- یك گرم پتاسیم 40 دارای اکتیویته 10^5 می باشد ثابت واپاشی و نیم عمر آن چقدر است؟

$$N = \frac{6/02\times10^{23}}{40gr}\times1gr = 1/5\times10^{22}$$

$$\lambda = \frac{10^5}{1/5\times10^{22}} = 6/7\times10^{-18}\,Sec^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{0/693}{\lambda} \cong 3\times10^{9}\,yrs$$

نیمه عمر موثر وارتباط آن با نیمه عمر فیزیکی و بیولوژیکی

- نیمه عمر بیولوژیکی
- مدت زماني است که طی آن مقدار ماده رادیو اکتیو واردشده در بدن ، به نصف تقلیل یابد

نکته:

نیمه عمرفیزیکی رادیوداروها نباید آنقدر کوتاه باشد ،که فرصت انجام آزمایش را ندهند ، ونه آنقدر بلند باشد که براي بیمار ، مشکل حفاظتي بوجود آورد

نیمه عمر موثر وارتباط آن با نیمه عمر فیزیکی و بیولوژیکی

- نیمه عمر (Half life) $t_{1/2}$:
- نیمه عمر فیزیکی $(T_{1/2})_p$:
- مدت زمانی است که نصف اتم های عنصر رادیواکتیو در اثر استحاله تبدیل به عنصر دیگر می شود .
- نیمه عمر بیولوژیکی (T_b) :
- مدت زمانی است که نیمی از ماده رادیواکتیو وارد شده به بدن منحصراً از طریق بیولوژیکی (فرآیند دفع مانند : ادرار ، مدفوع ، تعریق و ....) حذف می شود . در نتیجه فرآیندهای تجزیه هسته ای در آن دخالت نخواهد داشت .
- نیمه عمر موثر (T_{eff}) :
- مدت زمانی است که نصف ماده رادیواکتیو هم از طریق دفع و هم از طریق تجزیه هسته ای از بین می رود و فقط نصف مقدار اولیه در بدن باقی می ماند . نیمه عمر موثر عاملی است که در دزیمتری بکار می رود .

نیمه عمر موثر وارتباط آن با نیمه عمر فیزیکی و بیولوژیکی

- شناخت نیمه عمر موثر در پزشکی هسته ای و در رادیوتراپی هنگامیکه هسته های رادیو اکتیو وارد بدن بیمار می شوند یا درتماس نزدیک با بدن
- هستند دارای اهمیت فراوانی می باشد
-
- نیمه عمر بیولوژیکی برای ایزوتوپ رادیو اکتیو و غیر رادیو اکتیو یک عنصر یکسان است

نیمه عمر موثر وارتباط با نیمه عمر فیزیکی و بیولوژیکی

- رابطه بین نیمه عمرها :

- $\lambda_{eff} = \lambda_b + \lambda p$

- $\lambda_{eff} = \frac{0/693}{T_{eff}}$, $\lambda_b = \frac{0/693}{T_b}$, $\lambda_p = \frac{0/693}{T_P}$

- $\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_b} + \frac{1}{T_p} \longrightarrow T_{eff} = \frac{T_b \times T_p}{T_b + T_p}$

نیمه عمر موثر وارتباط آن با نیمه عمر فیزیکی و بیولوژیکی

- مثال :
- در تحقیقاتی خاص از غده تیروئید معلوم شده است که مقدار ماده رادیواکتیو $^{131}(I)$ متمرکز در تیروئید بعد از 5 روز به نصف مقدار اولیه می رسد . نیمه عمر بیولوژیکی ید را محاسبه نمایید در صورتیکه نیمه عمر فیزیکی آن 8/05 روز باشد .

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{T_b} + \frac{1}{8/05} \rightarrow \frac{1}{T_b} = \frac{3/05}{5\times 8/05} \rightarrow T_b = 13/2 \text{روز}$$

پرتوهای الکترومانیتیک دارای 4 مشخصه اصلی می باشند :

- 1 ـ طول موج (Wavelength, λ) :
- فاصله نقاط متشابه (هم ارز) در موج مثلاً دو ماکزیمم (max) یا دو می نیمم (min) را طول موج می نامند .
- 2 ـ فرکانس (Frequency , f):
- عبارتست از تعداد نوسانات کامل یا تعداد سیکلها در ثانیه
- 3 ـ سرعت (Velocity , c) :
- مسافتی است که موج در مدت یک ثانیه می پیماید
- 4-دامنه (Amplitude, a) :
- که در واقع قوت (نیرومندی) موج را مشخص می کند .
- بین 3 مشخصه طول موج ، فرکانس و سرعت رابطه زیر برقرار است :
- $C=\lambda.f= 3\times10^{8}$ m/Sec
- $f=c/\lambda$ $\lambda= c/f$

هم ارزی جرم و انرژی (Mass- Energy – Equivalence)

- اولین بار این نظریه را در سال 1905 میلادی آلبرت انیشتن طی تئوری نسبیت خصوصی بیان داشت.
- اولین بار در جنگ جهانی دوم در بمباران اتمی هیروشیما و ناکازاکی از این تئوری استفاده شد (تبدیل جرم به انرژی)
- بر اساس پدیده تولید جفت (Pair production) ، می توان انرژی را به جرم تبدیل کرد .
- $E = mc^2$
- بر اساس این معادله جرم و انرژی دو تظاهر فیزیکی یا دو کمیت مستقل و مجزا نبوده بلکه با یکدیگر بستگی کامل دارند .
- می توان برای هر ذره به جرم m انرژی معادل با جرم خود و برای هر مقدار انرژی جرمی معادل با آنرا در نظر گرفت .

- مثال : انرژی معادل جرم الکترون در حال سکون بر حسب الکترون ولت را بدست آورید .
- $M= 9/11\times10^{-28}$
- $C= 3\times10^{10}$ cm/sec
- $E=m.c^2 \rightarrow 9/11\times10^{-28}\times(3\times10^{10})^{\wedge}2= 81/99\times10^{-8}$erg
- $Ev= 1/6 * 10^{-19} \times 10^{7} = 1/6 * 10^{-12}$ erg

$$\frac{81/99\times10^{-8}}{1/6\times10^{-12}} = 5/11\times10^{4} = 0/511 \text{ Mev}$$

- بنابر این از تبدیل یک الکترون در حال سکون 0/511 Mev انرژی بدست می آید و بر عکس برای تولید یک الکترون 0/511 Mev انرژی لازم است

- اگر فرکانس دوبرابر گردد (یا طول موج نصف شود) ، انرژی فوتون دو برابر می شود .
- $E= h.f$
- مثال انرژی یک فوتون پرتو الکترومانیتیک به طول موج یک انگستروم ($10^{-10}\ m$) را بدست آورید .

$\lambda= 1\ A^0$

$$F = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 M}{10^{-10}\ M} = 3 \times 10^{18}$$

- $E=h.\ F=6.61\times10^{-34}\times3\times10^{18}=19.83\times10^{-16}J$

- $1ev = 1/6 \times 10^{-19}\ Q \times 1V = 1/6 \times 10^{-19}\ J$
- $E = 19.83 \times 10^{-16} / 1.60 \times 10^{-19} = 12400ev = 12.4Kev$
- اگر طول موج پرتو 0.01A باشد ، در نتیجه فرکانس ، 100 مرتبه بیشتر از حالت قبل می باشد . لذا انرژی یک کوانتوم با یک فوتون پرتوی مزبوربرابر با 1240000 ev یا 1.24 Mev خواهد بود .
- رابطه کلی بین انرژی فوتون (E) بر حسب الکترون ولت (ev) و طول موج (λ) پرتو بر حسب آنگسترم (A) :
- $E = hv = h \times c/\lambda$
- $E_{(ev)} = \dfrac{12400}{\lambda(A)}$

- مثال: انرژی فوتون های یک فرستنده رادیویی که با فرکانس 300000 سیکل در ثانیه عمل می نماید حساب کنید .

- $\lambda = \frac{3\times10^{8}}{300000} = 10^{3}m = 10^{13}A$

- $E = 12400 / 10^{13} = 1.24\times10^{-9}$ ev

تئوری اتمی

- تامسون در سال 1898الکترون را کشف کرد.
- در سال 1911رادرفورد بر اساس نحوه پراکندگی ذرات آلفا در یک ورقه طلا به ساختار اتم پی برد.

نتایج رادرفورد:

1-شعاع هسته اتم $10^{-13}cm$ میباشد که پروتون ها را در بر می گیرد.

2- هسته را ابری از الکترون ها در بر گرفته است.

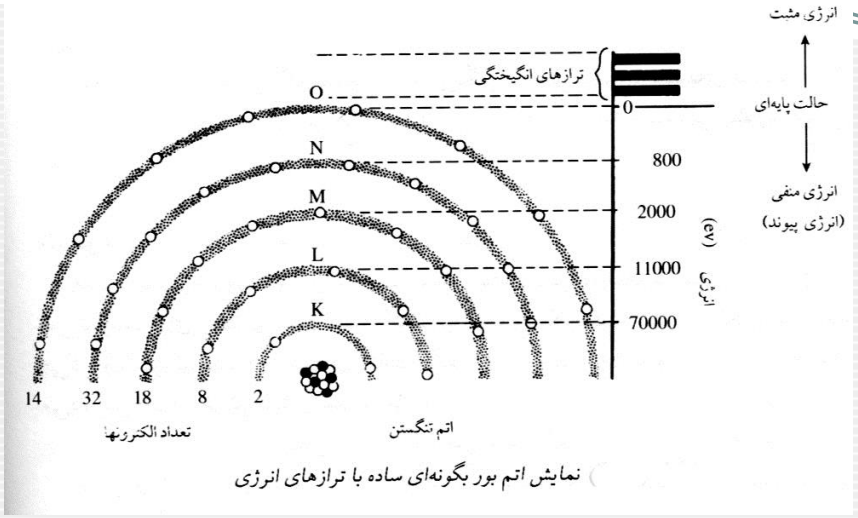
اتم بوهر

- نتایج ناقص رادرفورد بوسیله بوهر تکمیل شد که شامل سه فرضیه بود:
- 1- اتم دارای هسته ثابت مرکزی است که در برگیرنده پروتون هاست(نوترون بعدا توسط چادویک کشف شد).

الکترون ها بدور هسته در گردش اند.نیروی گریز از مرکز الکترون ها برابر نیروی جاذب مرکز هسته است.

- 2- الکترون ها در مدار های جداگانه قرار دارند.الکترون های در چرخش با اینکه شتاب دارند تابش از خود انجام نمی دهند.

- 3- پرتو تنها زمانی تابش می شود که الکترون از یک مدار به مداری با انرژی کمتر برود.



نمایش اتم بور بگونه‌ای ساده با ترازهای انرژی

$$Ep = E1-E2$$

انرژی فوتون

$$f = E1-E2/h$$

براساس فیزیک کلاسیک انرژی کل الکترون برابر است با:

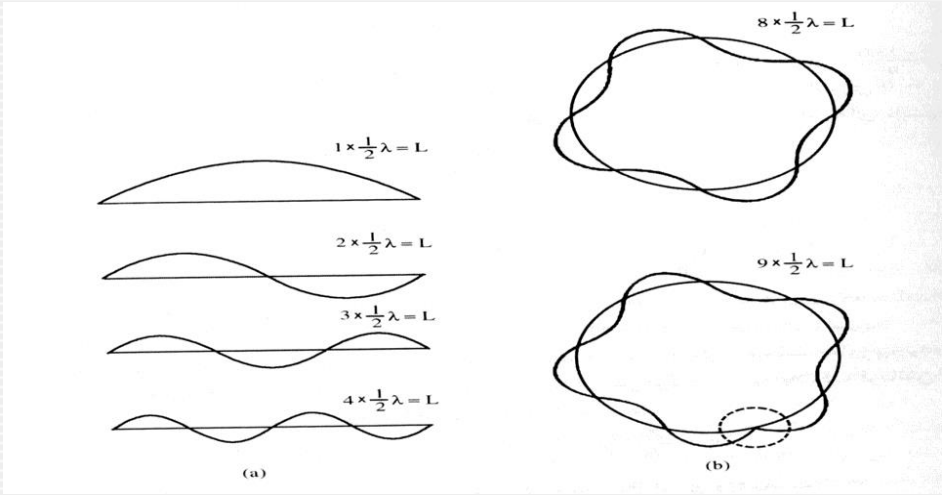
$$E= Ek+Ep=-1/2\ K\ e^2 / r$$

براحتی اثبات می شود(کتاب).

بوهر :براساس فیزیک کلاسیک هر الکترون در چرخش باید از خود امواج الکترومغناطیسی تابش کند و بنابراین روی اتم سقوط کند.

بنابراین بوهر رفتار موجی الکترون را بیان کرد:

الکترون ها دور هسته سوار بر موجی هستند بطوریکه دایره ایکه موج روی آن حرکت می کند باید مضرب زوجی از $\lambda / 2$ این موج باشد تا این امواج با هم تداخل نکنند.



- بنابراین طول دایره باید مضرب درستی از λ باشد.

$n\lambda = 2\Pi r \qquad n=1,2,3,....$

برطبق نظریه دوبروی:

$\lambda = h / mv$ یا $mv=h/\lambda=h/2\Pi r/n$

$\lambda = nh / 2\Pi r$ .....→

$$En=-1/2\ .ke^2/r = 2k^2\ \Pi^2me^4/n^2h^2$$

رابطه بالا انرژی الکترون را برای مدار **n** می دهد.

با وارد کردن ثابت ها در رابطه بالا برای اتم هیدروژن داریم:

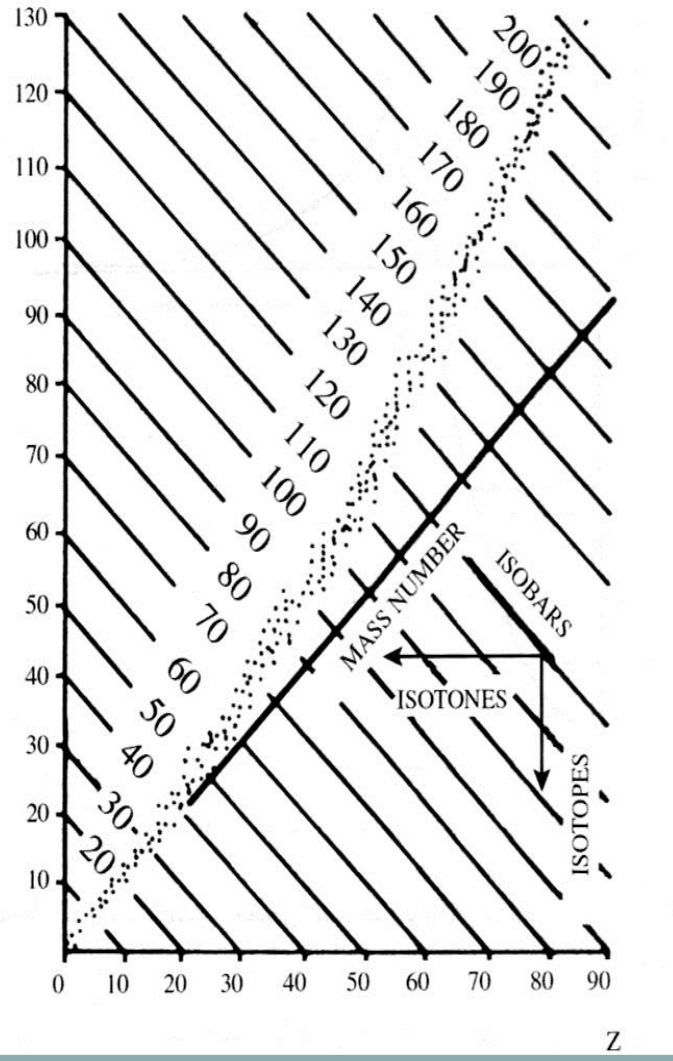
$$\mathbf{En = -13.6/n^2\ (eV)}$$

n= 1 : E1=-13.6 eV , n= بی نهایت : E=0

ذرات بنیادی
Fundamental or Elemental Particles

- درساختمان هسته اتم علاوه بر دوذره اصلی پروتون و نوترون،ذرات متنوع دیگری نیز وجوددارند.
- اکثر این ذرات در فعل وانفعالات استحاله هسته Nuclear Disintegration آشکار وکشف میشوند.
- P(پروتون):با بار مثبت وهسته اتم هیدرژن
- N (نوترون):بابارخنثی.جرمی تقریبابرابربا پروتون
- الکترون(β^- یا e^-): بابارمنفی.درطبیعت فراوان است.به آن نگاترون نیز میگویند.
- پوزیترون (β^+ یا e^+): با بار مثبت جرمی برابر الکترون دارد .
- فوتون($h\sqrt{}$) : بدون بار .بسته ای از انرژی است که باسرعت نور (c)حرکت میکند
- نوترینو:بدون بار.ذره ای است که در استحاله بتا تولید واز هسته خارج میشود

نظریه های پایداری و ناپایداری هسته



- 1- نسبت نوترون به پروتون (N/Z):برخی از ترکیب های پروتون ها و نوترون ها سبب می شود هسته ناپایدار باشد.با تابش ذره ای و الکترومغناطیسی این نسبت به حالت پایدار می رسد.
- در اعداد اتمی پایین N/Z=1وبا افزایش عدد اتمی به 1.5می رسد.عناصر بالا و پایین خط پایداری ناپایدارند و با تابش خودبخودی به نسبت دلخواه N/Z می رسند.

- 2- نظریه یوکاوا(1935): در هسته اتم پروتون ها و نوترون ها برای کنار هم قرار گرفتن ذره ای را بین هم به تبادل می گذارند.این ذره بعدها بوسیله پاول شناسایی شد و پیون یا مزون پای نام گرفت و جرم آن 276برابر الکترون است.

$$p \leftrightarrow n + \pi^{+}$$

$$n \leftrightarrow p + \pi^{-}$$

بر طبق نظریه یوکاوا پروتون و نوترون همواره و پیوسته ماهیتشان را تبادل می کنند.

علل پایداری هسته

- 1 ـ قوانین زوج و فرد (even – odd rules) :
- بررسی تعداد N و P مربوط به هسته های پایدار، تمایل نوکلئونها به زوجیت را نشان می دهند .
- در حدود 80 درصد هسته های پایدار ،تعداد P, N هر دو زوج است .
- در حدود 20 درصد هسته های پایدار ، تعداد P زوج و N فرد است .
- در حدود کمتر از 5 درصد هسته ها ، هم P و هم N فرد است ← کمترین پایداری
- 2ـ اعداد جادوئی (Magic Number) :
- هسته هایی که دارای تعداد معینی پروتون یا نوترون باشند ، بیشترین پایداری را دارند این اعداد عبارتند از : 2-8-20-28-50-82-126

- مثال :
- $_{2}He^{4}$ شامل 2 پروتون و 2 نوترون است (عدد جادویی)
- Ca^{40}, o^{16} دو هسته بسیار پایدار ⟵ به ترتیب دارای اعداد جادوئی 8 و 20 می باشند .
- 3 ـ انرژی بستگی به ازاء هر نوکلئون هر چه بیشتر باشد ، پایداری هسته بیشتر است .

