- تعریف بیوفیزیک پرتویی (بیوفیزیک پرتویی چیست؟!)؟ مطالعه و بررسی انواع پرتوهای الکترومغناطیسی و ذره‌ای؟ ماهیت آن‌ها و منشا آن‌ها و تاثیرشان بر روی موجود زنده!

- تشعشع یا پرتو چیست؟! (Radiation Ray) به ماهیت (انرژی) آن چیست؟!

انتشار انرژی از میان فضا و ماده: [منظور از فضا جایی است که ماده وجود ندارد.]

در واقع شکلی از انرژی است که انتشارش به محیط مادی محدود نمی‌شود.

ماهیت آن، انرژی است که برای انتشارش هم به محیط مادی نیاز ندارد و محدود به محیط مادی نیست!!

مثال) صوت هم انتشار انرژی است اما محدود به محیط مادی است.

- ماهیت پرتوها: پرتوها را از نظر ماهیت به دو دسته تقسیم می‌کنند:

1- پرتوهای ذره‌ای ← (Corpuscular Radiations)

2- پرتوهای الکترومغناطیسی ← (Electromagnetic Radiations)

- ✓ پرتوهای ذره‌ای ← ذره‌ای مادی است اما ماهیت موجی دارد.
- ✓ پرتوهای الکترومغناطیسی ← ذره‌ای موجی است اما ماهیت ذره‌ای هم دارد.

پس هر دو آن‌ها هم‌موج هستند و هم ذره.

← چرا به گروه اول می‌گویم پرتوهای ذره‌ای و به گروه دوم نمی‌گوییم پرتوهای ذره‌ای؟!

پرتوهای ذره‌ی در واقع همان ذرات مادی هستند که با سرعت‌ها و جرم‌های متفاوت در حال حرکت هستند. این ذرات ماهیت مادی و جرم در حال سکون مشخص دارند. (چرا بهشون می‌گوییم ذره؟! چون جرم در حال سکون مشخصی دارد.) ← یعنی در سرعت صفر هم جرم دارند.

* ما می‌توانیم به فوتون جرم نسبت بدهیم! ما اگر سرعتش را صفر کنیم دیگه جرم ندارد.

- عمده پرتوهای ذره‌ای را همان ذرات بنیادی شتاب‌دار تشکیل می‌دهند.

به چه ذراتی می‌گوییم ذرات بنیادی شتاب‌دار (Fundamental particles)؟!

پروتون – نوترون – الکترون – پوزیترون – آنتی پرتون – نوترینو – Hyperon – Meson

* در هر ثانیه تعداد زیادی نوترینو از بدن ما رد می‌شود. بدون آنکه ما آن را حبسش کنیم.

بدون آن که با بدن ما و یا هر محیط مادی دیگری برهمکنش داشته باشد. [با وقتی حس می‌کنیم که برهمکنشی وجود داشته باشد] (برهمکنش = تبادل و انتقال انرژی).

و همگامی می‌توانیم detectاش کنیم که برهمکنشی وجود داشته باشد.

* در فیزیک، پرتوهای ذره‌ای در واقع، همان ذرات بنیادی شتاب‌دار هستند که با سرعت‌ها و جرم متفاوت حرکت می‌کنند.

گفتیم تشعشع یعنی انتشار انرژی در فضا و ماده. انرژی که این پرتوهای ذره‌ای با خودشان حمل می‌کنند، چه نوع انرژی است؟! انرژی چنبشی. [وقتی می‌گوییم انتشار انرژی یعنی پرتو با خودش انرژی حمل می‌کند. انرژی که این پرتوهای ذره‌ای با خودشان حمل می‌کنند انرژی جنبشی است.]

← پرتوها سرعت‌شان باید خیلی زیاد باشد و به سرعت نور نزدیک می‌شوند. اگر سرعت به حد سرعت نور برسد، دیگر نه MrMای هست که فیزیک کلاسیم تعریف می‌کند و نه V، Vای هست که فیزیک کلاسیک تعریف می‌کند. خوب در این صورت این m و v چه می‌شوند؟! $E_h = \frac{1}{2}\ mv^2$

انرژی که با خودش حمل می‌کند $\frac{1}{2}\ mv^2$ است و که به اسم انرژی جنبشی آن را می‌شناسیم. ولی پرتو، چون ذرات خیلی کوچک هستند می‌توانند سرعت بالا و قابل مقایسه‌ای با سرعت نور داشته باشند. اگر بتوانند سرعتی قابل مقایسه با سرعت نور پیدا کنند دیگر تصور کلاسیک ما از این m و v باید تغییر کند.

در فیزیک کلاسیک، جرم یک کمیتی است مستقل از سایر کمیت‌های فیزیکی است. جرم یک کمیت مستقل از سایر کمیت‌های فیزیکی است. ما می‌گوییم مثلا جرم یک ماده به سرعتش بستگی ندارد.

یعنی تغییر ظاهر کمیت‌ها روی مقدار جرم تاثیر نمی‌گذارد. این تصوری است که ما از فیزیک نیوتونی یا کلاسیک داریم.

اما در فیزیک مدرن، بر اساس نسبیت انیشتین: ما می‌گوییم جرم و انرژی هم‌ارز هستند. [هم‌ارز هستند یعنی چی؟!] یعنی بهم تبدیل می‌شوند. پس اگر چیزی، انرژی‌اش بالا برود ممکن است، جرمش هم تغییر کند.

بنابراین ما دو نوع جرم داریم:

1- جرمی که وقتی سرعت صفر است. (جرم در حال سکون) (m_0) Rest mass

2- جرمی که ذره در حال حرکت است و به سرعتش بستگی دارد. (جرم در حرکت) Relativistic mass (m)

چه رابطه‌ای بین این دو m وجود دارد؟!

- ✓ جرم به چه چیزی بستگی دارد؟! به سرعت مرکز جرم بستگی دارد.
- ✓ این جرم در حال سکون و جرم در حال حرکت زمانی با یکدیگر فرق می‌کنند که ما به سرعت نور نزدیک می‌شویم.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

گفتیم در فیزیک کلاسیک، جرم یک کمیت ثابت است و مستقل از سرعت است. و می‌تواند هر سرعتی حتی بیش از سرعت نور اختیار کند. اما در فیزیک مدرن، بر اساس نسبیت خاص انیشتین این ممکن نیست. (چرا ممکن نیست؟!) اگر v به سمت c میل کند و مخرج صفر شود آن وقت مخرج صفر می‌شود و m به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، چون چیزی ممکن نیست.

می‌گویند رسیدن به سرعت نور در خلا از نظر تئوری نسبیت خاص ممکن نیست.

پس بر اساس تئوری نسبیت خاص انیشتین یک جرم نمی‌تواند هر سرعتی حتی بیشتر از سرعت نور اختیار کند.

یک جرم در خلا، محدود به سرعت نور است؛ یعنی سرعتش همیشه از سرعت نور کمتر است.

در سرعت‌های کم، جرم در حال سکون و جرم در حال حرکت زیاد تفاوتی ندارند. اما وقتی ذره‌ای نزدیک به سرعت نور حرکت کند افزایش جرمش دیگر قابل چشم‌پوشی نیست.

به عنوان مثال؛ اگر ذره‌ای با 0/1 سرعت نور حرکت کند، یعنی $v = \frac{1}{10} c$ باشد آنگاه افزایش جرم ناشی از سرعت ذره معادل 0/5 درصد و سرعت ذره افزایش پیدا کند به طوری که بشود $v = 0.98 c$ سرعت نور ←آن وقت جرم ذره، 5 برابر می‌شود. $m \cong 5m_0$

مثال: اگر یک الکترونی را در میدان 100 کیلوواتی شتابش دهیم به سرعتی بیش از نصف سرعت نور پیدا می‌کند؛

$100\ hv \rightarrow v = 0.5483\ c \rightarrow m = 1.196\ m_0$

حالا اگر همین الکترون را در میدان 100 مگاولتی شتاب پیدا کند. آن وقت سرعتش خیلی به سرعت نور، نزدیک می‌شود.

$100\ megv \rightarrow v = 0.9999865\ c \rightarrow m = 192\ m_0$

بازگردیم به معادله؛

گفتیم پرتوهای ذره‌ای؛ ذرات بنیادی شتاب‌دار هستند. یادمان باشد چون این‌ها پرتو هستند؛ مثلا پرتوهایی که در پرتوهای کیهانی هستند، سرعت‌شان فوق‌العاده به سرعت نور نزدیک است و انرژی زیادی دارند و دیگر جرم‌شان به آن جرمی که ما می‌شناسیم نیست. انرژی هم همان $\frac{1}{2} mv^2$ است با احتساب این که، این m و این v، دیگه محدودیت دارد؛ (؟؟؟) سرعت نور است و به سرعت نور نزدیک است و m به سرعتش بستگی دارد. (m، سرعت ذره بستگی دارد)

- خلاصه:

تا این جا گفتیم؛ پرتوها دو نوع هستند؛ ذره‌ای و الکترومغناطیسی.

ذره‌ای‌ها به این علت بهشون می‌گوییم ذره‌ای، چون جرم در حال سکون دارند و سرعتشون هم صفر باشد باز هم جرم دارند؛ ماهیت‌شان ذره مادّی است و انرژی که با خودشان حمل می‌کنند، انرژی جنبشی است. این‌ها ذرات بنیادی هستند. این‌ها وقتی شتاب پیدا می‌کنند می‌شوند پرتو مثل الکترون، نوترون، پروتون. (مثال زدیم که اشعه کیهانی، 90 درصدش پروتون شتاب داراست و 9 درصدش آلفا است. یعنی 99 درصد دو ذره‌ای شناخته شده هستند.) و پرتو کیهانی با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کند.

این پرتوها ذرات مادی متحرک هستند و انرژی که با خود حمل می‌کنند انرژی جنبشی است.

و حرکت آن‌ها یک حرکت موجی است و یک حرکت مستقیم نیست.

❋ فرضیه دوبروی (Louis De Broglie):

این فیزیک‌دان فرانسوی به هر ذره‌ی مادّی متحرک یک خاصیت موجی نسبت داد و اسمش را گذاشت؛ (matter wave) --> دوبروی می‌گوید هر ذره‌ای مادی متحرک یک موجی دارد به نام موج ماده یا همان matter wave که طول موجش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

طول موج = λ

(جرم × سرعت) اندازه حرکت = p

ثابت پلانک = h = 6.625×10^{-34} Js

پرتوهای ذره‌ای، انرژی‌شان، انرژی جنبشی است و جرم‌شان، جرم در حال سکون است. بنابراین هنگامی که می‌خواهند با محیط مادی برهمکنش دهند به جرم‌شان بستگی دارد (نوع برهمکنش و انرژی برهمکنش به

جرم‌شان بستگی دارد!!) اما پرتوهای ذره‌ای همه آن‌ها بدون بار نیستند و اغلب‌شان باردار هستند؛ بنابراین برهمکنش‌شان با محیط مادی علاوه بر جرم، الکترومغناطیسی هم است.

بنابراین می‌توانیم بگوییم، پرتوهای ذره‌ای می‌توانند باردار و یا بدون بار باشند. باردار مثل اشعه کاتدی (کاتدی = الکترون متحرک است) و بدون بار مثل پرتو نوترونی.

پرتو آلفا (باردار، بار مثبت دارد.) اشعه β (الکترون شتاب دارد است؛ الکترونی که منشاء آن هسته است) (* اشعه کاتدی منشا آن هسته نیست!!)

[اشعه کاتدی به چه شکل درست می‌شود؟! یک سیم را داغ می‌کنند، الکترون‌ها و این‌ها شتابدار می‌شوند. مثل دستگاه اشعه X. اشعه کاتدی برخورد می‌دهند به یک مانع و اشعه X تولید می‌شود که در عکسبرداری از استخوان ایتفاده می‌شود. در X این الکترون‌ها، الکترون‌های مداری هستند که از هسته‌شان جدا شده‌اند و شتاب پیدا کردند. ما اشعه کاتدی الکترون‌های شتاب‌دار است که این الکترون‌ها منشاشان واکنش‌شان هسته‌ای است و هسته تابش کرده است.]

ذره آلفا، واکنش‌های هسته‌ای (بعدت می‌خوانیم)، اشعه آلفا هسته اتم هلیم است، 2 تا پروتون و 2 تا نوترون دارد.

این‌ها برهمکنش‌شان: غیر از جرم‌شان، الکترومغناطیس هم است، چون که باردار هستند. حالا عده‌ای هم داریم که باردار نیستند مثل نوترون و نوترینو. (بارشان صفر است.)

اگر خلاصه‌اش کنیم؛ پرتوهای ذره‌ای هم ذره هستند (جرم در حال سکون دارند) و هم رفتار موجی دارند پس موج هستند. ماده هم به این شکا است. به همین دلیل است که نور و ماده برهمکنش می‌کنند. هر دو این‌ها از یک جنس هستند. هم جرم دارند (هم ذره هستند) و هم رفتار موجی دارند. نور هم، هم جرم دارد و هم ماهیت موجی دارد، به همین دلیل از یک جنس هستند و برهمکنش می‌دهند یعنی انرژی مبادله می‌کنند.

پرتوهای الکترومغناطیسی؛ (به چه پرتوهایی می‌گوییم پرتوهای الکترومغناطیسی؟!) بر اساس نظریه کوانتومی تابش، تابش الکترومغناطیس، جریانی است از ذرات یا بسته‌های گسسته و مجزای انرژی موسوم به کوانتوم با فوتون که به صورت موجی در فضا منتشر می‌شوند یا سیر می‌کنند.

- ✓ یک تفاوتی بین کوانتوم و فوتون وجود دارد (چیست این تفاوت؟!)

در فیزیک کوانتومی یک مقدار حداقلی وجود دارد و نمی‌شود نصفش کرد --> به این مقدار حداقلی می‌گویند کوانتوم. فوتون، یک کوانتوم انرژی تشعشعی است. [فوتون یک کوانتوم است و کوانتوم یک کلمه عام‌تری است و می‌شود آن‌ها را معادل در نظر بگیرم ما!!]

انرژی هر کدام از این فوتون‌ها با فرکانس تابش متناسب است.

[ذره است و به صورت موجی حرکت می‌کند]. بنابراین می‌توانیم بگوییم، تابش الکترومغناطیسی، کشلی از انرژی است که هم خاصیت ذره‌ای دارد و هم خاصیت موجی دارد.

- ✓ در برهمکنش نور با ماده، توصیف بعضی از پدیده‌ها، مثل جذب با خاصیت ذره‌ای آسان‌تر است و بعضی دیگر مثل پراکنش (Scattering) با خاصیت موجی آسان‌تر است.

Absorption → با خاصیت ذره‌ای آسان‌تر

Scattering → با خاصیت موجی آسان‌تر

* توضیح:

نور یا موج الکترومغناطیسی یک پدیده بیشتر نیست!

دو جور رفتار دارد؛ هم رفتار موجی دارد و هم رفتار ذره‌ای دارد.

چرا می‌گوییم ذره‌ای است؟! فوتون که جرم ندارد!! و صفر است، پس چطور می‌گویند ذره است؟! چون بعضی مواقع مثل یک ذره هم رفتار می‌کند، (چه زمانی مثل ذره رفتار می‌کند؟!) وقتی که دارد انرژی منتقل می‌کند. (به چه شکل ؟!) مقدار انرژی که منتقل می‌کند یک حداقل، دو حداقل، سه حداقل و یا چهار حداقل و ... است، 1/5 حداقل را منتقل نمی‌کند. 1/2 منتقل نمی‌کند. (بین 1 و 2، بی‌نهایت عدد است و هیچ کدام از آن‌ها را منتقل نمی‌کند.)

برای همین می‌گوییم بسته‌های گسسته و (؟؟؟) انرژی. بنابراین دارد به حالت ذره‌ای رفتار می‌کند به رقم این که حرکتش موجی است و خاصیت موجی دارد.

وقتی می‌خواهیم در مورد جذب صحبت کنیم، آسان‌تر است که ذره فرضش کنیم که از فوتون درست شده، فوتون چیه؟! آن مقدار حداقلی که می‌تواند منتقل کند. (کوچک‌تر از یک فوتون هم منتقل نمی‌کند.)

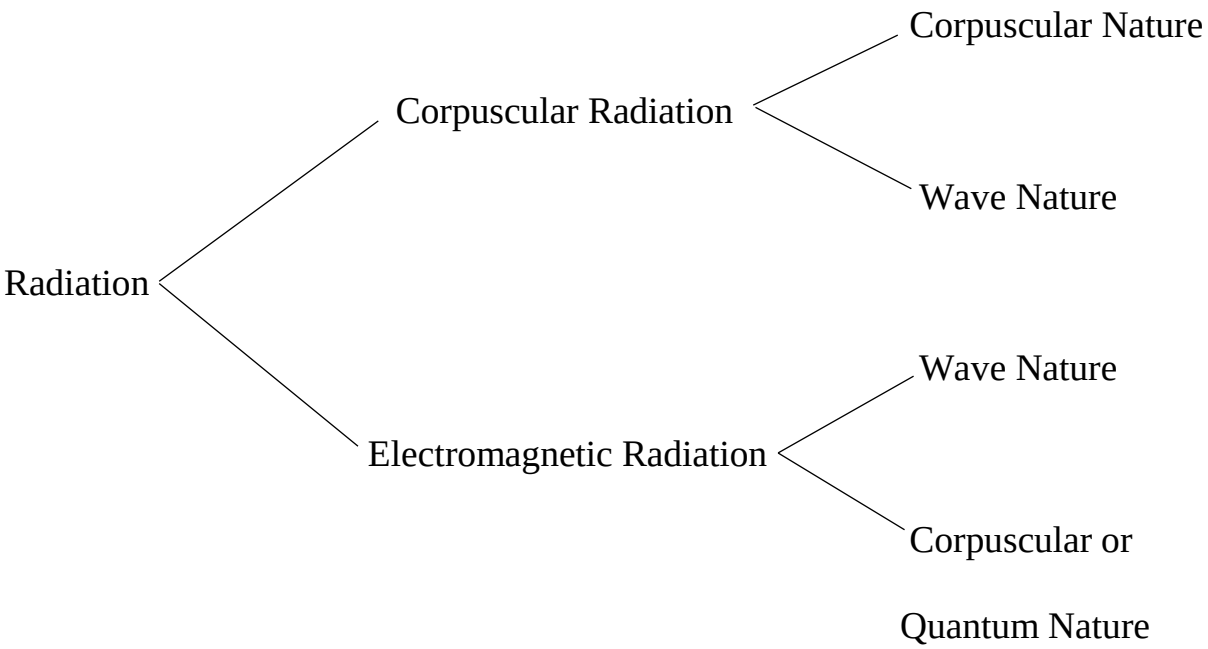
$E = mc^2 \rightarrow m = \frac{E}{c^2}$

* خلاصه: موج الکترومغناطیسی، موج است و مثل ذره هم رفتار می‌کند چون از ذراتی تشکیل شده، با حداقل انرژی که میشه بهشون جرم نسبت داد و جرم میدان گرانش هم جذبش می‌کند. پس با این که یک موج است، خاصیت ذره‌ای هم دارد.

Electromagnetic Radiation
- wave nature (موجی)
- Corpuscular (ذره‌ای)

پرتویی جلسه دوم (15 مهر):

✓ راجع به پرتوها صحبت می‌کردیم. گفتیم دو گروه هستند. 1- پرتوهای ذره‌ای 2- پرتوهای الکترومغناطیسی



گفتیم پرتوهای ذره‌ای، ذره هستند. هم طبیعت موجی دارند و هم طبیعت ذره‌ای هم دارند.

پرتوهای الکترومغناطیسی، هم طبیعت موجی دارند و هم طبیعت ذره‌ای دارند. (یعنی هر دوی این‌ها ذره هستند و هم موج).

✓ پرتوهای الکترومغناطیس:

تعریف: بر اساس نظریه کوانتومی تابش، جریانی هستند از ذرات یا بسته‌های گسسته و مجزای انرژی، موسوم به کوانتوم یا فوتون که به صورت موجی در فضا منتشر می‌شوند.

بر اساس این تعریف؛ تابش الکترومغناطیس شکلی از انرژی است که هم خاصیت موجی دارد و هم خاصیت ذره‌ای دارد.

وقتی می‌خواهیم تاصیرشان را روی موجودات زنده بررسی کنیم، در واقع باید برهمکنشش را با ماده بررسی کنیم. در برهمکنش با محیط مادی، توصیف بعضی از پدیده‌ها مثل پراکنش یا Scattering با خاصیت موجی؛ و برخی مثل جذب با خاصیت ذره‌ای آسان‌تر است.

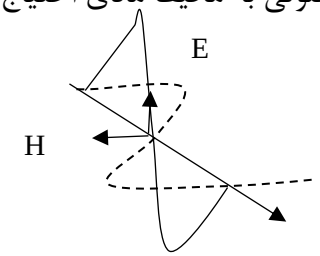
- ✓ اول از خاصیت موجی شروع می‌کنیم که پرتوهای الکترومغناطیسی اول موج هستند اما خاصیت ذره‌ای هم دارند. این‌ها ماهیتا موج هستند و بعد می‌توانیم بگوییم بهشون خاصیت ذره‌ای هم می‌توانیم نسبت بدهیم.

✓ طبیعت موجی پرتوهای الکترومغناطیس:

از منظر موجی، هر موج الکترومغناطیس از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده که این دو در راستای عمود بر راستای انتشار موج، نوسان می‌کند.

* میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی هر دو بر راستای انتشار عمود میشن.

* انتشار پرتوهای الکترومغناطیس برخلاف امواج صوتی به محیط مادی احتیاج ندارند.



یعنس اسن که در خلا هم پرتوهای الکترومغناطیسس می‌توانند منتشر شوند.

