای مانند Neutron کمی انرژی به هسته منتقل گردیده و باعث decay آن می گردد. که این decay همراه با آزاد شدن انرژی است (برای  $A > 60$  بیشتر اتفاق می افتد).



delayed neutron

نوترون دو حالت می تواند داشته باشد یکی این که نوترون delay باشد یا اینکه fast باشد. در صورتی که این نوترون توسط moderator مناسب مثل گرانیات (کربن تولید شده با بور) یا آب یا تنها شده باشد. واکنش تولید باریوم و کریپتون صورت گرفته در غیر این صورت داریم:



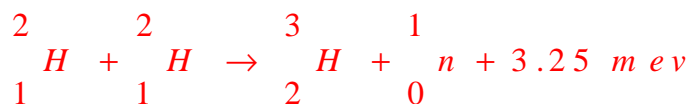
delayed neutron

در thermal fission اگر هسته های رادیو اکتیو ناپایدار توسط نوترون delay یا تاخیری با انرژی 0.025ev بمباران گردد با دمای محیط که حدود  $q = 25^{\circ}\text{C}$  است به تعادل رسیده و واکنش زنجیره ای صورت می پذیرد .

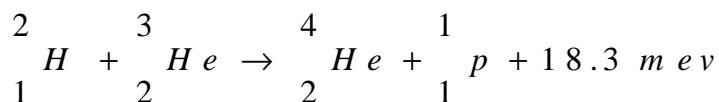
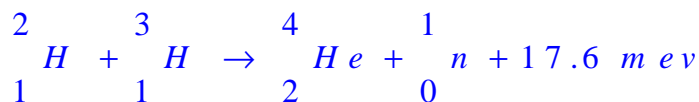
## **Fusion:.....همجوشی**

از بررسی منحنی  $E_B$  نسبت به  $A$  معلوم می شود که انرژی آزاد شده توسط نوکلئون های هسته های سبک با عدد جرمی پایین  $A < 60$  می تواند چندین برابر انرژی حاصل از Fission باشد. مشکل اساسی در fusion در

مواردی همچون اینکه چگونه می توان دمای چندین میلیون درجه سانتی گراد را برای انجام ترکیب هسته ها تامین کرد و در چه محیطی و با چه شرایطی فراهم نمود در حال حاضر تکنیکهایی در کشورهای نظیر آمریکا، ژاپن، فرانسه، روسیه و ... که با هم یک کارتل هسته ای تشکیل داده اند در فرانسه مورد آزمایش قرار می گیرند. این تکنیکها عمدتاً روی فراهم سازی دمای چندین میلیون درجه بوسیله پرتولیزر - میدان مغناطیسی قوی و یا میون متمرکز گردیده است.

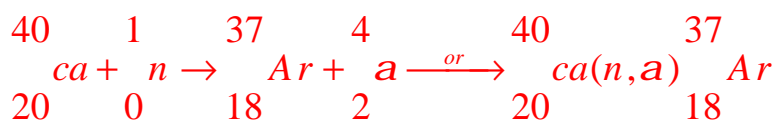


(deutrium)



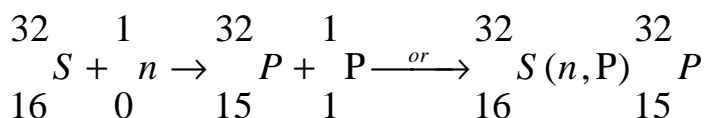
مشکل اساسی جهان این است که آزمایشهای گوناگونی در fusion صورت گرفته ولی قادر به نگهداری و ادامه آن نبوده اند مسائل تکنیک موجود نیز نتوانسته این ایجاد و نگهداری دمای لازم را حل کند.

چند نمونه از

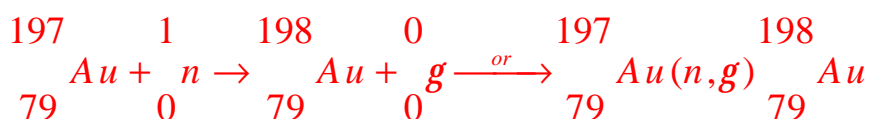


واکنشهای هسته ای

که غالباً کاربرد

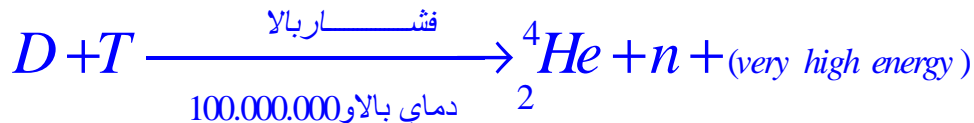


پزشکی دارند:



ذرات مورد استفاده در Bombardment می تواند پروتون، نوترون ،  $a$  ، دوتریوم، تریتیوم و یا ذرات باردار دیگری باشند.

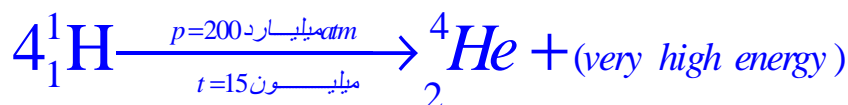
یک کیلوگرم دو تریوم 24.000.000 kwh انرژی آزاد می کند.



این دو (دوتریوم و تریتیوم) در هم می جوشند.

\*خورشید در هر ثانیه 564 تن هیدروژن مصرف می کند و 5600 ton هلیوم می دهد. ظرفیت پرتو زایی خورشید  $3.83 \times 10^{23}$  kw است و هر متر مکعب خورشیدن 6.2/900 kw پرتو تولید می کند.

در خورشید :

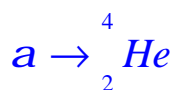


\* ..... \*

## History of Radioactivity:

## تاریخچه رادیواکتیویته:

در سال 1816 De saint vector به این انرژی پی برد. او دریافت که emulation کلرونقره در حضور نمکهای uranium ایجاد می کنند. بکرل (Becquerel) نیز این اثر را مشاهده کرد و سرانجام Marie curie در 1898 کشف کرد که علت این پدیده پرتوی است که از دوزن هسته این مواد به درون دیگر مواد نفوذ می کند. در 1899 راتر فورد نشان داد که از نمکهای اورانیوم دو نوع پرتو  $a$  و  $b$  ساطع می شود. در 1908 کوروی و بلارد پرتو سومی به نام  $g$  (گاما) کشف کردند. کوری اعلام کرد که  $a$  و  $b$  نیست به میدان مغناطیسی



$b \rightarrow$  high velocity electrons

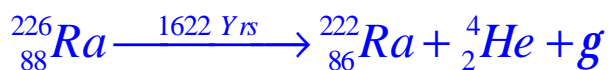
$g \rightarrow$  electromagnetic ray

پاسخ می دهند در صورتی که  $g$  چنین نیست

:Note

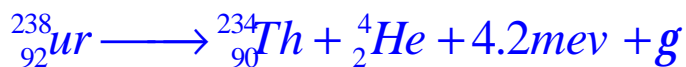
تابش  $a$  معمولاً از هسته های سنگین صورت می گیرد یعنی  $A > 82$ . چنین به نظر می رسد که هسته های سبک دارای انرژی کافی  $Q$  برای پس راندن (Recoil) ذره  $a$  از هسته خود نیستند. در تستهای صورت گرفته در واپاشی Ra به Rn انرژی آزاد شده می بایست 5.5 meV باشد در حالی که اندازه گیری نشان می دهد 5.4 meV انرژی آزاد شده و مابقی صرف Recoil هسته daughter شده است.