معادلات دگرگونی پشت سر هم و تعادل ها

- بسیاری از اوقات هسته دختر حاصل دگرگونی خود نیز یک رادیواکتیو است. λb λa

$A \xrightarrow{\lambda a} B \xrightarrow{\lambda b} C$ C :عنصرپایدار

تعادل پایدار(secular equillibrium)

- شرایطی است که نیمه عمر مادر خیلی بزرگتر از دختر(بیش از ده الی 100برابر) باشد.در چنین شرایطی در زمانهای به اندازه کافی طولانی اکتیویته هسته مادر و دختر برابر می شود

$^{226}Ra \longrightarrow {}^{222}Rn \longrightarrow {}^{218}Po$

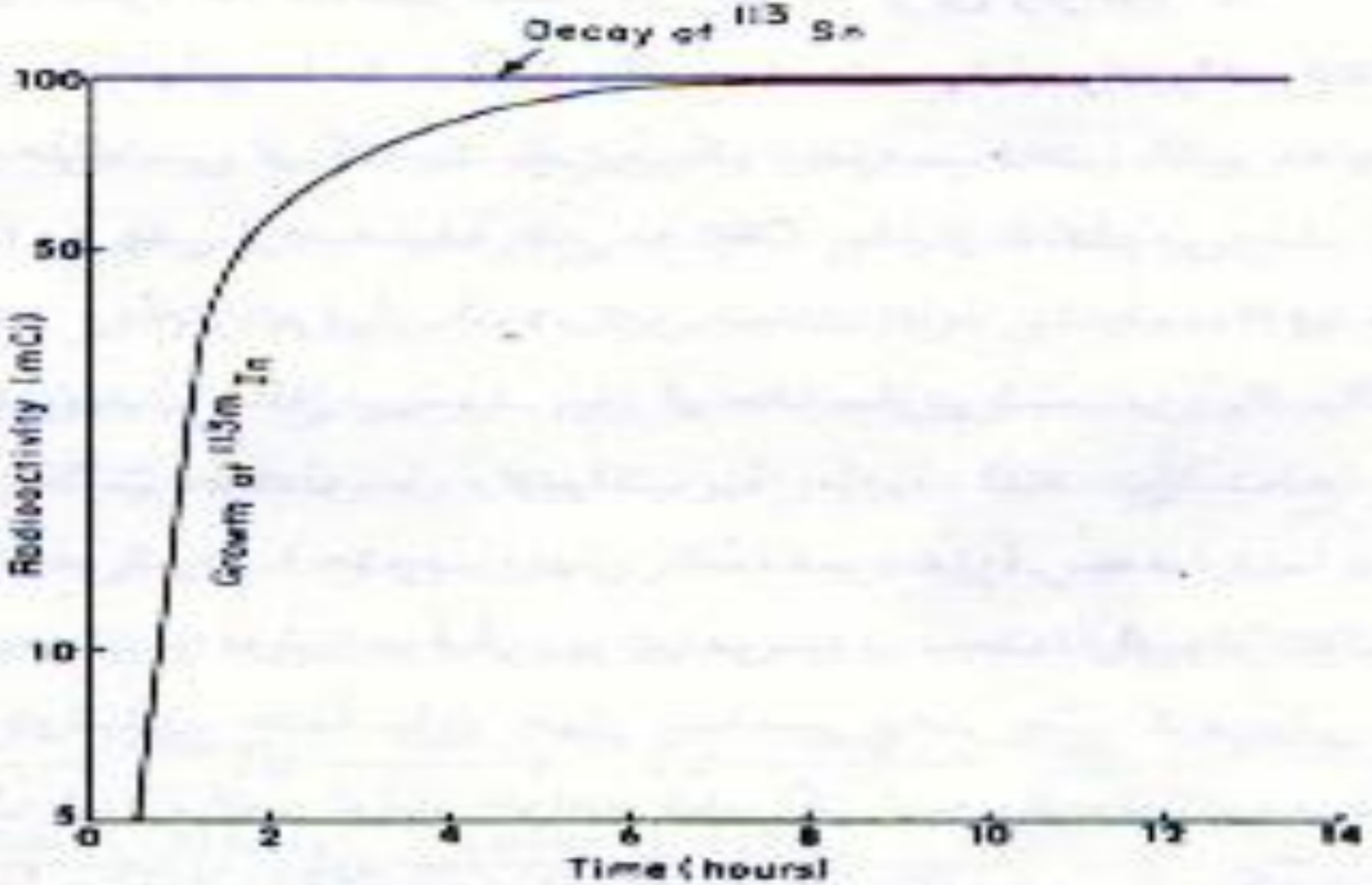
T1/2=1620 yr T1/2=3.8 yr

می گوییم تعادل عام(پایدار) بین مادر و دختر برقرارست. مثال:

ژنراتورقلع-ایندیوم^{113m}In - ^{113}Snیا **ژنراتور** رادیوم -رادن

Tp>> Td : λp<< λd

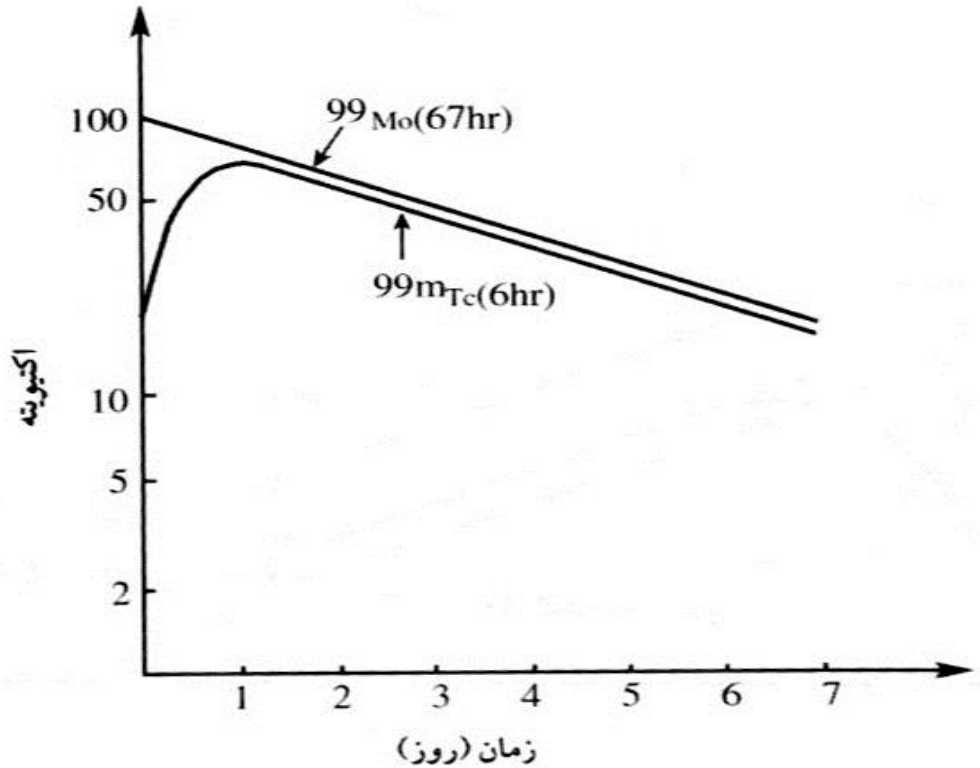
A1=A2


Decay of ^{113}Sn
Growth of ^{113m}In
Radioactivity (mCi)
100
50
10
5
0
2
4
6
8
10
12
24
Time (hours)

تعادل گذرا (Transient equillibrium)

- اگر نیمه عمر مادر از دختر بزرگتر باشد(**Tp> Td**)
- و این بزرگی **10**برابر باشد در این حالت :**λp< λd**

- در این حالت پس از رسیدن وضعیت تعادل اکتیویته مادر و دختر با یک آهنگ کاهش می یابند واین کاهش تابعی از نیمه عمر رادیوایزوتوپ مادر است.



ترازمندی گذرا میان ^{99}Mo و ^{99m}Tc

مدل های هسته ای

- 1- مدل قطره ای: هسته شامل هستک هایی است که بطور یکنواخت در آن پخش شده است.به هر هستک از طرف هستک های مجاور نیرویی وارد می شود(مثل کشش سطحی آب).

- 2-مدل پوسته ای: هستک ها مانند الکترون ها در لایه هایی با سطوح مختلف انرژی قراردارند.

3-مدل سد پتانسیل : یک ذره باردار باید انرژی بیشتر از Sداشته باشد تا بتواند وارد هسته شود و یا ذره ای باید این انرژی را داشته باشد تا بتواند از هسته خارج شود.

عناصر رادیو اکتیو طبیعی و مصنوعی

- رادیواکتیویته طبیعی (Natural Radioactivity)
- **عناصر موجود در طبیعت (آب ، هوا ، خاک) رادیواکتیویته طبیعی را بوجود می آورند .**
- **از نظر نیمه عمر به 2 دسته تقسیم می شوند :**
- **1 ـ عناصر ناپایداری که نیمه عمرهای بسیار طولانی (حدود 10^9 سال) دارند لذا از ابتدای پیدایش زمین تا به امروز وجود داشته اند.**
- **^{235}u – ^{238}u , ^{232}Th , ^{87}Rb**
- **2 ـ عناصری که از استحاله یا تجزیه عناصر دسته اول مشتق می گردند و دارای نیمه عمر کوتاهی می باشند.**

- 4 سری نپتونیوم : سر سلسله یا عنصر مادر در این فامیل ، $^{237}_{93}NP$ می باشد :
- ^{209}Bi ← سال $T_{1/2}= 2/7\times10^{6}$
- رادیواکتیویته مصنوعی : (Artificial Ra....) :
- تولید مواد رادیواکتیو (رادیوایزوتوپ ها) از طریق واکنش های هسته ای را اصطلاحاً رادیواکتیویته مصنوعی می گویند.
- (رادیواکتیو) عناصر ناپایدار ← بمباران توسط ذرات باردار یا بدون بار ← عناصر پایدار
- رادیوایزوتوپ های همان عنصر ← بمباران توسط نوترون ← عنصر پایدار(ایزوتوپ)

انگیزش و یونش

- **انگیزش:** هرگاه الکترونی از یک چشمه بیرونی(مثلا موج EM) انرژی گرفته و به یک تراز بالاتر رود ولی از اتم کنده نشود.
- **یونش: هر گاه الکترون انرژی بیش از انرژی پتانسیل خود دریافت کند و از اتم کنده شود.**
- **پس از انگیزش و یونش اتم سرانجام به حالت پایدار خود باز می گردد و الکترون از تراز بالاتر به پایین تر فرو می افتد و یک فوتون تابش میشود که فرکانس آن تابع تفاضل انرژی دو تراز است.**

شکافت یا تلاشی هسته ای:

شکافتن خودبخود هسته به دو بخش تقریبا هم اندازه.در هسته های بسیار سنگین که نیروی دافعه بین پروتون ها اندکی بیش از نیروی قوی بین هستک هاست ،افزودن اندک انرژی مثل انرژی نوترون ها سبب شکافت می شود:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow A + B + (2-3)^{1}_{0}n + 200\ MeV$$

نوترون ها دوباره بوسیله آب ،گرافیت یا آب سنگین کند میشوند و هسته های اورانیوم دیگر را بمباران میکندو نمونه های متعدد از عناصر با کاربرد پزشکی بدست می آید.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{131}_{53}I + ^{102}_{39}Y + 3^{1}_{0}n + 200\ MeV$$

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{99}_{42}Mo + ^{135}_{50}Sn + 2^{1}_{0}n + 200\ MeV$$

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{137}_{55}Cs + ^{97}_{37}Rb + 2^{1}_{0}n + 200\ MeV$$

- واکنش های فوق اگر بصورت زنجیره ای رخ دهند انفجار هسته ای صورت می گیرد و چنانچه کنترل شده صورت گیرد و انرژی آزاد کند راکتور هسته ای نامیده می شود.

- **جوش هسته ای:**

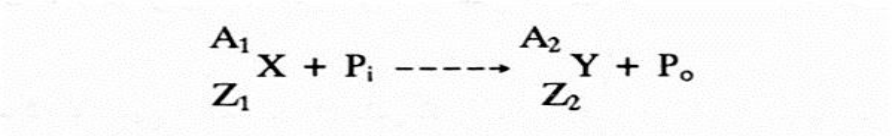
ترکیب هسته های سبک و تولید هسته های سنگین که انرژی زا است.درهسته های سبک انرژی آزاد شده بازای هر هستک بیش از هسته های سنگین است.در خورشید جوش اتم های هیدروژن صورت می گیرد که برای نگهداری و ادامه واکنش نیاز به چندین میلیون درجه سانتی گراد است.

$$^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 3.25\ MeV$$

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17.6\ MeV$$

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{2}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{1}p + 18.3\ MeV$$

- رادیوایزوتوپ های مصنوعی که در پزشکی مورد استفاده قرار می گیرند در اثر بمباران یک هسته پایدار با ذرات ایجاد می شوند.



$^{32}_{16}S + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{32}_{15}p + {}^{1}_{1}p$ یا $^{32}S(n,p)^{32}p$

$^{197}_{79}Au + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{198}_{79}Au + {}^{0}_{0}\gamma$ یا $^{197}Au(n,\gamma)\ ^{198}Au$

شمای دگرگونی

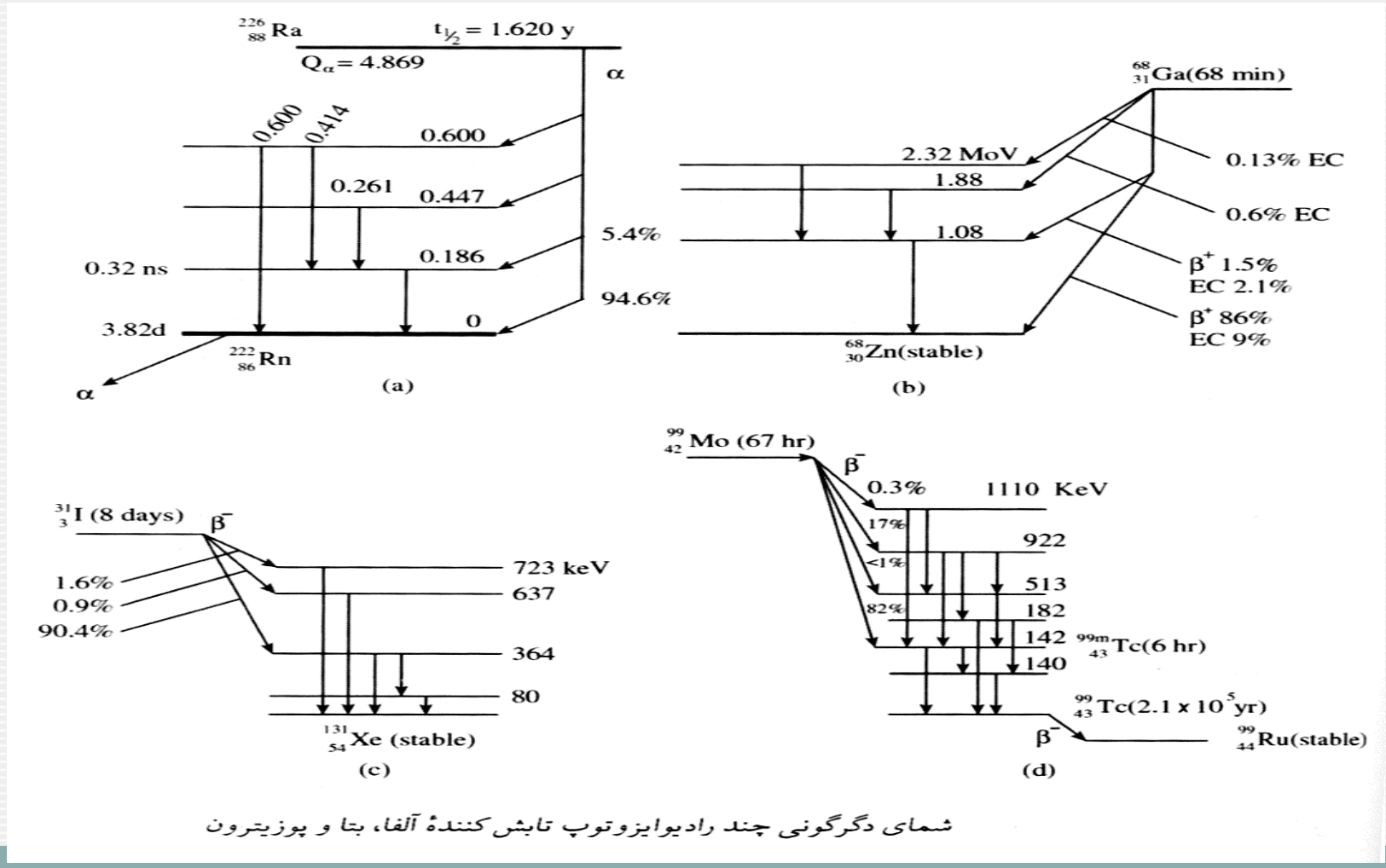
- قواعد:

1- تراز های انرژی با خط افقی نشان داده می شوند.

2- تابش ذره مثبت با پیکان رو به پایین بطرف چپ .....