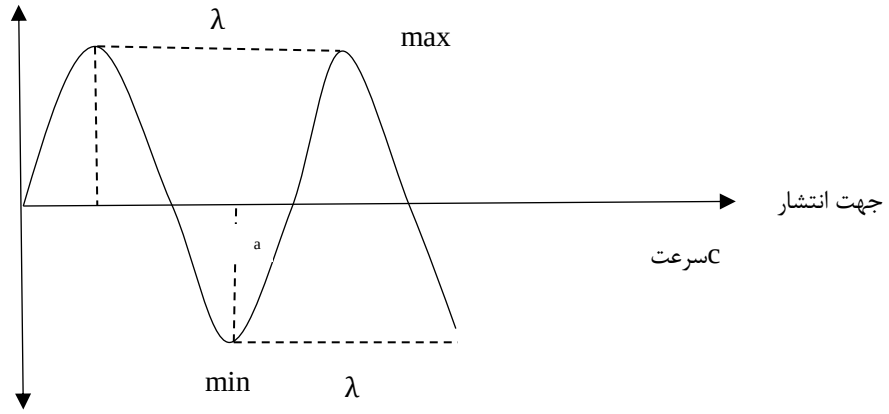
چهار مشخصه اصلی دارند:

1- طول موج λ (wave length): فاصله نقاط متشابه (هم‌ارز) در موج مثلا فاصله دو max یا دو min را طول موج می‌نامند.

2- فرکانس υ (frequency): تعداد نوسانات کامل یا تعداد سیکل‌ها در ثانیه

3- سرعت v (velocity): مسافتی است که موج در واحد زمان (در مدت یک ثانیه) طی می‌کند.

4- دامنه a (amplitude): max جابه‌جایی نسبت به نقطه تقاطع. [قوت و نیرومندی موج را مشخص می‌نماید.]



بین سه مشخصه اول این رابطه برقرار است: $v = \lambda\upsilon$

Point: همه‌ی پرتوهای الکترومغناطیسی در خلا، سرعتی برابر و معادل با سرعت نور دارند. این نکته فقط در خلا صدق می‌کند و خارج از خلاء این صذق نمی‌کند.

Point: سرعت تابش الکترومغناطسی بستگی به محیطی دارد که در آن سیر می‌کند. سرعت تابش الکترومغناطیسی در هر محیط توسط پارامتر ضریب انکسار تعیین میشه.

n: نسبت سرعت نور در خلا به سرعت نور در محیط مورد نظر است.

ضریب انکسار به طول موج بستگی دارد. $n = \frac{c}{v}$

برای این یک شاهد عینی داریم. شکست نور و رنگ‌های مختلفی که ایجاد می‌شود.

وقتی نور از محیطی مثل هوا وارد یک محیطی مثل شیشه بشه، چون سرعت متفاوتی دارد، n برای هر طول موجی متفاوت است؛ چه اتفاقی می‌افتد؟! نور سفید تجزیه می‌شه به رنگ‌های مختلف چرا؟! چون ضریب شکست برای هر طول موجی با طول موجی دیگر متفاوت است.

طول موج و فرکانس پرتو، تابع انرژی پرتو است. هر چه طول موج کوتاه‌تر باشد، فرکانس بیشتر و انرژی پرتو هم بیشتر است.

طبیعت ذره‌ای الکترومغناطیسی:

پرتوهای الکترومغناطیسی در عین داشتن خاصیت موجی دارای خاصیت ذره‌ای هم هستند.

در واقع پرتوهای الکترومغناطیسی را می‌توانیم، به صورت گلوله‌های ریزی فرض کنیم که مقدار معینی انرژی با خودشان حمل می‌کنند و با سرعت نور در حرکت هستند. این گلوله‌های مجزا، در واقع همان بسته‌های گسسته و مجزای انرژی هستند که بهشون می‌گویم کوانتوم یا فوتون.

گفتیم که پرتوهای الکترومغناطیسی، جرم در حال سکون ندارند!! پس چرا بهشون می‌گوییم بسته‌های گسسته و مجزا؟! کوانتوم یک فوتون چیست؟!

برای هر طول موجی یک مقدار حداقلی وجود دارد که وقتی انرژی دارد مبادله می‌کند از آن کمتر نمی‌تواند مبادله کند، کی می‌تواند مبادله کند؟! در برهمکنش نور با ماده! در واقع یک کوانتوم یا یک فوتون حداقل مقدار انرژی است که می‌تواند مبادله کند. بقیه مقادیر انرژی که مبادله می‌کند مضرب صحیحی از این مقدار حداقلی است.

پس در واقع دارد ذره‌ای رفتار می‌کند. به همین دلیل می‌گویند که ذره‌ای است، اما جرم در حال سکون ندارد.

اگر ذره باشد، انتظار داریم که تحت تاثیر میدان گرانش قرار بگیرد. نور تحت تاثیر گرانش است.

چه تفاوتی است بین فوتون و کوانتوم؟!

در واقع فوتون یک کوانتوم انرژی تشعشعی است. فوتون یک حالت خاص از کوانتوم است. انرژی که به یک پرتو نسبت می‌دهیم (مثلا می‌گویم یک پرتو یک مگا الکترون ولتی داریم؛ یعنی چی؟! یعنی این که هر فوتون آن یک مگا الکترون ولت انرژی دارد. (وقتی یک انرژی که به یک پرتو نسبت می‌دهیم در واقع انرژی است که هر فوتون

آن دارد. وقتی می‌گویم یک پرتو ای یک مگا الکترون ولت است یعنی هر فوتون آن یک میلیون الکترون ولت انرژی دارد.) به این ترتیب انرژی فوتون نشان دهنده‌ی حاقل مقدار انرژی است که (یک کوانتوم) به وسیله‌ی پرتو انتقال و انتشار پیدا می‌کند. انرژی واقعی هر فوتون از رابطه پلانک به دست می‌آید.

$E = h\upsilon$

υ = فرکانس

h = ثابت پلانک = $6/63 \times 10^{-34}$ J.s

E = انرژی هر فوتون

* اهمیت رابطه پلانک چیست؟!

دو خاثیت ذره‌ای و موجی را بهم مرتبط می‌کند. یک سمت معادله خاصیت موجی است و یک طرف دیگر خاصیت ذره‌ای است. E انرژی فوتون است و نماد یک ذره است. طرف $h\upsilon$ خاصیت موجی است.

* اگر فرکانس دو برابر بشه، انرژی که ذرات محل می‌کنند دو برابر میشه.

رابطه پلانک را می‌توانیم برای طول موج هم بنویسمش:

رابطه $E = h\frac{c}{\lambda}$ برای خلا است و در زمانی که در خلا باشه یک ضریب انکسار هم باید در فرمول لحاظ کنیم.

$E = h\frac{c}{\lambda}$ (خلا) $\qquad E = \frac{hc}{n\lambda}$

$E = \frac{hc}{n\lambda}$ (غیرخلا)

واحد انرژی در سیستم SI ژول است. اما واحد متداولش در فیزیک تشعشع، الکترون ولت است.

الکترون ولت: بنا به تعریف، انرژی یک الکترون است وقتی تحت تاثیر یک میدان الکتریکی به اختلاف پتانسیل یک ولت، شتاب پیدا می‌کند. به عبارتی دیگر، انرژی سینتیکی یک الکترون است هنگامی که تحت تاثیر یک میدان الکتریکی یک ولتی شتاب پیدا می‌کند. (پتانسیل، با حرف بزرگ) $w = V.Q$

(کولن) Joule = Volt. Coulomb: واحد

(باریک الکترون) 1.6×10^{-19} (میدان الکتریکی) $1\ eV = 1\ volt$

(انرژی یک الکترون هنگامی که تحت تاثیر یک میدان الکتریکی شتاب پیدا کند) باریک الکترون هست.

کولن 1.6×10^{-19} $1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}\ J$

چون الکترون ولت، واحد کوچکی است، در فیزیک تشعشع معمولا از کیلوالکترون ولت و مگا الکترون ولت استفاده می‌کنند. (کیلو الکترون (هر کیلو الکترون ولت برابر 10^3 الکترون ولت) (هر مگا الکترون ولت برابر 10^6 الکترون ولت)

ساختار اتم‌ها:

Joseph Thomson (e)

Ernest Ratherford (proton)

James chadwik (notron)

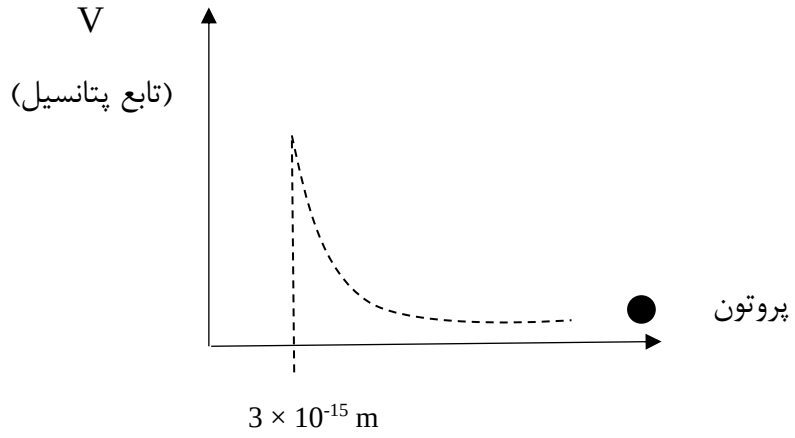
عمده پرتوهایی که می‌خواهیم راجع به آن‌ها صحبت کنیم، منشاء آن‌ها داخل هسته‌ای است.

رادرفورد تاباندن پرتو α به برگه طلا و تصور بر این بود که اتم باید بار مثبت داشته باشد و این بار مثبت هم در یک فضای خیلی کوچک فشرده و متراکم شده است و اسمش را گذاشت هسته.

$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon r^2}$ $k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

چادویک چطوری این همه بار مثبت در هسته جمع شده و باعث از هم پاشیدن هسته نمیشه؟!

یک پروتون را علیه یک پروتون دیگر شتاب دادند. $V = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon r^2}$



معادله $V = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon r^2}$ (دقت کنیم که r توان ندارد)/غ این معادله به ما می‌گوید که اگر، فاصله به صفر میل کند، نیرو به سرعت افزایش می‌یابد.

کی مثبت است و کی منفی است؟!

اگر q_1 و q_2 هر دو هم علامت باشند، میشه مثبت و نیرو دافعه است و علامتش مثبت. و انرژی هم مثبت فرض میشه: و کل تابع پتانسیل میشه مثبت.

همان طور که انتظار داشتند این رو به افزایش بود (نمودار)، انتظار داشتند که وقتی فاصله صفر میشه، نیرو برسد به بی‌نهایت اما مشاهده کردند که در یک فاصله مشخصی نزدیک به صفر، این نیرو هنگامی که رسید به یک منفی خیلی بزرگ، سکون پیدا می‌کند. یعنی شدیدا در این فاصله، ناگهانی منفی میشه. منفی میشه یعنی جاذبه است و دیگر دافعه نیست (در یک فاصله مشخصی، یهویی یک جاذبه خیلی قوی احساس می‌کند)

اصطلاحا می‌گویند، این پروتون در چاه، پتانسیل افتاده است. (چاه پتانسیل جزء تابع پتانسیل است.) این فاصله حدود 3×10^{-15} متر یا 3 فتومتر است.

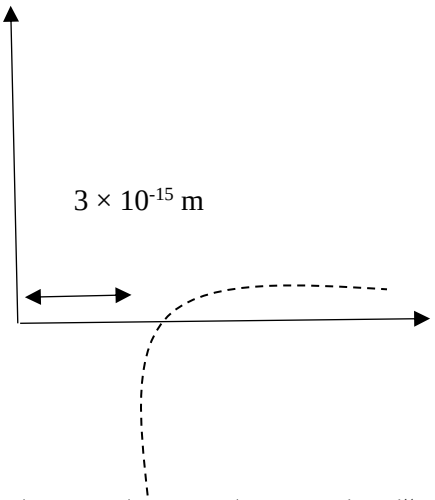
$$3 \text{ fermi} = 3 \text{ femtometer} = 3 \times 10^{-15} \text{ meter}$$

این نیرو سومی بود که کشف شد. اول گرانش کشف شد. اول گرانش کشف شد. بعد الکترومغناطیس و بعد هسته‌ای قوی و در آخر هسته‌ای ضعیف کشف شد].

این نیروی هسته‌ای خیلی قوی‌تر از نیروی الکترومغناطیس است.

نیروی هسته‌ای: 1- بستگی به بار الکتریکی ندارد: نشان می‌دهد که الکترومغناطیس نیست. چه طور متوجه شدند که بستگی به بار الکتریکی ندارد؟! چون آمدند یک بار دیگر نوترون را شتاب دادند، (به جای پروتون، نوترون شتاب دارند) اتفاقی که می‌افتد این است که دیگر این دافعه را ندارد و از اول تابع پتانسیل صفر است و نمودار به شکل زیر میشه.

اما دوباره وقتی که به فاصله 3×10^{-15} متر می‌رسید دوباره همان اتفاق قبلی رخ می‌دهد و در چاه پتانسیل می‌افتد و به یک باره جذب می‌شود.



1- متوجه شدیم که نیروی هسته‌ای به بار الکتریکی (چه بار مثبت باشد چه بار منفی) بستگی ندارد، و هر باری داشته باشد این اتفاق (افتادن در چاه پتانسیل) برای آن‌ها می‌افتد.

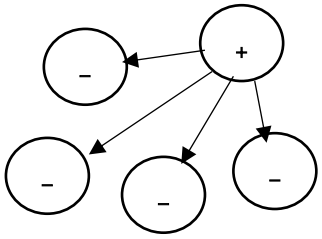
2- خیلی قوی‌تر از نیروی الکترومغناطیسی هستند.

3- در فاصله خیلی کوتاه اثر می‌کنند، (= 3 فمتومتر) و در این فاصله اثر نمی‌کنند. (نیرو الکترومغناطیسی و گرانشی به لحاظ تئوری تا بی‌نهایت عمل می‌کنند (اثر می‌کنند). درسته ضعیف میشه اما صفر نمی‌شه!!) نیروی هسته‌ای تنها تا فاصله 3 فمتومتر اثر می‌کند و بُرد مشخصی دارد.

4- اشباع‌پذیر است: یعنی چی؟! اگر یک بار الکتریکی داشته باشیم و اطرافش تعدادی بار منفی قرار دهیم، آیا اگر یک بار مثبت این جا قرار بدهیم، میدان این را احساس می‌کند؟! همه‌ی بارهای منفی، هر کدام یک جاذبه اعمال می‌کنند و بار مثبت دیگر، دافعه اعمال می‌کند، درسته که نیروی برآیند به سمت جاذبه است اما برآیند است یعنی بار مثبت دیگر، است، بارهای منفی هم هستند. در واقع بار اشباع‌پذیر، نیرو نیست!

نیروی هسته‌ای اشباع‌پذیر است؛ اگر یک ذره هسته‌ای داشته باشیم و چند تا ذره هسته‌ای دیگه آن را احاطه کنند برای این مجموعه هسته‌ای، دیگه بهش نیرو اعمال نمی‌کردند هر چند که در ناحیه بُرد اثر آن باشد.

5- نیروی هسته‌ای از نوع جاذبه است!!



- منشا این نیروی هسته‌ای چیست؟

پرتویی جلسه سوم (29 مهر):

منشا نیروی هسته‌ای چیست؟

اگر جرم کلی هسته (M) از مجموعه جرم نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل دهنده‌ی هسته کم‌تر است؛ این به این معنی است که انرژی جرمی هسته (Mc^2) کمتر از مجموع انرژی جرمی پروتون‌ها و نوترون‌ها تشکیل دهنده هسته است، کمتر است. ($\sum mc^2$ و m جرم هستک‌ها یعنی پروتون و نوترون‌ها) این اختلاف انرژی که اصطلاحا انرژی پیوندی هسته‌ای نامیده می‌شود (Binding Energy).

این اختلاف انرژی، منشا نیرویی است که سبب نگه داشتن ذرات بنیادی در کنار هم می‌شود.

$$\Delta E\ be = \sum mc^2 - Mc^2$$

یا

$Mc^2 - \sum mc^2$ (این عدد منفی به دست می‌آید. منفی هم یعنی جاذبه!!)

[وقتی یک پیوند کووالان تشکیل میشه، یک مقداری انرژی آزاد می‌شود و اگر بخواهیم پیوند را بشکنیم باید همان مقدار انرژی را بهش بدهیم، این هم می‌گوید که هسته وقتی شکل گرفته این انرژی را از دست داده است حالا اگر بخواهیم متلاشی‌اش کنیم باید این انرژی را بهش برگردانیم. از انرژی هم مشتق بگیریم نیرو] پس انرژی پیوندی هسته‌ای، انرژی‌ای است که اگر بخواهیم هسته را متلاشی کنیم، باید به هسته بدهیم تا اجزاء آن از هم جدا بشوند. اگر انرژی پیوندی هسته‌ای را به عدد جرمی هستیم کنیم داریم:

این یعنی این که اگر هر هستک را بخواهیم، یعنی از هسته بخواهیم پروتون یا نوترون جدا کنیم، اینقدر انرژی بهش بدهیم. هسته متلاشی نمیشه فقط یک هستک ازش جدا می‌کنیم. پس این معادله، متوسط انرژی لازم برای جدا کردن هر نوکلئون از هسته است.

$$\Delta Ebe\ per\ nusleon = \frac{\Delta Ebe}{n}$$

جرم هسته را معمولا بر اساس، واحد جرم اتمی بیانش می‌کنند.

1 atomic mass unit amu (u) = 1.660×10^{-27} kg

مسئله: محاسبه کنید، یک واحد جرم اتمی، معادل چند مگاالکترون ولت است؟!

(واحد جرم اتمی $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن 12 است!!) (12 گرم برابر 1 اتم کربن)

(عدد آووگادرو) $N_A = 6.0221367 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

(سرعت نور) $c = 299792458\ ^m/_s$

(کولن) $c\ 10.602177 \times 10^{-19} = e$ (بار الکترون)

$1\ mole\ atom\ ^{12}c \rightarrow 12\ gr$

✓ اول محاسبه می‌کنیم که یک اتم کربن 12 چقدر جرم دارد!!

6.0221367×10^{23} atom 0.012 kg

1 atom ? M_c (جرم اتم کربن ؟)

$M_c = \frac{0.012\ kg}{6.0221367 \times 10^{23}} = 1.992648244 \times 10^{-26}$ kg (جرم اتم کربن 12)

✓ حالا جرم واحد جرمی را به دست می‌آوریم!!

$u = \frac{1}{12} M_c = \frac{1.92648244 \times 10^{-26}\ kg}{12} = 1.660540187 \times 10^{-27}$ kg (یک واحد جرم اتمی بر حسب کیلوگرم)

حالا باید به انرژی تبدیلش کنیم!!

$E = mc^2 \rightarrow E = 1.660540187 \times 10^{-27} \times (299792458\ ^m/_s)^2$

$1u \equiv E = 1.492419092 \times 10^{-10}\ {kgm^2}/{s^2} = (j)$

گفتیم که انرژی هسته‌ای معمولا بر حسب الکترون ولت است؛ پس باید این را تبدیل کنیم به الکترون ولت!!

$1\ u = 1.492419092 \times 10^{-10}\ j \times \frac{1ev}{1.602177 \times 10^{-19} j} = 931494517.8\ eV$

$1\ u = 931.5\ Mev$ (مگا الکترون ولت)

$1\ u = mass\ Energy\ relation\ conversion$ باید، عدد 931.5 را حفظ و این رابطه را بلد باشیم!!

$E = mc^2 \rightarrow c^2 = \frac{E}{m} = 931.5\ {MeV}/{u}$

این یعنی چی؟! یعنی این که اگر یک واحد جرم اتمی به انرژ تبدیل بشه، 931.5 مگا الکترون ولت انرژی تولید می‌کند. (یعنی؛ 1.660×10^{-27} تبدیل بشه انرژی، 931.5 مگاالکترون ولت انرژی آزاد می‌کند.

در فیزیک تشعشع، هر کجا که به ما جرم داده باشند در $E = mc^2$ به جای c^2 می‌توانیم عدد 931.5 مگاالکترون ولت را بگذاریم به شرطی که جرم بر اساس واجد جرم اتمی باشد.

931.5 مگاالکترون ولت، در واقع انرژی معادل یک واحد جرم اتمی است.

اگر بخواهیم انرژی پیوندی هسته اتم کربن 12 را محاسبه کنیم به دردمان می‌خورد.

مسئله: انرژی پیوندی هسته اتم کربن 12 را محاسبه کنید:

$m_e = 0.0005\ u$ (جرم الکترون)

$m_p = 1.007276\ u$ (جرم پروتون)

$m_n = 1.008665\ u$ (جرم نوترون)

$\Delta E\ be = \sum mc^2 - Mc^2$

C، را می‌توانیم 931.5 در نظر بگیریم چون که در صورت مسئله بر اساس u رفتیم جلو!!

$$\Delta E\ be = \sum(m - M)c^2$$

$$Ebe = [(6m_p + 6m_n) - (12 - 6\ m_e)]c^2$$

جرم هسته

$$\Delta E\ be = [6\ (m_p + m_n + m_e) - 12]\ c^2$$

$$\Delta E\ be = [6\ (1.007676 + 1.008665 + 0.000549) - 12] \times u \times 931.5\ {}^{MeV}/_{u}$$

$$\Delta E\ be = [12.09894 - 12]\ u \times 931.5\ {}^{MeV}/_{u}$$

$\Delta E\ be = 92.16$ MeV انرژی پیوندی هسته اتم کربن 12

- ✓ **انرژی پیوندی به ازای هر نوکلئون:**

$$\Delta E\ be = \frac{\Delta Ebe}{A} = \frac{92.16}{12} = 7.7\ \text{MeV}$$

$\frac{\Delta Ebe}{A}$

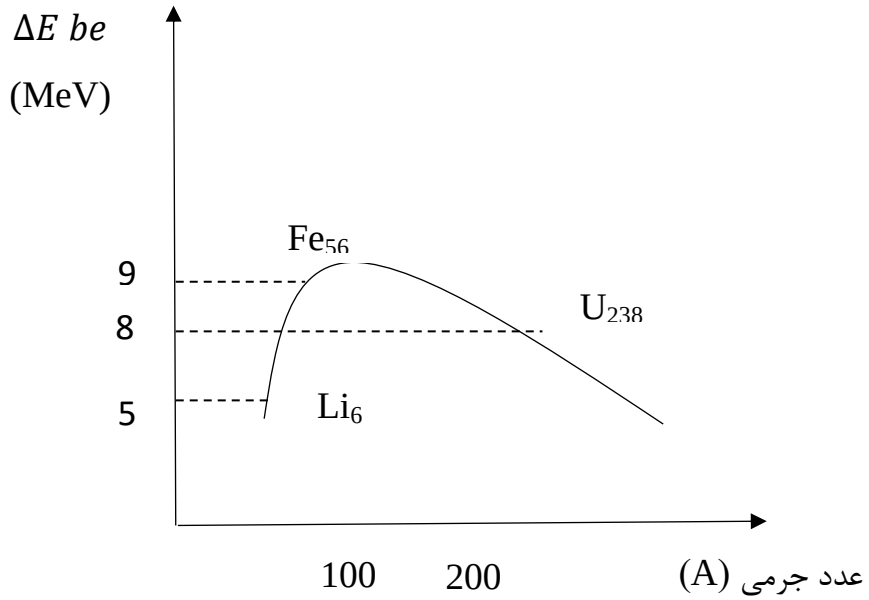
این عدد در طبیعت تقریبا بین تمام اتم‌ها یکسان است.