قاعده ای به نام Geiger Natal وجود دارد که می گوید هسته های  $a$  گسیلی که انرژی فروپاشی زیادی دارند نیمه عمرهای کوتاهی دارند و بالعکس.



parent

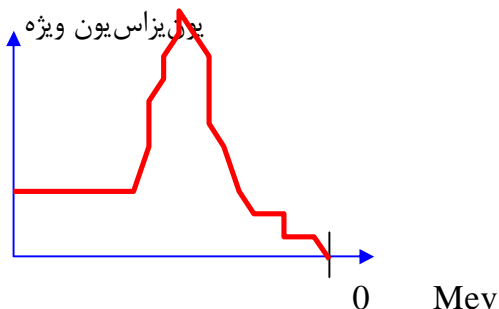
daughter



Note: انرژی ذرات  $a$  بین 3 – 9 meV است.

radiation	بار	دامنه انرژی	برد متوسط در هوا	برد در آب
$a$	+2	3---9meV	3---9cm	25----45 $\mu$ m
$b^-$	-1	0---3meV	0---10m	0----1mm
$b^+$	+1	0---3meV	0---10m	0----1mm
N	0	0---10meV	1---100m	0----1m
$x$	0	10---200keV	1cm---20m	1mm----1m
$g$	0	1keV---10meV	1cm---100m	1mm----10cm

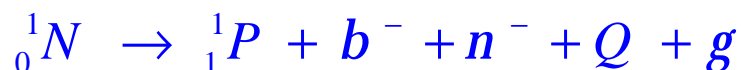
Note: تابش مستقیم  $a$  کاربرد پزشکی ندارد. تنها در موارد معدودی از تابش  $g$  همراه  $a$  از Ra استفاده می شود. به راحتی در پوششی به قطر 35 میکرون از پوست جذب می شود و خطر پرتو تابی بیرونی آن صفر است اما هنگامی که مواد رادیو اکتیو وارد بدن می شود و خطر پرتو تابی آن بسیار شدید است زیرا حداکثر یونیزاسیون پیش از یونیزاسیون توقف کامل ذره  $a$  وجود دارد.



$a$  قبل از اینکه انرژی خود را از دست دهد یک یونیزاسیون شدید ایجاد می کند و یکباره تهی از انرژی می شود

## $b^-$ Radiation .....

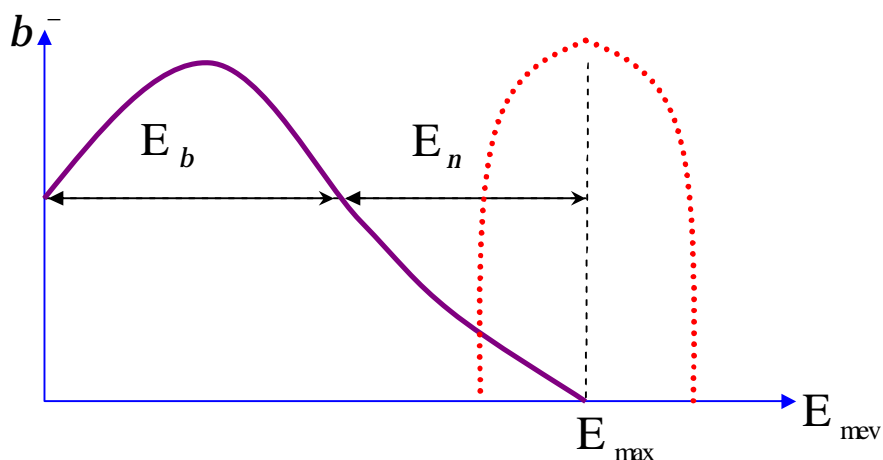
تابش  $b^-$  در هسته ایی صورت می گیرد که نسبت  $\frac{N}{Z}$  آنها زیاد است. یعنی سرشار از نوترون اند و کمبود پروتون دارند. این هسته ها با تبدیل یک نوترون به پروتون با تابش  $b^-$  به حالت Stable می رسند.



\*\* در سال 1931, pauli اعلام کرد ایجاد ذره  $b^-$  همراه تابش ذره دیگری است تا قانون کلی Particle

Antiparticle & در جایی که انرژی از بین می رود پایدار بماند. این ذره همان  $n^-$  (آنتی نوترینو Anti

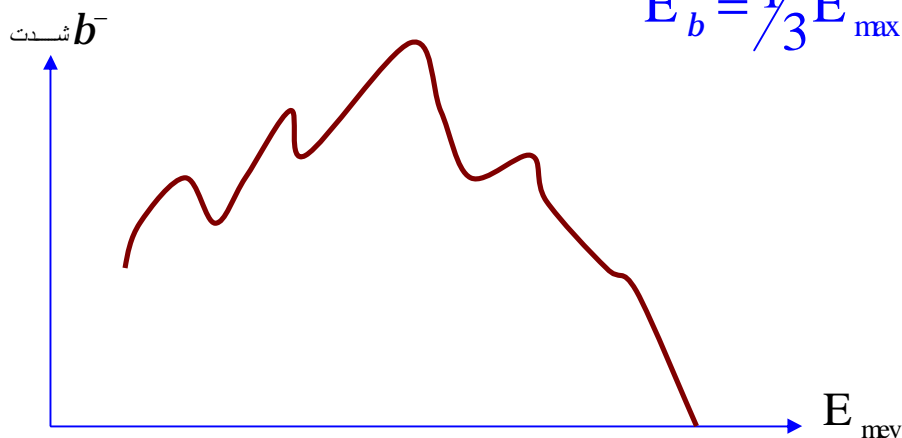
neutrino, است که بدون جرم و بار است و با سرعت  $C$ ، و تفاوتش با نوترینودراسپین آنهاست.



از این نمودار متوجه می شویم که  $b^-$  می تواند  $E_{max}$  را داشته در این صورت  $n^-$ ،  $E_{min}$  را دارد و بالعکس.  $E$  را بین یکدیگر به نسبتی تقسیم می کنند.

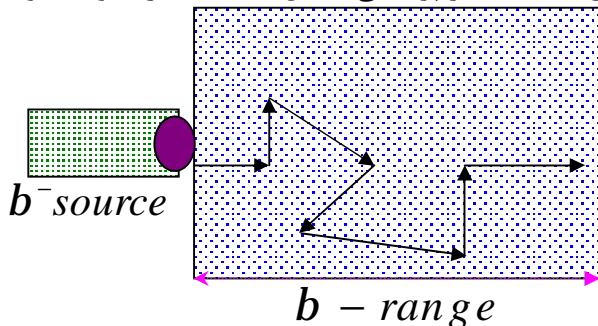
\*\*\*\* طیف تابش  $b^-$  خالص دارای پیوستگی است و از 0 تا  $E_{max}$  تغییر می کند. در طیف تابش کننده  $b^-$  و  $g$ ، pick هایی روی طیف پیوسته وجود دارد که مربوط به برخورد  $g$  با الکترونهای مداری است و الکترونهای لایه k و l بوسیله فوتونها انرژی گرفته و تابش می شوند که همان pick های روی طیف هستند. به این الکترونها Conversion electron یا الکترونهای تبدیلی می گویند.

$$E_b = \frac{1}{3} E_{max} \quad \text{برای محاسبات حفاظتی:}$$



\* در برخورد  $b^-$  چه elastic و چه inelastic باشد، کم شدن انرژی با تابش یک photon ظاهر می شود که فوتون ترمزی (Bremstrahlung) نامیده می شود.

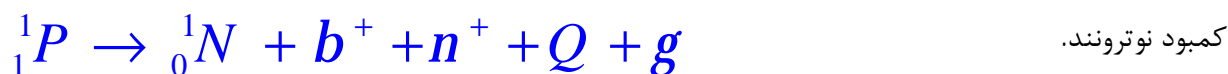
به سبب جرم کم و انواع برخوردی های  $b^-$  یوانیزاسیون ویژه کمتر از  $a$  است و نمی توان بین برد و انرژی آن رابطه ای بدست آورد. بیشترین تابش کننده های مورد استفاده در پزشکی تابش کننده ای رادیو اکتیو  $b$



هستند.