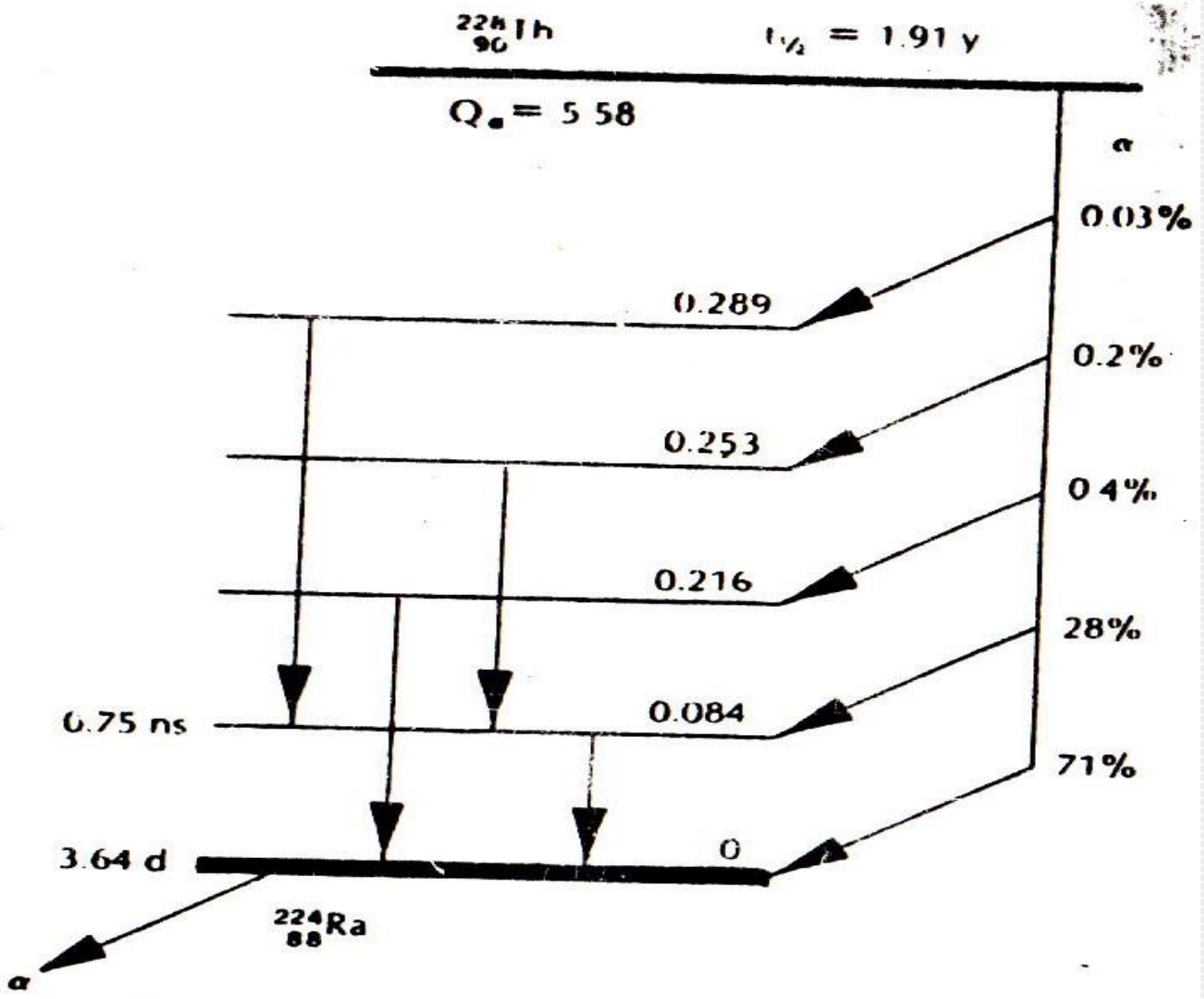
3- تابش ذره منفی با پیکان رو به پایین بطرف راست .....

4- تابش گاما با پیکان بطرف پایین و عمودی .....



شمای دگرگونی چند رادیوایزوتوپ تابش‌کنندهٔ آلفا، بتا و پوزیترون

- سطوح انرژی هسته های دختر :
- با خطوط افقی نشان داده می شوند که روی هر سطح ، انرژی مربوط به آن بر حسب Mev نسبت به حالت زمینه دختر نوشته می شود .
- از نکات دیگری که در این دیاگرام ها منعکس است :
- * درصد نسبی هر یک از انواع تابش
- * نیمه عمر آنها
- * Q ، انرژی کلی آزاد شده



شکل ۸-۳— دیاگرام تجزیه‌ای Th-۲۲۸ ازطریق واپاشی آلفا.

انواع واپاشی هسته

- تشعشع آلفا (α) :
- تابش ذره آلفا توسط هسته هایی که دارای عدد اتمی بیش از 82 هستند صورت می گیرد .
- معادله کلی

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma + Q $$

- $ {}^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}\alpha + Q $

$T_{1/2}$=1622 سال

انواع واپاشی هسته

- ـ عدد اتمی وجرمی عنصر دختر ، به ترتیب دو وچهار واحد کمتر از هسته مادر است .
- ـ در اغلب حالات با نشر ذره α ، هسته دختر در حالت تحریکی باقی می ماند با تابش یک یا چند اشعه γ به حالت زمینه می رسد .
- ـ انرژی هر اشعه γ از تفاضل دو سطح انرژی قبل و بعد از انتقال بدست می آید.
- ـ ذرات آلفایی که در یک انتقال هسته ای بخصوص نشر می شوند، تک انرژی (Mono energitic) هستند
- * بطور میانگین دارای انرژی 3-9 Mev
- تمام ذرات α با انرژی برابر برد یکسانی در هوا دارند R &E

انواع واپاشی هسته

- برهم کنش اشعه α و ماده (Interaction With matter) :
- در طول عمل یونیزاسیون به خط مستقیم پیش می رود
- امکان ایجاد یونیزاسیون ثانویه (اشعه دلتا) میکند.
- یونیزاسیون ویژه (Specific Ionization) :
- تعداد زوج یون تولید شده در واحد طول مسیر (حدود 2500 یونیزاسیون)

انواع واپاشی هسته

- تشعشع بتا :
- نشر ذرات بتا از هسته یک اتم با رابطه کلی زیر نشان داده می شود :
- $^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + \beta^{-} + \sqrt{}^{-} + \gamma + Q$
- $N \longrightarrow p + e + \sqrt{}^{-} + Q$
- $^{32}_{15}P \xrightarrow{\beta^{-}\text{ استحاله}} {}^{32}_{16}S + \beta^{-} + \sqrt{}^{-} + E$ (انرژی استحاله)
- عدد اتمی هسته دختر یک واحد بیشتر از هسته مادر است ⟵ ایزوبار
- $N/Z > 1$ ⟵ چنین هسته هایی با تبدیل یک نوترون به پروتون که بصورت تابش بتا منفی انجام می دهند ، پایداری به دست می آورند .
- پرتوهای بتا ، طیف پیوسته ای از انرژی صفر تا انرژی ماکزیمم (Emax) دارند

انواع واپاشی هسته

- اختلاف بین انرژی جنبشی ذره بتا ← به آنتی نوترینو داده می شود
- * جرمی تقریباً برابر صفر
- * بدون بار
- * با سرعت نور حرکت می کند
- اختلاف $\sqrt{}$ و $\sqrt{}^{-}$ در اسپین آنهاست .
- اشعه بتا همان الکترون است و بجز منبع تابش آن که هسته است هیچ تفاوت آشکار دیگری با الکترون ندارد .
- انرژی متوسط ذرات بتا با توجه به طیف تابشی تعیین می گردد و معمولاً حدود 1/3 Emax (استحاله) قرار دارد و بقیه انرژی به ذرات آنتی نوترینو انتقال می یابد .

انواع واپاشی هسته

- برهم کنش β^- و ماده :
- بعلت جرم کوچک و بار منفی بتا ، مسیر حرکت این ذرات به آسانی تحت تأثیر نیروی جاذبه قوی هسته قرار می گیرد .
- بعلت جرم کم ذرات بتا در برخورد متقابل با ماده ، به عکس ذرات α ، مسیری مارپیچ دارند .
- یونیزاسیون ویژه نسبی ذرات β برابر 100 در مقایسه با 2500 مربوط به ذرات α است .
- برد متوسط : 1 - در هوا 0-10 m 2 - در آب 0-1mm
- حفاظت : با یک ورقه AL

انواع واپاشی هسته

- تشعشع پوزیترون :
- $N/Z < 1$ چنین هسته هایی با تبدیل یک پروتون به یک نوترون که با تابش β^+ صورت میگیرد به پایداری می رسند .
- ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \beta^+ + \sqrt{} + \gamma + Q$
- $P \longrightarrow n + e^+ + \sqrt{} + Q$
- ${}^{12}_{7}N \longrightarrow {}^{12}_{6}C + \beta^+ + \sqrt{} + E$ (انرژی استحاله)
- عدد اتمی هسته دختر یک واحد کمتر از عدد اتمی هسته مادر
- حداقل انرژی لازم بایستی برابر با $2m.c^2 = 1/02\ Mev$ (m_o جرم در حال سکون الکترون و پوزیترون) می باشد . پوزیترون نیز نظیر اشعه بتا ، طیف انرژی پیوسته ای دارد .

انواع واپاشی هسته

- برهم کنش پوزیترون و ماده :
- پدیده حذف جرم (در زمان حدود 10^{-6} ثانیه) :
- 1 ـ با یک الکترون برخورد کرده و حذف جرم فوری رخ میدهد .
- 2 ـ توسط اتم یا یک ملکول گیر اندازی و برخورد کرده و حذف جرم رخ می دهد . .
- در پدیده حذف جرم ، $\Delta E = 2m.c^2 = 1/02$ Mev انرژی آزاد می شود .

انواع واپاشی هسته

- جذب الکترون (Electron Capture) :
- اگر نسبت N/P از حد تعادل کمتر ولی تفاوت دو تراز انرژی به مقدار 1/02 Mev نرسد ، در آن صورت پدیده ای مشابه استحاله β^+ بنام E.C (گیر اندازی الکترون توسط هسته) بوقوع خواهد پیوست .
- در داخل هسته ، الکترون با یکی از پروتون ها ترکیب و تبدیل پروتون به نوترون طبق واکنش زیر انجام می شود :
- $P^+ + e^-$ (K معمولاً الکترون لایه) $\longrightarrow n + \sqrt{}$
- $^{A}_{Z}X + e^- \xrightarrow{E.C} {}^{A}_{Z-1}Y + \sqrt{} + \gamma + Q$
- هسته مادر یک واحد از عدد اتمی خود را از دست می دهد .

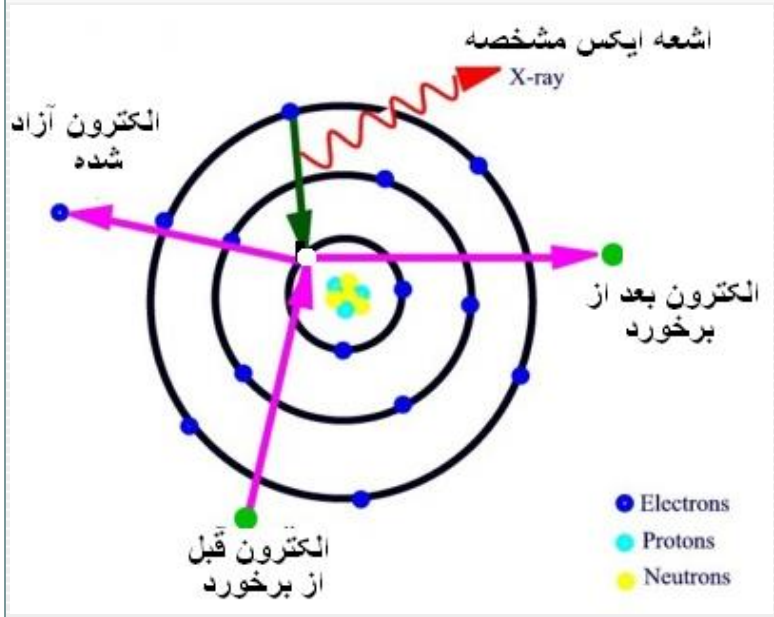
- فرآیند جذب الکترون :
- 1 ـ باعث تابش نوترینو از هسته مادر (بعنوان اثر اولیه یا اثر اصلی)
- 2 ـ تابش اشعه γ از هسته تحریک شده دختر
- 3 ـ تابش اشعه ایکس اختصاصی 4 ـ الکترون اوژه (Auger electron)
- مونوانرژیتیک
- حاصل پدیده تبدیل داخلی

- **تبدیل داخلی (I.C) :** در واپاشی هایی که منجر به تابش گاما می شود، این احتمال وجود دارد که اشعه گاما، قبل از آن که از اتم خارج شود در سر راه خود به یکی از الکترون های لایه K، L یا M برخورد کرده و تمام انرژی خود را به آنها منتقل کند.

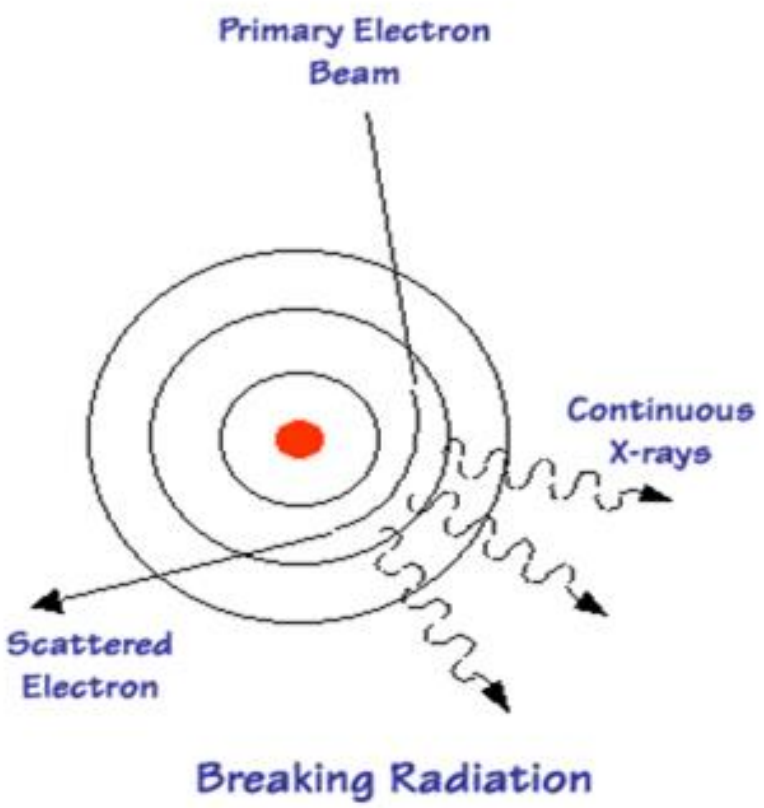
- در اثر این حادثه پرتو گاما نابود و به جای آن یك الکترون بسیار سریع السیر بوجود آمده و از اتم خارج می شود. این فرآیند را تبدیل داخلی گویند.

- **هر گاه اشعه xاختصاصی در مسیر خود الکترونی را بخارج پرت کند ،به این الکترون ،الکترون اوژه گویند.**

- در اتمهای برانگیخته شده، یک الکترون از لایه های بالاتر به حفره سقوط می کند و انرژی حاصل از سقوط الکترون بصورت فوتون گسیل مي شود.
- اگر فرکانس فوتون گسیلي در محدوده پرتوهای ایکس باشد، به آن ایکس مشخصه گفته می شود.



اشعه ایکس ترمزی



- اگر شتاب حرکت الکترون در اثر میدان الکتریکی هسته تغییر کند، انرژی کاهش یافته به اشعه ایکس تبدیل می شود .
- اشعه ایکس تولید شده را اشعه ایکس ترمزی می گویند.

ایزومر و انتقال ایزومری

- ایزومر (Isomer) - انتقالهای ایزومری (Isomeric Transitions)
- ایزومر :
- چنانچه هسته تحریک شده مدت زمان نسبتاً زیادی (از چندین ثانیه تا چندین روز) در حالت تحریک شده باقی بماند و چون هسته در این حالت خاص همانند یک ایزوتوپ جداگانه ظاهر میشودبه آن ایزومر می گویند .
- انتقالهای ایزومری :
- انتقال این هسته از حالت تحریک شده به حالت طبیعی (تراز زمینه) را یک انتقال ایزومری می نامند .
- ^{99m}Tc - m) معرف meta stable یعنی حالت نیمه پایدار یا بینابینی)
- - امروزه در پزشکی ، بسیاری از رادیوایزوتوپ ها را در حالت ایزومری مورد استفاده قرار می دهند زیرا :
- 1 - بعلت کوتاهی عمر
- 2 - منحصراً γ- Emitter (خطر تشعشع داخلی از نظر حفاظت کاسته می گردد)

انواع واپاشی هسته

- تشعشع گاما :
- تشعشع گاما مهمترین روشی است که انرژی تحریکی هسته از آن طریق آزاد می شود .
- بطور کلی تابش فوتون گاما تا 10^{-6} ثانیه پس از تابش ذره انجام می شود . گاهی اوقات این تابش ممکن است تأخیری چند ساعته یا چند روزه نیز داشته باشد .

- **واپاشی گاما γ:**
- در بسیاری از واپاشی های α و β (مثبت یا منفی) هسته مادر تبدیل به هسته دختری می شود که در اکثر مواقع در حالت برانگیخته است.

- لذا هسته دختر انرژی اضافی خود را از طریق تابش گاما آزاد می کند تا به تراز یا حالت زمینه خود برود.

- در واقع هسته دختری که در حالت برانگیخته است، خود رادیواکتیو بوده و با تابش گاما به حالت پایدار خود تبدیل می شود.

- باید توجه داشت که هیچ رادیوایزوتوپ طبیعی تنها با تابش گاما واپاشی نمی یابد، بلکه همیشه تابش گاما متعاقب واپاشی های α و یا β بوجود می آید

نوترونها (Neutrons) :

- ـ نوترون اولین بار توسط چادویک در سال 1932 تشخیص داده شد .
- دسته بندی نوترون ها بر حسب انرژی

دسته بندی		محدوده انرژی
پر انرژی	High energy N	بیش از 10 Mev
سریع	Fast N	10 Mev تا 10 Kev
متوسط	Intermediate N	10 Mev تا 100 ev
کند	slow	100 ev تا 0/03 ev
فوق حرارتی	epithermal N	حدود 1ev
حرارتی	Thermal N	0/025 ev

تولید نوترون ها

- 1- $^{9}_{4}Be+\alpha \rightarrow {}^{12}_{6}C+{}^{1}_{0}n$
  که آلفا بوسیله $^{226}Ra, {}^{210}Po, {}^{241}Am$ تامین می شود.
- 2- تابش کننده هایی که هم آلفا و هم نوترون تابش می کنند: ^{256}Cf
- 3- شکافت fission

برهمکنش نوترون با ماده

- چون بدون بار الکتریکی هستند با هسته های اتمی برخورد دارند.برخورد های پایه ای عبارتند از:

1- کشسان

2- ناکشسان

3- ربایش نوترون

- کشسان :تبادل انرژی و اندازه حرکت تنها با هسته بمباران شونده صورت می گیرد.بیشترین از دست دادن انرژی زمانی است که موادی مثل پارافین در مسیر نوترون باشند.

- ناکشسان: بخشی از انرژی نوترون در برخورد با هسته از دست می رود.نوترون رها شده از هسته از نوترون برخورد کننده با هسته آهسته تر بوده و فوتون تابش می شود:آهسته شدن نوترون با کربن.