عدد جرمی

متوسط انرژی پیوندی به ازای هر نوکلئون برای اغلب عناصر در طبیعت حدود 8 مگاالکترون ولت است. این یعنی چی؟!

مثلا اگر بگویند، انرژی پیوندی هسته اتم اکسیژن چقدر است. به طور تخمینی بخواهیم بگوییم می‌گوییم (16 × 8). برای کربن (12 × 8). برای اورانیوم 235 (235 × 8).

Point: ما در رادیواکتیویته، خیلی با عناصر سبک سروکار نداریم. عناصر سنگین رادیواکتیو هستند.



Point: فقط اتم کربن 12 است که جرمش، رُند، 12 است. و تعریف کردیم که $\frac{1}{12}$ آن میشه واحد جرم اتمی. اما برای بقیه اتم‌ها باید جرم هسته را یا جرم اتم را به ما دادند باید تعداد الکترون را ازش کسر کنیم. مثلا برای اکسیزن با عدد جزمی 16، نمی‌توانیم بگذاریم. 16 باید جرم دقیق (؟؟؟) صورت مسئله باشه چون جرمش دقیقا 16 نیست.

✓ پرتویی جلسه چهارم (1 آبان):

✓ رادیواکتیویته (Radioactivity):

اورانیوم، ایزوتوپ پایدار ندارد و همه‌ی ایزوتوپ‌های آن رادیواکتیو هستند. اما شدت اکتیویته (λ) آن‌ها با هم متفاوت است. ایزوتوپ‌های مختلف اورانیوم معمولا با هم هستند.

Point: هر عنصری که عدد اتمی بالاتر از عدد اتمی سرب یعنی بالا 82 باشند رادیواکتیو هستند. سرب سبک‌ترین ایزوتوپ رادیواکتیوی است که فرم پایدار هم دارد. عدد جرمی 236 و 237 و 238 پایدار است.

بعد از اورانیوم، پولونیوم $_{84}Po$ و رادیوم $_{88}Ra$ کشف شد. هر سه این‌ها، α و γ تابش می‌کنند. رادرفورد نشان داد که، ذراتی که این عناصر تابش می‌کردند در میدان الکتریکی و مغناطیسی منحرف می‌شوند. بنابراین بار دارند. (البته فقط α را می‌توانست ببینید، پرتو γ آن‌ها را نمی‌توانست ببیند که منحرف میشن یا نه!!)

عناصر رادیواکتیو (Radioactive element) یا ایزوتوپ‌های رادیواکتیو:

عناصر رادیواکتیو، واجد هسته‌هایی هستند که از نظر انرژی در حالت برانگیخته است. این هسته‌ها با تابش کردن فوتون و ذرات مادی به حالت پایدار می‌رسند. (با تابش فوتون انرژی اضافی خودشان را از دست می‌دهند و به حالت پایدار می‌رسند). به طور کلی ذرات هسته‌ای یا نوکلئون‌ها (نوترون و پروتون) درون هسته دائم در حال حرکت هستند. نتیجه این حرکات دائمی، وقوع برخوردهای متعدد و انتقال انرژی از یک ذره به ذره دیگر است.

اگر نیروی جاذبه‌ی هسته‌ای (همان نیروی هسته‌ای که قبلا توضیح دادیم) به حد کافی قوی نباشد، (نیروی هسته‌ای فقط جاذبه است و نیروی الکترومغناطیسی جاذبه و دافعه است) در آن صورت ذرات پرانرژی می‌توانند از دام هسته فرار کنند و در واقع هسته را ترک کنند و از این طریق به عنصر یا عناصر جدیدی به وجود بیاورند.

در هسته‌های پایدار، هیچ کدام از ذرات انرژی کافی جهت فرار از هسته ندارند. اما در هسته‌های رادیواکتیو، برای یک از نوکلئون‌ها، این احتمال یا شانس وجود دارد که انرژی کافی فرار از هسته را به دست آورد. به این ترتیب،

فرار یا پرتاب یک ذره هسته‌ای، از هسته‌ی ناپایدار، فرآیندی کاملا تصادفی یا اتفاقی است؛ و راهی برای این که چه وقت یک ذره به خصوص متلاشی می‌شود وجود ندارد. اما اگر از هسته‌های رادیواکتیو تعداد زیادی وجود داشته باشد در یک مدت زمان معلوم، می‌توانیم تعیین کنیم که چه درصدی از هسته‌ها متلاشی می‌شود.

به طور کلی واکنش‌های هسته‌ای، تابع شرایط محیطی نیستند، یعنی به دما و ... بستگی ندارند. اما در مورد دما و مواردی که روی سطح زمین است صحبت می‌کنیم. احتمال تلاشی هسته رادیواکتیو در واحد زمان مقدار معینی است که از قوانین احتمالات در آمار تبعیت می‌کند.

مثال: اگر یک نمونه رادیواکتیو داشته باشیم که حاوی n هسته رادیواکتیو باشد، سرعت تلاشی هسته‌ها یا سرعت واپاشی هسته‌های موجود.

سرعت واپاشی چیه؟! تعداد هسته‌هایی که در واحد زمان متلاشی شده‌اند.

هر چه تعداد هسته‌های رادیواکتیو بیشتر (تعداد اولیه هسته رادیواکتیو) $\frac{-dN}{dt} \propto N$

داشته باشیم، تعدادی که در واحد زمان متلاشی می‌شوند بیشتر است. اگر سرعت واپاشی را به یک تساوی تبدیل کنیم، داریم:

$$\frac{-dN}{dt} \propto \lambda N$$

λ ضریب تلاشی یا ضریب واپاشی یا ضریب کاهشی می‌گویند:

Disintegration

or

Decay constant

λ در واقع احتمال تلاشی یک هسته رادیواکتیو در واحد زمان است.

در لحظه صفر، تعدادمان را اسمش رو بزاریم N_0، پس از گذشت زمان t، این تعداد به N کاهش پیدا کرده است.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda\, dt \rightarrow \int_{N_0}^{N_t} \frac{dN}{N} = \lambda \int_0^t dt$$

➔ $\text{Ln } N - \text{Ln } N_0 = -\lambda (t - 0)$

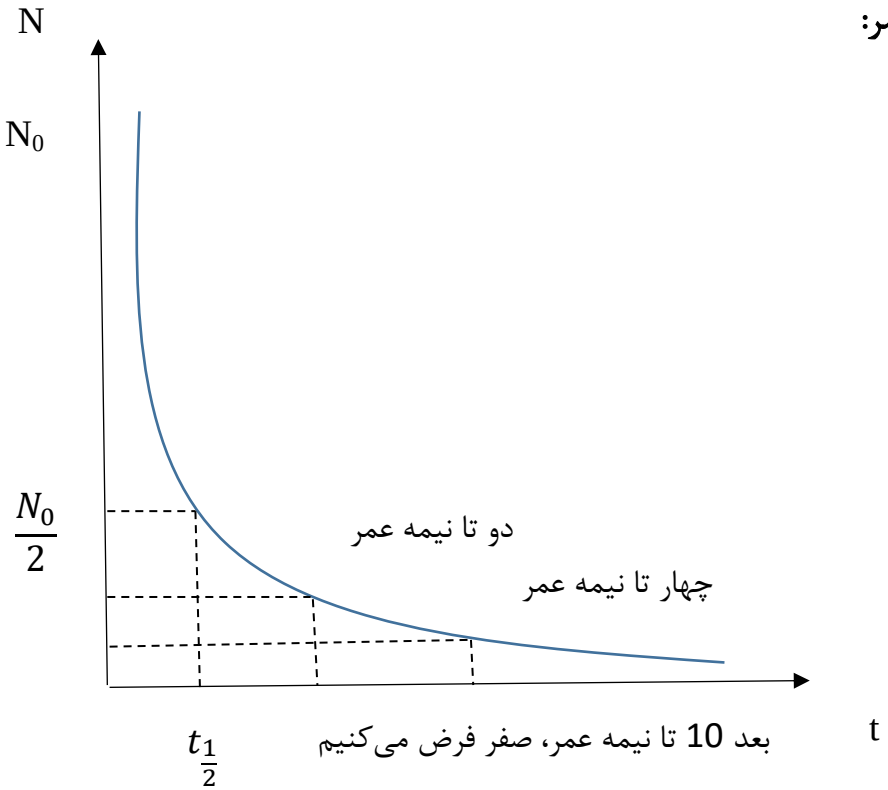
➔ $\text{Ln } \frac{N}{N_0} = -\lambda t \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

(طرفین به توان عدد نپر)

اثبات لازم است.

معادله، $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ نشان می‌دهد که، اگر تعداد هسته‌های رادیواکتیومان را بدانیم می‌توانیم بگوییم پس از زمان مشخص، چه تعدادش باقی مانده است.

زمان نیمه عمر:



ما از نظر تئوری نمی‌توانیم بگوییم که کی تعداد هسته‌ها به صفر کاهش پیدا می‌کند. بنابراین ناچار هستیم یک زمانی قرارداد کنیم، آن زمانی که قرارداد می‌کنیم بهش می‌گویند نیمه عمر کی تعداد هسته‌ها به نصف کاهش پیدا می‌کند.

زمان نیمه عمر را با $t_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند.

اگر $t = t_{\frac{1}{2}}$ باشد --> $N = \frac{N_0}{2}$

می‌گذاریم در معادله --> $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$

از طرفین Ln می‌گیریم --> $e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}} = \text{Ln } 2$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{Ln\ 2}{\lambda}$$

زمان متوسط: (average life)

ثابت می‌شود که عمر متوسط هست: $t_a = \frac{1}{\lambda}$

$$t_a = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{\frac{1}{2}}}{Ln2} = 1.44\ t_{\frac{1}{2}}$$

زمان عمر متوسط یک کمیتی است که به لحاظ فیزیکی معنی ندارد اما در محاسبات ازش استفاده می‌کنیم. کی استفاده میشه؟! مثلا در موارد پزشکی بخواهند ببینند که بدن چه مدت تحت تابش بوده است و ...

به لحاظ فیزیکی معنی ندارد مثال همان قد متوسط و ... به همین دلیل بی‌معنی است.

به لحاظ ریاضی معنی ندارد. مثل همان روشی که در ریاضی متوسط به دست می‌آوریم، محاسبه میشه!!

پرتویی جلسه پنج آبان 6:

اکتیویته (Activated):

فعالیت رادیواکتیو یا اکتیویته در واقع منظور سرعت است؛ یعنی تعداد واپاشی‌ها در واحد زمان!!

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\text{مول واکنش}}{\text{زمان}}$$

$$\text{Activity} = \frac{-dN}{dt} = \lambda \text{N}$$

واحد activite در سیستم SI بکلراست (Bq) (Bequerel)

1Bq = 1 disintegration per seconds = 1 dps (یک واپاشی در واحد زمان)

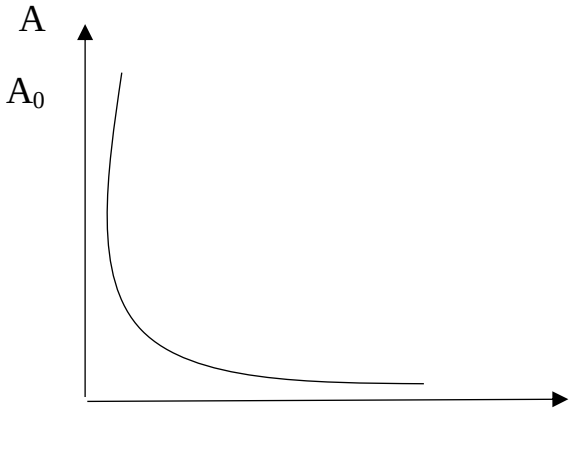
واحد سنتی آن: کوری (Curi) (C_i)

$1\ C_i = 3.7 \times 10^{10}$ dps $= 2.22 \times 10^{12}$ dpm (per minutes)

λN را می‌توانیم به شکل زیر بنویسیم:

$$\frac{-dN}{dt} = \lambda \text{N} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

نمودار activite علیه زمان هم exponential است:



سطح زیر منحنی (انتگرال) = N_0

N_0 = تعداد کل اتم‌های رادیواکتیو

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم، activite به درد ما نمی‌خورد. پشت شیشه‌ها هم معمولا می‌نویسند، واحدش $\frac{u}{mg}$ است. که این activite ویژه است. چرا واحدش $\frac{u}{mg}$ است؟!

1- مشخص می‌کند که چند آنزیم، اینقدر فعالیت دارد.

2- معیاری از خلوص ماده است؛ هر چه خلوص کمتر باشد، میزان فعالیت‌شان کمتر است. این خلوص به این شکل می‌تواند کم شود که مثلا یک ماده دیگر قاطی آنزیم باشد.

3- معیاری است برای سلامت آنزیم: اگر زیاد بماند (مدت زمان زیادی نگه‌داری بشه) ممکن است بعضی از آنزیم‌ها غیرفعال بشن و مقدار فعالیت پایین بیاید.

[مثلا؛ یک مقدار ماده رادیواکتیویته داریم مثل کبالت 60، آیا همه ماده‌ای که داریم کبالت 60 است. اگر همش کبالت 60 باشد فعالیت رادیواکتیویتش یک مقدار است اما اگر ناخالصی داشته باشد، بسته به میزان ناخالصی، فعالیت کم میشه، حالا این ناخالصی معنی‌اش این نیست که در خلوصش این کار را کردند، ممکن است زمان زیادی از تولیدش گذشته باشد، اگر زیاد از زمان تولیدش گذشته باشد، به عنوان مثال برای کبالت داریم:

دیگه این نیکل رادیواکتیو نیست و تابش نمی‌کند].

$$^{60}_{27}Co \rightarrow ^{60}_{28}Ni + \beta + \nu + \gamma$$

به همین دلایلی که توضیح دادیم، این جا هم اکتیویته را به ازای واحد جرم بیان می‌کنیم.

Specific Activity: اکتیویته به ازای واحد جرم را Specific A (اکتیویته ویژه) می‌گویند.

واحد اکتیویته ویژه:

$$A_s = \frac{A}{m}$$

واحد اکتیویته / واحد جرم

$\frac{Ci}{gr}$ یا $\frac{Bq}{gr}$

واحد اکتیویته / واحد جرم

مثال: اکتیویته 6.8 mg از کبالت 60، 8.5×10^8 dpm است. این ماده رادیواکتیو خالص است یا خیر؟!

$$^{60}_{27}Co \rightarrow ^{60}_{28}Ni + \beta + \nu + \gamma \qquad t_{\frac{1}{2}} = 5.3 \text{ year}$$

اول باید محاسبه کنیم که اکتیویته ویژه‌ی ماده رادیواکتیومان چقدر است؟

$$A_S = \frac{A}{m} = \frac{8.5 \times 10^8 dpm}{6.8 \times 10^{-3}\ gr} \times \frac{1\ dps}{60\ dpm} = 2.08 \times 10^9\ \frac{Bq}{gr}$$

$$1 \text{ dpm} = \frac{dis}{min} \times \frac{1\ min}{60s} = \frac{1}{60} \text{ dps} \rightarrow 1 \text{ dps} = 60 \text{ dpm}$$

2.08×10^9، اکتیویته ماده رادیواکتیوی است که ما در اختیار داریم. حالا ما می‌خواهیم ببینیم اگر ماده رادیواکتیو ما خالص بود، اکتیویته آن چقدر بود؟! (اکتیویته ویژه در واقع است)

اکتیویته ویژه

$$A_S = \frac{A}{m} = \frac{\lambda N}{m} \qquad \lambda = \frac{Ln\ 2}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{\lambda_N}{m} = \frac{\text{Ln } 2 \times N}{t_{\frac{1}{2}} \times m} = \frac{0.693 \times 6.022 \times 10^{23}}{60 \text{ gr} \times 5.3 \text{ y} \times \frac{365}{1y} \times \frac{24h}{1d} \times \frac{60 \text{ min}}{1h} \times \frac{60s}{1 \text{ min}}}$$

M اگر ؟ خالصش باشد، یعنی 60 گرم آن به اندازه عدد آووگادرو اتم دارد: 6.022×10^{23}

اکتیویته ویژه $A_S = 4.15 \times 10^{13}\ \frac{Bq}{gr}$

نتیجه: 20 هزار برابر فعالیت رادیواکتیو آن کمتر شده. ماده رادیواکتیوی که در اختیار داریم نسبت به شرایطی که خالص باشد 20 هزار برابر فعالیت کمتری یعنی یا ناخالص بوده و یا زمان زیادی از تولیدش گذشته است.

انواع واکنش‌های رادیواکتیویته:

1- α emission 2- β^- emission 3- β^+ emission

4- Electron capture

* در واکنش‌های هسته‌ای به طور کلی حتما، ذره تابش میشه، یعنی پرتو ذره‌ای داریم. در کنارش می‌توانیم پرتو الکترومغناطیسی داشته باشیم و یا می‌توانیم نداشته باشیم. در غالب موارد پرتو الکترومغناطیسی داریم. (باید عنصر پرتو تابش کند تا تبدیل بشه اگر که تابش نکنند تبدیل نمیشه.

ذرات: α ، β^- ، β^+ و نوترینو

الکترومغناطیس: گاما

در موراد معدودی هست که تابش الکترومغناطیسی نداریم.

صدور ذره α:

ماهیت ذره آلفا: هسته اتم هلیوم است. دارای 2 تا پروتون و 2 تا نوترون است. وارد محیط شود α؛ الکترون از محیط جذب می‌کند و می‌شود هلیوم.

اگر یک عنصر رادیواکتیو داشته باشیم، عدد جرمی A و عدد اتمی Z، آلفا تابش کند.

$({}^{A}_{Z}X)$ داریم:

$${}^{A-4}_{Z-2}y + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$

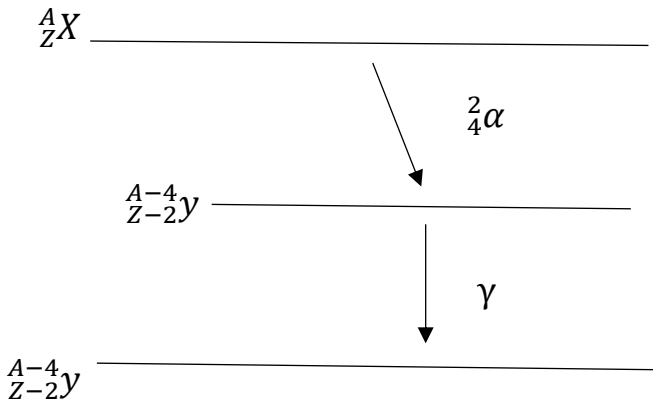
* در واکنش‌های هسته‌ای، واکنشی نداریم که α تابش نکند، تقریبا هر جا که α تابش بشه، γ نیز تابش میشه.

این واکنش معمولا 2 مرحله‌ای است؛ یعنی یک عنصر رادیواکتیو داریم ${}^{A}_{Z}X$ (هسته مادری)، با انرژی اضافه میشه ${}^{A-4}_{Z-2}y$ و γ و α تابش می‌کند، در آخر داریم.

$^{A-4}_{Z-2}y$ (هسته دختری)، هسته دختری معمولا پس از تابش α هنوز در حالت برانگیخته است.

معمولا یک گاما تابش میکنه و تبدیل میشه به $^{A-4}_{Z-2}y$

(انرژی اضافی را با پرتو گاما (تابش پرتو گاما) از دست می‌دهد.



مجموع این دو واکنش میشه:

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

$$^{A-4}_{Z-2}y * \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}y + \gamma$$

$$^{A-4}_{Z-2}y + {}^{2}_{4}\alpha + \gamma \qquad\qquad {}^{A-4}_{Z-2}y + {}^{2}_{4}\alpha + \gamma$$

مثال:

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{2}_{4}\alpha + \gamma$$

(Radium) (Radon)

$t_{\frac{1}{2}}$ = 1602 year $t_{\frac{1}{2}}$ = 3.8 day

* Rn ناپایدارتر از Ra است.

انرژی ذرات α معمولا بین 4 تا 10 مگالکترون ولت است.

چند تا مثال:

$^{238}_{92}U \rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 4.5 \times 10^{9}$ y

$\lambda = 4.88 \times 10^{-18}\ s^{-1}$

$E_\alpha = 4.18$ MeV (انرژی ذره α)

اورانیوم نیمه عمر طولانی دارد. نیمه عمر طولانی، λ کوچکی دارد. هر چه نیمه عمر طولانی‌تر باشد و λ کوچک‌تر و بنابراین انرژی ذره αای هم که تابش می‌کنه کمتر است.

$^{212}_{83}Bi \rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 695$ min

$\lambda = 2.75 \times 10^{-4}\ s^{-1}$

$E_\alpha = 6.07$ MeV (انرژی ذره α)

$^{213}_{85}As \rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 125$ ns

$\lambda = 5.55 \times 10^{6}\ s^{-1}$

$E_\alpha = 9.255$ MeV (انرژی ذره α)

نیمه عمر استاتین کوتاه‌تر است. پس ناپایدارتر است. λ عدد بزرگ‌تری است و بیشتر شده. انرژی ذره αای هم که تابش می‌کند، بیشتر است.

پرتویی جلسه ششم (13 آبان):

ادامه واکنش صدور α: واکنشی که صورت می‌گیرد یک مقدار زیادی انرژی حاصل میشه و این مقدار زیاد انرژی حاصل اختلاف جرم دوط رف معادله است. یعنی اگر جرم محصولات را منهای جرم واکنش‌دهنده‌ها کنیم یک مقداری کم میشه.