### Positron- $b^+$ decay.....

تابش  $b^+$  (پوزیترون) در هسته هایی است که نسبت  $\frac{N}{Z}$  آنها خیلی کم است یعنی سرشار از پروتون و دچار



برای خلق پوزیترون باید انرژی لازم به وسیله نوکلئون های هسته تامین شود زیرا پروتون به طور خود بخودی نمی تواند ایجاد یک پوزیترون و نوترون کند.

طبق محاسبات صورت گرفته این انرژی معادل  $E = M_{ob^+}C^2 + M_{ob^-}C^2$  (جرم پوزیترون و الکترون)

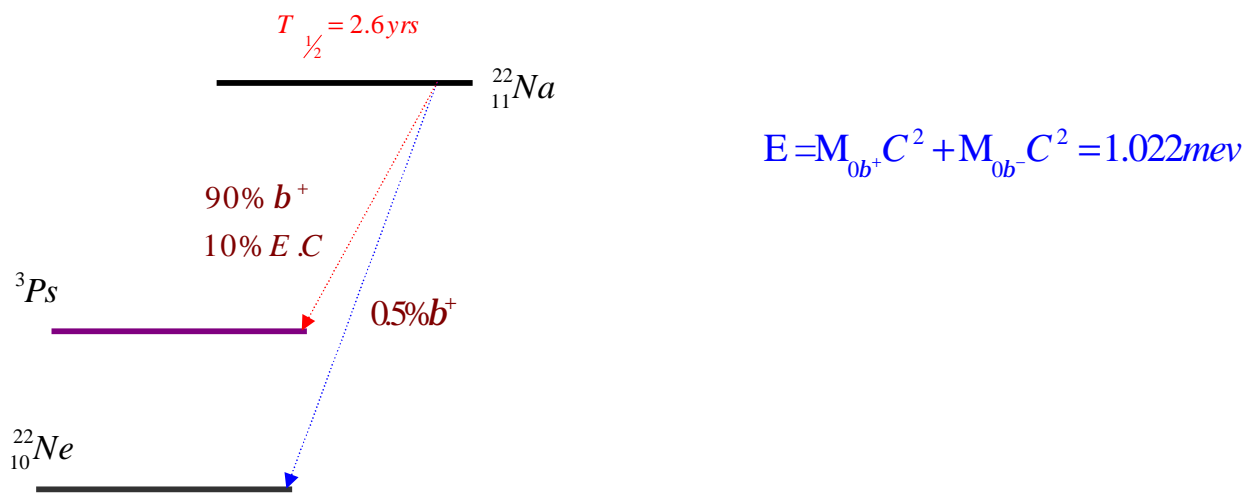
این انرژی معادل  $2m_{oe}C^2$  یعنی 1.0022mev است.

### × قاعده بدست آمده:

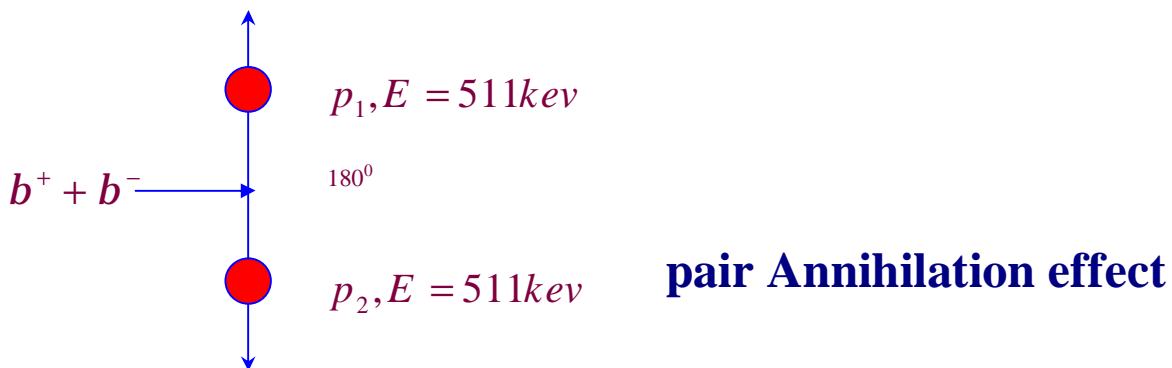
تابش  $b^+$  در صورتی انجام می شود که جرم اتمی هسته daughter حداقل به اندازه انرژی دو الکترون ( $2m_{oe}C^2$ ) کمتر از هسته parent باشد. در غیر این صورت اگر تفاوت جرم کمتر از  $2m_{oe}C^2$  باشد هسته با جذب الکترون از لایه k - decay. کرده بدین صورت که هسته یک الکترون از لایه اتمی k خود می رباید و (نوترینو) تابش می کند. به این موضوع **electron capture** می گویند.

96% Capture ها از لایه k صورت می گیرد در این جذب و ربایش انرژی هسته به اندازه 511 keV افزایش می یابد الکترون جذب شده با پروتون ترکیب شده و یک نوترون ساخته و عدد اتمی کاهش می یابد جای خالی ایجاد شده در لایه k بوسیله الکترونهای لایه بالاتر پر می شود و در اثر پایین آمدن الکترون از لایه بالاتر به پایین تر یک فوتون به صورت X-ray تابش می شود. اگر این پرتو X به یکی از الکترونها با انرژی کافی برخورد کند الکترون مورد هدف از اتم خارج شده و اوژه نامیده می شود (auger electron) یعنی سرگردان.

\* در برخورد  $b^+$  با ماده در مسیری در حدود چند میلی متر بازه ای در حدود  $10^{-6}$  (1 μsec) انرژی جنبشی خود را از دست می دهد و پس از آن با ترکیب شدن  $b^+$  با particle خود یعنی الکترون ( $b^-$ ) پدیده نابودی جفت ذره یا Annihilation صورت می گیرد. 1.0022 MeV انرژی الکترومغناطیسی تابش می شود.

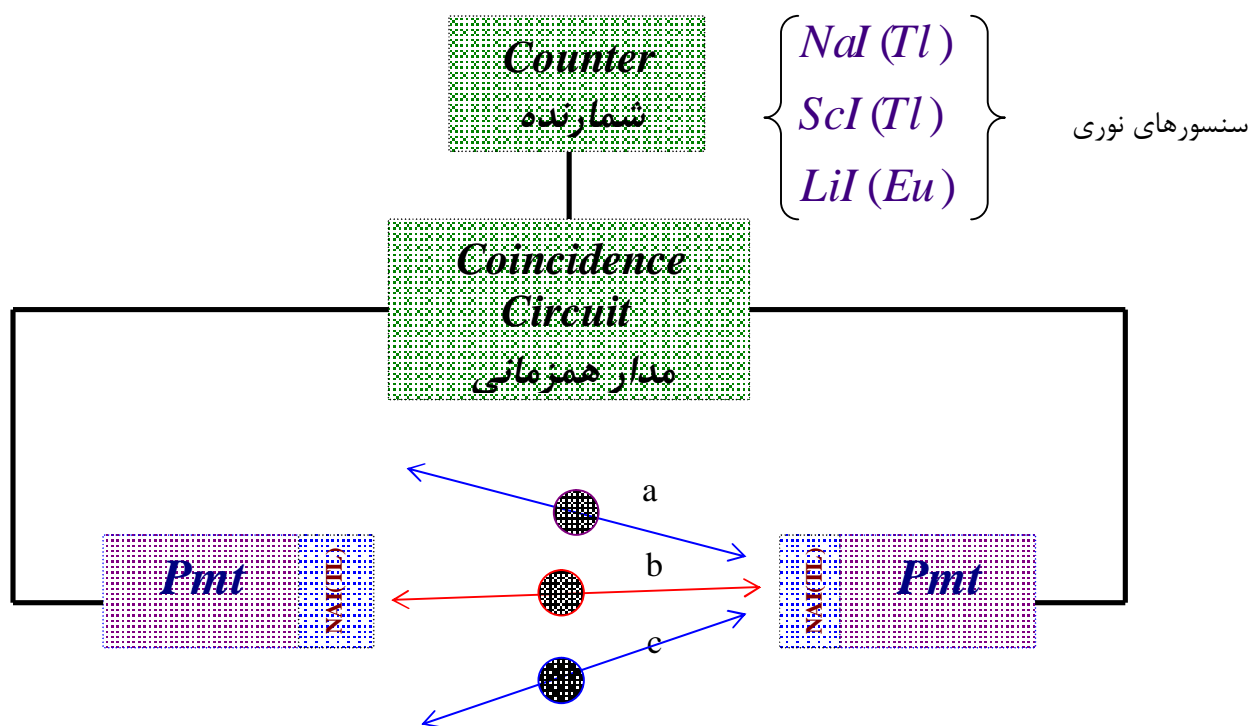


برای اینکه momentum حفظ شود انرژی E به صورت دو فوتون هر یک با انرژی 511 KEV با زاویه  $180^\circ$  نسبت به هم تابش می شود.