برهمکنش نوترون با ماده

- ربایش: یک هسته نوترون را جذب می کند و دارای همه انرژی جنبشی نوترون می شود.پس از زمانی کوتاه هسته وانگیخته شده و فوتون یا ذره ای تابش می شود.

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}p + 0.63\ MeV$$

تشخیص عمر فسیل ها و اجسام کهن از واکنش بالا انجام می گیرد.

$$^{59}_{27}Co + ^{0}_{1}n \longrightarrow ^{60}_{27}Co + Q$$

$$^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{11}_{6}C + 2\,^{1}_{0}n + Q$$

پراکنش پرتوی گاما با ماده

- **1- کشسان:** در مجموع انرژی پرتوی تابشی کم نمی شود، همانقدر که انرژی از دست می رود توسط اتم مورد برخورد تابش می شود.

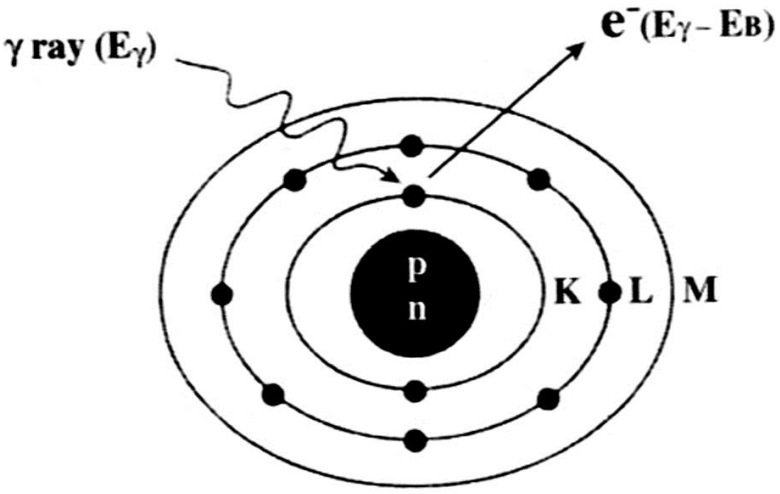
- **2- غیر کشسان:** بخشی از انرژی فوتون از دست رفته و صرف یونیزاسیون و تهییج می شود.

برخوردهای کشسان

- پراکندگی تامسون: برهمکنش فوتون گاما با یک الکترون.
- پراکندگی رایلی : برهمکنش فوتون گاما با گروه الکترون های اتم.

برخوردهای ناکشسان

- 1- فوتوالکتریـــک : تمـــام انـرژی فوتـون صـرف کنـدن الکترون داخلی می شود.



احتمال رخداد متناسب است با:

$Z^3, 1/E^3$

f_0 is the threshold frequency for the photoelectric effect to occur,

$$hf = \phi + E_{k_{max}}$$

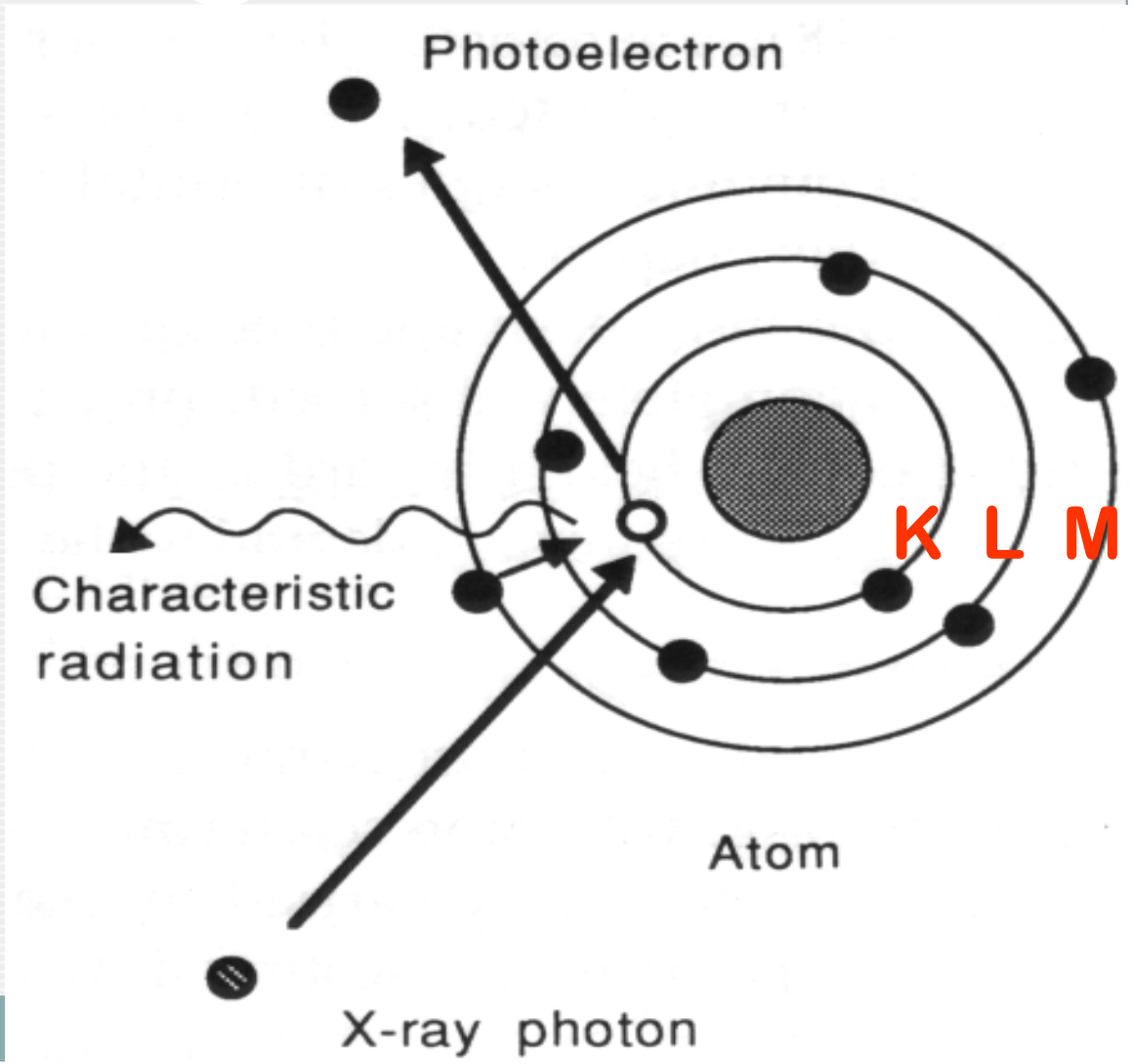
$$E_{k_{max}} = \frac{1}{2} m v_m^2$$

is the work function, or minimum energy required to remove an electron from atomic binding

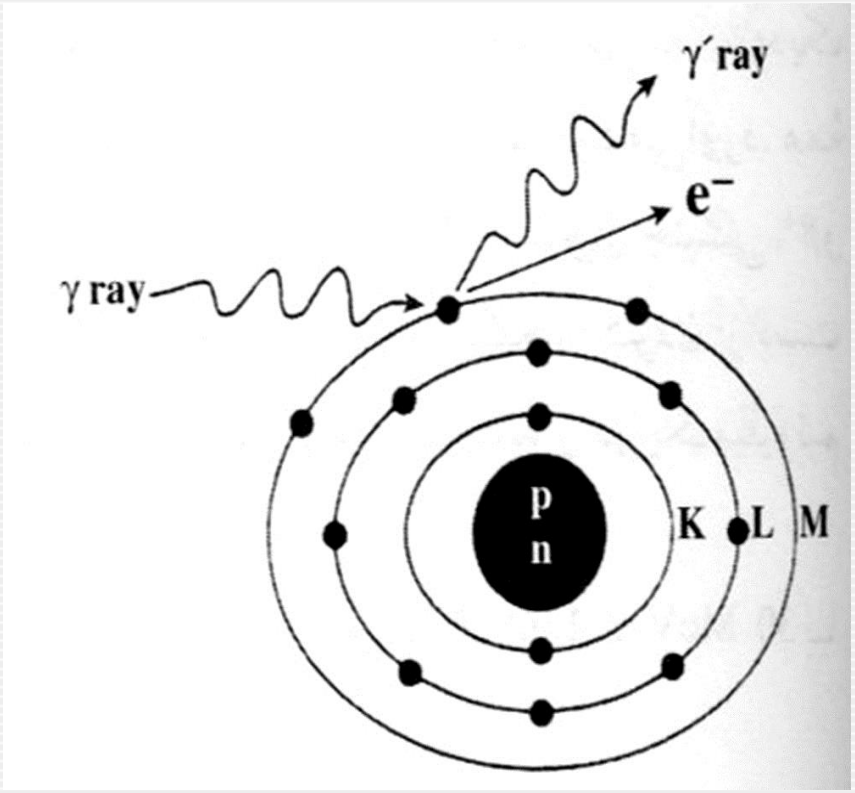
v is the velocity of the ejected electron.

Photoelectric effect

The Atom now has positive charge



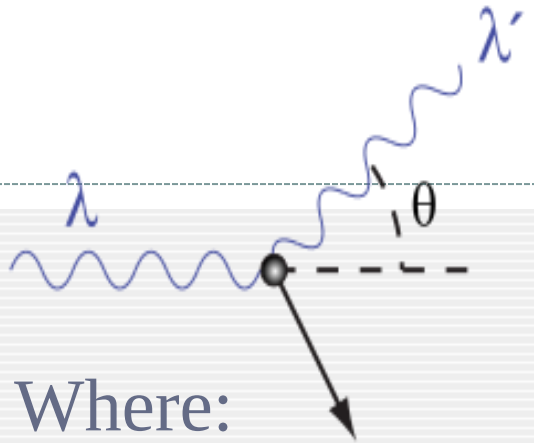
Compton Scattering



- 2- اثـر کمپتـون : انـرژی فوتـون سـبب کنـده شـدن الـکترون محیطی و تـابش فوتـونی کـم انـرژی مـی شود.

احتمال رخداد بـه z وابسـته نیست و با 1/E متناسب است.

Compton Scattering



Where:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

λ is the wavelength of the photon **before scattering,**

λ' is the wavelength of the photon **after scattering,**

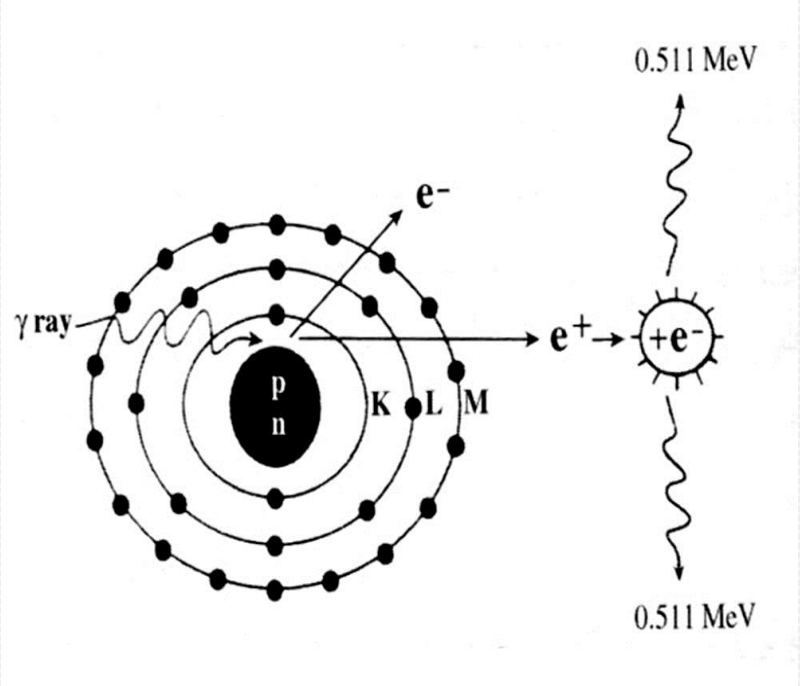
me is the mass of the electron**,**

h/(mec)=2.43**×**10^-12 meters, is known as the Compton wavelenght**,**

θ is the angle by which the photon's heading changes,

h is Planck's constant, and

c is the speed of light.



- 3- تولید زوج :

فوتونی که انرژی بیش از 1.02 MeV دارد در نزدیکی هسته تبدیل به الکترون و پوزیترون می شود.

پزشکی هسته ای

- سودمندترین رادیوایزوتوپ ها در پزشکی هسته ای ،تابش کننده های گاما می باشند چراکه از بیرون بدن براحتی قابل آشکارسازی اند.
- رادیوایزوتوپ ها بیشتر بصورت ترکیب وارد بدن می شوند.اینها مولکول های نشاندار هستند.یک مولکول نشان دار یک یا چند اتمش رادیواکتیو است.
- رادیوداروها نباید سمی بوده،نیمه عمر مناسبی داشته باشد و انرژی گامای مناسبی داشته باشد.
- عموما از Ga , P ,Au ,Tc ,I برای نشاندار کردن استفاده می شود.

روش تشخیص	رادیو دارو	اندازه اکتیویته کاربردی	دوز گنادها (mGy)
اسکن مغز	^{99m}Tc pertechnetate	500 MBq (≈ 15 mCi)	4
اسکن کبد	^{99m}Tc sulfur colloid	150 MBq (≈ 4 mCi)	0.85
اسکن شش	^{99m}Tc macroaggregated	100 MBq (≈ 3 mCi)	0.3
اسکن استخوان	^{99m}Tc pyrophosphate	500 MBq (≈ 15 mCi)	4
رنوگرام	^{131}I hipuric acid	8 MBq (≈ 200 μ Ci)	0.2
جذب ید	^{131}I sodium iodide	300 KBq (≈ 8μ CI)	0.6
اسکن تیروئید	^{99m}Tc pertechnetate	150 MBq (≈ 4 mCi)	0.8
کلیه و مغز	Diethylen triamin penta acetic acid(DTPA)	550 MBq (≈ 17 mCi)	< CGy
کلیه	Glucoheptonate	500 MBq (≈ 15 mCi)	< CGy
کبد و کانالهای صفرا	Dimethylacetanilide Iminodiacetic acid (HIDA)	500 MBq (15 mCi)	< CGy
قلب و تومورها	Methoxy isobutyl isonitrile (Mibi)	500 MBq	< CGy

جدول ۴-۳) برخی از رادیوداروهای پرکاربرد پزشکی

- باارزش ترین رادیوایزوتوپ در کار تشخیص ^{99m}Tc است که بسیاری از ترکیبات را باآن نشاندار می کنند.تکنسیم بصورت پرتکنیتات سدیم $Na\ TcO_4$برای نشان دار کردن بکار می رود.

ژنراتورهای مواد رادیواکتیو

- ژنراتور وسیله ای است که در آن یک رادیوایزوتوپ دختر با نیمه عمر کوتاه (با کاربرد پزشکی) از مادر با نیمه عمر طولانی جدا می شود.
- مثال ها:

$$^{99}Mo(67h) \xrightarrow{(\beta)} {}^{99m}Tc(6hr)$$

$$^{132}Te(78h) \xrightarrow{(\beta)} {}^{132}I$$

ژنراتور مولیبدن-تکنسیم

- دراین وسیله گونه ای تعادل گذرا بین عنصر مادر (T=67h) و دختر ^{99m}Tc (T=6h) وجود دارد به گونه ای که اکتیویته دختر پس از نزدیک به چهار نیمه عمر(24h) به تعادل با مادر می رسد.
- سپس عنصر مادر از دختر جدا می شود و دوباره اکتیویته دختر پس از 24ساعت به حداکثر اکتیویته خود می رسد.

- به جدا کردن 99mTcاز 99Moکه هر 24ساعت صورت می گیرد دوشیدن milkingگویند.

ژنراتور مولیبدن-تکنسیم

- در ژنراتور TC -Mo ،مولیبدن به صورت پودر در ستونی از اکسید آلومینیوم Al2O3وجود دارد.

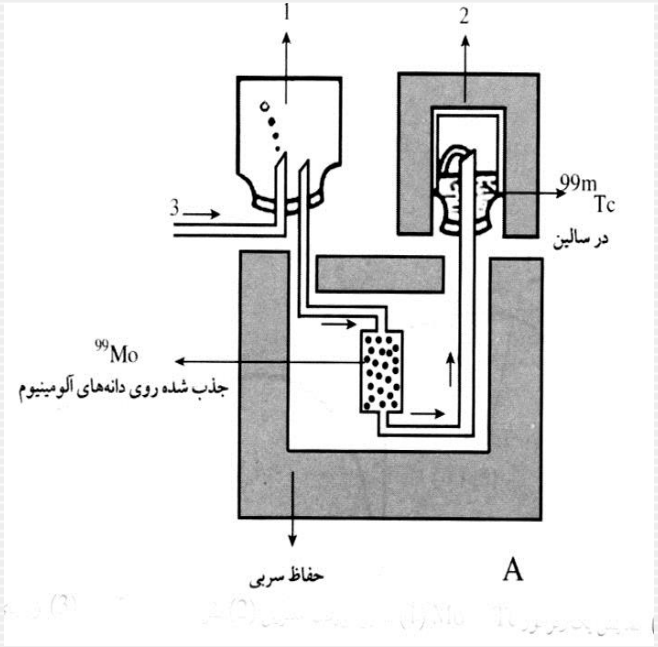
دوشیدن (milking)

- محلول Naclنرمال از ستون گذرانده میشود Tcدر آن حل می شود ولی مولیبدن در آن حل نمی شود.
- در این کار Tcشسته شده و می تواند گردآوری شود.

دوشیدن (milking)

- $Nacl + Mo\,O_4NH_4 \rightarrow NaMo\,O_4 + NH_4cl$

پرتکنتات سدیم($NaTc\,O_4$) محلول بوده و از ستون ژنراتور خارج می شود ولی مولیبدینات سدیم نمی تواند خارج شود.



دوشیدن (milking)

- کار شستشو یا دوشیدن (milking) درژنراتور (Cow)به گونه استریل باقابلیت تزریق در رگ انجام می گیرد

دزیمتری

برای اندازه گیری مقدار پرتوها در ابتدا باید با مفهوم پرتودهی وسپس انواع تعاریف مربوط به دزسنجی آشنا شد،همچنین به منظور ارزیابی خطرات بالقوه ناشی از پرتوها و نیز برآورد میزان آسیب بیولوژیکی ناشی از پرتوها، شناخت کمیت ها و یکاهای دزیمتری امری ضروری است

هدف

- کمیت هایی که میدان پرتو را توصیف می نمایند را کمیت های پرتوسنجی می نامند (مانند پرتودهی).

- کمیت هایی که میزان مشخصی از پرتو را اندازه گیری می نمایند کمیت های دز سنجی نامیده می شوند (دز جذبی ، دز معادل ، دز مؤثر و...).