این انرژی اختلاف جرم در واکنش‌های صدور α، به چه شکل ظاهر میشه؟! قسمتی از آن در ذره آلفا است و قسمت دیگرش در تابش γ است.

ذرات آلفاای که تابش می‌شوند معمولا پرانرژی هستند. پرانرژی هستند یعنی چی؟!

این بحث که وقتی واکنش صورت می‌گیرد چقدر انرژی ذره α واکنش می‌دهد و چقدر γ، در واکنش‌های صدور آلفا تقریبا ثابت است. یعنی ذرات α که تابش میشن تقریبا انرژی آن‌ها یکسان است؛ گاما هم انرژی‌اش یکسان است اما در واکنش‌های صدور β بعدا می‌بینم که به این شکل نیست. مجموع انرژی که β و γ ماکزیمم دارند ثابت است و همان اختلاف جرم (اینجا رو نفهمیدم چی گفت؟) اما این که چقدر هر کدام دارند از یک واکنش به واکنشی دیگر متفاوت است.

منظور از یک واکنش به واکنش دیگر منظور این نیست که از یک صادر کننده به صادرکننده دیگر، مثلا کبالت 60 متلاشی بشه، اتم کبالت 60 اولی که متلاشی میشه با دومی که متلاشی میشه، βای که تابش می‌کند ممکن است انرژی‌اش فرق کند.

در واکنش صدور α اگر مثلا رادیوم 238، آلفا تابش می‌کند، رادون، باریم و ... α تابش می‌کنند، این‌ها انرژی آلفاای که تابش می‌کنند هر بار تقریبا برابر است. وقتی α برابر میشه، طبیعی است که γ هم برابر بشه، چون مجموع آن‌ها میشه اختلاف جرم. در همه‌ی واکنش‌های هسته‌ای اختلاف جرم همیشه ثابت است، بنابراین انرژی

آزاد میشه همیشه ثابت است و سهمش که به هر کدام از اجزاء می‌برد ممکن است فرق کند که در مورد α فرق نمی‌کند.

آیا ممکن است ذره α و β تابش کنند (اغلب به این شکل نیستند اما هستند) و معمولا این واکنش‌ها چند تا مسیر دارند که انجام بشن و معمولا درصد دارد، مثلا می‌گویند این قد درصد از مسیر α میره و این قدر درصد از مسیر β میره، حالا از هر مسیری که بروند، طبیعی است که محصول آن‌ها متفاوت باشد و انرژی‌ای هم که آزاد می‌کنند متفاوت است.

واکنش‌های صدور β:

چه β^+ و چه β^-: هر دو آن‌ها، جرم‌شان با جرم الکترون برابر است.

β^- در واقع همان الکترون است یا به عبارت بهتر، ذره‌ای با جرم الکترون و بار الکترون از نظر فیزیک میشه همان الکترون. منتهی تنها تفاوت‌شان این است که منشاش هسته است.

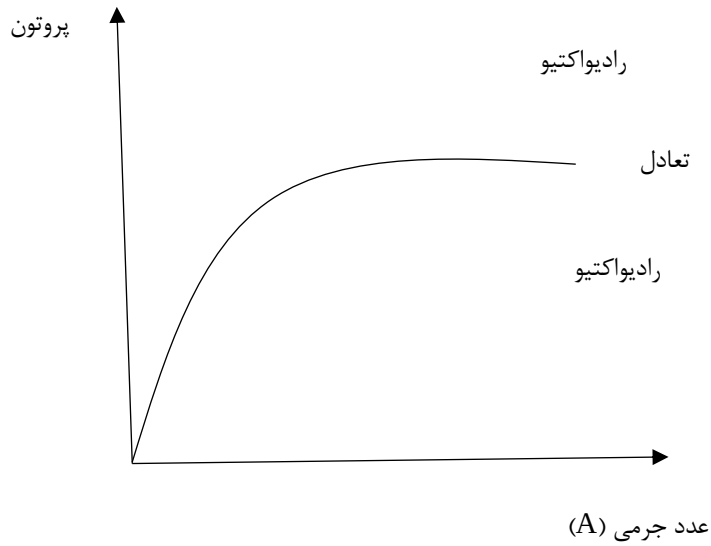
* اگر ذره‌ای نسبت پروتون به نوترونش ($\frac{P}{n}$) کمتر از حد تعادل باشد، این ذره ناپایدار است و متلاشی می‌شود، در چنین ذراتی، معمولا یک نوترون در هسته تبدیل میشه به پروتون و نوترینو (υ: neutrino). [کمتر از حد تعادل یعنی چی؟!]

$$^{A}_{Z}x \rightarrow {}^{A}_{Z+1}y + \beta^- + \upsilon + \gamma$$

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + \beta^- + \upsilon$$

وقتی تعداد پروتون کم باشد، نسبت ؟؟؟؟ ثابت است مثلا تا حدود عدد اتمی 200؛ اما وقتی که بالاتر میره، به ازای هر پروتون باشد، نوترون بیشتری باشد تا هسته پایدار بماند. (چرا؟!)

هر نوترونی که اضافه بشه، داره انرژی هسته‌ای قوی را دارد زیاد می‌کند هر پروتونی که اضافه بشه داره دافعه الکترواستاتیک را زیاد می‌کند و وقتی تعدادشان زیاد بشه، آنقدر دافعه الکترواستاتیک (در فاصله‌های کم مقدارش به بی‌نهایت میل می‌کند) بالاتر میره؛ پس باید تعداد نوترون‌ها بیشتر بشه (نوترون‌ها که باشند انرژی هسته‌ای را زیاد می‌کنند) تا هسته پایدارتر باشد. [هر چه عدد اتمی بالا بره، تعداد نوترون‌ها بیشتر میشه] منحنی به این شکل میشه:



این اتفاق که در هسته رخ می‌دهد، مقداری انرژی حاصل میشه که حاصل اختلاف جرم دو طرف معادله است.

Q_α واکنش صدور آلفا، انرژی که حاصل اختلاف جرم معادله است. $Q_\alpha = \alpha + \gamma$

E_α انرژی جنبشی خود ذره α است.

Point: در واکنش‌های صدور β (تقریبا در واکنش‌های صدور α گفتیم واکنشی نمی‌شناسیم که α تابش کند اما γ تابش نکند) اما در واکنش‌های صدور β، اگر β تابش بشه، کنارش حتما نوترینو تابش میشه. اما γ، محدود واکنش‌ها داریم که β و نوترینو تابش می‌کنند اما γ تابش نمی‌کنند. مثل فسفر 32 : β و نوترینو و آنتی نوترینو هم تابش می‌کند اما γ تابش نمی‌کند.

Q_β به چه صورتی ظاهر میشه از نظر انرژی؟! انرژی جنبشی ذره β، انرژی جنبشی نوترینو و γ پس یک چیزی بین این سه تا است.

نوترینو چیست؟!

یک ذره‌ای است با جرم بسیار اندک اما جرم دارد با سرعتی نزدیک به سرعت نور (خیلی به سرعت نور نزدیک است) حرکت می‌کند. (فوتون نیست! چون فوتون جرم در حال سکون ندارد.) اما نوترینو جرم در حال سکون دارد.

نوترینو به دو شکل است: 1- نوترینو (υ) و 2- آنتی نوترینو (υ')

فرق این دو در اسپین آن‌ها است. در واکنش‌های صدور β^-، آنتی نوترینو (υ') نوترینو تابشه میشه.

نوترینو بار ندارد. به همین دلیل با میدان مغناطیسی و الکتریکی برهمکنش نمی‌دهد. جرمش هم خیلی کم است. سپس با میدان گرانشی هم برهمکنش‌اش خیلی ضعیف است. به همین دلایل هم خیلی دیر کشف شد و خیلی مشکل است. detect کردنش!!

نکته: اگر که ما یک واکنش صدور β داشته باشیم، یک Q داریم که این Q_β انرژی است که آزاد می‌شود و حاصل اختلاف جرم دو طرف معادله است. به چه صورتی ظاهر میشه؟! انرژی جنبشی ذره β و انرژی جنبشی نوترینو و γ در صورتی که تابش بشه.

نکته مهم این است که در واکنش‌های صدور β، چه β^+ و چه β^- ذرات β تابش شده mono energetic نیستند؛ برخلاف واکنش‌های صدور α، واکنش‌های صدور β، ذرات β تابش شده، mono energetic نیستند.

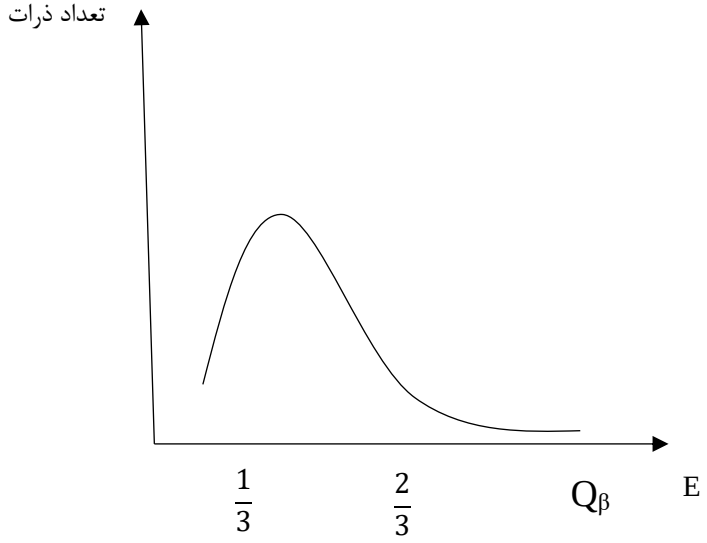
یک ذره β حداکثر چقدر می‌تواند انرژی داشته باشد؟!

هنگامی که γتابش نکند و انرژی جنبشی نوترینو هم که تابش میشه، تقریبا صفر باشد یعنی همه‌ی انرژی را ذره‌ی β دارد. احتمال تابش همچنین ذره‌ای تقریبا صفر است.

اگر منحنی را رسم کنیم همچنین حالتی دارد:

احتمال تابش تقریبا صفر است

Max ذرات (پیک انرژی ذرات) در یک سوم تا دو سوم انرژی max یعنی Q_β است، این پیک در یک سوم تا دو سوم Q_β که در واقع انرژی max است.



تفسیر منحنی: این منحنی آماری است. مثلا اگر یک میلیون کبالت تابش بکند، β^-، من انرژی β^- که تابش میشه را اندازه‌گیری کنم، همچنین منحنی به دست می‌آید. یعنی از این یک میلیون، بیشترین تعداد β ها، اینقدر انرژی دارند. بقیه این انرژی چی شده؟! تا یک سوم شده انرژی β و از دو سوم تا Q_β شده υ و γ. و واکنش‌هایی هم داریم که مقدار تابش β بیشتر باشد اما مقدارشان (مقدار این واکنش‌ها) کم است.

(در این جا داریم در مورد تعداد بحث می‌کنیم!!)

در ذره α این همیشه مشخص است و اصلا منحنی ندارد. یعنی میگه اینقدر α این ور هست و بقیش گاما است. برای همین واکنش mono energetic است.

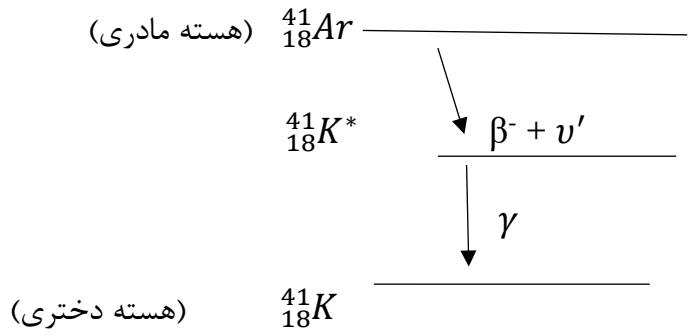
اما در مورد β به این شکل نیست مثلا اگر 100 تا واکنش پشت سر هم داشته باشم، هر کدام انرژی مختلفی دارند و انرژی ثابتی ندارند. انرژی ذرات β ثابت و معین نیست.

Q_β همیشه ثابت و معنی است. مجموع آن‌ها ثابت است (Q_β). واکنش هسته‌ای یک اختلاف جرم دارد و این اختلاف جرم شده انرژی و آن مقدار همیشه ثابت است اما این توزیع میشه بین دو تا ذره و یک فوتون؛ این که هر

کدام چه سهمی می‌گیرند، از یک واکنش به واکنش دیگر متفاوت است. (یعنی مثلا از یک کبالت به کبالت دیگر این سهم‌ها متفاوت است نه مثلا از کبالت و یا کربن چهارده را بخواهیم با هم مقایسه کنیم.) مثلا اگر از واکنش‌های کبالت آمار بگیریم (چندین کبالت)، بیشترین‌شان انرژی β آن‌ها اینقدر است.

Point: در واکنش‌ها صدور β^- فقط υ' داریم و در β^+ υ داریم.

$$^{41}_{18}Ar \rightarrow {}^{41}_{18}K + \beta^- + \upsilon' + \gamma$$



تفاوت انرژی هسته مادری و هسته دختری، میشه Q_β که میشه:

$Q_{\beta^-} = 2.49$ MeV (اختلاف جرم)

این اختلاف جرم (Q_{β^-})، مقداری از آن می‌رود در β و در مقداری در گاما.

Monoenetgitic یعنی این که این وسط ثابت نیست از یکی به یکی فرق می‌کند. [ابتدا و انتها ثابت است اما این که چقدر انرژی β می‌برد و چقدر گاما ثابت نیست.]

[Q_β و E_β نیست!!]

* هنگامی که واکنش صدور β^- رخ می‌دهد، برای تعادل بار، یک الکترون از محیط جذب میشه. بار محیط به این شکل تغییر نمی‌کند؟! یک الکترون و یکی ازش گرفته و میشه قانون بقا بار. [در β^+ هم به این شکل است، یک پوزیترون می‌اندازد بیرون و یک الکترون هم از دست می‌دهد].

در بیمارستان‌ها برای گاما، معمولا دو منبع وجود دارد:

1- سزیوم 137 (در این واکنش از γ استفاده می‌شود) 2- کبالت

1) $^{137}_{55}Cr \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + \beta^- + \upsilon' + \gamma$

2) $^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + \beta^- + \upsilon' + \gamma$

$Q_\beta = 2.8$ MeV

نیمه عمر: 1925 روز

فسفر 32 (رادیواکتیو است)

در این واکنش γ تولید نمیشه!!

$^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{16}S + \beta^- + \upsilon'$

$Q_\beta = 1.7$ MeV

نیمه عمر: 14.3 روز

مثال‌هایی برای واکنش صدور β^+:

β^+ در واقع همان الکترون با بار مثبت است، همان ماده‌ای که بهش می‌گوییم پوزیترون اگر در هسته‌ای نسبت p به n ($\frac{P}{n}$)، بیشتر از حد تعادل باشد (توی قبلی کمتر از حد تعادل بود) این هسته ناپایدار است و در این چنین هسته‌ای یکی از پروتون‌ها تبدیل به نوترون میشه:

$^1_1p \rightarrow {}^1_0n + \beta^+ + \upsilon$

$^A_ZX \rightarrow {}_{Z-1}{}^Ay + \beta^+ + \upsilon + \gamma$

در واکنش‌های صدور β^+ هم نیز واکنش‌هایی داریم که گاما تابش نمیشه اما غالبا، γ تابش میشه.

در این واکنش، هسته به اندازه جرم یک الکترون (معادل یک الکترون) و یک بار مثبت از دست می‌دهد. برای حفظ حالت خنثی، اتم یکی از الکترون‌های مداری خودش را از دست می‌دهد. بنابراین حین تبدیل هسته مادری به هسته دختری، در واکنش‌های صدور β^+، اتم به اندازه جرم دو الکترون از دست می‌دهد. (اتم نه هسته)، واکنش‌های صدور β^+ در مقایسه با واکنش‌های صدور β^- کم‌تر رخ می‌دهند در طبیعت. چون واکنش‌های صدور β^+ یک سد انرژی دارد، این سد انرژی، معادل جرم دو الکترون ؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

یعنی چی؟! یعنی اگر یک هسته‌ای در آن نسبت پروتون به نوترون بیش از حد تعادل باشد، برای این که بتواند β^+ تابش کند باید تفاوت انرژی هسته مادری و دختری از انرژی معادل دو تا الکترون بیشتر باشد وگرنه صدور β اتفاق نمی‌افتد.

سوال:

[گفتیم هسته مادری واکنش صدور β اگر اتفاق بیفتد، اتم به اندازه جرم دو تا الکترون از دست می‌دهد. و گفتیم که یک سد انرژی دارد، معادل دو تا الکترون. آیا این دو تا بهم ربط دارند؟!

این‌ها بهم هیچ ارتباطی ندارند، و الکترونی که از دست می‌دهد مداری است و الکترون هسته‌ای نیست.]

در واکنش‌های صدور β^- هیچ نوع سد انرژی وجود ندارد. در واکنش‌های صدور β^+ سد انرژی داریم، معادل جرم دو تا الکترون؛ یعنی اگر نسبت پروتون به نوترون در هسته به شکلی باشد که باید پوزیترون تابش کند (β^+) اما اگر که اختلاف انرژی به این سطح تراز نرسد تابش صورت نمی‌گیرد. اگر نسبت پروتون به نوترون بیش از حد تعادل باشد و اختلاف ترازهای انرژی هسته مادری و دختری به اندازه معادل جرم دو تا الکترون نباشد، واکنش صدور β^+ رخ نمی‌دهد. اما انرژی معادل دو تا الکترون که اتم معادل جرم از دست می‌دهد ربط ندارد.

مثال‌های واکنش صدور β^+ :

طیف انرژی ذرات β^+ هم مثل β^- است.

$$^{64}_{29}Cu \rightarrow {}^{64}_{28}Ni + \beta^+ + \upsilon + \gamma$$

$Q_{\beta^+} = 12.7$ MeV

تیمه عمر: 12.7 ساعت

(17 درصد مس‌هایی که رادیواکتیو هستند؛ از این مسیر می‌روند. سه یا چهار مسیر دیگر هم می‌روند. Electron capture هم در موارد محدودی α تابش می‌کند. یعنی سه تا مسیر هسته‌ای می‌تواند در پیش بگیرد).

$$^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + \beta^+ + \upsilon + \gamma$$

نیمه عمر: 11 میلی ثانیه

نکته واکنش‌های صدور β^+ سرنوشت پوزیترون پس از انتشار است. پوزیترون ضد ذره است.

پرتویی جلسه هفتم (20 آبان):

خلاصه واکنش‌های صدور β:

شرط صدور β^+: $\frac{P}{n}$ > حد تعادل -1

$$_1^1p \rightarrow {}_0^1n + \beta^+ + \upsilon$$

یک پروتون در هسته تبدیل میشه به نوترون و β^+ و نوترینو --> β^+ و υ از هسته تابش میشه و پروتون‌ها در هسته می‌مانند.

$$_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^Ay + \beta^+ + \upsilon + \gamma$$

(β^+، هم جرم الکترون اما با بار مثبت و ضد ماده است)

β^+ انرژی دارد که معادل جرم دو ال الکترون است و تاکید کردیم که هیچ ربطی به اون دو الکترون ندارد (یک دو الکترون تعریف کردیم که وقتی β^+ تابش میشه، تبدیل میشه به یکی از الکترون‌های مداری‌اش را از دست می‌دهد. اتم به اندازه جرم دو الکترون از دست می‌دهد اما این اتم است و ربطی به هسته ندارد. (یک سد انرژی داریم در صدور β^+ که معادل جرم دو الکترون است و به دلیل وجود همین سد انرژی، واکنش‌های صدور β^+ در طبیعت کمتر از β^- اتفاق می‌افتد، چون باید انرژی هسته مادری و دختری تفاوت‌شان از این مقدار بیشتر باشد.)

نکته مهم در واکنش صدور β^+، سرنوشت پوزیترون پس از انتشار است.

2- اختلاف ترازهای هسته مادری و دختری بیش از انرژی معادل دو تا الکترون باید باشد.

سرنوشت پوزیترون پس از انتشار:

β^+ پوزیترون برخلاف β^- یک ذره ناپایدار است، به همین دلیل از هسته که خارج شد، به اولین الکترونی که سر راهش برخورد کند، با آن برهمکنش می‌دهد و (جرم هر دو تغییر می‌کند) ناپدید می‌شود و به دو تا فوتون گاما

تبدیل میشه. این دو فوتون گاما هم انرژی هستند و هر یک معادل جرم یک الکترون انرژی دارند. یعنی هر کدام از آن‌ها 512 MeV انرژی دارد. این پدیده را اصطلاحا پدیده‌ی، Annihilation (فنا) می‌گویند.

این دو تا فوتون گاما، در دو جهت مخالف با زاویه 180 درجه از هم جدا می‌شوند و در فضا منتشر می‌شوند. خیلی طیف انرژی ذرات β^+ همانند طیف انرژی ذرات β^- است.

$$^{14}_{8}O \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^+ + \upsilon + \gamma$$

$Q_{\beta^+} = 5.14$ MeV

نیمه عمر: 70.6 ثانیه

سوال: اگر که تفاوت ترازهای هسته‌ی مادری و دختری کمتر از انرژی معادل دو تا الکترون باشد چه اتفاقی می‌افتد؟! برای این که صدور β^+ داشته باشیم دو تا شرط داشتیم؛ 1- نسبت $\frac{p}{n}$ در هسته از حد تعادل بیشتر باشد و 2- اختلاف ترازهای انرژی هسته مادری و دختری انرژی معادل دو تا الکترون یعنی 1.024 مگاالکترون ولت، بیشتر باشد. این دو تا شرط باعث می‌شد که احتمال صدور β^+ باشد. حالا اگر نسبت $\frac{p}{n}$ در هسته از حد تعادلی بیشتر باشد ولی اختلاف ترازهای انرژی هسته مادری و دختری به مقدار کمتر از انرژی معادل دو الکترون باشد چه اتفاقی می‌افتد؟!