**نکته کاربردی: Applied point .....**

اگر در برابر هر فوتون یک detector قرار گیرد و هر دو به یک مدار بخصوص همزمانی (Coincidence circuit) وصل شوند تنها پالس های مربوط به یک effect ضبط می شوند که از هر دو detector بوجود آورده اند. این تکنیک را می توان برای جداسازی effect هایی که از decay و نابودی جفت پوزترون و الکترون ایجاد شده اند استفاده کرد. یا می توان مدار الکترونیکی ویژه ای برای زمان ساخت که تفاوت زمان رسیدن فوتونهای با انرژی 511 - keV مربوط به نابودی یک پوزترون را در میان دو detector و در زمان رسیدن به هر یک از detector ها را مشخص کرد و اندازه گیری نمود و یک زمان نسبی بدست آورد و از روی این زمان نسبی مکانی را که  $b^+$  - decay در میان دو detector رخ داده را تعیین نمود. با این کار می توان اطلاعات سه بعدی بدست آورد زیرا راستای قرارگیری detectorها در X و Y و زمان هر ثبت رسیدن فوتونها Z را نشان می دهد. این تکنیک برای تشخیص وضعیت دقیق تومورها و غدد مثلاً در مغز کاربرد دارد. و می تواند اساس کار توموگرافی پوزتریونی یا PET (positron Emission Tomography) باشد.



{ PMT(photo multiplier tube) لوله افزاینده نوری  
 A,b,c هر سه effect های رخ داده می باشند.  
 NaI(TL) یدید سدیم تال یوم (سنسور نوری)

\*\*\* معمولاً تمام decayهایی که  $a$  و  $b$  ساطع می کنند باعث قرار دادن هسته daughter در حالت excited می شوند هر گاه این حالت برای مدت زمان قابل اندازه گیری طول بکشد حالت یعنی حالت برانگیخته و حالت پایه هسته daughter را **meta stable state** می گویند. و هسته های این مواد را isomer می گویند که از نظر  $Z$  و  $A$  هیچ تفاوتی با هسته های حالت پایه ندارند.

### **Gamma decay**.....

اگر حالت excitation هسته بعد از  $a$  و  $b$  - decay ادامه داشته باشد هسته با decay .

De excitation یا وانگیختگی می کند و به ground state می رسد. این حالت معمولاً  $10^{-6}$  sec (یک

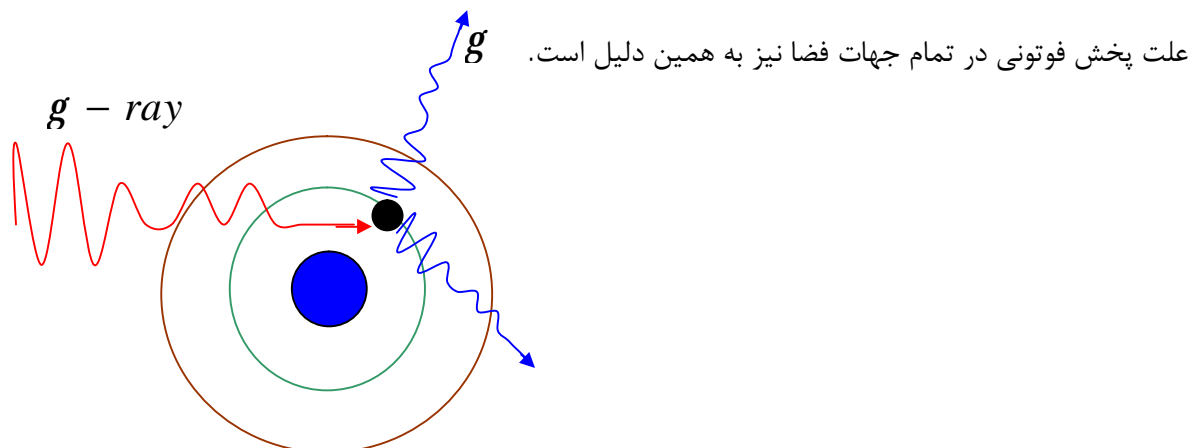
$\mu\text{sec}$ ) بعد از  $a$  و  $b$  صورت می گیرد.

برخورد  $g$  با ماده می تواند به صورت های Elastic or Inelastic باشد.

\* برخورد های elastic به چند گونه اند:

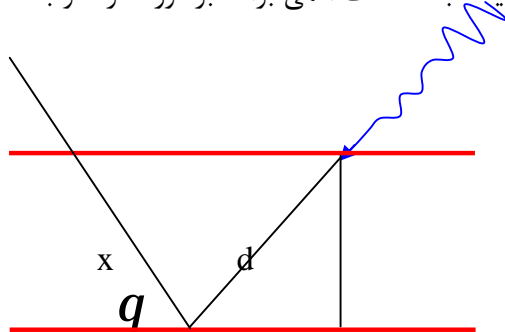
1 - Thomson scattering: (پراکندگی تامسون: فوتون تابشی  $g$  انرژی را به یک الکترون داده و الکترون

برانگیخته می شود و نوسان می کند و از یک فوتون با همان انرژی در جهات مختلف ارسال می کند.



2- Bragg- Scattering: پراکندگی براگ: پرتو  $g$  یا  $x$  به صفحات اتمی براگ برخورد کرده و به صورت

آینه ای برمی گردد (با زاویه  $q$ ) و خارج می شود.



$$2d \sin q = n\lambda$$

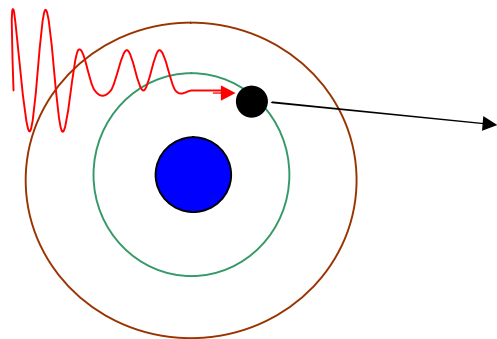
\*برخوردهای inelastic سه دسته اند:

1- Photo electric در این حالت فوتون تابشی  $g$  انرژی خود را به الکترون لایه  $k$  داده و آن الکترون از اتم

خارج می شود. در پزشکی جذب انرژی در این حالت تا انرژی های بالای 200keV قابل چشم پوشی است و

احتمال وقوع آن با  $Z^3$  افزایش و با  $E^3$  کاهش می یابد.