پرتودهی

- پرتودهی که با علامت (X) نشان داده می شود کمیتی است برای سنجش میزان فوتون های ایکس و گاما و سه نکته در تعریف آن حائز اهمیت است:

1. فقط برای فوتون ها تعریف می گردد.
2. در هوا بکار برده می شود.
3. کل بارهای هم علامت تولید شده را اندازه گیری می نماید .

- .

- یک رونتگن عبارت است از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند در شرائط متعارفی $2.58*10^{-4}$ کولن بار الکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا ایجاد نماید

پرتودهی

- یکای جدید پرتودهی کولن بر کیلوگرم (C/Kg) و یکای قدیم آن رونتگن R می باشد

- یک کولن بر کیلوگرم عبارت است از آن مقدار تابش ایکس و گاما که بتواند در شرائط متعارفی یک کولن بار الکتریکی هم علامت در یک کیلوگرم هوا ایجاد نماید.

پرتودهی

$$1R=2.58\times10^{-4}\ C/kg_{air} \quad \Rightarrow \quad 1\ C/kg_{air}=3876\ R$$

- آهنگ هر کمیت عبارت است از میزان آن کمیت در واحد زمان.
- میزان پرتودهی در واحد زمان را **آهنگ پرتودهی** نامند .
- واحد آهنگ پرتودهی C/Kg.s و یا R/s می باشد.

کمیات دزسنجی

- دز جذبی
- دز معادل
- دز موثر

دز جذبی (Absorb Dose)

- دز جذبی که با (D) نشان داده می شود کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم هر ماده را اندازه گیری می کند.

- یکای جدید دز جذبی ژول بر کیلوگرم ماده می باشد که نام ویژه آن گری (Gy) می باشد.
- یکای قدیم دز جذبی راد (rad) می باشد .

- یک گری عبارت است از انرژی معادل یک ژول ناشی از انواع پرتوها که به یک کیلوگرم از ماده منتقل میشود.
- یک راد عبارت است از انرژی معادل 10^{-2} ژول ناشی از انواع پرتوها که به یک کیلوگرم ماده منتقل می شود.

$1Gy=100\ rad \Rightarrow 1rad=10^{-2}\ Gy$

دز معادلEquivalent Dose

- دز معادل که با $(H_{T,R})$ نشان داده می شود کمیتی است که دز جذب شده در بافت را با توجه به اثرات بیولوژیکی آن را اندازه گیری می کند و برابر است با حاصل ضرب متوسط دز جذب شده از پرتو نوع R در بافت T $(D_{T,R})$ در ضریبی به نام ضریب توزین پرتو(W_R).

$$H_{T,R} = D_{T,R} * W_R$$

- یکای جدید دز معادل مانند دز جذبی ژول بر کیلوگرم ماده می باشد که نام ویژه آن سیورت (Sv) می باشد.

- یکای قدیم دز معادل رم (rem) می باشد.

$$1Sv = 10^2\ rem \Rightarrow 1rem = 10^{-2}\ Sv$$

دز معادلEquivalent Dose

- چنانچه میدان پرتو متشکل از انواع پرتوها با مقادیر مختلف باشد، دز معادل کل بافت (H_T) از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$H_T = \Sigma_R D_{T,R} * W_R$$

- هنگام جایگزینی مقادیر دز جذبی، از یکسان بودن یکاهای دز جذبی اطمینان حاصل شود

دز مؤثرEffective Dose

- دز مؤثر که با (E) نشان داده می شود کمیتی است که در محاسبه دز جذب شده در بافت ، علاوه برنقش اثرات بیولوژیکی پرتوهای مختلف ، نقش بافت های مختلف بدن را (در ارتباط با وقوع آثارات آماری ، نظیر سرطان ها) در نظر می گیرد و برابر است با مجموع حاصل ضرب دزهای معادل(H_T) در ضریبی به نام ضریب توزین بافت (W_T).

$$E = \Sigma_T H_{T^*} W_T$$

- یکاهای دز مؤثر همانند دز معادل سیورت و رم می باشد.

ضریب توزین بافت ، ضریبی است که نوع بافت تابش دیده را جهت محاسبه دز مؤثر در نظر می گیرد.

نوع بافت یا عضو	ضریب توزین بافت، W_T
غدد تناسلی	0.20
مغز استخوان (قرمز)	0.12
روده بزرگ	0.12
ریه	0.12
معده	0.12
مثانه	0.05
سینه	0.05
جگر	0.05
مری	0.05
تیروئید	0.05
پوست	0.01
سطح استخوان	0.01
سایر اعضاء	0.05

دزیمتری در پزشکی هسته ای

- در کارهای بالینی بجای اندازه گیری اکتیویته Aنمونه، تعدادی شماره بدست می آید.
- در کالیبراسیون بین شمارش و اکتیویته یک رابطه برقرار می گردد.دو گونه شمارش در پزشکی هسته ای انجام می شود:

الف) تعیین اندازه رادیو اکتیویته در نمونه ها یا حجمی معین.

ب) تعیین چگونگی پخش رادیواکتیویته در بدن،سینتی گرافی یا اسکن ایزوتوپی.

دزیمتری در پزشکی هسته ای

- در کارهای بالینی بجای اندازه گیری اکتیویته Aنمونه، تعدادی شماره بدست می آید.
- در کالیبراسیون بین شمارش و اکتیویته یک رابطه برقرار می گردد.دو گونه شمارش در پزشکی هسته ای انجام می شود:

الف) تعیین اندازه رادیو اکتیویته در نمونه ها یا حجمی معین.

ب) تعیین چگونگی پخش رادیواکتیویته در بدن،سینتی گرافی یا اسکن ایزوتوپی.

آشکارسازها در پزشکی هسته ای

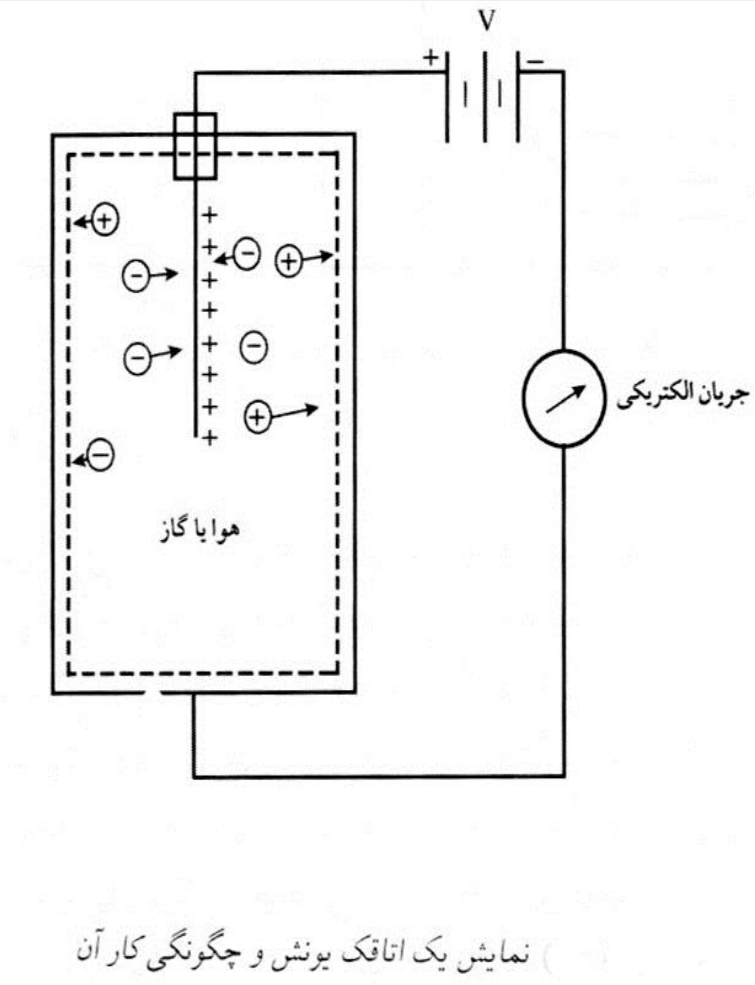
- برای پیدا کردن و تعیین موقعیت مواد رادیواکتیو از آشکارساز استفاده می شود.
- این آشکارسازها عبارتند ازفیلم، سنتیلاسیون و اتاقک یونش،کنتور گایگر مولر(Geiger counters)

این آشکارسازها معمولا از نوع گازی هستند که از خاصیت ایجاد یونیزاسیون در گاز درون آشکار ساز توسط پرتو استفاده می شود

آشکارسازها در پزشکی هسته ای

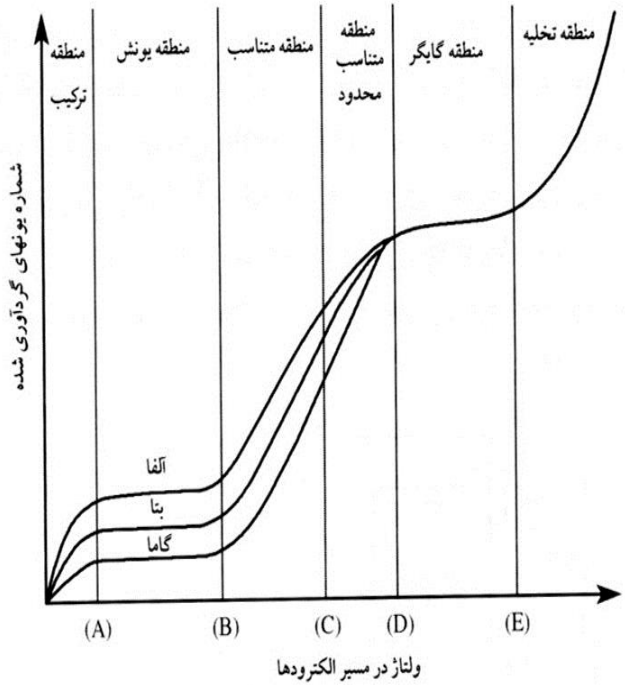
- تفاوت اتاقک یونیزاسیون با شمارشگر گایگردر ولتاژ و قسمت الکترونیک دستگاه است.
- همچنین شمارشگر گایگر تنها تعداد ذرات را می شمارد ومیزانی از اندازه گیری انرژی ذرات به ما نمی دهد.
- **از آشکارساز گایگر مولر Geiger Mullerبرای کارهای حفاظتی نیزاستفاده می شود(بررسی آلودگی های رادیواکتیو،پرتو های نشتی....).**

اتاقک یونیزاسیون(Ionization Chamber)



نمایش یک اتاقک یونش و چگونگی کار آن

- شامل محفظه ای پر از گاز دارای دو الکترود می باشد که با ورود پرتوها و ایجاد یونش در آن جریانی را نشان می دهد.
- بسته به تغییر ولتاژ بین الکترودها تعداد یون های جمع آوری شده ونوع اتاقک یونش متفاوت خواهد بود



شمار یونهای گردآوری شده بر حسب ولتاژ در یک اتاقک یونیزاسیون

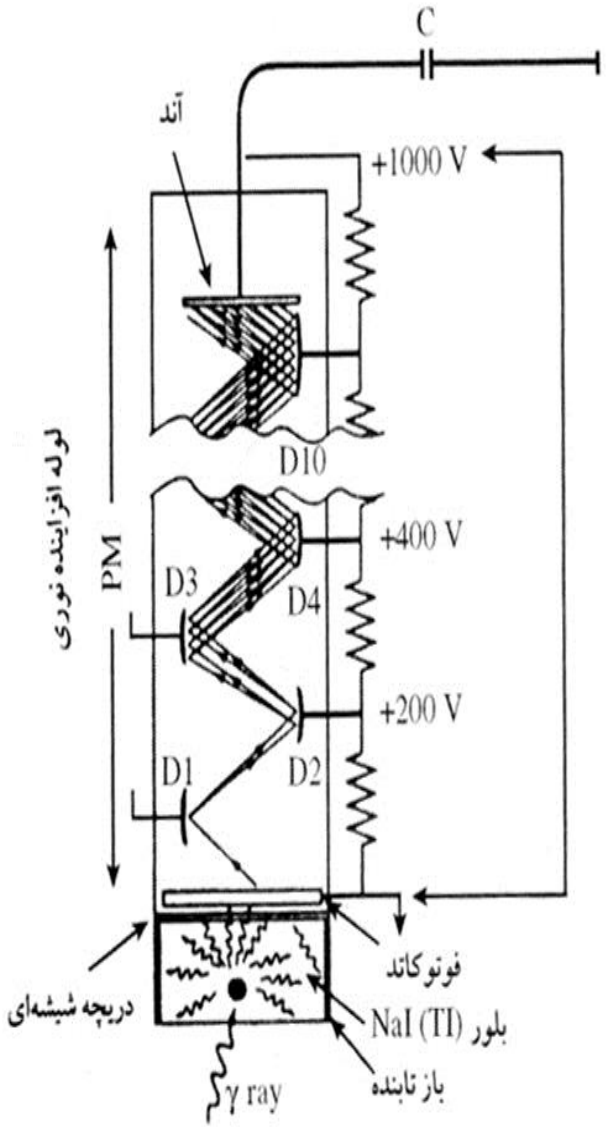
OA: ولتاژ پایین ، ترکیب مجدد یون ها با هم.

AB: افزایش ولتاژ،عدم افزایش یون ها با افزایش ولتاژ.

BC : افزایش ولتاژ، تناسب بین تعداد یون های جمع آوری شده و ولتاژ، ایجاد یونیزاسیون ثانویه بوسیله یون های اولیه.

CD: افزایش ولتاژ، انتهای ناحیه تناسبی.

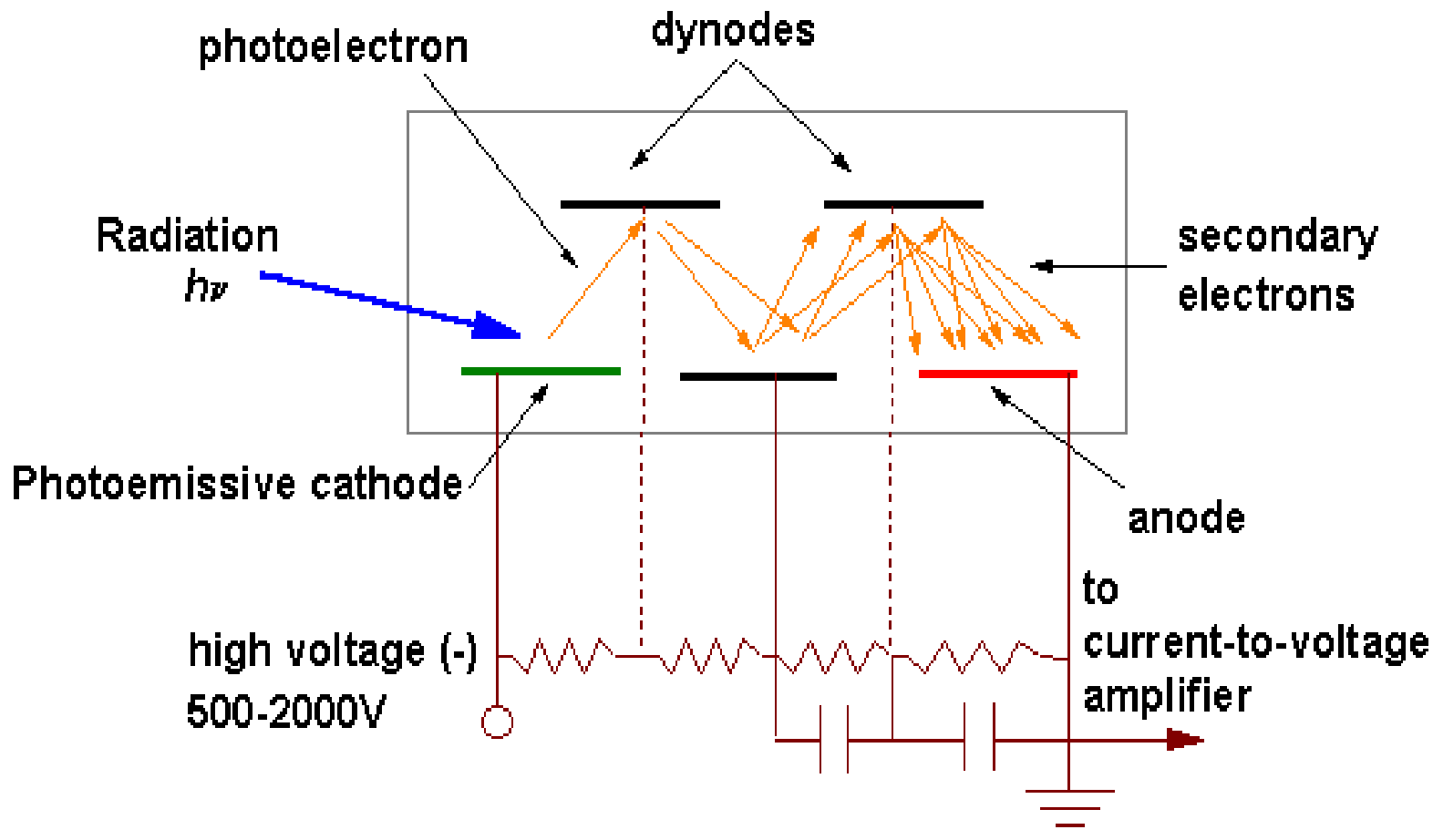
DE: ناحیه گایگر مولر: ایجاد بهمن یونی بازای هر جفت یون اولیه(حساسیت بسیار بالا).درقسمت انتهایی به علت اختلاف ولتاژدوسر الکترودها، یونها با هم جرقه زده و عمل تخلیه الکتریکی صورت می گیرد



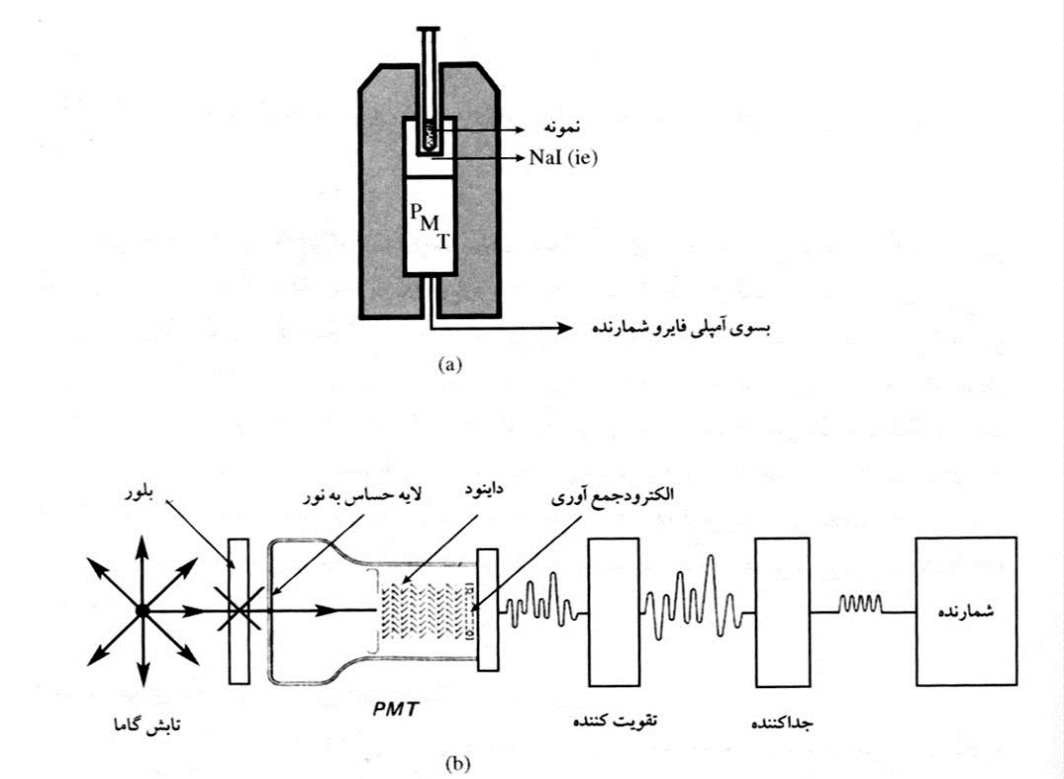
- **سنتیلاتور یا آشکار ساز سوسوزن:**

یکی از وسایل آشکارسازی پرتوی گاماست.سنتیلاتور شامل یک کریستال **NaI** و لامپ فوتو مولتی پلایر **photomutiplier tube (PMT)** است. لامپ **PMT** دارای یک لایه فوتوکاتد ورودی است که در پاسخ به دریافت فوتون تابشی از کریستال از خود الکترون تابش می کند.