در چنین شرایطی، باز هم هسته ناپایدار است و در چنین شرایطی هسته می‌تواند مسیر دیگری را در پیش بگیرد که بهش می‌گوییم، electron capture یا جذب الکترون. در این صورت طی پدیده‌ی جذب الکترون، یکی از الکترون‌های مداری جذب هسته میشه و در درون هسته با پروتون ترکیب میشه و یک نوترون حاصل میشه. به این ترتیب نیروی دافعه کلونی در هسته، کاهش می‌یابد و هسته پایدارتر میشه؛ نتیجه این فرآیند همانند صدور β^+ است با این تفاوت که دیگر سطح انرژی وجود ندارد.

سوال: اگر نسبت $\frac{p}{n}$ در هسته از حد تعادل بیشتر باشد ولی تفاوت ترازهای انرژی هسته مادری و دختری زیر سطح انرژی باشد، تنها راهی که نسبت $\frac{p}{n}$ به حالت تعادل برسد، چیست؟ جذب الکترون؛

اما اگر انرژی بیش از یک مقدار باشد (بیشتر از سطح انرژی باشد)؛ آیا احتمال جذب الکترون وجود ندارد؟! بله، اگر یک سطح انرژی داشته باشیم؛ زیر این سطح انرژی تنها راه، جذب الکترون است؛ اما بالای این سطح انرژی باشیم، هم می‌تواند جذب الکترون رخ دهد و هم صدور β^+ رخ دهد. اما هنگامی که بالای سطح انرژی هستیم، پدیده‌ی غالب، صدور β^+ است. اما هنگامی که زیر سطح انرژی هستیم، تنها مسیری میشه جذب الکترون Electron capture.

پس طی پدیده جذب الکترون **electron capture**:

یک پروتون در هسته با الکترون ترکیب میشه و میشه نوترون و نوترینو. نوترون p هسته باقی می‌ماند و نوترینو تابش میشه.

$$^{1}_{1}p \ + \mathrm{e} \rightarrow {}^{1}_{0}n + \upsilon$$

$$^{A}_{Z}X \ + \mathrm{e} \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}X + \upsilon + \gamma$$

مثلا ذره X، اگر الکترون جذب کند (E.C) یک واحد از عدد اتمی کم میشه و نوترینو و احتمالا به وجود می‌آید و مقداری هم انرژی آزاد میشه که حاصل، اختلاف جرم دو طرف معادله است.

مثال EC:

$$^{51}_{24}Cr \rightarrow {}^{51}_{23}V + \upsilon + \gamma$$

Chromium Vanadium

$Q_{E.C} = 0.725$ MeV

نیمه عمر: 28 روز

* نیمه عمر در واقع به جای λ گزارش میشه، یعنی احتمال واپاشی را که بخواهند نشان دهند به این صورت نشان می‌دهد.

* $Q_{E.C}$ کل انرژی که تابش می‌کند. (نمی‌دونم که درست هست این یا نه!!)

به طور کلی، پدیده‌ی، جذب الکترون (E.C) احتمال جذب برای همه‌ی الکترون‌های مداری وجود دارد اما الکترون‌های لایه‌ی k به دلیل نزدیکی به هسته، احتمال جذب‌شان از بقیه بیشتر است.

به همین دلیل پدیده‌ی جذب الکترون را، k – capture هم بهش می‌گویند.

اگر الکترون از لایه k جذب بشه، حفره خالی ایجاد شده در ناحیه k توسط لایه‌های بالاتر میشه، در نتیجه یکی از اثرات ثانویه جذب الکترون، تابش اختصاصی یا Characteristic Radiation است.

یک هسته در نظر بگیریم و یک الکترون از لایه k جذب بشه، لایه خالی به وجود می‌اید و الکترون لایه بالاتر توان این را دارد که بیاید در این لایه، الکترون که مهاجرت کند به این لایه خالی، یک اختلاف انرژی به وجود می‌آید که این اختلاف انرژی تابش میشه. این انرژی که تابش میشه معمولا در محدوده اشعه x است.

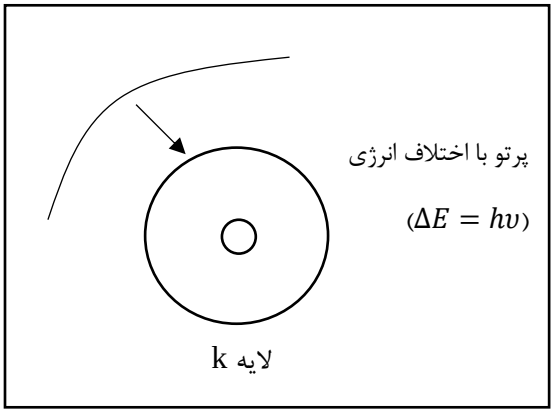
بهش میگن: Characteristic Radiation

چرا بهش میگن تابش اختصاصی Characteristic Radiation؟

1- طول موج پرتویی که تابش میشه برای هر اتمی اختصاصی است و (تعداد بارهای مثبت در هسته هر اتم به اتم دیگری متفاوت است پس بنابراین تفاوت‌تر از اول و دوم انرژی در هر اتمی، خاصی آن اتم است و به نوع اتم بستگی دارد.) به نوع اتم بستگی دارد.

2- از روی این طول موج پرتو، می‌توان عنصر را تشخیص داد. (از روی طول موج میشه انرژی پرتو را به دست آورد و از روی انرژی میشه نوع اتم را مشخص کرد.)

وقتی یک حفره خالی در لایه k ایجاد میشه، انتظار داریم که در اثر E.C، انتظار داریم که تابش اختصاصی رخ دهد، اما در بعضی از موارد این تابش دیده نمیشه یا شدت آن از حد انتظار خیلی کمتر است.



وقتی یک حفره خالی در لایه k ایجاد میشه، انتظار داریم که در اثر E.C، انتظار داریم که تابش اختصاصی رخ دهد، اما در بعضی از موارد تابش دیده نمیشه یا شدت آن از حد انتظار خیلی کمتر است.

در عوض به جای آن، الکترون‌های مونو انرژیتیک موسوم به الکترون‌های Auger متولد میشه (به وجود می‌آید) در واقع این الکترون‌های Auger، حاصل یک پدیده‌ی فوتوالکتریک داخلی هستند که انرژی اتم تحریک شده را به خارج منتقل می‌کنند، طی این فرآیند، اشعه اختصاصی تابش میشه اما پیش از خروج از اتم با یکی از الکترون-های لایه‌ی M و N برخورد می‌کند و آن را به بیروت پرتاب می‌کند، لذا به جای تابش اختصاصی، الکترون‌های با انرژی یکسان به حرکت درمی‌آیند. [تابش اختصاصی انرژی‌اش ثابت و مشخص است بنابراین انرژی الکترون هم ثابت میشه، به همین دلیل بهش میگن مونوانرژیتیک. یعنی انرژی‌اش یک مقدار ثابت و مشخص است و تک انرژی دارد و طیف انرژی ندارد. 100 تا الکترون آن‌ها را بگیریم انرژی یکسان دارند.

مثال: ید رادیواکتیو:

$$^{125}_{53}I \ + e^- \rightarrow \ ^{125}_{52}Te + w \ + \gamma + X + e_{Auge}$$

(Tellerium)

$$^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + \beta^- + \upsilon' + \gamma$$

این ید متداول‌تر است و معمولا جذب الکترون (E.C) انجام نمی‌دهد.

وقتی می‌گوییم این‌ها برخورد می‌کنند به این معنی نیست که برخورد سر به سر است و فوتون مستقیما برخورد می‌کند به سطح الکترون. چرا؟! چون پرتو الکترومغناطیسی است و الکترون نیز الکترومغناطیسی است. دو تا موج الکترومغناطیسی لازم نیست تماس مستقیم داشته باشند و برهمکنش کولنی دارند و از کنار هم که رد بشوند، انرژی بهم می‌دهند و در واقع اثر یک میدان نیرو است و برهمکنش میدان‌ها است. حالا یک الکترون میدان دارد و فوتون (پرتو تابش شده) هم میدان نوسان کننده دارد و می‌آید از کنار الکترون عبور می‌کند و اگر در یک جهت باشند الکترون و پرتو، آن را (الکترون) پرتاب می‌کند بیرون و لازم نیست حتما برخورد کنند فقط کافی است میدانش در جهتی باشد که میدان الکترون است.

ما در طبیعت، 5 تا پدیده داریم که در آن ذره β تابش میشه (β درگیر است):

1- تبدیل پروتون به نوترون ($p \rightarrow n + \beta^- + \upsilon$)

2- تبدیل نوترون به پروتون ($n \rightarrow p + \beta^- + \upsilon'$)

3- ترکیب پروتون و الکترون ($p + e \rightarrow n + \upsilon$)

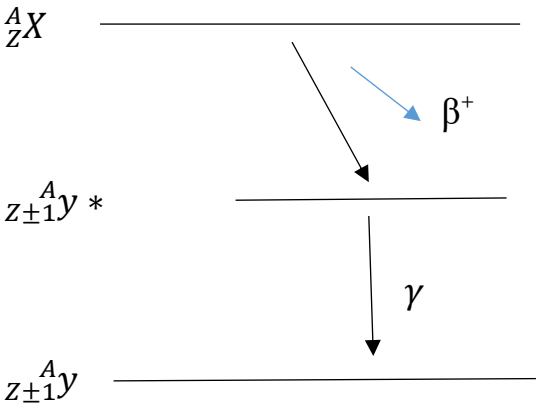
4- برخورد ذره نوترینو به نوترون ($\upsilon + n \rightarrow p + \beta^-$)

5- برخورد آنتی نوترینو به پروتون ($\upsilon' + p \rightarrow n + \beta^+$)

آخرین مورد در رابطه با β؛

✓ انتقالات ایزومری (Isomeric transituioins):

خلاصه صدور β:



معمولا پس از تابش β (β^+ چه β^-)، هسته ثانویه یا هسته دختری در تراز تحریک شده (تراز تحریک شده یعنی انرژی اضافی دارد) که با * نشان دادیم. پس هسته ثانویه در تراز یا حالت تحریک شده قرار می‌گیرد. معمولا هسته تحریک شده، ناپایدار است (هسته دختری تحریک شده، ناپایدار است) و به سرعت با تابش γ به تراز زمینه یا حالت پایدار بازمی‌گردد، به طوری که عمر هسته دختری در تراز تحریک شده، کسر بسیار کوچکی از ثانیه است (یعنی مدت زمانی که در تراز تحریک شده، توقف می‌کند، کسری بسیار کوچکی از ثانیه است) در برخی موارد ممکن است، هسته دختری تحریک شده، تقریبا پایدار باشد. در نتیجه مدت زمان توقف این هسته دختری در حالت تراز تحریک شده طولانی می‌شود. (در حد چند ثانیه – چند ساعت و یا حتی چند روز یکی دو روز) در حقیقت هسته در این حالت خاص مثل یک ایزوتوپ رفتار می‌کند که بهش می‌گوییم ایزومر، و انتقال هسته دختری از تراز تحریکی به تراز پایه را می‌گویم.

انتقال ایزومری: در این حالت هسته دختری همانند یک ایزوتوپ جداگانه رفتار می‌کند که اصطلاحا بهش می‌گوییم ایزومر و انتقال هسته دختری از تراز تحریکی به تراز پایه را اصطلاحا بهش می‌گویم انتقال ایزومری)

چرا می‌گویم همانند یک ایزوتوپ جداگانه عمل می‌کند (رفتار می‌کند) و بعد می‌گوییم ایزومر؟!

بهش می‌گوییم ایزوتوپ چون نوعع اتم * $z\pm1^{A}y$ و $z\pm1^{A}y$، یکی است اما * $z\pm1^{A}y$ تابش می‌کند و $z\pm1^{A}y$ تابش نمی‌کند و y^{*} در واقع مثل یک ایزوتوپ رادیواکتیو تابش می‌کند اما ایزوتوپ نیست چون که ایزوتوپ‌ها عدد جرمی متفاوت و عدد اتمی یکسان دارند به همین دلیل بهشون می‌گن ایزومر. ایزومر هم به این معنا است که ماهیت یکسان دارند اما تفاوت سطح انرژی دارند.

پس بهشون می‌گن ایزوتوپ و مثل یک ایزوتوپ جداگانه عمل می‌کند چون که y^{*} تابش می‌کند و y تابش نمی‌کند اما در ولقع ایزومر هستند، به همین دلیل بهشون می‌گن ایزومر چون تفاوت سطح انرژی دارند و تفاوت ماهیت ندارند و هر دو یک عنصر هستند.

برای این که ایزومری که در حالت تحریک شده، قرار دارد را با حالت پایدار عنصر و با تراز پایدار اشتباه نشه، با بالاوند (m) نشان می‌دهند. (نیمه پایدار = metastable)

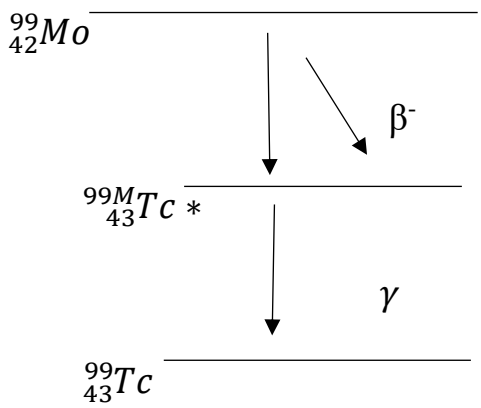
مثال:

$^{99}_{42}Mo \rightarrow {}^{99}_{43}Tc + \beta^{-} + \upsilon' + \gamma$

(molybdenum) (Technetium)

$t_{\frac{1}{2}}$ Mo = 67 hr (ساعت)

$t_{\frac{1}{2}}$ Tc = 6 hr (ساعت)



^{m}Tc : 6 ساعت در تراز تحریکی متوقف میشه.

پرتویی جلسه هشتم (4 آذر):

عناصر رادیواکتیو طبیعی (Natural Radioactivity):

به عناصر رادیواکتیو موجود در طبیعت یعنی آب، خاک و هوا، اصطلاحا می‌گویم رادیواکتیویته طبیعی. بیش از 1500 تا عنصر رادیواکتیو شناخته شده که از این 1500 تا، 60 تای آ در طبیعت یافت میشه.

این عناصر رادیواکتیو، از خود پرتوهای α و β و معمولا همراه با γ تابش می‌کنند. به این ترتیب همه موجودات زنده به طور پیوسته در معرض تابش پرتوهای یون‌ساز تابش شده از (یا منتشر شده از) این عناصر رادیواکتیو طبیعی هستند.

این تشعشعات در کل، تابش زمینه (Background Radiation) را به وجود می‌آورند. عناصر رادیواکتیوی که منشا اصلی تشعشعات زمینه هستند، به دو گروه تقسیم می‌شوند، گروه اول، عناصر رادیواکتیوی هستند که به طور طبیعی در ترکیب پوسته و اتمسفر زمین وجود دارند.

گروه دوم، ععناصر رادیواکتیوی هستند که در اثر برخورد پرتو کیهانی با عناصر غیر رادیواکتیو موجود در پوسته و اتمسفر زمین به وجود می‌آیند. این دو گروه تقسیم بر اساس منشا است.

- ✓ عناصر رادیواکتیو طبیعی را از نظر شیمیایی به سه دسته تقسیم می‌کنند:

1. Primordial Radionucides

2. Non – Series Radionuides

3- Cosmogenic Radionucides

1. Primordial Radionucides:

عناصر رادیواکتیوی هستند که از ابتدای پیدایش زمین وجود داشتند. نیمه عمر این عناصر معمولا در حد عمر زمین یا بزرگتر است.

همان طور که می‌دانینم عمر منظومه شمسی 4.5 میلیارد سال تخمین زده شده است به همین دلیل عناصر رادیواکتیوی که نیمه عمر آن‌ها از 10^8 سال و بیشتر باشد و در ابتدای شکل‌گیری کره زمین وجود داشتند، هنوز هم روی زمین هستند. این‌ها از خارج از منظومه شمسی آمده‌اند. [پس عناصر رادیواکتیوی که در ابتدای شکل-گیری کره زمین به وجود آمده‌اند و نیمه عمر آن‌ها از 10^8سال بیشتر باشد، هنوز هم روی کره زمین یافت میشن.]

در طبیعت، عناصر که عدد اتمی آن‌ها از 82، یعنی عدد اتمی سرب بیشتر باشد. رادیواکتیو هستند و اصطلاحا، بهشون، رادیوال‌هان‌های سنگین گفته می‌شود.

(Heavy Radio Elements) این عناصر ناپایدار از نظر نیمه عمر فیزیکی به دو گزوه تقسیم می‌شوند:

گروه اول:

عناصری هستند که نیمه عمرهای طولانی حدودا 10^9 سال دارند. نیمه عمر این عناصر رادیواکتیو برابر یا بزرگتر از عمر زمین است از این رو از ابتدای پیدایش زمین تاکنون وجود داشتند.

مثل اورانیوم ($^{238}_{92}U$) که نیمه عمر آن 4.5×10^9 سال است. (برابر با عمر زمین)

و توریوم ($^{238}_{92}U$) که نیمه عمر آن 14.1×10^9 سال است. (بیشتر از عمر زمین)

گروه دوم:

عناصر رادیواکتیوی هستند که از واپاشی عناصر دسته اول به وجود آمده‌اند.

مثل رادیوم ($^{226}_{88}Ra$) با نیمه عمر 1602 سال

و رادون ($^{222}_{86}Rn$) با نیمه عمر 3.8 روز

یک عنصر رادیواکتیو به طور پیوسته از خودش α و β و معمولا همراه با γ تابش میکنه به این ترتیب با تابش ذرات فوق به عنصر یا عناصر جدیدی تبدیل میشه. به عنوان مثال ($^{226}_{88}Ra$) با تابش یک ذره آلفا تبدیل میشه به رادون ($^{226}_{88}Ra$) و رادون هم با تابش یک ذره آلفا تبدیل به عنصر سبک‌تر پولونیوم ($^{218}_{8884}Po$) میشه

Ra → α → Rn → α → Po

$$^{226}_{88}Ra \xrightarrow{^{4}_{2}\alpha} {}^{222}_{88}Rn \xrightarrow{^{4}_{2}\alpha} {}^{218}_{84}Po \rightarrow \rightarrow \rightarrow {}^{206}_{82}Pb$$

آنقدر این تبدیل‌ها، ادامه پیدا می‌کند که نهایتا می‌رسد به یک عنصر غیر رادیواکتیو مثل سرب 206 ختم میشه.

این زنجیره از عناصر رادیواکتیو که در اثر واپاشی از هم به وجود می‌آیند، اصطلاحا بهشون میگن، خانواده رادیواکتیو (Radioactive family).

عدد جرمی، رادیو المان‌های سنگین تنها از طریق تابش آلفا، به اندازه تنها 6 واحد تغییر می‌کند.

به این ترتیب رادیوالمان‌های سنگین را بر اساس عدد جرمی آن‌ها از هم تشخیص (تمیز) می‌دهیم.

اگر عدد جرمی رادیوالمان‌های سنگین را بر عدد 4 یعنی عدد جرمی ذره الفا، تقسیم کنیم، باقی مانده یکی از اعداد، 0 و 1 و 2 و 3 خواهد بود. بر این اساس، رادیوالمان‌های سنگین را بر مبنای عدد جرمی آن‌ها به چهار خانواده زیر تقسیم می‌کنند:

1. (4n) 2. (4n + 1)

3. (4n + 2) 4. (4n + 3)

به عنوان مثال: خانواده یا سری اورانیوم ($^{238}_{92}U$) با اورانیوم ($^{238}_{92}U$) شروع میشه و به سرب ($^{206}_{82}Pb$) ختم میشه.

$^{238}_{92}U \rightarrow \rightarrow \rightarrow$ Ra $\rightarrow$ Rn $\rightarrow$ Po $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$ Pb

عدد جرمی هر یک از این اعضای این خانواده را اگر به 4 (عدد جرمی ذره α) تقسیم کنیم، باقی مانده میشه، به همین دلیل مشخصه خانواده اورانیوم: $A = 4n + 2$

رادیوال‌ها سنگین در طبیعت، 4 تا خانواده رادیواکتیو تشکیل می‌دهند. از این میان سه تا خانواده یا سری رادیواکتیو، یعنی سری توریوم و اکتینیوم و اورانیوم درنهایت به یکی از ایزوتوپ‌های پایدار سرب ختم میشن، و به دلیل طولانی بودن نیمه عمر هسته مادری در طبیعت یافت میشن.

عناصر خانواده چهارم، نپتونیوم، اغلب به دلیل کوتاهی طول عمر، اغلب در طبیعت یافت نمی‌شوند. در واقع تنها دو عنصر پایانی این زنجیره یعنی بیسموت $^{209}_{83}$ و تالیوم $^{205}_{81}$ امروزه در طبیعت وجود دارند.

Radioactive families (series)

- Thorium (4n) $^{232}_{90}Th \rightarrow \rightarrow \rightarrow {}^{208}_{82}Pb$
- Actinium (4n + 3) $^{238}_{92}U \rightarrow\rightarrow\rightarrow {}^{207}_{82}Pb$
- Uranium (4n + 2) $^{238}_{92}U \rightarrow \rightarrow \rightarrow {}^{206}_{82}Pb$
- Neptunium (4n + 1) $^{237}_{93}Np \rightarrow \rightarrow \rightarrow {}^{205}_{81}Tl$

* خانواده (4n) قبلا از اورانیوم ($^{238}_{92}U$) شروع می‌شد، اما اورانیوم 236، نیمه عمرش از عمر زمین کوتاه‌تر است به همین دلیل امروزه روی کره زمین نیست.

* سه تا خانواده اول، که عناصرشان در طبیعت است، همه آن‌ها از اورانیوم شروع میشن یا شروع می‌شدند و به سرب ختم میشن.

پرتویی جلسه نهم (11 آذر) (با بچه‌های جانوری): 4 آذر

در این خانواده‌های رادیواکتیوی که معرفی کردیم، در سه تا از این چهار خانواده، عنصر رادون رادیواکتیو وجود دارد. ($^{86}_{0}Rn$) و بسته به این که در کدام خانواده باشد، عدد جرمی‌اش بازدم فرق می‌کند، اما آن‌ها (همه رادون‌ها) رادیواکتیو هستند.