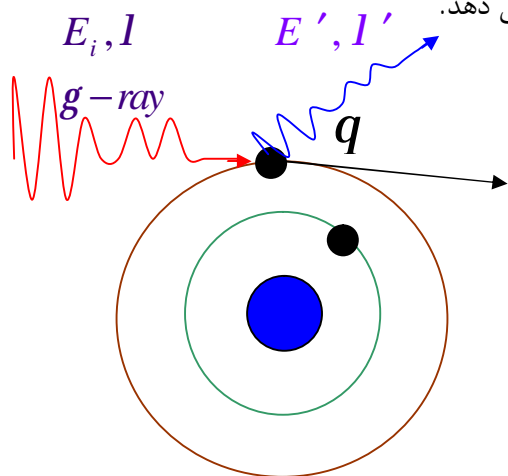
$g$  - ray



2- Compton effect: در این پدیده انرژی فوتون به الکترون داده شده و الکترون از اتم خارج می شود و

فوتونی با انرژی کمتر در امتدادی دیگر تابش می شود. احتمال این پدیده مستقل از  $Z$  است و با تغییرات  $E$

نسبت عکس دارد و در انرژی های بین 0.5 - 1 MeV رخ می دهد.



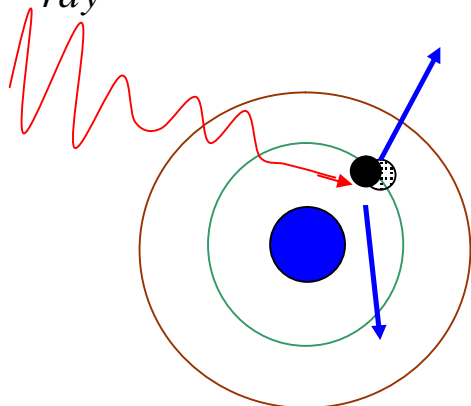
$$\Delta\lambda' = \frac{h}{m_e c} \langle 1 - \cos q \rangle$$

$$E' = \frac{E_i}{1 + \frac{E_i}{m_e c^2} \langle 1 - \cos q \rangle}$$

3 - Pair production : تولید جفت بدین صورت اتفاق می افتد که فوتونی که دارای انرژی بیش از 1.022mev است. در هنگام عبور از کنار میدان الکتریکی هسته به یک الکترون و پوزیترون تبدیل می شود.

احتمال وقوع این پدیده با E . Z برای انرژی 1.022 - 30 Mev و برای عناصر با Z پایین تغییر می کند.

g - ray



$$1.0022 \leq E \leq 30 \text{ meV}$$

معادلات اکتیویته: ..... Activity equations:

*I - decay coefficient*

$$dN/dt = -\lambda N \Rightarrow \text{if } t = 0 \Rightarrow \ln N_0 \quad N_0 \text{ هسته های اولیه در زمان صفرم}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

*the total formula for decaying*

$$A = \frac{dN}{dt} = -\lambda N \Rightarrow N = N_0 e^{-\lambda t} \xrightarrow{-\lambda} -\lambda N = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$R = R_0 e^{-\lambda t}$$

در پزشکی اکتیویته نسبی (R) یا تعداد شماره هایی که

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln A = \ln A_0 + \ln e^{-\lambda t} = -\lambda t + \ln A_0$$

Counter به ما نشان می دهد

$$y = -\lambda t + c \quad \text{از طرفی}$$

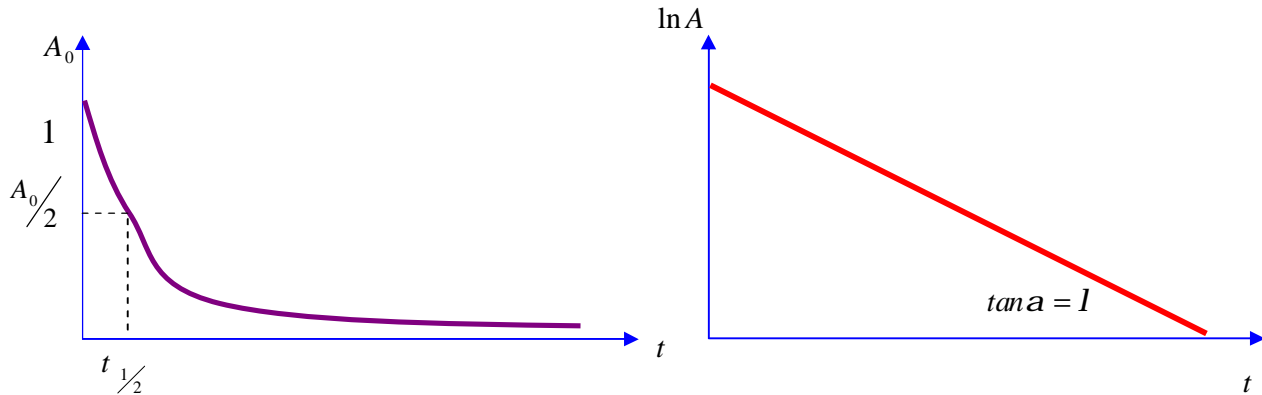
$$\Rightarrow \lambda = \frac{\ln A}{t} \quad \text{شیب}$$

کاربرد فراوان دارد.

$$\Rightarrow t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} \quad \text{mean life} = t = \frac{1}{\lambda} = 1.44 t_{\frac{1}{2}} \quad \text{برای بدست آوردن ضریب فروپاشی:}$$

$$\Gamma = \Delta E \Rightarrow t = \frac{h}{\Gamma}$$

طبق عدم قطعیت هایزنبرگ میزان پهنای باند  $\Gamma$  یا عدم قطعیت در انرژی است.



$$\text{effective mean life} = t_{eff} \Rightarrow \frac{1}{t_{eff}} = \frac{1}{t_{physical}} + \frac{1}{t_{bio\ logical}}$$

$$\Rightarrow t_{eff} = \frac{t_{physical} * t_{bio\ logical}}{t_{physical} + t_{bio\ logical}}$$

$t_{bio}$  مدت زمانی است که ماده رادیو اکتیو در بدن با کارهای بیولوژیکی به نصف مقدار اولیه خود می رسد.

$$\text{example: } ^{131}\text{I} \left\{ \begin{array}{l} t_{eff} = 5.2\text{days} \\ t_{physical} = 8\text{days} \\ t_{bio\ logical} = 15\text{days} \end{array} \right\}$$

$$^{131}\text{I} \left\{ \begin{array}{l} t_{bio\ logical} \text{ in liver} = 140\text{days} \\ t_{bio\ logical} \text{ in kidney} = 7\text{days} \end{array} \right\}$$

$$^{32}\text{P} \xrightarrow{\text{bone}} t_{bio\ logical} = 1.2\text{days}$$

$$^{32}\text{P} \xrightarrow{\text{liver}} t_{bio\ logical} = 18\text{days}$$

## مواد رادیواکتیو طبیعی مورد استفاده در پزشکی هسته ای:

### *Natural radioactive material Applications in nuclear medicine*

\* این دسته از مواد به چهار دسته عمده تقسیم بندی می شود:

series	sign	half life	radiation	Stable nucleus
<i>uranium</i>	$^{238}_{92}\text{U}$	$4.5 \cdot 10^9 \text{ yrs}$	<i>a - decay</i>	$^{206}_{82}\text{pb}$ after 15 stage
<i>Actinium</i>	$^{235}_{92}\text{U}$	$7 \cdot 10^8 \text{ yrs}$	<i>g - decay</i>	$^{207}_{82}\text{pb}$ after 13 stage
<i>Thorium</i>	$^{232}_{90}\text{Th}$	$1.4 \cdot 10^{10} \text{ yrs}$	----	$^{208}_{82}\text{pb}$ after 11 stage
<i>Neptunium</i>	$^{241}_{94}\text{Pu}$	----	----	$^{209}_{83}\text{Bi}$

$^{226}\text{Ra}$  با نیمه عمر 1620 سال در گروه اورانیوم قرار دارد و در درمان حفره های طبیعی بدن در رادیوتراپی کاربرد پزشکی دارد.