الکترون های خروجی توسط الکترود های ثانویه بنام داینود (که ولتاژ بین شان افزایش می یابد) تقویت می شود.


photoelectron
dynodes
Radiation
hν
secondary
electrons
Photoemissive cathode
anode
high voltage (-)
500-2000V
to
current-to-voltage
amplifier

کنتور سنتیلاسیون برای شمارش نمونه ها در پزشکی



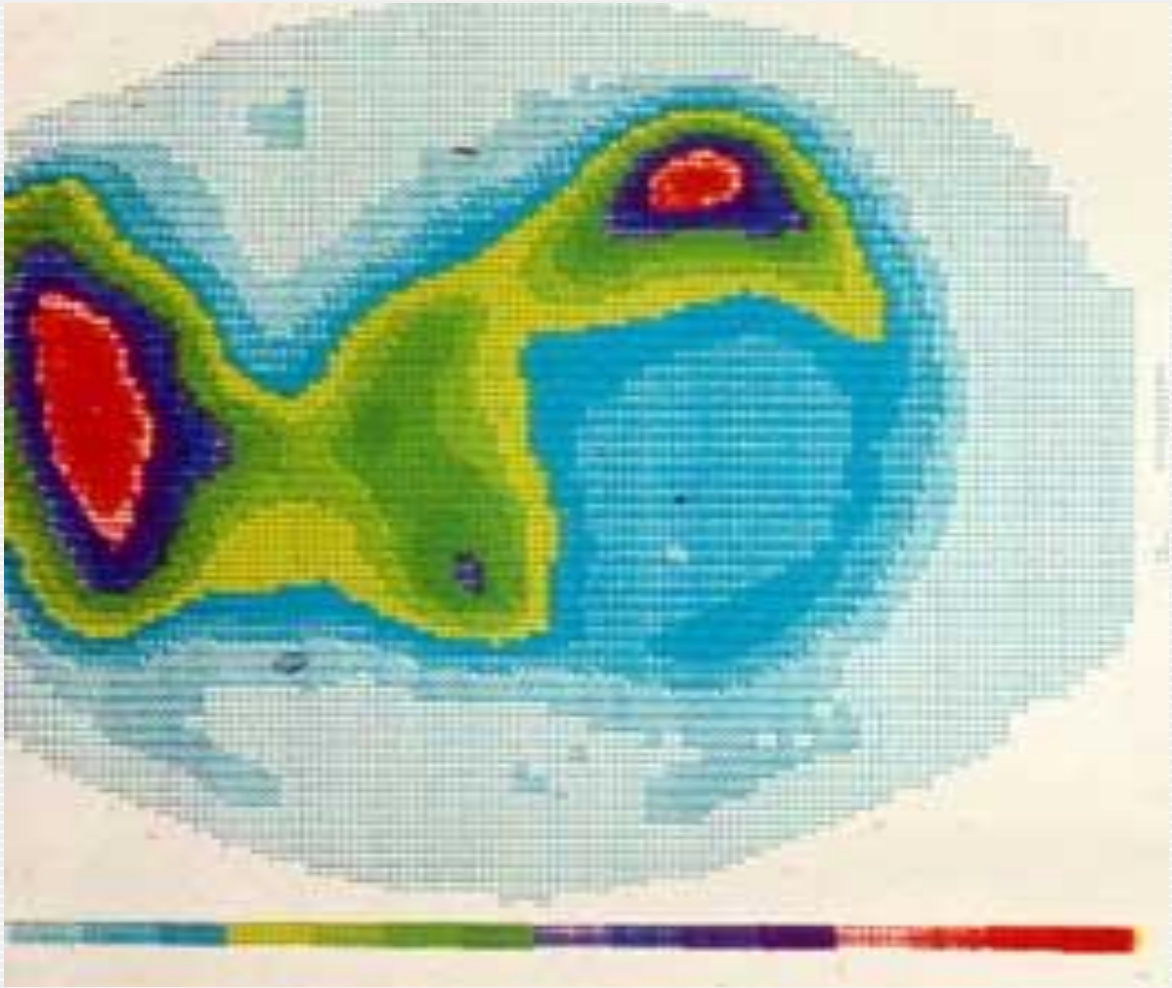
Scintigraphy

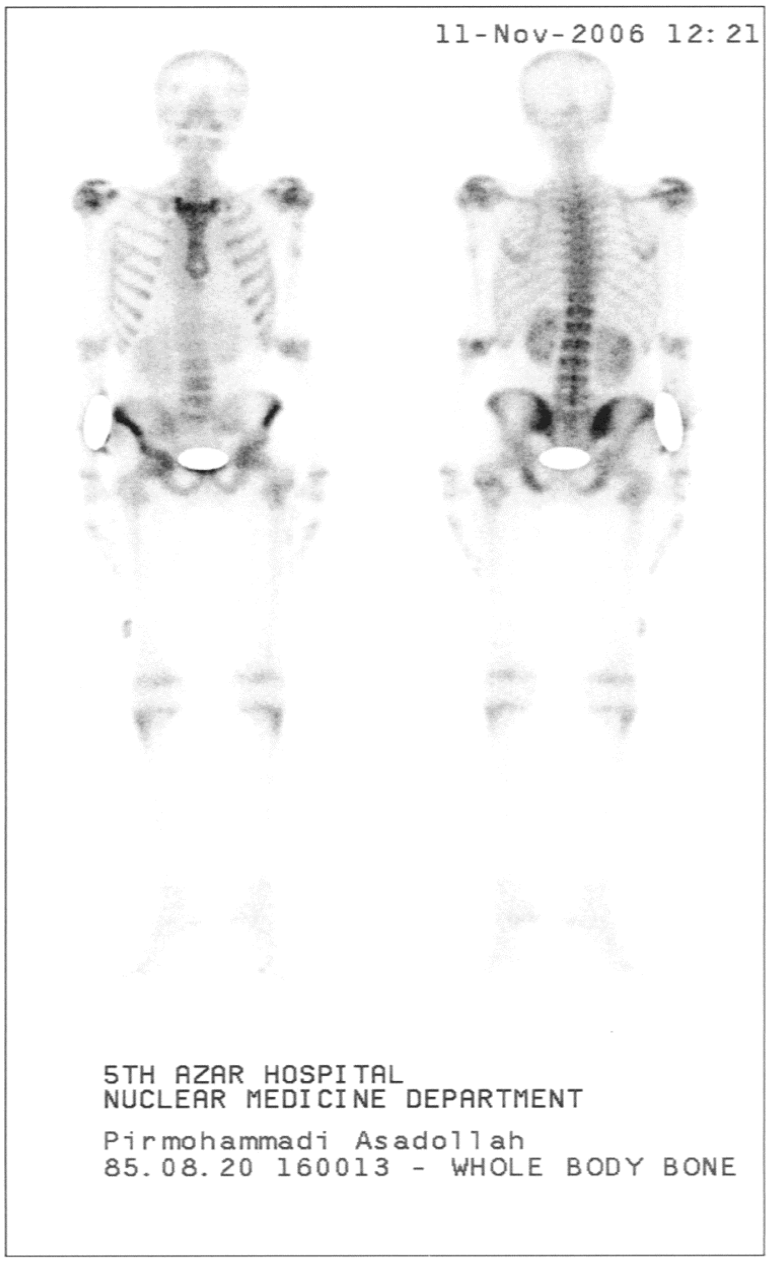
- برای مقایسه میزان جذب رادیو ایزوتوپها در بافتها یا تومورها از این روش استفاده می شود.
- در سنتی گرافی یک رادیودارو وارد بدن بیمار شده و سپس توزیع رادیو دارو در داخل بدن بررسی می گردد.این روش را سنتی گرافی گویند

scintigraphy

نتایج اندازه گیری بوسیله یک دستگاه ثبات روی کاغذ ثبت می شود یا پس از تبدیلات الکترونیکی روی مانیتور ظاهر می شود.

بدین صورت که وجود ماده رادیو اکتیو از میزان زیادتر به کمتر به ترتیب با رنگهای قرمز،نارنجی، زرد ،سبز،آبی،نیلی، وبنفش نمایش داده می شود.




11-Nov-2006 12:21
5TH AZAR HOSPITAL
NUCLEAR MEDICINE DEPARTMENT
Pirmohammadi Asadollah
85.08.20 160013 - WHOLE BODY BONE

دستگاه های تصویربرداری در پزشکی هسته ای

دستگاههای تصویر برداری رادیوایزوتوپی

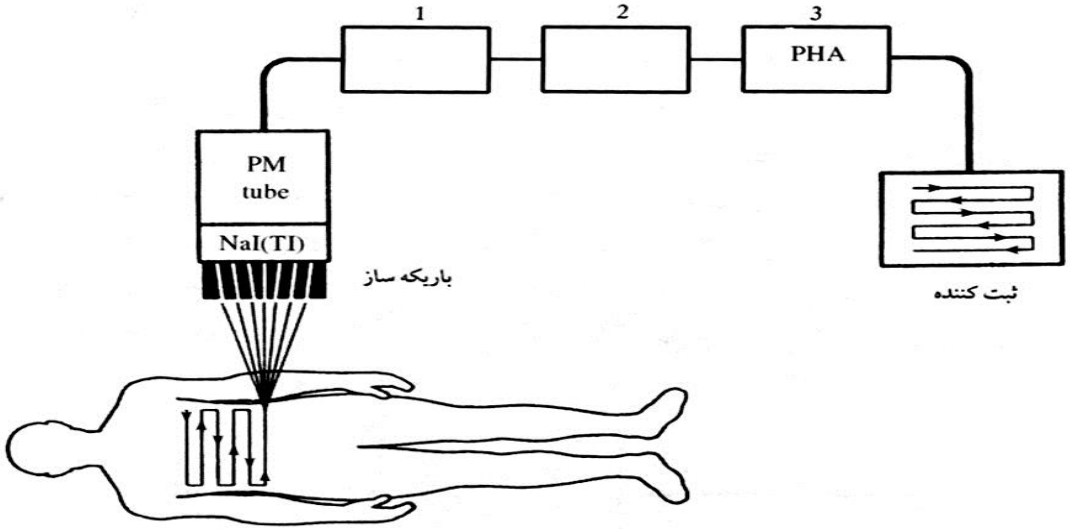
الف-جاروبگر خطی(Linear Scanner)

- ب-دوربین گاما Gamma Camera
- ج:اسپکت(SPECT)

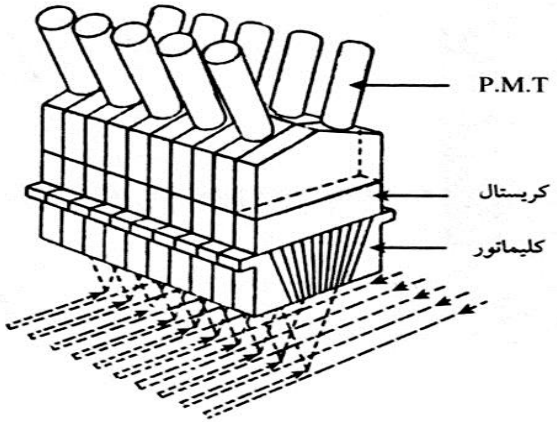
جاروبگر خطی
LINEAR SCANNER

- دراین وسیله از آشکارساز سوسوزن برای بررسی توزیع رادیو دارو در بدن استفاده می شود.دراین وسیله آشکارساز در مسیر رفت و برگشت در مقابل بدن حرکت(اسکن) می کند.
- فاصله خطوط اسکن و سرعت حرکت سر جاروبگر برروی کیفیت تصویر تاثیر می گذارد.نیز طول و عرض اسکن

(گستره اسکن) قابل تنظیم است.جاروبگر خطی دو نوع است:با یک PMT،با چندین PMT.



(a)

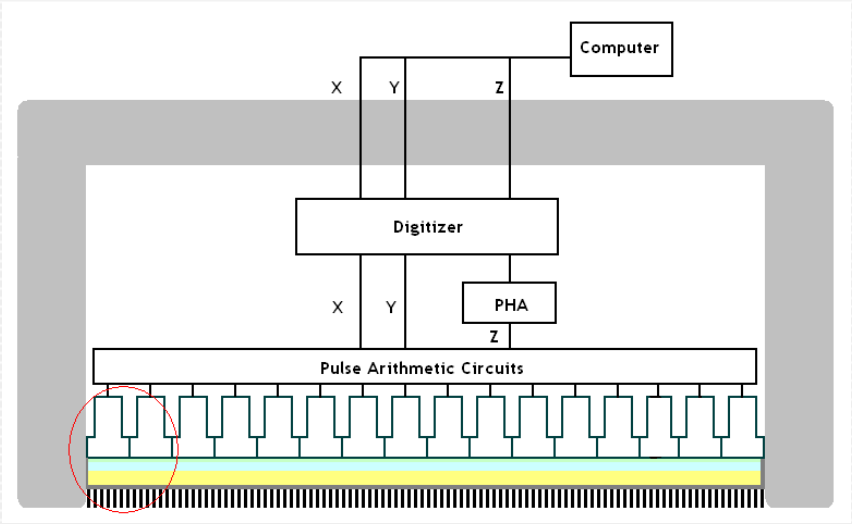


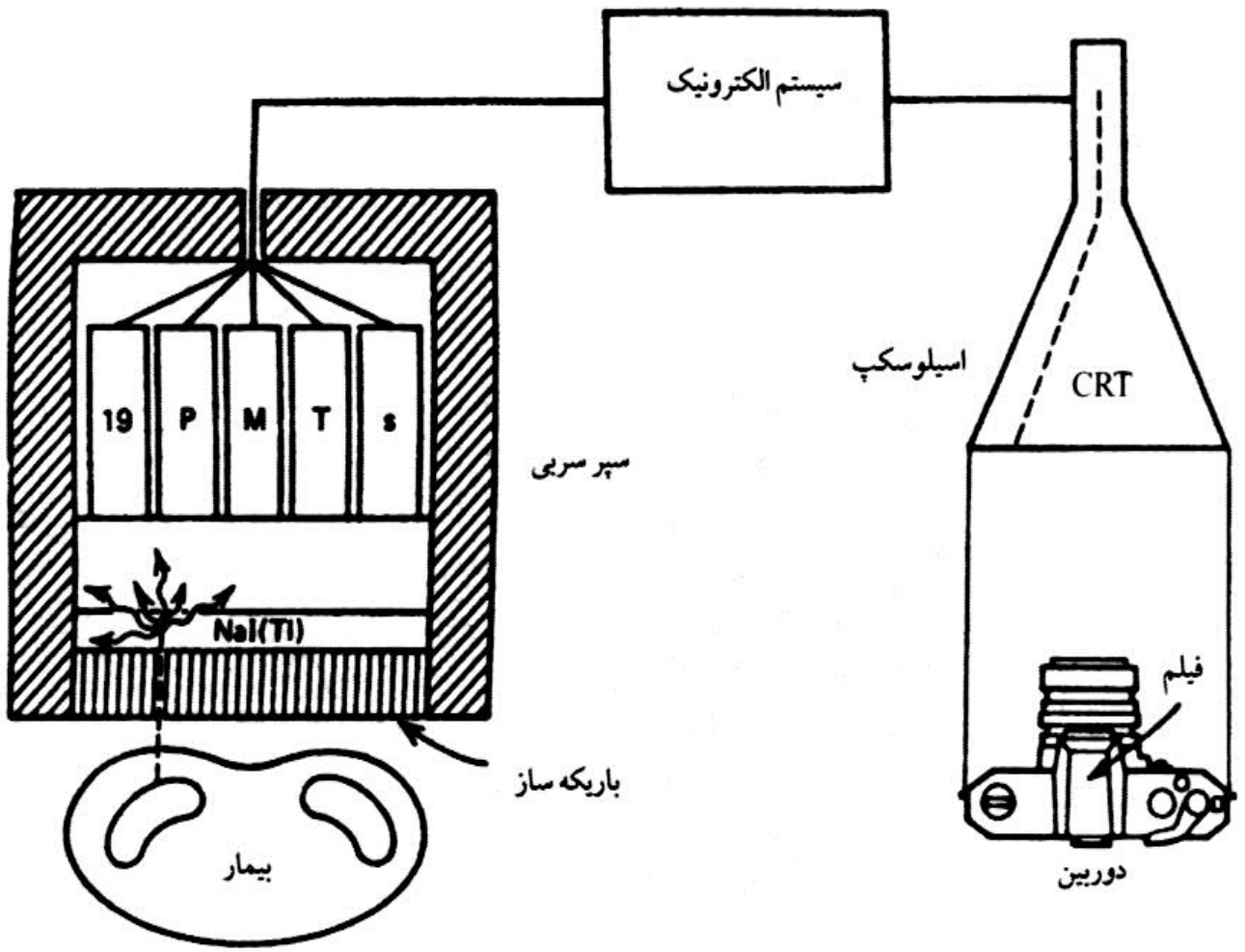
(b)

جاروبگر خطی (a) ساده (b) با چندین PMT

دوربین گاما

- دارای یک کریستال NaIبزرگ(به ضخامت3/1سانتیمتر و قطر تا50سانتیمتر)و چندین لامپ PMTبوده و سطح وسیعی از بدن را تحت پوشش قرار می دهد.حساسیت و قدرت تفکیک بالاست.زمان تصویر برداری کوتاهتر از اسکنر خطی است.