مشکل رادون رادیواکتیو چیست؟! تنفس است؛ مشکل این است که ما با تنفس این را وارد بدن‌مان می‌کنیم چون گاز است. تعدادی از این هسته‌های رادیواکتیو در فاصله بین دم و بازدم در بدن تجزیه میشن. هسته‌های دختری آن‌ها بر خلاف رادون، دیگه گاز نیستند و جامد هستند. هسته‌های دختری مثل پولونیوم ($^{218}_{84}Po$)، ($^{214}_{84}Po$) و ($^{214}_{83}Bi$) و ($^{214}_{82}Pb$) این‌ها در خانواده‌های مختلفی هستند و در خانواده‌های یکسانی نیستند.

این هسته‌های دختری همه‌شان جامد هستند و در جدار کیسه‌های هوایی می‌مانند و تا رسیدن به عنصر پایدار، به بدن ما آسیب می‌زنند، به عنوان یک منبع اخلی تشعشع.

منابع بیرونی تابش، اهمیت کمتری دارد چون یک زمانی در معرض آن هستی و اگر از آن منبع دور بشی دیگه در معرضش نیستیم؛ اما این در داخل بدن است و یک منبع داخلی است و همیشه همراه ما است و ما در معرض تابش هستیم.

خصوصیات، خانواده‌های رادیواکتیو:

- ✓ خانواده توریم (Thorium): (4n)

عنصر ما در این خانواده ($^{232}_{90}Th$) است با نیمه عمر 14.1×10^{9} سال و در نهایت به سرب 206 و 208 ختم میشه ($^{206}_{82}Pb$) و $^{208}_{82}Pb$). نیمه عمر توریوم، چندین برابر عمر زمین است. به همین دلیل توریوم و تمام مشتقات آن روی کره زمین یافت میشه.

توریوم خودش از اورانیوم 236 ($^{238}_{92}U$) مشتق شده و با تابش یک ذره α، میشه توریوم

نیمه عمر $^{238}_{92}U$، 2.35×10^7 سال است، یعنی حدود 200 مرتبه از عمر زمین کوچک‌تر است به همین دلیل این ایزوتوپ طبیعی اورانیوم روی کره زمین دیگر یافت نمی‌شود.

اعداد جرمی این خانواده از الگوی (6n) تبعیت می‌کند.

- ✓ خانواده اکتینیوم (Actinium): $4n + 3$

عنصر ما در این خانواده ($^{238}_{92}U$) با نیمه عمر 7×10^8 سال است و درنهایت به سرب 207 ($^{207}_{82}Pb$) ختم میشه.

عدد جرمی عناصر این خانواده هم از الگوی ($4n + 3$) تبعیت می‌کند.

- ✓ خانواده اورانیوم (Uranium): ($4n + 2$)

این زنجیره، طولانی‌ترین خانواده رادیواکتیو است. و عنصر ما در این خانواده، اورانیوم 238 ($^{238}_{92}U$) است و نیمه عمر آن (نیمه عمر اورانیوم) 4.5×10^9 سال است و در نهایت به سبک‌ترین ایزوتوپ پایدار سرب تبدیل میشه. [فقط سرب 206 و 207 و 238 پایدار است بقیه سرب‌ها ناپایدار هستند].

اعداد جرمی این خانواده از الگوی ($4n + 2$) تبعیت می‌کنند.

به این خانواده گاهی اوقات سری رادیوم هم می‌گویند.

- ✓ خانواده نپتونیوم (Neptunium): ($4n + 1$)
- ✓ عنصر ما در این خانواده نپتونیوم 237 ($^{237}_{93}Np$) است با نیمه عمر 2.14×10^6 سال اعضای این خانواده به علت کوچکی نیمه عمر، در طبیعت دیگر وجود ندارند.

- ✓ سری نپتونیوم تنها خانواده‌ای است که به سرب ختم نمیشه، بلکه عنصر انتهایی آن تالیوم 205 ($^{205}_{81}Tl$) است. قبلا تصور می‌شد که عنصر انتهایی این سری خانواده، بیسموت 209 ($^{209}_{83}Bi$) است. اما امروز مشخص شده که بیسموت 209، خودش رادیواکتیو است و نیمه عمر آن 1.9×10^{19} سال به تالیوم تبدیل میشه.

اعداد جرمی اعضای این خانواده از الگوی $(4n + 1)$ تبعیت می‌کند.

نکته‌ای که در این خانواده‌ها وجود دارد، این است که، مثلا برای این که اورانیوم 235 مثلا (؟؟؟) سرب فقط از یک مسیر واحد نمی‌تواند برود و مسیرهای آن خیلی متنوع است. اما از هر مسیری که بروند، تعداد پرتوهایی که تابش می‌کنند (α و β) یکسان است.

مثال: در تبدیل اورانیوم $^{238}_{92}$ به سرب $^{206}_{82}$ چند ذره α و چند تا ذره β^- تابش میشه؟! اگر α تابش بشه، عدد جرمی 4 تا کم میشه و اگر β^- تابش بشه، عدد جرمی ثابت است و عدد اتمی افزایش پیدا می‌کند.

32 واحد عدد جرمی کم شده $\quad 238 - 206 = 32$

8 ذره آلفا تابش شده $\quad \frac{32}{4} = 8$

اگر 8 تا ذره آلفا تولید شده باشد باید عدد اتمی به 16 واحد کم شده باشد اما 10 واحد کم شده؛ معنی‌اش این است که 6 تا ذره β^- هم تابش شده.

بنابراین در این تبدیل از اورانیوم 238 به سرب 206، 8 تا ذره آلفا و 6 تا ذره β تابش شده.

* عدد جرمی فقط هنگامی تغییر می‌کند که آلفا تابش بشه اما عدد اتمی هم با تابش آلفا و هم با تابش β تغییر می‌کند.

تا این جاخانواده اول از رادیواکتیوهای طبیعی که بر اساس شیمی تقسیم شده بودن را گفتیم؛ حالا خانواده دوم یعنی (Non – series) را می‌گوییم.

1. Primordial Radionucides

2. Non – series Radionucides

3. Cosmogenic Radionusides

2. Non – series Radionucides:

علاوه بر چهار خانواده رادیواکتیو، تعدادی رادیو المان‌های سبک هم در طبیعت وجود دارند (سبک به معنی عدد جرمی کم) که معمولا طی یک مرحله واپاشی به یک عنصر پایدار تبدیل میشن. به همین دلیل خانواده رادیواکتیو تشکیل نمی‌دهند.

این عناصر معمولا صادر کننده β و γ هستند و معمولا α تابش نمی‌کنند.

1. $^{40}_{19}K$ (Potasium)
2. $^{78}_{37}Rb$ (Rubedium)
3. $^{87}_{49}In$ (Indinum)
4. $^{147}_{50}Sn$ (Tin قلع)
5. $^{120}_{52}Te$ (Tellurium)
6. $^{138}_{57}La$ (Lanthanum)
7. $^{176}_{61}Lu$ (Lutetium)

از بین این عناصر دو عنصر K و Rb مهم است.

پتاسیم یک جزء مهم الکترولیت‌های بین سلولی است. و Rb هم از همین خانواده فلزات قلیایی است. بنابراین در واکنش‌های شیمیایی جایگزین پتاسیم میشه (در واکنش‌های شیمیایی درون بدن می‌تواند جایگزین پتاسیم بشه.)

Rb و k چون در متابولیسم بدن وارد میشن، می‌توانند یک منبع داخلی تشعشع باشند. نیمه عمر پتاسیم؛ 1.28×10^9 سال است.

پتاسیم دو تا مسیر را برای واپاشی می‌تواند در پیش بگیرد. (از دو مسیر متلاشی میشه)

یکی از راه جذب الکترون (Electron Capture) و دیگری تابش β^- است؛

$^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + \beta^- + \upsilon'$ → 89 درصد مواقع

$^{40}_{19}K + e^- \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + \upsilon + \gamma$ → 11 درصد مواقع

در 89 درصد مواقع از مسیر شماره یک می‌رود و در 11 درصد موارد از مسیر 2 می‌رود. در مسیر شماره یک گاما تابش نمی‌کند. نیمه عمر 1.28×10^9

✓ می‌ریم سراغ گروه سوم؛

1. Primordial Radionucides

2. Non – series Radionucides

3. Cosmogenic Radionusides

3. Cosmogenic Radionucides.

هسته‌های رادیواکتیو تولید شده توسط پرتو کیهانی. پرتو کیهانی ذرات پرانرژی باردار است (عمدتا پروتون است)؛ که توسط اجرام آسمانی موجود در کهکشان‌ها یا فضای بین کهکشانی تولید میشه و پس از طی زمان، زمین و اتمسفر زمین را بمباران می‌کند.

اجزاء اصلی پرتو کیهانی: 90 درصد پروتون – 9 درصد ذرات آلفا – کمتر از 1 درصد β است. انرژی این ذرات، بسیار متنوع است و می‌توانند تا 10^{20} الکترون ولت انرژی داشته باشند.

این ذرات پرانرژی در مسیر خودشان با هسته عناصر غیر رادیواکتیو موجود در پوسته و اتمصفر زمین برخورد می‌کنند و در واکنش با آن‌ها، این عناصر غیر رادیواکتیو را به عناصر یا رادیوایزوتوپ‌های جدید تبدیل می‌کنند. (به عناصر رادیواکتیو تبدیل می‌کند آن‌ها را)

مهم‌ترین عناصر رادیواکتیو که توسط پرتوهای کیهانی در پوسته و اتمسفر زمین تولید میشن موارد زیر هستند:

1. ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ (تریتیوم Tritium)
2. ${}^{7}_{4}Be$ (Berylium)
3. ${}^{14}_{6}C$ (Radio Carbon)
4. ${}^{22}_{11}Na$

واکنش‌ها هم به این شکل است:

1. ${}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + \beta^{-} + v'$ $\quad t_{\frac{1}{2}} = 12.4$ سال

   $Q_{\beta} = 18.6$ KeV

2. ${}^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + \beta^{+} + v + \gamma$ $\quad t_{\frac{1}{2}} = 2.6$ سال

   $Q_{\beta^{+}} = 1.82$ KeV

3. ${}^{7}_{4}Be \rightarrow {}^{7}_{3}Li + v + \gamma$ $\quad t_{\frac{1}{2}} = 53.2$ سال

$Q_{E.C} = 0.86$ KeV

4. ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^{-} + \upsilon'$ $t_{\frac{1}{2}} = 5730 \pm 40$ سال

$Q_{\beta^{+}} = 0.1565$ KeV

Point. در واکنش پتاسیم در Non – Series گاما تولید نمی‌کند. در تریتیوم هم گاما تولید نمیشه و ${}^{14}_{6}C$ هم گاما تولید نمی‌کند.

از بین این عناصر، سه عنصر تریتیوم، کربن و سدیم اهمیت زیادی دارند (چرا؟!) چون که در متابولیسم طبیعی بدن وارد میشن و می‌توانند یک منبع داخلی تشعشع باشند.

از بین این سهه عنصر، کربن 14 مهم‌ترین است و تعداد زیادی کربن 14 در بدن ما است.

کربن 14 در اتمسفر بالای با سرعت ثابت از بمباران نیتروژن اتمسفری توسط اشعه کیهانی تولید میشه. برخورد ذرات پرانرژی پرتو کیهانی با هسته اتم‌های موجود در اتمصفر بالایی که عمدتا از نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده، سبب متلاشی شدن این هسته‌ها میشه.

از تلاشی این هسته‌ها، گروهی ذرات سبک‌تر حاصل میشن که به نوبه خود سایر اتم‌های موجود در اتمسفر را مورد حمله قرار می‌دهند؛ یکی از این ذرات نوترون است. [نیتروژن یا اکسیژن و با اولین برخورد پرتوکیهانی به این دو، به هر کدام که برخورد کند اولین برخورد متلاشی شدن هسته را منجر می‌شود و ذرات زیر اتمی تبدیل میشه، یکی از این ذرات زیر اتمی تونرون است.] این نوترون خودش برخورد می‌کند به نیتروژن و یک پروتون خارج میشه و طی واکنش زیر کربن رادیواکتیو تولید میشه:

$n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + p$

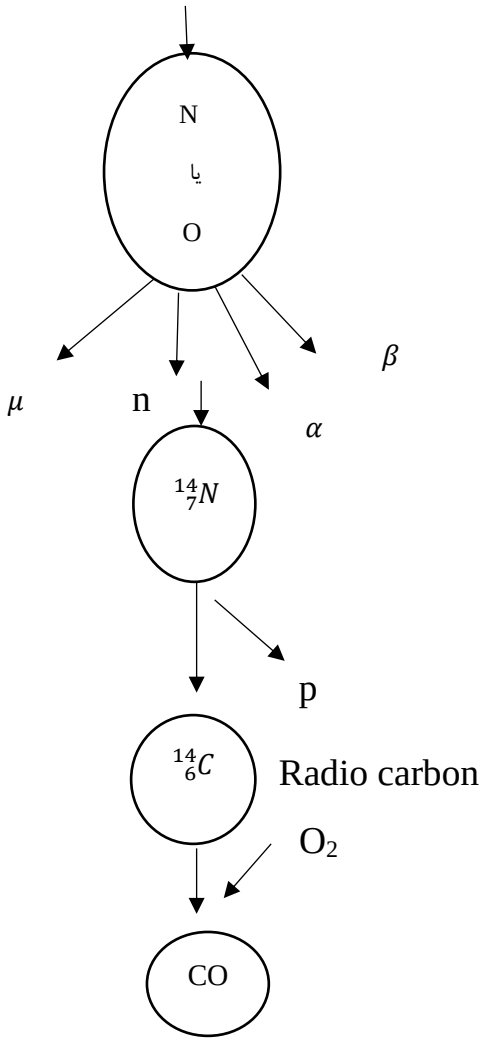
این کربن رادیواکتیو، در اتمسفر انتشار پیدا می‌کند و در ترکیب با اکسیژن، CO_2 به وجود می‌آورد که کربن این دی‌اکسید کربن، رادیوکربن است. (رادیواکتیو است)

شارش اشعه کیهانی در بازه‌های زمانی طولانی تقریبا ثابت است. از این روی فرض بر این است که سرعت تولید کربن رادیواکتیو در اتمسفر ثابت است.

هسته کربن رادیواکتیو طی واکنش صدور β^-، با سرعتی ثابت تجزیه میشه. چون سرعت تولید و سرعت واپاشی کربن رادیواکتیو در ول زمان ثابت بوده، مقدار کربن رادیواکتیو در اتمسفر به یک حد تعادلی رسیده است.

حد تعادلی کربن رادیواکتیو $\frac{^{14}C}{^{12}C} = 1.3 \times 10^{-12}$

Cosmic ray protor (به N یا O برخورد می‌کند.)



طی فرآیند فتوسنتز وارد بدن می‌شوند کربن‌های رادیواکتیو. (کربن‌های رادیواکتیو طی فتوسنتز وارد بدن گیاهان میشن) بنابراین در چرخه غذایی وارد میشن و تا هنگامی که موجود زنده در قید حیات است از طریق فتوسنتز و تنفس سلولی، کربن رادیواکتیو را بین بدن و محیطاش مبادله می‌کند. (محیط، منظور اتمسفر است). در نهایت با رسیدن به تعادل همین نسبت بین کربن 14 و کربن 12، در بدن موجودات زنده حفظ میشه. این تعادل تا زمانی که موجود زنده در قید حیات است و زنده است حفظ میشه اما پس از مرگ، تبدیل کربن رادیواکتیو با اتمسفر متوقف میشه

به این ترتیب پس از مرگ، تعداد کربن رادیواکتیو فقط از طریق واپاشی هسته‌ها تغییر می‌کند. به همین دلیل با اندازه‌گیری تعداد کربن‌های رادیواکتیو موجود در هر گرم از ماده آلی (اگر ماده آلی باقی مانده باشد یعنی تجزیه نشده) می‌توانیم مدت زمانی که از مرگ موجود زنده گذشته است را اندازه‌گیری کنیم و تخمین بزنیم.

مسئله: از فسیل یک چوب قدیمی، 30 گرم کربن برداشته شده است که در هر دقیقه 50 الکترون از آن خارج میشه. این چوب چند سال عمر دارد؟! (نیمه عمر کربن رادیواکتیو 5730 سال و نسبت کربن 14 به 12 در طبیعت 1.3×10^9 است.)

50 الکترون از شی خارج میشه یعنی این که activite آن 50 dpm است.

$A = 50$ dpm

$A_0 \rightarrow ?$

$A = A_0 \times e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{A_0}{A} = e^{\lambda t} \rightarrow \text{Ln}\frac{A_0}{A} = \lambda t = \frac{Ln2}{t_{\frac{1}{2}}} \times t$

$t = \frac{\text{Ln}\frac{A_0}{A}}{Ln2} \times t_{\frac{1}{2}}$ $\qquad$ $A_0 = \lambda N_0$

t زمانی است که ما از A_0 رسیدیم به A!! وقتی A_0 بوده که زنده بوده و A الان است که اندازه‌گیری کردیم 50 dpm برای همین میشه عمر. مدت زمانی که از مرگ موجود زنده گذشته.

$A_0 = \lambda N_0$: N_0 یعنی تعداد اتم‌های رادیواکتیوی که در بدن موجود زنده بوده که ما در حال 30 گرم از آن را داریم.

ما باید از خودمان بپرسیم که این موجود هنگامی که زنده بوده در 30 گرم کربنش چه تعداد کربن رادیواکتیو داشته.

ما اگر 14 گرم کربن 14 داشته باشیم، 6.022×10^{23} است.

$A_0 = \lambda N_0$

$$\left.\begin{array}{l} a + b = 30\ gr \\ \frac{b}{a} = 1.3 \times 10^{-12} \end{array}\right\} \qquad \left\{\begin{array}{l} a \text{ <-- (جرم کربن 12) } m^{12}c \\ b \text{ <-- (جرم کربن 14) } m^{14}c \end{array}\right\}$$

$$\frac{b}{1.3 \times 10^{-12}} = a \quad \rightarrow \quad \frac{b}{1.3 \times 10^{-12}} + b = 30\ gr$$

$\rightarrow 7.69 \times 10^{11}\ b + b = 30\ gr \quad \rightarrow b = 3.9 \times 10^{-11}\ gr$ (کربن 16 بوده)

30 را تقسیم بر 7.69×10^{11} کردیم چون که b عدد خیلی کوچکی است در برابر 7.69×10^{11} پس میشه خودش.

وقتی که موجود زنده، مرده، اگر 30 گرم کربن رادیواکتیو وجود داشته، این مقدار 3.9×10^{-11} کربن رادیواکتیو بوده.

14 gr ^{14}C 6.022×10^{23} atom

3.9×10^{-11} gr $N_0 \rightarrow N_0 = 1.67 \times 10^{12}$ atom

$$A_0 = \lambda N_0 = \frac{Ln2}{t_{\frac{1}{2}}} \times N_0$$

$$A_0 = \frac{0.693}{5730\ y \times \frac{365d}{1y} \times \frac{24h}{1d} \times \frac{60m}{1h}} \times 1.67 \times 10^{12}\ \text{dpm} \qquad A_0 = 386.1\ \text{dpm}$$

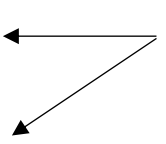
50 dpm داریم که بر حسب min است و بنابراین بیشتر از دقیقه نمی‌نویسیم.

$$t = \frac{Ln\frac{386.1}{50}}{0.693} \times 5730\ y = 16907\ \text{year}$$

جلسه 25 آذر غائب بودم، مراجعه به جزوه پریسا

جلسه دوزادهم (2 دی):

داشتیم در مورد اثرات پرتو بر محیط زنده صحبت می‌کردیم.



چیزی که در بدن ما اگر آسیب ببیند و تخریب شود، غیرقابل برگشت است؛ DNA است.

گفتیم پرتو به دو شکل آسیب می‌زند بهمون؛ اثر مستقیم این بود که پرتو برخورد می‌کرد به یکی از دو رشته DNA یا هر دو رشته آن و ایجاد گسست می‌کرد. که می‌شد Single Strand و Double Strand، که گفتیم Single Strandها به وسیله سیستم‌ها ترمیم سلولی معمولا شناسایی و ترمیم میشه اما Double Strandها معمولا نمیشن و به مرگ سلولی منجر میشه.

Doube Strandها به دو شکل درست می‌شدند، یکی این بود که طی یک واقعه هر دو رشته پاره می‌شدند یا این که دو تا رشته DNA طی دو تا واقعه مجزا گسسته می‌شدند و برهمکنش این‌ها باعث می‌شد که یک شکست دو رشته‌ای ایجاد بشه.

و اما این جلسه ....

اثر غیرمستقیم:

به نسبت کل، 70 درصد بدن ما را بلکه بیشتر از 70 درصد بدن ما را آب تشکیل می‌دهد. بنابراین اگر بدن مادر (؟؟؟) تابش قرار بگیرد، آب بیشتر تحت تاثیر تابش قرار می‌گیرد.

پرتو می‌تواند هم مولکول‌های آب را برانگیخته کند و هم می‌تواند مولکول‌های آب را یونیزه کند.

چه یونیزه کند و چه برانگیخته کند، حاصلش تولید رادیکال‌های آزاد است. این رادیکال‌های آزاد می‌توانند یک اثر ثانویه داشته باشند، (یعنی چی؟!) رادیکال‌های آزاد مثل اتمی است که فوق‌العاده واکنش‌پذیر است و به فرم پایدار نیست و با اولین چیزی که برخورد کند وارد واکنش می‌شود، بنابراین می‌تواند وار واکنش‌های ناخواسته با مولکول-های مهم بیولوژی بشه. [پس اثر غیرمستقیم به این شکل است که پرتو مولکول‌های آب را یونیزه یا برانگیخته می‌کند و حاصل یونیزاسیون یا برانگیختگی، رادیکال آزاد است و این رادیکال‌های آزاد می‌تواند با مولکول‌های مهم بیولوژیک از جمله DNA آسیب بزند.]

به چه شکل این کار را می‌کند؟!

$$H_2O \xrightarrow{h\nu,\ \text{Excitation}} H_2O^* \rightarrow H^{\cdot} + OH^{\cdot}$$

(برانگیخته) (رادیکال) (رادیکال)

$$H_2O \xrightarrow{h\nu,\ \text{ionization}} H_2O^+ + e^-$$

$H^{\cdot} + OH^{\cdot}$ (یونیزه شدن)

e^- به سه تا واکنش می‌تواند وارد شود.

$$e + H^+ \rightarrow H^{\cdot}$$

$$e + H_2O \rightarrow H_2O^- \rightarrow H^{\cdot} + OH^{\cdot}$$

$$e + H_2O \rightarrow \text{eaq. (Hydrated electron)}$$

* آب 7Ph دارد و این یعنی غلظتی از پروتون دارد. الکترون که تولید شد با این پروتون ترکیب بشه میشه $H^{\cdot}$.