نوترون آزاد رادیواکتیو است و در خارج از هسته با نیمه عمر 10.6 دقیقه به پروتون و الکترون ( $b^-$ ) واپاشی می کنند.

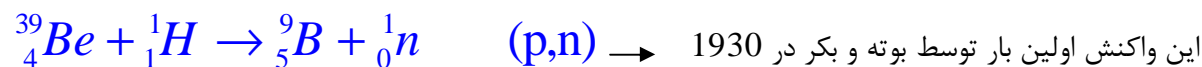
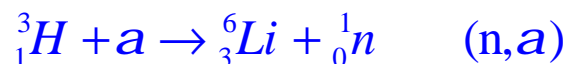
طبقه بندی نوترون از لحاظ انرژی به صورت زیر است؟

neutrons	energy	interaction
پر انرژی	$E > 10 \text{ mev}$	elastic
سریع	100 kev-----10 mev	elastic
متوسط	100 ev-----10 kev	-----
کند	1 kev تقریبا	capture
حرارتی	0.025 ev	capture
فوق حرارتی	1ev تقریبا	-----

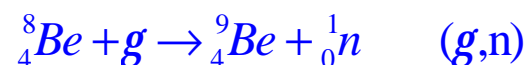
در بیشتر موارد نوتونهای high-energy و fast از عناصر رادیو اکتیو  $z > 82$  تابش می شوند.

**Neutron production:.....**

تولید نوترون به چند روش صورت می گیرد:



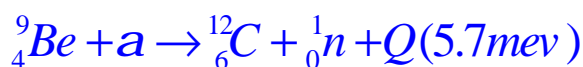
این واکنش اولین بار توسط بوته و بکر در 1930 صورت گرفت آنها اسم این نوترون را گامای با انرژی بالا نامیدند بعدها ژولیو و کوری این پرتو نافذ را به پارافین تاباندند که نتیجه آن خروج پروتونی با انرژی 5.3 mev بود در صورتی که خروج پرتونی با انرژی 5.3 mev نیاز به فوتون گرمایی دارد که انرژی 52 mev داشته باشد و سرانجام در 1932 چادویک این پرتو را نوترون نامید.



برای تابش  $g$  از گسیلنده ای  $^{24}_{11}Na$  و  $^{124}_{51}Sb$  استفاده می کنند که این مواد  $g$  تک انرژی ساطع می کنند.

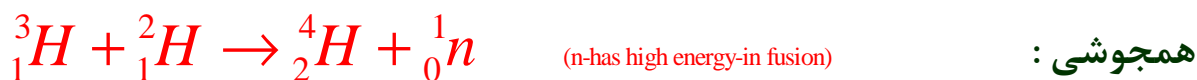
Source های بمباران کننده این تشعشعات معمولاً  $^{226}Ra$  و  $^{210}Po$  و به عنوان Neutron howitzer استفاده می کردند.

نوترونهای پر انرژی معمولاً از واکنشهای  $(n,a)$  نیز بدست می آیند.



این واکنش، واکنش کشف نوترون بود و می توان  $a$  گسیل هایی را به صورت پودر با  $Be$  در

آمیخت انرژی جداسازی آخرین نوترون در  ${}^9_4Be$  در حدود  $1.7mev$  است که نیاز به یک  $a$  با انرژی 5 – 6 meV است نوترون تولید شده در واکنش بالا تک انرژی نیست و به صورت طیف است.



شکافت خود به خود:  ${}^{252}_{98}Cf$  با نیمه عمر 2.65 سال Decay کرده و در هر بار 4 نوترون با انرژی 1 – 3 meV آزاد می شود.

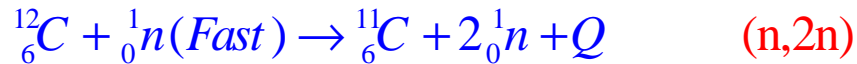
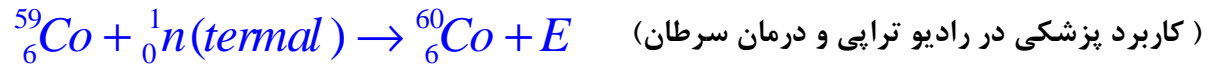
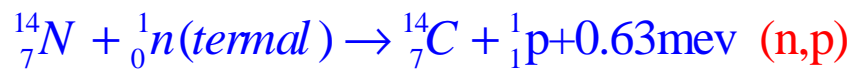
## بر خورد نوترون ..... Neutron interactions

1 – Elastic collision: تنها تبادل انرژی و Momentum

2 – Inelastic collision: نوترون کمی از انرژی خود را به صورت تابش  $g$  از دست می دهد.

3 – Neutron capture: تابش نوترون (نوترون گرمایی) هسته با جذب نوترون گرمایی انرژی معادل 8meV

بدست می آورد که اضافی است و  $g$  تابش می کند. بیشترین کاهش انرژی نوترون در برخورد با هسته هایی است که هم اندازه نسبی خودش هستند یعنی نوترون ندارند مانند: پارافین، آب و گرافیت که از پروتون غنی هستند و به عنوان moderator در راکتور استفاده می شوند.



${}^{11}_6\text{C}$  تابش کننده  $\beta^+$  است و کاربرد پزشکی دارد.

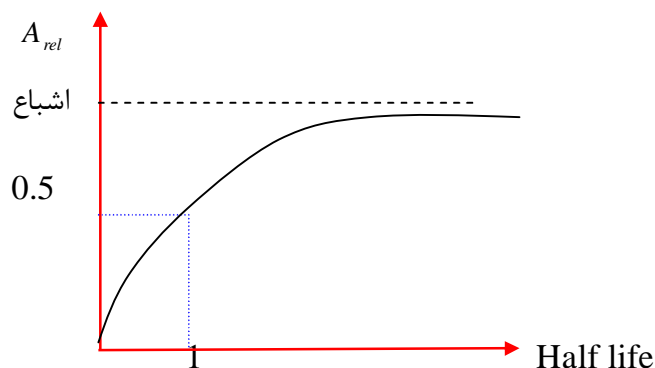
$$A_{MAX} = \frac{N \cdot j \cdot S}{3.7 * 10^10}$$

$$S = X - \text{section (barn)} \quad 1\text{b} = 10^{-28} \text{m}^2$$

$$j = \text{neutron flux} \left( \frac{n}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \right)$$

$N = \text{the no of target atoms}$

$A_{MAX} = \text{maximum activity of bombardment nucleus}$



منحنی تولید ماده رادیو اکتیو در روند رادیو اکتیو کردن در اثر بمباران نوترونی

در رادیو تراپی مدرن نوترونهای fast به همراه مزون  $\pi$  یا میون نقش مهمی بازی می کنند.

× سزیم  $^{137}\text{Cs}$  در رادیو تراپی و بیماریهای زنان کاربرد دارد:



${}_{15}^{30}\text{P}$  کاربرد در بررسیها و درمان پزشکی دارد.

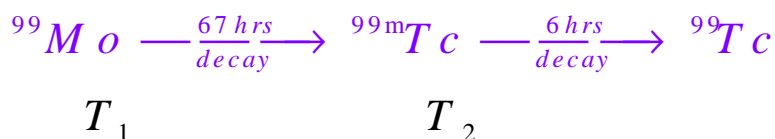
\* اولین شخصی که از مواد رادیو اکتیو برای tracing استفاده کرد George hevesy مجارستانی بود و در 20 سال گذشته پزشکی هسته ای هر سال حدود 15 تا 25% رشد کرده و در کشورهای صنعتی یکی از رشته های مدرن و پر گسترش است.

\* مفید ترین رادیولیز و توپها در پزشکی هسته ای تابش کننده های  $g$  هستند چرا که بسیار نافذ بوده و قدرت تشخیص را بالا می برند. و از حدود یک میکروگرم ( $1 \mu\text{g}$ ) این مواد برای نشاندار کردن مولکولها (labeled Molecule) استفاده می گردد.