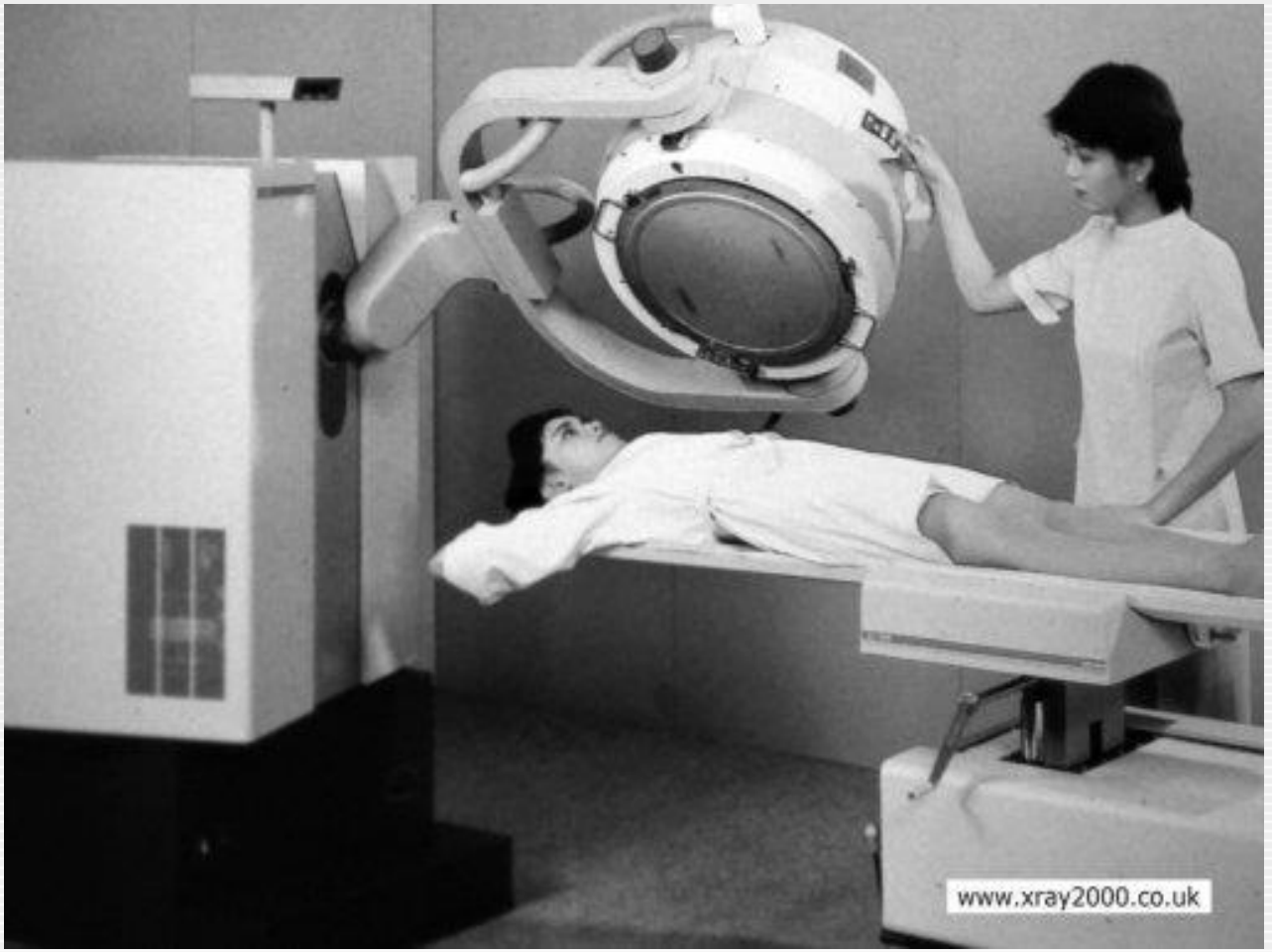




دوربین گامای امروزی

بخش های اصلی دوربین گاما پس از کریستال و لامپها

- 1- پیش تقویت کننده:پالس خروجی از PMTرا تقویت می کند وتراز امپدانس میان آشکارساز و مدار بعدی را تطابق می دهد.
- 2-تقویت کننده:دامنه پالس ها را باندازه 1000برابر افزایش می دهد.


www.xray2000.co.uk

SPECT

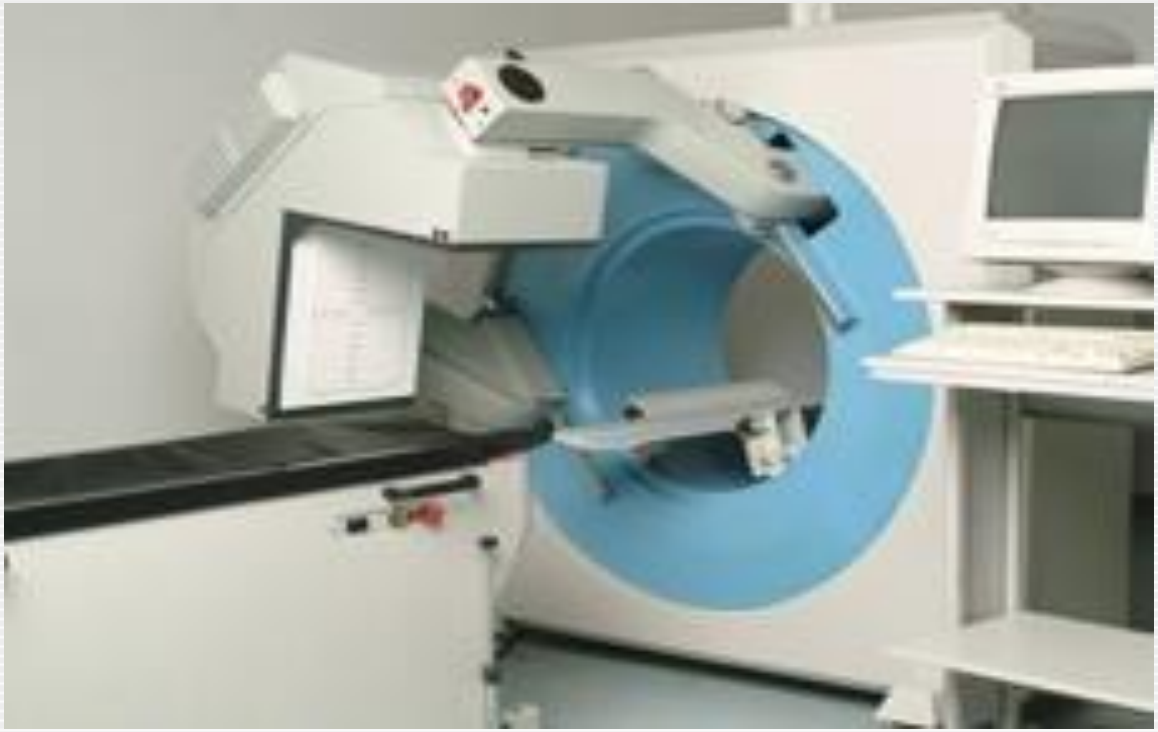
- اسپکت یک دوربین گامای چرخان است که بدور بیمار می چرخد وامکان تهیه تصاویر همزمان از مقاطع مختلف بیمار حاصل شده واز افتادن تصاویر روی هم (هم پوشانی تصاویر) جلوگیری می شود .
- از نظر اجزای سیستم تصویربرداری فرقی با دوربین گاما ندارد.

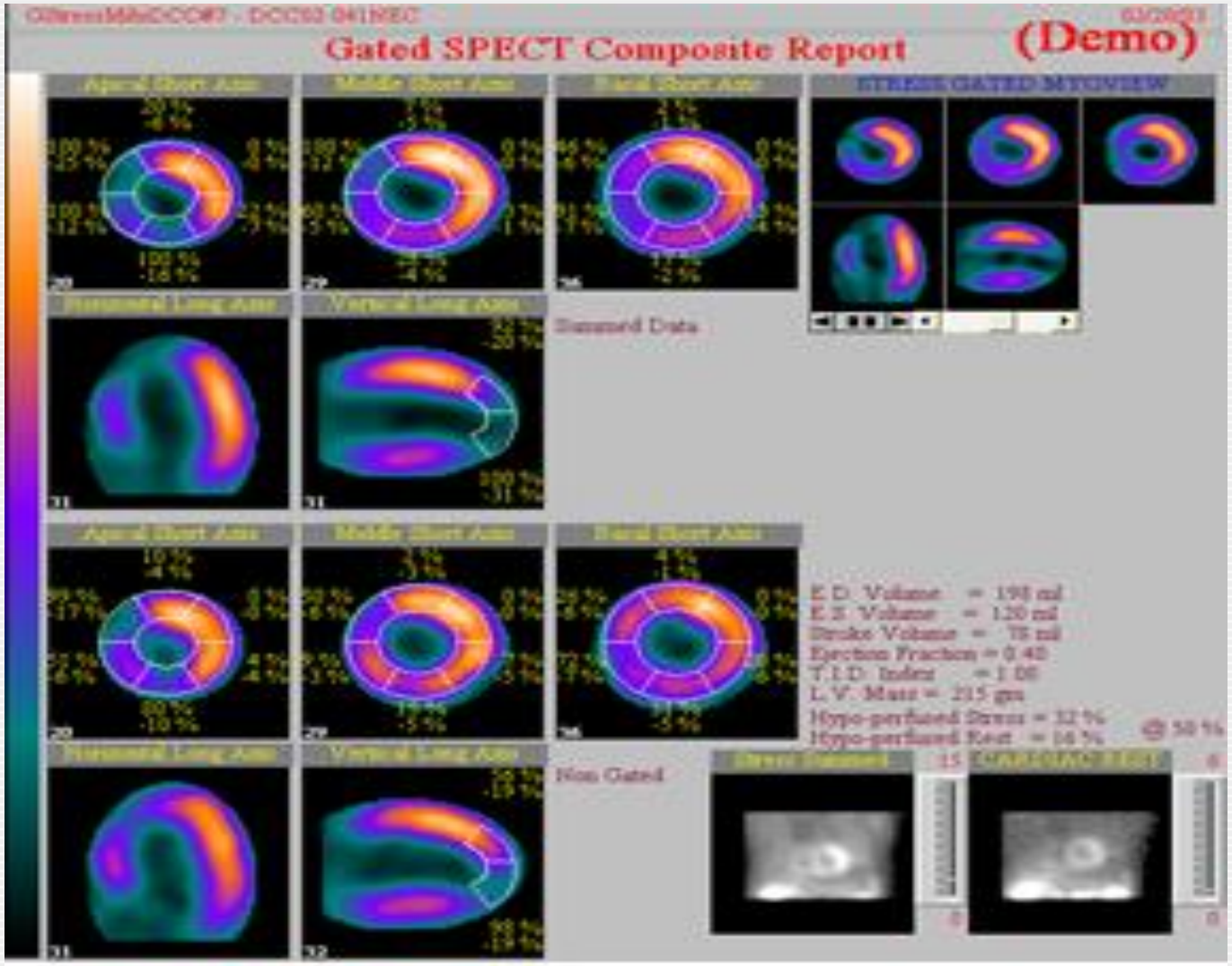
Single Photon Emission Computed Tomography

- با استفاده از چند دوربین گاما بطور همزمان و با حرکت چرخشی دوربینها حول بیمار می توان تصویربرداری مقطعی نیز انجام داد .این روش spect نام دارد.

SPECT (single photon emission tomography)

در این روش تصاویر مقطعی از قلب گرفته می شود.دوربین گاما دور بدن بیمار می چرخد.اطلاعات جمع آوری شده از نماهای projection مختلف روی یکدیگر جمع شده و تصاویر مقطعی تهیه می شود.




Gated SPECT Composite Report
(Demo)
Stressed Data
Non Gated

کاربردهای بالینی مواد رادیواکتیو

- **1- روش هـــای آزمایشـــگاهی:** دونمونـــه از روش هـــایی کـــه بطریـــق invitroانجام پذیرند عبارتند از:

الف- رادیواکتیو کردن کردنactivation: برای آنالیز عناصر کمیاب مثل آنتیموآن ،ارسنیک،مولیبدن،نیکل ،روی و سلنیوم بکار می رود.نمونه های بدن تحت تابش پروتون ،نوترون یا دوترون قرار گرفته و عنصر مورد نظر رادیواکتیو می گردد. سپس می توان مقدار عنصر را در مقادیر کم اندازه گرفت.

Radio Immuno Assay

ب- رادیو ایمونواسی RIA: برای اندازه گیری مقادیر هورمون ها ،آنتی بادی ها... مورد استفاده قرار می گیرد.

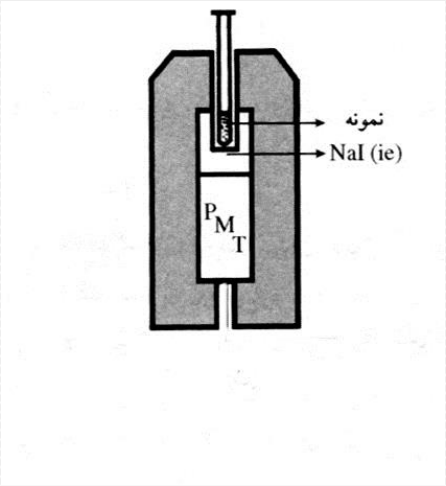
ابتدا برای سنجش هر هورمون، پادتن اختصاصی هورمون مورد نظر را تهیه و به همراه پلاسمای خون فرد مورد نظر و هورمون خالص نشاندارشده به لوله آزمایش اضافه میکنند.

Radio Immuno Assay

- در این مخلوط هورمون موجود در پلاسما با هورمون نشان دار بر سر اتصال به پادتن با هم رقابت می کنند.
- پس از اتمام زمان واکنش،هورمون پادتن را از بقیه مخلوط جدا و مقدار هورمون رادیو اکتیو را با دستگاه گاما کانتر (شمارشگر گاما) اندازه می گیرند
- این دستگاه پرتوهای گامای ساطع شده از رادیوایزوتوپی که به پادتن متصل باشد را اندازه می گیرد
- ید 125 بدلیل برخورداری نیمه عمر طولانی تر و پایین بودن سطح خطر انتشار بیشتر از کبالت و ید 131در شمارشگر گاما استفاده می شود

روش کار تعیین حجم خون

- گلبول قرمز نشاندار(با ^{131}I یا ^{51}Cr) بصورت استریل تهیه می شود.اکتیویته $1cm^3$از گلبول ها را اندازه گیری می کنند .

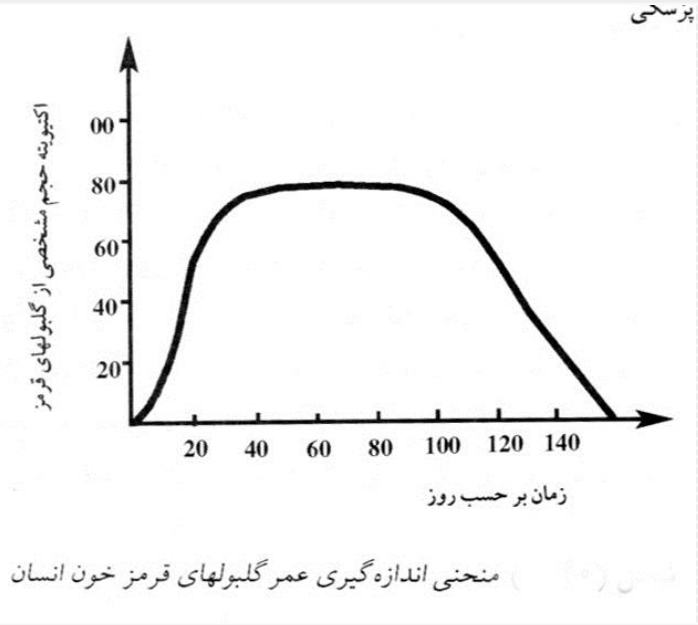


- سپس از طریق ورید بازویی آنرا به بیمار تزریق می کنند.پس از 15 دقیقه که خون نشاندار بخوبی پخش شد از سیاهرگ بازویی راست نمونه گرفته شده و اکتیویته آن تععین می گردد.

اندازه گیری عمر گلبول های قرمز

- ^{59}Fe (Te=42 days)از راه سیاهرگ تزریق می گردد.
- آهن در عرض چند روز جذب هموگلوبین ها شده و با وارد شدن به RBCها، اکتیویته خون بالا میرود.

در شخص سالم عمر گلبول های قرمز نزدیک 120روز است.



منحنی اندازه‌گیری عمر گلبولهای قرمز خون انسان

آنالیز ویتامین B_{12}

- وجود ویتامین B12برای رشد RBCضروری است..کمبود ویتامین B12میتواند سبب کم خونی باشد.
- روش کار:
- 1- خوراندن ویتامین B12نشاندار شده با ^{60}Co.
- 2-اندازه گیری اکتیویته مدفوع به مدت 72ساعت و مقایسه آن با اکتیویته خورانده شده.