* 3 آب‌پوشی می‌تواند بشه که میشه Hydrated electron

* از بین این رادیکال‌ها، رادیکال OH، اثر تخریبی بیشتری دارد.

✓ رادیکال‌های آزاد به چه واکنش‌هایی می‌توانند وارد شوند؟!

1. Extraction of Hydrogen atom (استخراج اتم‌های هیدروژن):

استخراج اتم‌های هیدروژن از مولکول‌های زیستی مثل DNA این هیدروژن می‌تواند روی باز DNA باشد یا روی back bone، DNA باشد و یا می‌تواند روی OH یک قند DNA باشد و یا می‌تواند CH یک قندش باشد و

یا NH یک بازاش باشد. وقتی با $H^{\cdot}$ رادیکال ترکیب بشه، واکنش‌های زیر رخ می‌دهد. نکته مهم این است که خاصیت رادیکال بودن به DNA منتقل میشه طی این واکنش‌ها دیگه روی واکنش‌اش هیچ کنترلی ندارد.

* این واکنش‌ها بر روی مولکول‌های زیستی هم ممکنه رخ بده اما روی DNA برای ما مهم‌تر است.

$$R - H + H^{\cdot} \rightarrow R^{\cdot} + H_2$$

$$R - H + OH^{\cdot} \rightarrow R^{\cdot} + H_2O$$

2. Dissociative Raaction (جدا کردن گروه):

جدا کردن یک گروه از ماکرومولکول‌های مهم زیستی:

$$RNH^{+}_3 + e^{-}aq \rightarrow R^{\cdot} + NH_3$$

$$RNH_2 + H^{\cdot} \rightarrow R^{\cdot} + NH_3$$

3. Addition Reaction (واکنش‌های افزایشی)

این را کجا داریم؟! $(R - CH = CH - R')$

این ممکن است باز DNA باشد و یا ممکن است میستیوین باشد که پیوند دوگانه دارد و یا می‌تواند تریپتوفان باشد. پیوند دوگانه این جا مورد بحث ما است.

$$R - CH = CH - R' + OH^{\cdot} \rightarrow R - CH^{\cdot} - CHOH - R'$$

* نکته مهم است که در همه‌ی این‌ها، مولکول بیولوژیک در این‌ها میشه رادیکال و وقتی شد رادیکال، بدن دیگه کنترلی روی واکنش آن ندارد. [خاصیت رادیکال بودن به مولکول‌های بیولوژیک منتقل میشه.]

حالا این‌ها که تشکیل شد چه می‌شود؟!

در طی این واکنش‌ها [در گروه اول رادیکال آزاد تشکیل شد و در گروه دوم خاصیت رادیکال بودن به DNA منتقل ش و حالا در گروه سوم] در طی واکنش‌های گروه سوم، دو واکنش دیگر ممکن است رخ دهد که نتیجه نهایی را دستخوش تغییر کند.

گروه اول واکنش‌ها، Restitution یا Chemical Repair است و گروه دوم واکنش‌ها، Damage Fixation by Oxygen (تثبیت آسیب وارده به مولکول توسط اکسیژن).

این دو واکنش را بررسی می‌کنیم؛ [در واقع تا این جا، رادیکال آزاد تشکیل شد و این خاصیت رادیکال بود به مولکول بیولوژیک منتقل شد حالا بررسی می‌کنیم ببینیم که بعد از این چی میشه!!]

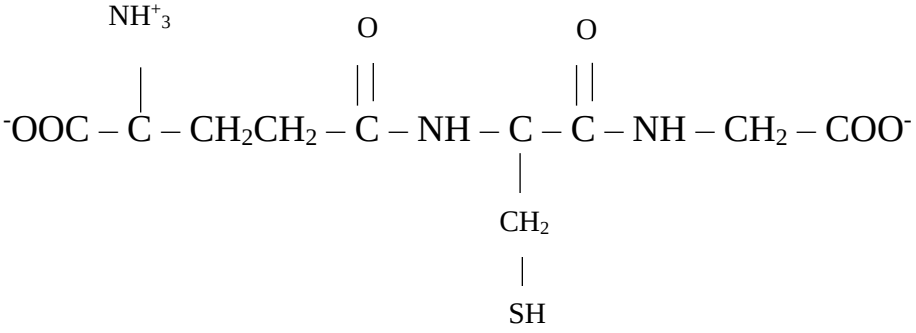
1. Restitution یا Chemical Repair:

$$R - SH + R^{\cdot} \rightarrow R - S^{\cdot} + R - H$$

طی این واکنش‌ها مولکول آسیب دیده ($R^{\cdot}$)، با یک مکانیسم غیرآنزیمی، ترمیم می‌شود. [یک مولکول با یک رادیکال واکنش داد و خاصیت رادیکال بودن به مولکول بیولوژیک وارد شد اما ایم دیگه نشده مولکول اولیه و بعدش فقط هیدروژن بهش برگشته و دیگه عملکرد هم ندارد!!] ترمیم توسط مولکول‌های دیگری صورت می‌گیرد که مهم‌ترین آن‌ها تیول‌ها هستند.

مهم‌ترین تیولی که درون سلول است یک تری پپتید است به نام گلوتاتیون که حاوی یک گروه تیول آزاد است.

ساختار گلوتاتیون (Gluthathion): γ Glue – cys – Gly



این پیوند پپتیدی داده اما به جای این که از گروه NH یا CO کربن α داده باشد از گروه COH از زنجیره جانبی‌اش داده. گروه COO به کربن γ وصل است. این پیوند پپتیدی است اما غیرطبیعی است و به جای این که گروه کربوکسیلی که به کربن آلفا متصل است، پیوند دهد از گروه کربوکسیل جانبی‌اش پیوند داده. به همین دلیل بهش می‌گم گاما گلوتامیک اسید؛ باقی‌مانده آمینواسیدی‌اش میشه گاما گلوتامیک اسید.

2. O_2 Damage Fixation (O_2 تثبیت آسیب وارده به مولکول توسط):

$R^{\cdot} + O_2 \rightarrow RO^{\cdot}_2$

مولکول رادیکال با اکسیژن ترکیب میشه و میشه رادیکال پراکسی.

پراکسید حاصل نمی‌تواند دستخوش Restritution بشه و از رادیکال اولیه به مراتب پایدارتر است. از این رو واکنش با اکسیژن معمولا منجر به تغییرات برگشت‌ناپذیر در مولکول بیولوژیک میشه. (یعنی چی؟!)

به این معنی است که؛ خاصیت رادیکال‌های آزاد این است که خیلی واکنش‌پذیر هستند و واکنش‌پذیر هستند یعنی این که با اولین چیزی که بهش برخورد کنند واکنش می‌دهند و بعد از تولید نیمه عمر این‌ها معمولا کسری از ثانیه است و خیلی عمر کوتاهی دارند. بنابراین اگر درست مجاور DNA نباشند، قبلش با یک چیزی دیگری واکنش می‌دهند و به DNA نمی‌رسند. وقتی خیلی خطرناک هستند که درست مجاور مثلا مولکول DNA یا یک ماکرومولکول مهم تولید شوند. اما اگر با اکسیژن ترکیب بشن هم رادیکال است و هم عمرشان طولانی‌تر است، چون عمر آن طولانی‌تر است (رادیکال پراکسید) فرصت diffusion (انتشار) دارد. در حالیت که بالاتر گفتیم هم فرصت انتشار دارد اما فرصتش خیلی کم است اما این رادیکال پراکسید فرصت خیلی زیادی برای انتشار دارد بنابراین احتمال این که برخورد کند و یک اثر منفی بگذارد خیلی زیاد است.

* واکنش‌هایی که تا این جا گفتیم برای تمام مولکول‌های بیولوژیک بود، حالا بیاییم در مورد واکنش‌های مهم با مولکول DNA بحث کنیم.

واکنش‌های مهم با مولکول DNA:

می‌خواهیم بررسی کنیم که اگر این تغییراتی که گفتیم روی مولکول DNA ایجاد بشه چه اثراتی خواهد داشت!!

تمامی این واکنش‌هایی که گفتیم می‌تواند با مولکول DNA صورت بگیرد؛ چند نمونه از آسیب‌های محتملی که به مولکول DNA وارد میشه، عبارت‌اند از:

1. گروه‌های عملکردی روی پورین‌های و پیریمیدین‌ها به طور برگشت‌ناپذیری تغییر کنند. [گفتیم، Dissociative Reaction که یک NH جدا می‌کرد و این NH ممکن است از باز DNA جدا بشه که میشه. گروه‌های عملکردی روی مولکول DNA تغییر کرده. این NH ها گروه‌های عملکردی بودن که عملکرد آن‌ها این بود که پیوند هیدروژنی می‌دادند و دو زنجیره را کنار هم نگه می‌داشتند و مهم‌تر این که هنگام همانندسازی جفت باز را مقابل‌شان قرار می‌گیرد و وقتی که این‌ها جدا بشن دیگه selective و انتخاب‌پذیری برای بازی که مقابل‌شان قرار می‌گیرد از دست می‌دهند، بنابراین ممکن است باز اشتباه مقابل آن‌ها قرار بگیرد در همانندسازی و منجر به جهش می‌شود.] این پدیده‌ی می‌تواند منجر به جایگزینی باز اشتباع در مولکول DNA حین همانندسازی شود.
2. آسیب وارده به بازهای پورین و پیریمیدین به حدی باشد که منجر به جدا شدن این بازها از مولکول DNA شود. حاصل یک جایگاه Apurinic یا Apyrimidic در DNA میشه. [یعنی یک جایگاه بدون پورین یا پیریمیدین] [آمینواسید در پروتئین که وارد شود یک آب از دست می‌دهد و میشه باقی مانده آمینواسید یا رزیجو. رزیجو یعنی آنچه که از آمینواسید باقی مانده. نوکلئوتید هم به این شکل است؛ وقتی نوکلئوتید آزاد داریم ترکیب شیمیایی آن فرق می‌کند، وقتی که backbone شکل می‌گیرد، نوکلئوتید آب از دست می‌دهد و میشه باقی مانده نوکلئوتید؛ حالا این باقی مانده نوکلئوتیدی بازش جدا می‌شود و قندش باقی می‌ماند و backbone هم است، اما این رادیکال باعث میشه که آسیب وارد مولکول DNA به حدی بشه که یک بازاش جدا شود. این باعث میشه که دوباره Subtitiution رخ دهد؛ یک

زنجیره سرجاش است و معادل یک نوکلئوتید هم هست اما بازاش را ندارد و حالا که باز ندارد برای هیچ کدام از چهار نوع نوکلئوتید دیگر هیچ ارجحیتی در این که در هنگام همانندسازی کدام‌شان روبه‌رویش قرار بگیرند ندارد. و دوباره درنهایت منجر می‌شود به جایگزینی باز اشتباه در مولکول DNA حین همانندسازی می‌شود.]

این‌ها منجر به جایگزینی باز اشتباه در رشته مقابل در حین همانندسازی می‌شود در مولکول DNA.

3. از طریق یک انتقال رادیکال شناخته شده، رادیکال بازی ایجاد شده به ستون فقرات قند فسفات منتقل میشه [اول باز، رادیکال شده. الکترون‌ها هی جابه‌جا می‌شوند و درنهایت back bone رادیکال میشه] به این ترتیب زنیجره DNA گسسته می‌شد!!
4. حاصل این فرآیند ssb و Dsb است. Single Strand brake و Double Strand brake (گسسته تک رشته‌ای یا گسسته دو رشته‌ای) مولکول DNA است.

آشکارسازی پرتوها (Detection):

پرتوها بر اساس تاثیری که در محیط می‌گذارند، به دو گروه تقسیم می‌شوند:

1- آن‌هایی که انرژی بیشتری در محیط، یونیزاسیون ایجاد می‌کنند.

2- آن‌هایی که انرژی کمتری دارند، در محیط، برانگیختگی ایجاد می‌کنند.

- ✓ در واقع به چه روشی ما پی به وجود پرتو در محیط می‌بریم؟!

نیاز به آشکارساز داریم و باید با استفاده از آن‌ها بررسی کنیم که پرتو هست یا نیست و چه پرتویی است و شدت پرتو چقدر است. هر سه این‌ها تعیین‌کننده تاثیری است که بر بدن موجود زنده‌ای می‌گذارد که در معرض تابشش

است. و در کل پس ما با استفاده از برانگیختگی و یا یونیزاسیون ایجاد شده توسط پرتو در محیط می‌توانیم پی به وجودش ببریم. (در واقع با استفاده از تاثیری که پرتو در محیط می‌گذارد می‌توانیم پی به وجودش ببریم)

- ✓ **انواع آشکارسازها: (Detectors)**

1. آشکارسازهای گازی (Gaseaus Ionization Detectors)
2. آشکارسارهای نیمه رسانا (Semiconductor Detector)
3. آشکارسازهای سوسوزن (Scintillation Detectors)

Point: گای رسانا، مبنای آن‌ها اندازه‌گیری یونیزاسیون پرتو در محیط است اما سوسوزن بر اساس برانگیختگی پرتو در محیط عمل می‌کند و در بیولوژی هم از سوسوزن استفاده میشه.

آشکارسازهای گازی:

اتاقک یونش (Ionization chamber)

شمارنده‌های تناسبی (proportional counter)

شمارنده‌های گایگر (Geiger – muller counter)

هر سه این‌ها، اساس آشکارسازی‌شان یکسان است و در مورد تفاوت‌های این‌ها صحبت خواهیم کرد.

آشکارسازهای گازی؛ اگر به یک اتاقک متحوی گاز پرتو تابیده بشه، گازها یونیزه میشن و حاصل آن، تولید یون‌های مثبت و منفی میشه. و اگر سیستم را به حال خودش رها کنیم، این یون‌های مثبت و منفی دوباره با هم ترکیب میشن و مولکول گاز اولیه را به وجود می‌آورند؛ اگر در دو طرغ این اتاقک دو تا الکترود بگذاریم؛ یون‌های تولید شده توسط پرتو بر حسب بارشان به طرف یکی از الکترودها مهاجرت می‌کنند.

حاصل مهاجرت یون‌ها به طرف الکترودها، اگر مدار بسته باشد. میدان الکتریکی حاصل میشه.

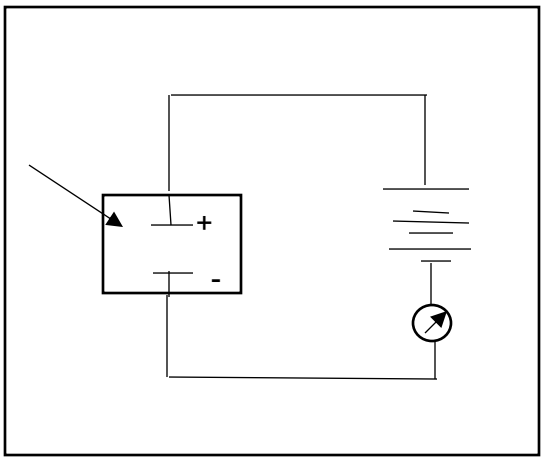
[در واقع الکترودها یک اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌کنند و این یون‌ها به الکترودها مهاجرت می‌کنند و مدار اصطلاحا بسته میشه و تا هنگامی که گاز است، مدار باز است و وقتی یون‌ها مهاجرت کردند مدار بسته میشه و ما در میدان جریان الکتریکی داریم]. پس حاصل مهاجرت یون‌ها به طرف الکترودها بسه شدن مدار و جریان الکتریکی در مدار ایجاد می‌شود.

شدت این جریان به شدت پرتو بستگی دارد. هر چه پرتو شدتش بیشتر باشد.

تعداد یون‌هایی که درست می‌کند، بیشتر است؛ بنابراین شدت جریان الکتریکی هم بیشتر میشه.

بنابراین شدت جریانی که در مدار ثبت میشه، معیاری است از شدت پرتو شدت. شدت جریانی که در مدار ثبت می‌کند آیا به اختلاف پتانسیل الکتریکی که ما در دو طرف اعمال کردیم بستگی ندارد؟!

هر چه اختلاف پتانسیل بین دو الکترود بیشتر باشد و پیل الکتریکی قوی‌تر باشد. شدت جریانی که در مدار ثبت میشه بیشتر است (چرا؟)



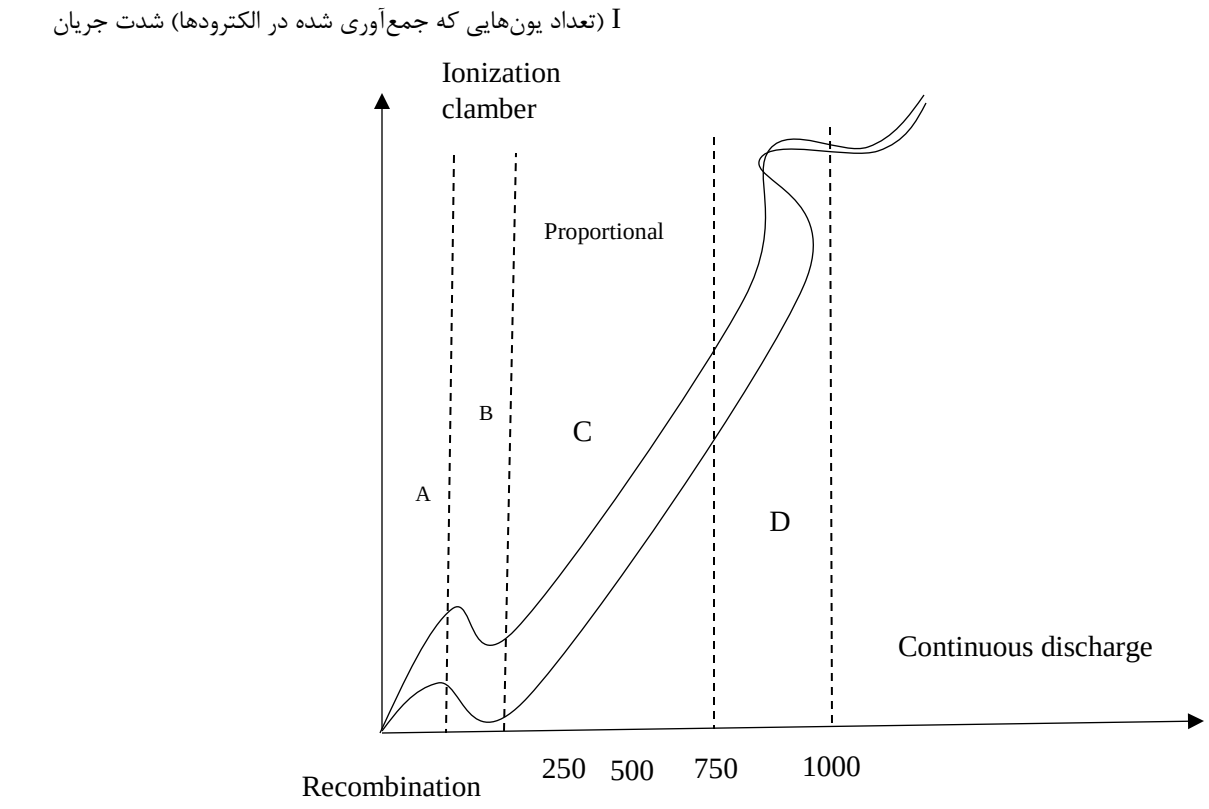
چون یون‌هایی که در اثر تابش پرتو در اتاقک گازی تولید شدند، حین مهاجرت به سمت الکترودها فرصت دارند که باز ترکیب بشن (یعنی یون‌های مثبت و منفی با هم ترکیب بشن)، بنابراین پیش از رسیدن به الکترود، بخشی از آن‌ها تبدیل به گاز خنثی میشن و تاثیری روی جریانی که ایجاد میشه ندارند. هر چه اختلاف پتانسیل بیشتر باشد، احتمال این که یون‌های تولید شده توسط پرتو باز ترکیب مجدد بشن کمتر است و احتمال این که به

الکترودها بر سند بیشتر است، به همین دلیل با افزایش اختلاف پتانسیل بین دو طرف اتاقک گازی، شدت جریانی که در مدار ثبت میشه بیشتر است.

به طور خلاصه: در اختلاف پتانسیل بالاتر، کیفیت مهاجرت یون‌ها بهتر میشه.

پس شدت جریانی که در مدار ثبت میشه به دو عامل بستگی دارد: 1- شدت پرتو و 2- اختلاف پتانسیل بین دو طرف اتاقک گازی

حالا یک آزمایشی طراحی می‌کنیم، یک شدت ثابتی از پرتو، شدت اختلاف پتانسیلی را تغییر می‌دهیم؛ خواهیم داشت:



Geger - Mullar

ما انتظار داریم که، وقتی اختلاف پتانسیل دو طرف اتاقک را افزایش بدهیم، تعداد یون‌هایی که در الکترودها جمع میشن یعنی I بیشتر بشه و انتظار داریم که منحنی خطی بشه؛ اما هنگامی که منحنی را رسم کنیم به شکل بالا درمی‌آید.

این منحنی را می‌توانیم به چهار ناحیه تقسیم کنیم؛

B = منطقه اشباع D = منطقه Giger و A و C

شمارنده‌های گازی که گفتیم، همه آن‌ها همین شکل هستند و هر کدام در یک منطقه‌ای کار می‌کنند. در منطقه A، هیچ شمارنده‌ای کار نمی‌کند/ اتاقک یونش در منطقه B کار می‌کند. شمارنده تناسبی در ناحیه C کار می‌کند. شمارنده گایگر هم در ناحیه D کار می‌کند.

ناحیه A: ولتاژ به کار رفته نسبتا کوچک است. یون‌هایی که توسط پرتو در اتاقک گازی تولید شدند در معرض یک میدان الکتریکی نسبتا ضعیف قرار دارند، به همین دلیل، بسیاری از یون‌های تولید شده، قبل از این که به الکترودها برسند، با هم دیگر ترکیب میشن و مولکول‌های خنثی درست می‌کنند. به این ترتیب در ناحیه A، جریان ناشی از جمع‌آوری یون‌ها در الکترودها، کوچک است، به طوری که هیچ آشکارسازی در این ناحیه کار نمی‌کند.