\* این مواد نباید سمی بوده و واکنش آلرژیک و حساسیت در بدن ایجاد نکند و نباید مدت زیادی در بدن بمانند و به طور انتخابی در عضو بخصوصی متمرکز شوند مانند  ${}^{131}\text{I}$  که در تیروئید متمرکز می شود.

هنوز نمونه رادیو ایزوتوپ مناسبی از سه عنصر هیدروژنت اکسیژن و کربن وجود ندارد. و اخیراً برخی از این مشکلات را بوسیله شتابدهنده ها (cyclotron) برای نیمه عمر چند دقیقه در محل مصرف حل کرده اند. (Radiopharmaceutical) رادیو داروها باید استانداردهای خاصی را دارا باشند.

• یکی از متداولترین رادیو ایزوتوپها تکنسیم  ${}^{99m}\text{Tc}$  است که از ژنراتور  ${}^{99}\text{Mo}$  مولیبدن بدست می آید.

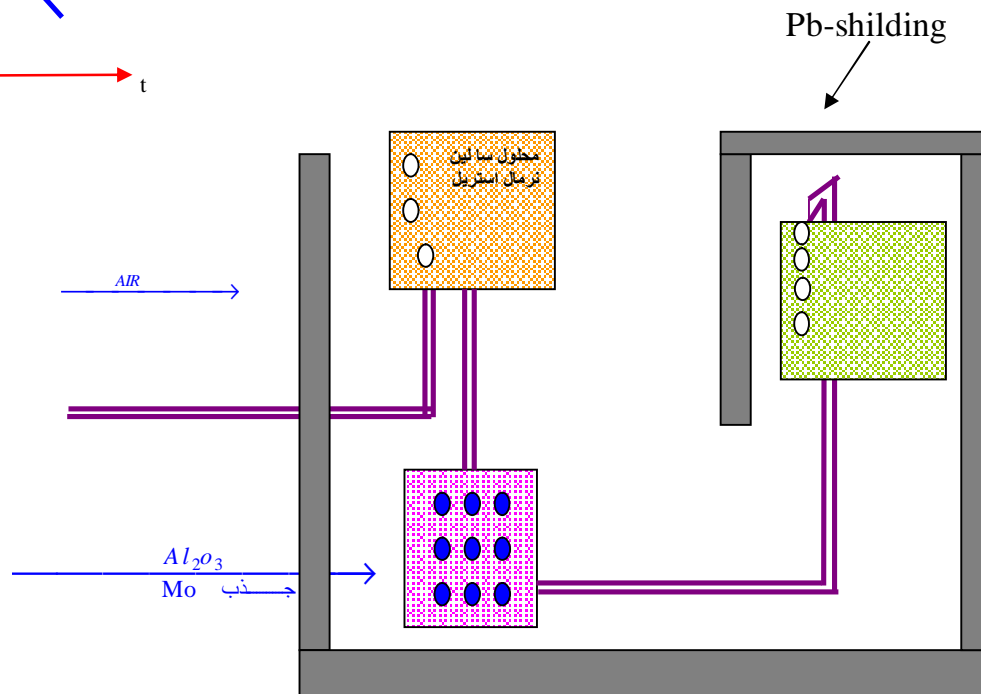
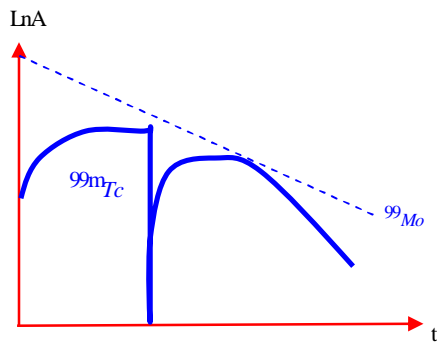


Note: در این Reaction:  $T1 < T2$  است لذا تعادل از نوع گذرا است و پس از حدود 4 نیمه عمر، نیمه عمر هسته daughter با نیمه عمر parent به تعادل می رسد. و در نقطه تعادل اکتیویته daughter نزدیک به اکتیویته parent است.

### طرز تهیه:

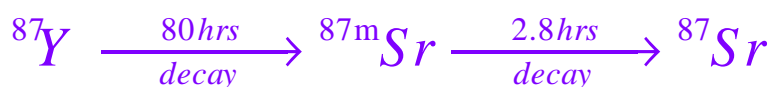
$^{99}\text{Mo}$  به صورت پدر در ستونی حاوی اکسید آلومینیوم ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) وجود دارد. اکتیویته  $^{99}\text{Mo}$  حدود  $3\text{GBq}$  ( $100\text{mCi}$ ) است. در تعادل بین مادر و دختر در صورتی که معلول سالیین نرمال از ستون گذرانده شود Tc در سالیین حل شده ولی  $^{99}\text{Mo}$  قابلیت حل شدن در سالیین را ندارد لذا  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  در محفظه مخصوص جمع می گردد. در هر washing مقداری از  $^{99}\text{Mo}$  غیر قابل حمل نیز در ظرف جمع می گردد که از 0.001 اکتیویته دختر کمتر است. و می توان با milking از ژنراتور در شرایط کاملاً استریل عمل تزریق را انجام داد. این

عمل تقریباً تا 5 بار برای ژنراتور  $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$  انجام می گیرد.



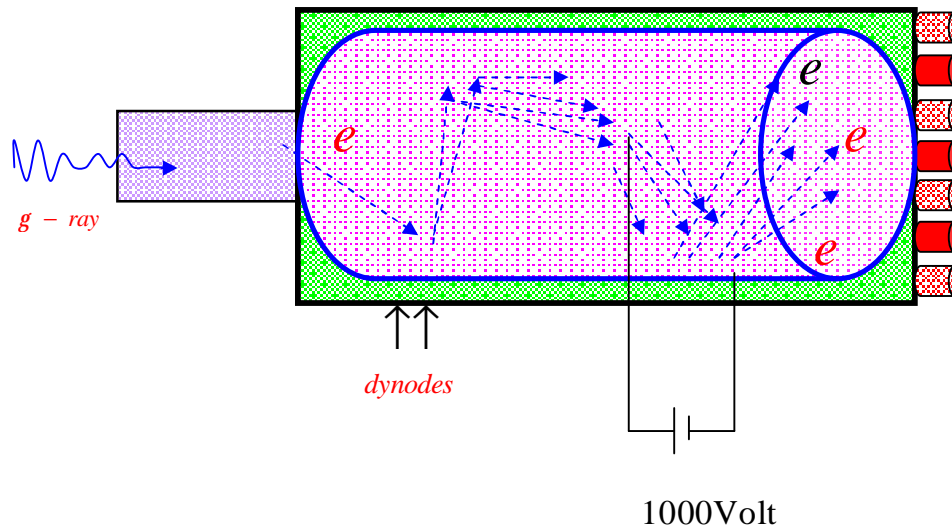
روش	رادیو دارو	مقدار تجویز	دوز عضو بحرانی
Brain scan	$^{99m}\text{Tc} - \text{pertechnate}$	500mbq(15mci)	0.02Gy در روده کوچک
Liver scan	$^{99m}\text{Tc} - \text{sulfocolloid}$	150mbq(4mci)	0.02Gy در کبد
Lung scan	$^{99m}\text{Tc} - \text{macroagreggate}$	100mbq(3mci)	0.009Gy در ششها
Bone scan	$^{99m}\text{Tc} - \text{pyrophosphate}$	500mbq(15mci)	0.06Gy در مثانه
Thyroid scan	$^{99m}\text{Tc} - \text{pertechnate}$	150mbq(4mci)	0.01Gy در روده کوچک