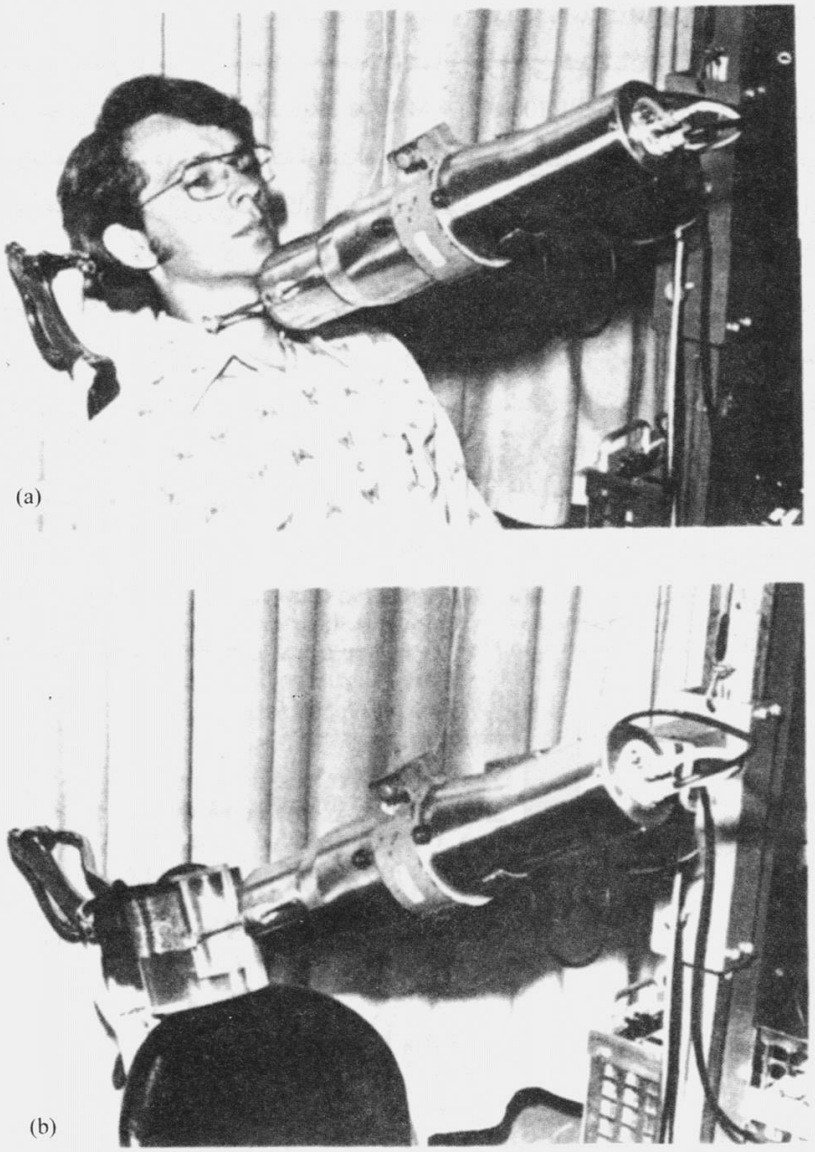
- شخص سالم:مشاهده 50% اکتیویته خورانده شده در مدفوع.
- شخص بیمار:مشاهده 100- 85 % اکتیویته خورانده شده در مدفوع.

تست شیلینگ

- 1- خوراندن 2 µg ویتامین B12نشاندار به بیمار و در عین حال تزریق 1mg ویتامین نشاندار نشده به بیمار جهت برطرف شدن کمبود ویتامین B12 در بافت ها.
- 2- گرد آوری ادرار بیمار جهت بررسی ویتامین B12 دفع شده از راه ادرار و مقایسه آن با ویتامین B12 خورانده شده به بیمار.(در اینجا ویتامین B12 جذب شده در خون اندازه گرفته می شود).
- 3-اندازه گیری اکتیویته ادرار.در فردی که کاهش جذب ویتامین B12داشته باشد اکتیویته ادرار نیز کم خواهد بود.

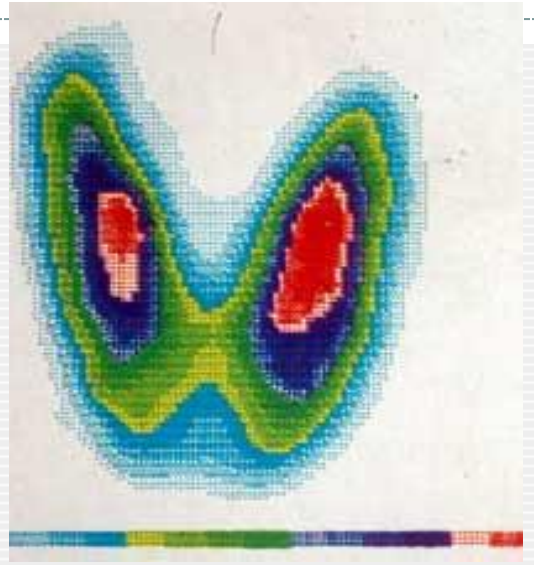
ارزیابی کار غده تیروئید بوسیله جذب 24 ساعته ید 131

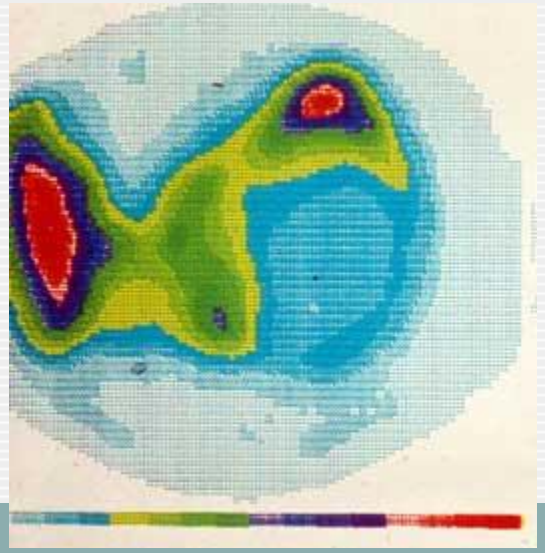
- در مقاسیه با فرد نرمال شخص با تیروئید کم کار ید کمتر و تیروئید پرکار ید بیشتری جذب می کند.
- برای بررسی جذب 24 ساعته ،اندکی ^{131}I به بیمار خورانده می شود و 24 ساعت پس از آن اکتیویته ^{131}I در تیروئید برای یک دقیقه شمارش می شود.
- نسبت شمارش تیروئید به شمارش استاندارد ضربدر 100،جذب 24 ساعت ید توسط تیروئید را نشان می دهد.
- نرمال:25% پرکار:40% کم کار: 10% >



چگونگی آزمایش جذب ید (a) شمارش بیمار و (b) شمارش استاندارد در جذب ۲۴ ساعته

بررسی غدد





- 1- تیروئید:

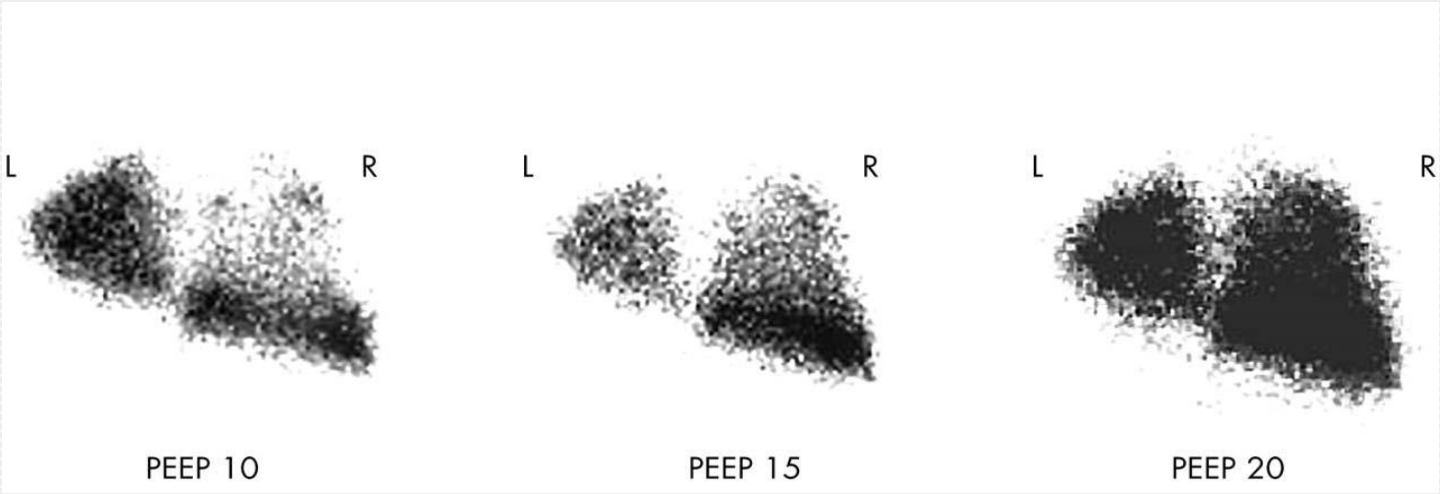
قبلا از ^{131}I استفاده می شد که بیمار دز زیادی دریافت می کرد.

امروزه:^{99m}Tc که رفتاری شبیه ید دارد.

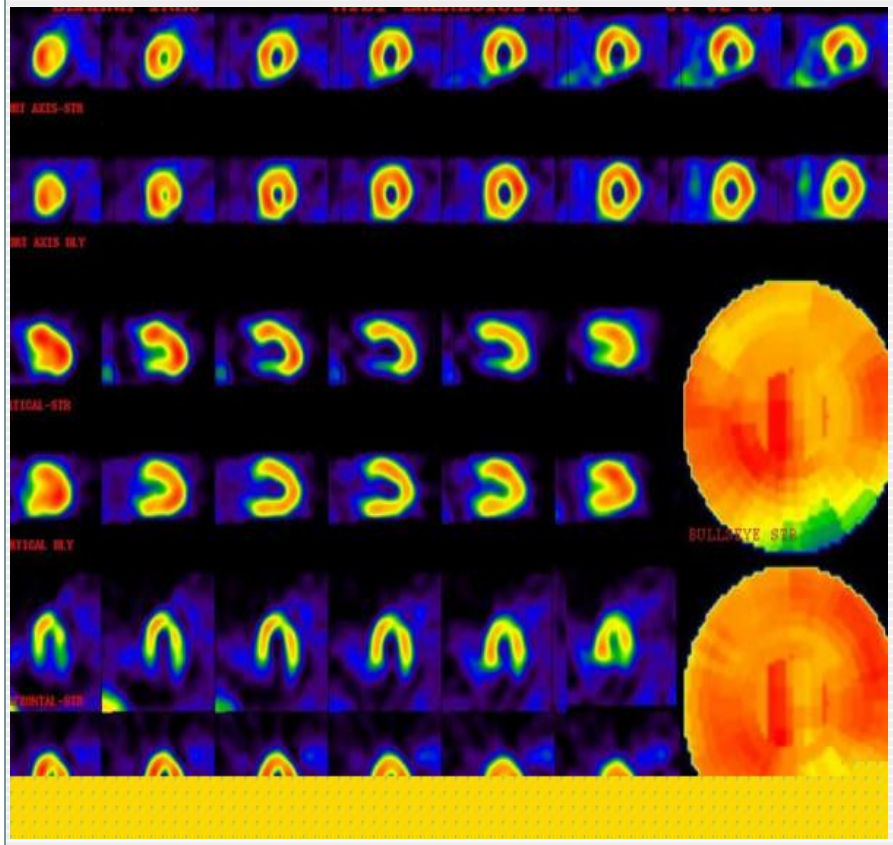
- 2- پاراتیروئید: تالیم ^{201}Tl.
- 3-فوق کلیه:کلسترول نشاندار با ^{125}I

ریه

استفاده از گاز های رادیواکتیو مثل ^{133}Xe برای بررسی آلوئول ها.



قلب



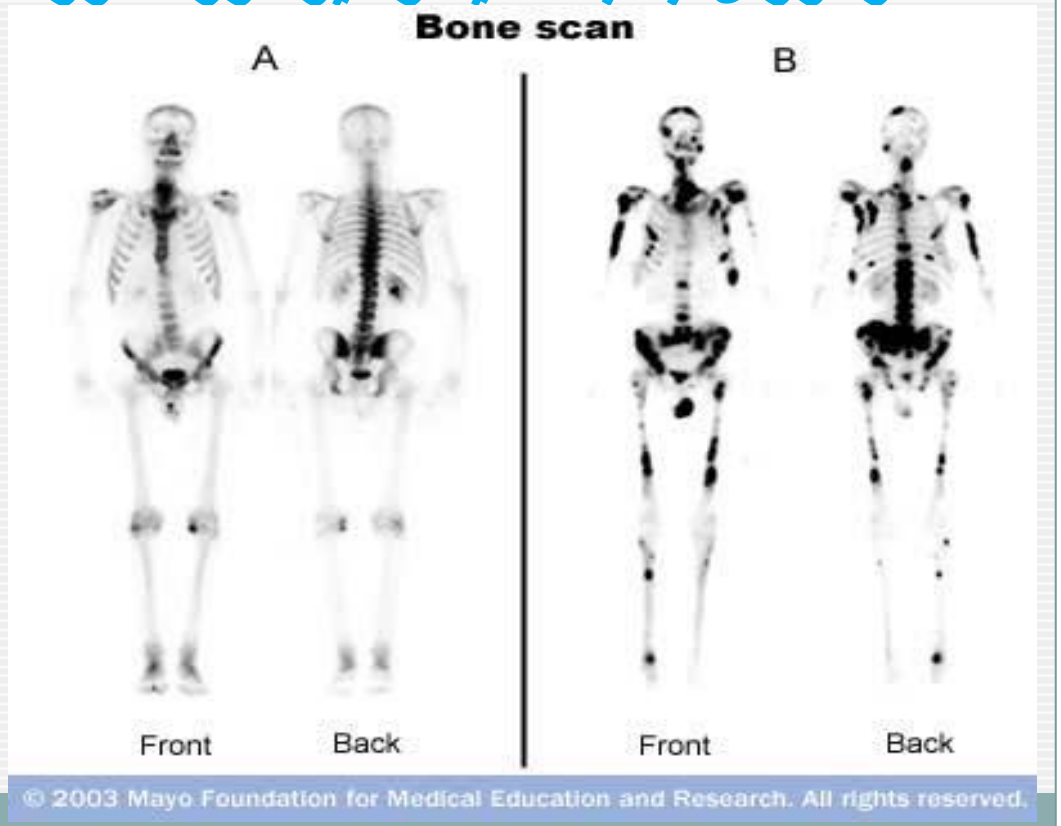
- به دو روش صورت می گیرد :
- 1- استفاده از تکنسیم ^{99m}Tc که درآن خون نشاندار می شود و حفرات داخل قلبی بررسی می شود.
- 2- استفاده از تالیم 201 که بجای پتاسیم نشسته و عضلات قلب را نشاندار می کند.اختلالات پرفیوژن خون و قلب بررسی می شوند.

- مغز: DTPA (دی اتیلن پنتا استیک اسید)نشاندار با تکنسیم تزریق شده و تصاویر مختلف از مغز تهیه می گردد.
- بعضی از تومورها با این روش مشخص می شوند.

استخوان

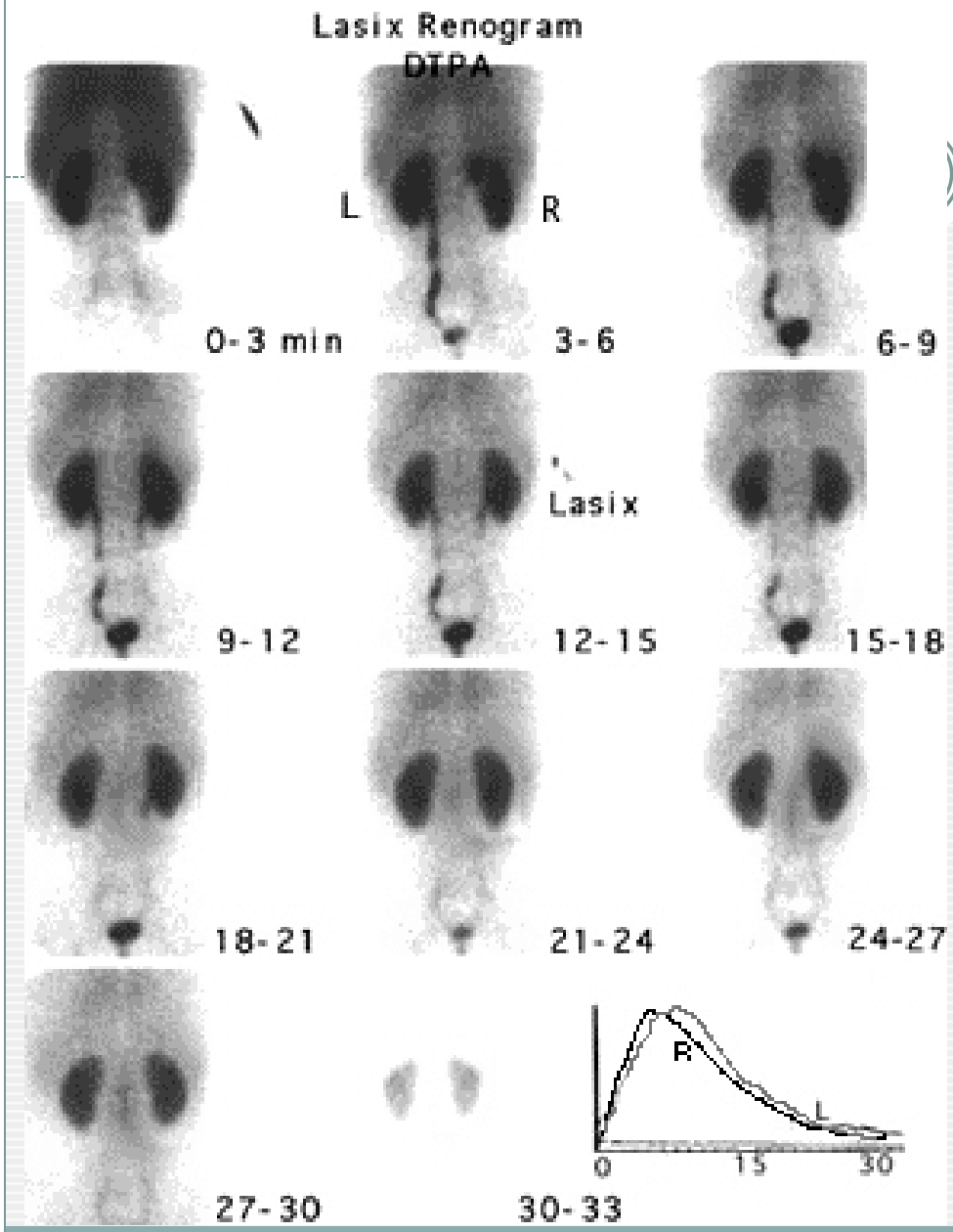
- از ترکیبات فسفات نشاندار شده با تکنسیم 99m استفاده می شود. اسکن سه ساعت پس از تزریق رادیو دارو انجام می شود.در نواحی تومورال جذب شدید رادیودارو صورت می گیرد.

© Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.



© 2003 Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.

کلیه ها



- رنـــــــوگرامRenogram : منحنـی تغییـرات اکتیویتـه کلیـه نسبت به زمان.

درمان

- ^{32}P: جذب در استخوان.درمان پلی سایتمیpolycytemia
- ^{198}Au: درمان سرطان تخمدان.
- ^{90}Y: درمان سرطان کبد.

Usk River at Sunset, South Wales