### Reaction تهیه $^{132}\text{I}$ :



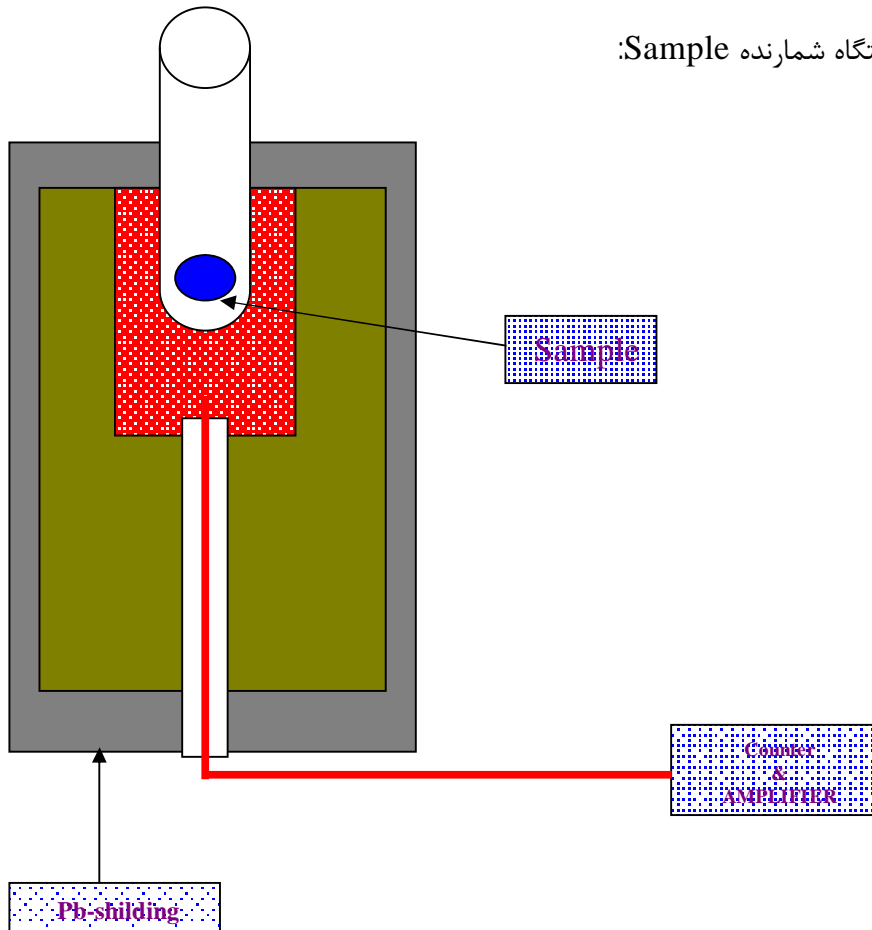
### آشکار سازی پرتو در پزشکی هسته ای:

- 1 - Counter Gm : کنتور گایگر مولر - فقط در موارد حفاظت پرتوها
- 2 - PMT (Photo Multiplier Tube) لوله افزایشنده نوری



10 Dynode , تقریباً الکترونهای ساطع شده از کریستال  $\text{NaI(Tl)}$  را  $10^5$  تا  $10^6$  برابر می کنند. به منظور مثبت تر بودن یک dynode نسبت به dynode قبلیش ولتاژی حدود 1000v نیاز است.

\* طرز کارکرد یک دستگاه شمارنده Sample:



## **Thyroid scanning \***

برای اسکن تیروئید حدود  $^{131}\text{I}$  4MBq (100 $\mu\text{ci}$ ) را یک روز قبل از اسکن از راه دهان به بیمار داده می شود.

از  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  - *perchnetate* هم جهت نشاندار کردن استفاده می گردد. چرا که سریعاً توسط بافت‌هایی که ید را

جذب کرده اند جذب می شود. لذا حدود 150 MBq مقدار  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  استفاده می گردد که به بیمار تزریق می

شود. از  $^{139}\text{I}$  هم به علت عدم تابش  $b$  با  $t_{1/2} = 3\text{hrs}$  می توان برای اسکن استفاده کرد که dose آن حدود

20MBq است.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  پس از 20 دقیقه به تیروئید وارد می شود.

سرطان معمولاً به طرف کبد گسترش راه می یابد. مولکولهای نشاندار شده توسط کبد از خون جدا می شوند اما

تومورهای سرطانی نمی توانند این مولکولها را جدا کنند و لذا اکتیویته کمتری نسبت به سلولهای سالم دارند

برای اینکه کبد معمولی را اسکن کنیم حدود 20MBq (5 mci) ترکیبات سولفور کلوئید label شده با

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  را با ذراتی به قطر  $0.5\ \mu\text{m}$  به سیاهرگ تزریق کرده و پس از 10 دقیقه عمل اسکن صورت می

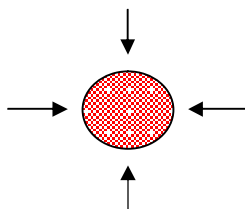
گیرد.

## **Brain Scanning**

برای اسکن مغز می توانیم حدود 500MBq (15 mci)  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  را از طریق سیاهرگ به بیمار تزریق کرده

و پس از 2 ساعت این مولکولهای نشاندار شده در تومورهای بدخیم مغز جذب شده و از روی این مشخصه Scan

صورت می گیرد.



برای تشخیص بهتر است از چهار جهت Scan انجام شود.

## **Bone Scanning:**.....

بخشی از استخوان که نابود شده برای دوباره سازی خود عناصر بیشتری را جذب می کند برای اسکن استخوان  $^{99m}\text{Tc}$  500MBq را با ترکیب با فسفات در خون تزریق کرده و 3 ساعت بعد اسکن می کنیم. بعضی از مراکز هسته ای در کشور امریکا از اتمهای فلئور رادیو اکتیو ( $^{18}\text{F}$ ) که جایگزین  $\text{OH}^-$  در بلور استخوانی می شوند و نیمه عمری 110 دقیقه ای دارد استفاده می کنند. که باید نزدیک یک مکان مصرف تولید شود.

## **Kidney Scanning:**.....

برای اسکن کلیه بخصوص پس از پیوند کلیوی مقدار کمی اسید هیپوریک رادیو اکتیو در خون تزریق کرده و توسط کلیه ها سریعاً جذب شده و اسکن می کنیم. اسکن های پیاپی می تواند در ارزیابی کار کلیه مفید باشد.

از دیگر کارهای کاربردی رادیو ایزوتوپها که در این مقاله وقت رسیدگی بیشتر نیست می توان گفت:

- ارزیابی کار غدد تیروئید به وسیله جذب 24 ساعته ید رادیو اکتیو.
- بررسی جذب آهن در مطالعات متابولیکی.
- آنالیز ویتامین  $\text{B}_{12}$ .
- تعیین طول عمر گلبولهای قرمز خون.
- تشخیص حجم کلی خون بدن و ... etc.

BY :MR.AMIR HOSSEIN KESHAVARZ

B.S OF NUCLEAR PHYSICS

**References:**

- 1 – Nuclear physics By: Kaplan Addison – Wesley 1998.**
- 2 – Medical physics By : j. R comeron & skofernick**
- 3 – Nuclear Engineering**
- 4 – Quantum mechanics By: Landov & E. M litshitz.**
- 5 – Physics for Biologics By: S. Duncan halsted 1985.**
- 6 – The physics of Radiology By: E. Johns & Cunningham.**
- 7 – Nuclear magnetic Resonance imaging By: peter G. morris.**
- 8 – Bio physics By: M. N. Volkenstein.**
- 9 – Scientific American Vol – 260 p 42 1982.**
- 10 – Health physics D. j. Rees.**
- 11 – Nuclear medicine invitro Benjamin Rothfeld.**
- 12 – Nuclear physics. MierhoV.**
- 13 – Introduction to hearth physics herman cember.**
- 14 – Medical physics by M.D Saghari TakaVar.**