حالا، ما اختلاف پتانسیل را افزایش دادیم تا رسیدیم به ناحیه دوم یا منطقه اشباع.

ناحیه B: در ناحیه B یا منطقه اشباع یا منطقه پلاتو. اختلاف پتانسیل الکتریکی به حد کافی افزایش یافته، به طوری که همه‌ی یون‌هایی که در اثر تابش پرتو در اتاقک یونش تولید شدند بدون آن که فرصت باز ترکیب مجدد داشته باشند به الکترودهای می‌رسند. به همین دلیل هم است که با افزایش شدت اختلاف پتانسیل، برای مدتی شدت جریان افزایش پیدا نمی‌کند. همه‌ی یون‌ها در این ناحیه مهاجرت کردندو با افزایش شدت جریان دیگه تعداد یون‌ها افزایش پیدا نمی‌کند. (با افزایش شدت میدان الکتریکی، شدت جریان افزایش پیدا نمی‌کند.)

شمارنده اتاقک یونش در ناحیه B کار می‌کند.

Point: شمارنده تناسبی و شمارنده گایگر و اتاقک یونش. همه این‌ها دستگاه‌شان یک شکل است و اساس کارشان هم یک شکل است اما ولتاژی که اعمال می‌کنند.

اختلاف پتانسیلی که اعمال می‌کنند فقط فرق می‌کند.

ناحیه C: (تا این جا همه یون‌ها به الکترودها رسیده‌اند) در این ناحیه ولتاژ به کار رفته، نسبت به ناحیه اشباع (B) افزایش پیدا کرده و میدان الکتریکی در شمارنده تناسبی، شدیدتر از میدان الکتریکی است که در اتاقک یونش داریم (به کار بردیم).

اتفاقی که در ناحیه C رخ می‌دهد این است که یون‌ها تکثیر میشن، همین که سرعتش بیشتر میشه قبل از رسیدن به الکترود، مقدار زیادی را دوباره خودش یونیزه می‌کند و این یون‌ها، یون‌های ثانویه هستند و یون‌هایی نیستند که در اثر تابش پرتو ایجاد بشن بلکه در اثر مهاجرت ایجاد میشن.

در ناحیه C تکثیر یونی اتفاق می‌افتد، به این ترتیب که وقتی زوج یون مثبت و منفی در اثر تابش پرتو در اتاقک گازی تولید میشن، این یون‌ها همین مهاجرت به سمت الکترودها به دلیل اختلاف پتانسیل الکتریکی زیاد، شتاب بالایی پیدا می‌کنند؛ به طوری که انرژی کافی جهت یونیزه کرد سایر اتم‌های گازی در مسیرشان پیدا می‌کنند.

در حقیقت یک زوج یون که به طور مستقیم در اثر تابش پرتو تولید بشه می‌تواند از طریق فرآیند تکثیر یون، تعداد کل یون‌ها را به نسبت 10^5 تا 10^6 برابر افزایش بدهد. (یعنی یک یون قبل از این که برسه به الکترود، یک میلیون یون دیگر تولید می‌کند.)

در چنین شرایطی، ثبت تک به تک پرتوها یا ذرات ورودی امکان‌پذیر می‌شود.

شمارنده تناسبی در ناحیه C کار می‌کند. (چرا؟!) چون در این ناحیه هنوز شدن جریانی که در مدار ثبت میشه متناسب با شدت پرتو است.

ناحیه D: ناحیه گایگر. ولتاژ به کار رفته خیلی افزایش پیدا کرده، به طوری که میدان الکتریکی درون آشکارساز آنقدر بالا است که هر ذره‌ای از پرتو که یک زوج یون درون آشکارساز تولید کند می‌تواند با تکثیر یون‌ها، بهمنی از الکترون‌ها راه بیندازد. در چنین شرایطی، شدت پالس‌های الکتریکی در مدار از انرژی ذره آغازکننده (پرتو)

مستقل است. (دیگه مهم نیست پرتو ما انرژی‌اش چقدر باشد؛ چه یک زوج یون تولید کند چهه صد تا، نتیجه آن یک پالس الکتریکی قوی است.

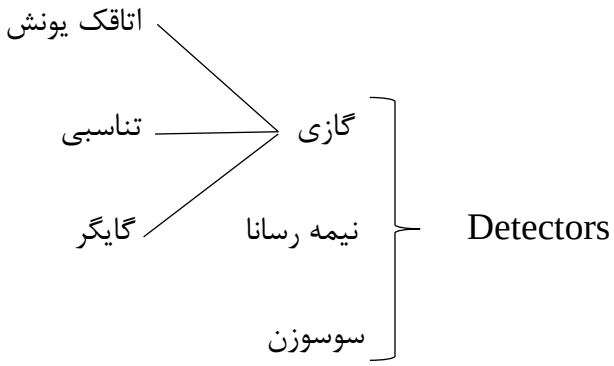
تشخیص انواع تابش‌های هسته‌ای در ناحیه شمارنده گایگر ممکن نیست. چون پرتوهای α و β و γ بهمن‌های مشابهی از الکترون به راه می‌اندازند.

شمارنده گایگر در این ناحیه کار می‌کند. شمارنده‌های گایگر معمولا برای شمارش پرتوهای (x و β و γ) به کار می‌رود. معمولا برای شمارش پرتو α مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. (چرا؟!) چون برد α خیلی کوتاه است و چون برد آن کوتاه است، معمولا در هوا متوقف میشه و به شمارنده نمی‌رسد.

اگر ولتاژ را از 1000 ولت بالاتر ببریم چه می‌شویم؟! دیگه به همان ؟؟؟؟ برای تخلیه الکتریکی نیاز نداریم و گاز خودش رسانا میشه یعنی همان میدان الکتریکی یون‌های و سطر را یونیزه می‌کند و دیگر نیازی به تابش پرتو هم نیست یعنی تخلیه الکتریکی صورت می‌گیرد و گاز رسانا میشه. میشه لامپ مهتابی

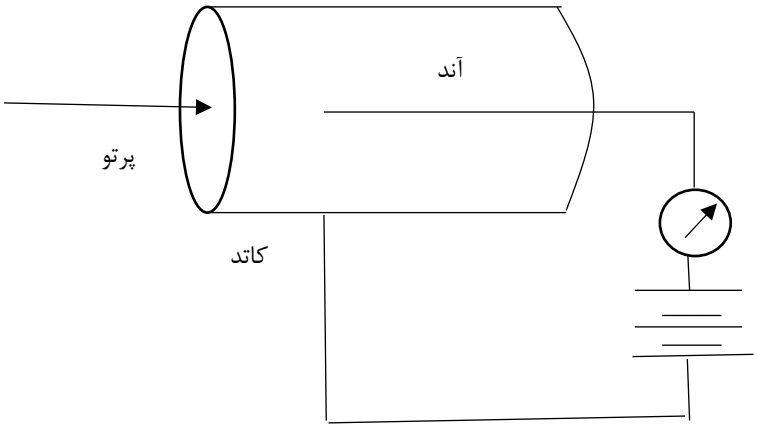
* پس بعد از ناحیه گایگر، گاز خود به خود رسانا میشه و تخلیه الکتریکی صورت می‌گیرد.

جلسه سیزدهم پرتویی (9 دی):



شکل واقعی دستگاه شمارنده گازی:

وقتی که پرتو تابشی پیدا می‌کند، پرتو در مسیر خودش، یون‌های مثبت درست می‌کند و این یون‌های مثبت به سمت بدنه خارجی کشیده میشن و یون‌های منفی به سمت آند مرکزی رفته و جذب آند می‌شوند.



به طور کلی آشکارسازی از سه مرحله تشکیل شده و تمام آشکارسازهای گازی بر اساس این سه مرحله اصل کار می‌کنند:

1. تابش هسته‌ای: برخی از مولکول‌های داخل اتاقک را یونیزه می‌کند.

2. میدان الکتریکی درون اتاقک، یون‌های تولید شده را به سوی الکترودها جذب می‌کند که باعث ایجاد جریان در مدار می‌شود (در مدار الکتریکی می‌شود) شده جریان حاصل توسط ابزارهای الکتریکی اندازه‌گیری می‌کند.

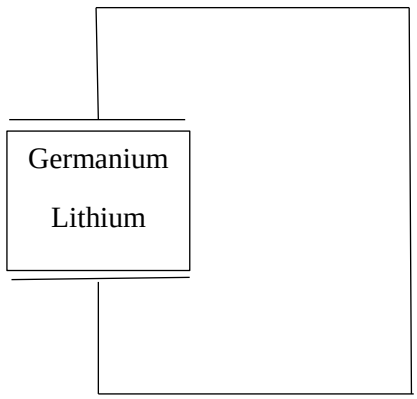
3. شدت جریان متناسب است با شدت پرتو است.

آشکارسازهای نیمه رسانا:

از بین آشکارسازهایی که نام بردیم، آشکارسازهای نیمه رسانا یا حالت جامد، دقیق‌ترین و کاراترین (راندمان این‌ها حداکثر است) آشکارسازهای موجود هستند.

این آشکارسازها ساده‌ترین شکل خودشان تشکیل شده‌اند. یک ماده جامد نیمه رسانا مانند ژرمانیم همراه با ناخالصی لیتیوم که بین دو تا الکترود قرار گرفته‌اند.

همان طور که می‌دانیم، آشکارسازهای گازی با زوج یون‌هایی کار می‌کنند که شامل یک الکترون و یک یون مثبت است اما آشکارسازهای نیمه رسانا با زوج یون‌هایی کار می‌کنند که شامل یک الکترون و یک حفره است. (این حفره اصطلاح است)



چرا اجسامی مثل فلزات رسانا هستند؟! راحت الکترون ازشون جدا میشه و خیلی به هسته مادری‌اش قیدی ندارد و خیلی راحت ازش الکترون جدا میشه. اما در مواد نیمه رسانا به این شکل نیست و الکترون‌ها همه‌شان به هسته مادری‌شان مقید هستند و راحت جدا نمیشن اما اگر همین‌ها در معرض تابش پرتو قرار بگیرند یکی از آن‌ها ممکن است یونیزه شود و یک الکترون از ان جدا شود و الکترون که ازش جدا بشه، در جایی که الکترون ازش جدا نشده یک الکترون کم داره به این می‌گن یک حفره الکترون (حفره‌ای واقعا در کار نیست)

الکترون داره در جهت 2 به 1 حرکت می‌کند در جهت عکس آن حرکت می‌کند.

و این که از چه جهتی الکترون می‌گیرد، براش فرقی نمی‌کند و از هر جایی از اطرافش می‌تواند الکترون بگیرد؛ اما اگر میدان اعمال کنیم، جهت می‌گیرد و جهت که داد میشه مثل (- | | +) یعنی به نظر می‌رسد که توی ماده یک الکترون داره به یک جهت میره و حفره در جهت عکس آن حرکت می‌کند.

این حفره که داره در جهد عکس حرکت می‌کند شبیه به یک ذره با بار مثبت رفتار می‌کند (هیچ ذره‌ای نیست اما به نظر می‌رسد که الکترون دارد در یک سمت میره و حفره داره در جهت عکس آن می‌رود.) به همین دلیل بهش می‌گن. زوج الکترون حفره. (به جای یون مثبت، حفره الکترونی داریم.)

در مواد نیمه رسانا، الکترون‌های ماده‌ی نیمه رسانا در حالت عادی به اتم‌های مادری خودشان مقید هستند و نمی‌توانند مانند حامل‌های بار در گروه سرگردان باشند (داره با فلزات مقایسه می‌کند.)

اما اگر یک ذره‌ی باردار ورودی یا یک پرتوی الکترونگاتیو به یک الکترون مقید ماده نیمه رسانا انرژی کافی بدهد، الکترون از قید هسته‌ی مادری‌اش آزاد میشه. جدا شدن الکترون مقید از شبکه باوری منجر به تشکیل یک حفره در جایی که الکترون از دست رفته است می‌شود. در صورتی که یک الکترون مجاور به این حفره منتقل شود، این حفره پر می‌شود اما در محل آن الکترون یک حفره جدیدی شکل می‌گیرد. این فرآیند تکرار میشه و می‌توانیم این طور توصیف کنیم که حفره‌ای در جهت مخالف حرکت الکترون‌ها در ماده حرکت می‌کند، که مثل ذره‌ای با بار مثبت است.

به همین دلیل است که زوج الکترون حفره را اصطلاحا زوج یون می‌گیوند. یک زوج الکترون حفره می‌تواند توسط یک میدان الکتریکی حارجی شتاب بگیرد و در نتیجه تعداد بیشتری زوج یون تولید کند و درنهایت تبدیل به یک پالس الکتریکی قابل اندازه‌گیری شود.

این پدیده اساس آشکارسازی آشکارسازهای نیمه رسانا است.

در آشکارسازهای نیمه رسانا، میشه آشکارساز را طوری تعیین کرد که برای شمارش الکترون‌هایی با انرژی جنبشی (الکترون‌ها یعنی پرتو β) در حد 20 کیلو الکترون ولت تا یون‌های سنگینی به بزرگی انرژی جنبشی 200 مگاالکترون ولت (10 هزار برابر)، دستگاه حساسیت داشته باشد.

این شمارنده‌ها در ثبت ذراتی که در ناحیه‌ی حساسیت دستگاه هستند، کارایی آن‌ها 100 درصد است و به مراتب راندمان‌شان از آشکارسازهای گازی بیشتر است.

آشکارسازهای سوسوزن: اساس این‌ها برانگیختگی ایجاد شده توسط پرتو در محیط) آشکارسازهای سوسوزن، برانگیختگی ایجاد شده توسط پرتو در محیط را اندازه می‌گیرند. بعضی از مواد در اثر تابش پرتوهای الکترونگاتیو، برانگیخته میشن و در توی بازگشت به حالت پایه، انرژی دریافتی را به صورت یک تابش الکترومغناطیسی معمولا در محدوده‌ی نور مرئی تابش می‌کنند. به این پدیده فلورسانس می‌گویند و به این مواد می‌گیوند فلور.

پرتوهای α و β و γ و نوترون، همه این‌ها، فلورهای اختصاصی خودشان را دارند.

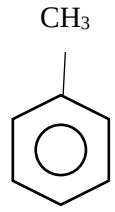
Flurescence
Fluor (اسم)
Fluoro scont

فلور اختصاصی: ماده‌ای است که اگر در معرض تابش آن پرتو قرار بگیرد، نشر می‌کند.

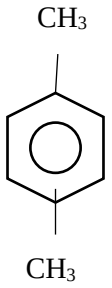
پرتو	فلور اختصاصی
α	ZnS (سولفید روی) – ZnI (یدید روی)
β	مولکول‌های آلی حلقوی که همه آن‌ها آروماتیک و کانژوگه هستند! باید حتما یک اتصال پیوند دوگانه باشد مثل یک سیمی که در تمام طولش رسانا است. ساده‌ترین آن‌ها، بنزن و تولوئن (همه مشتقات این‌ها هم جزءشان است ...
γ	$Na(Tl)\ I$ (یدید سدیم همراه با ناخالصی تالیوی است) یعنی بلور NaI داریم اما در بعضی جاها به جای Na، تالیم می‌چسبد، درصد خیلی کمی تالیوم داریم.
N	$Li(Tl)I - Li(Eu)I$؛ یدید لیتیم همراه با ناخالصی یوروبیون و تالیوم است.

نوترون با لیتیم برخورد و ذرات α تولید می‌کند و این α ثانویه خاصیت فلوئورسنس دارد.

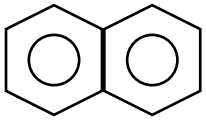
کانژوگه پیوندهای دوگانه درمیان.



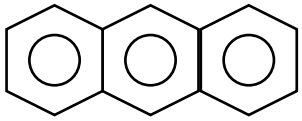
Toluene



Xylene



Naphtalen



Anthracene

برای آشکارسازی باید، فلور و صادرکننده مجاور (؟؟؟) قرار بگیرند. این خیلی اهمیت دارد. (چرا؟!) چون مثلا در مورد پرتو آلفا گفتیم که برد آن چند میلی‌متر است. پس بهتر است که در مجاور هم قرار بگیرند.

[اینی که در ادامه میگیم زیاد مهم نیست، صرفا برای کامل شدن بحث گفته شده]

فلور پرتوهای آلفا همگی کریستال هستند (ZnS و ZnI هر دو کریستال هستند). به همین دلیل برای کاهش فاصله فلور و پرتو می‌توانیم، فلور و صادر کننده را پودر کنیم و با هم مخلوط کنیم و یا درون کریستال فلور یک حفره ایجاد کنیم و صادرکننده را درون حفره بریزیم. در سامانه‌های بیولوژیک معمولا با صادرکننده‌های α سروکار نداریم.

در مورد صادرکننده‌های پرتو γ، مشکل آلفا را نداریم. (چرا؟!) چون قدرت نفوذ γ به مراتب بیشتر از قدرت نفوذ آلفا است. (قدرت نفوذ منظو همان برد است.)

به عنوان مثال اگر در یک سامانه زیست‌شناختی یک صادر کننده γ داشته باشیم می‌توانیم نمونه را بریزیم در لوله‌ی آزمایش و بهش کریستال فلور اضافه کنیم و با قرار دادن لوله آزمایش درون شمارنده (آشکارساز) شدت پرتو را مشخص کنیم.

* در سامانه‌های بیولوژیک معمولا از صادرکننده‌های β استفاده می‌کنند.

در موررد صادرکننده‌های β، مشکلی که وجود دارد این است که چون معمولا صادرکننده‌های β، مولکول‌های آلی حلقوی هستند که در حلال‌های آلی حل می‌شوند؛ اما حلال سامانه‌های بیولوژی یا سامانه‌های زیست شناختی، آب است. [فلور در یک فاز غیرآبی حل میشه و صادرکننده در فاز آبی حل میشه]. حلال این‌ها با هم متفاوت است. به همین دلیل، مجاور کردن صادرکننده‌های β با فلور دشوار است، برای حل این مشکل از شمارنده‌های مایع یا آشکارسازهای مایع استفاده میشه (Liquid Scintillation Counting Assay)

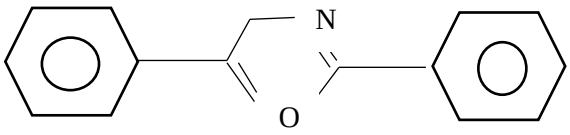
Liquid Scintillation Counting Assay:

یک متد آزمایشگاهی استاندارد در علوم زیستی برای اندازه‌گیری تابش‌های منتشر از هسته‌های صادرکننده β است. در زیست‌شناسی سلولی و مولکولی معمولا برای ردیابی ترکیبات در واکنش‌های شیمیایی آن‌ها را با ایزوتوپ-های رادیواکتیو مثل: $^{35}_{16}S$ و $^{32}_{15}P$ و $^{14}_{6}C$ و $^{3}_{1}H$ نشان‌دار می‌کنند.

برای سنجش مواد رادیواکتیویته اصل از مواد نشان‌دار هم متداول‌ترین روش LSCA است. (چرا؟!) چون که ما یک محلول داریم از یک ماده بیولوژیکال که حاوی عناصر رادیواکتیو است.

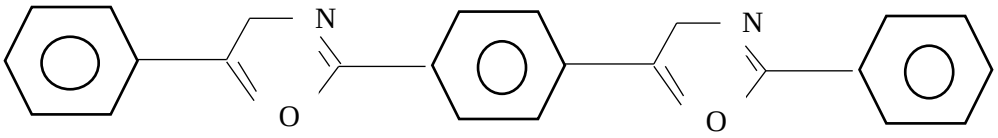
در این روش محلول واکنش را با فلور β، که به آن Cocktail Scintillation گویند مخلوط میشه. Cocktail شامل فلور β است که در یک حلال آلی مناسب مثل Benzene / Toluene / حل شد. (یک ماده انتخاب کردیم که هم فاز آلی را در خودش حل کند و هم فاز آبی را در صورتی که نور منتشره از فلور β در ناحیه (محدوده) حساسیت دستگاه نباشد، Cocktail حاوی ترکیباتی برای شیفت دادن طول موج است.

(wavelength shifter) این ترکیبات مثل:

1)  (1, 5 – diphenyloxazole)

(Scintillator (primary flour))

(PPO)

2)  (popop)

(1 , 4 – bis – 2 – (5 – phenyloxazole benzene)

(secondry flour)

مراحل آشکارسازی به این ترتیب است:

1- ابتدا مولکول‌های حلال که در معرض بمباران ذرات β صادر شده از هسته‌های رادیواکتیو قرار گرفتند تحریک میشن. [تریتیوم، کربن، فسفر و گوگرد رادیواکتیو؛ همه صادرکننده β هستند].

2- مولکول‌های حلال تحریک شده، انرژی دریافتی را به مولکول‌های Scintilator منتقل می‌کنند (Scintilator، لیتیم است)

3- مولکول‌های Scintilator، انرژی‌ای را که از مولکول‌های حلال دریافت کردند، طی پدیده فلورسانس به صورت یک تابش الکترومغناطیس نشر می‌دهند.

4- شدت فلورسنس حاصل از مولکول‌های Scintilator که با تعداد هسته‌های رادیواکتیو متناسب است، اندازه-گیری میشه.

* در صورتی که نور منتشره از مولکول‌های Scintilator در محدوده‌ی حساسیت دستگاه نباشد، از ترکیبات شیفت دهنده طول موج که اصطلاحا فلور ثانویه نامیده میشه استفاده میشه. فلور ثانویه، فوتون‌های تابش شده از

فلور اولیه (مولکول‌های Scintilator) را جذب می‌کند و مجددا به صورت یک تابش الکترومغناطیسی با طول موج بلندتر نشر پیدا می‌کند. به این ترتیب، تابش الکترومغناطیسی در محدوده‌ی حساسیت دستگاه قرار می‌گیرد.

[در cocktail، علاوه بر ppo، popop هم داخلش است؛ چرا؟! چون نوری که نشر می‌دهد مثلا حساسیت دستگاه 200 تا 800 است و نوری که نشر میده 100، این فلور ثانویه را بهش اضافه می‌کنند؛ 100 را (طول موج کوتاه‌تر) جذب می‌کند و طول موج بلندتر نشر می‌دهد. از طول مولکول هم حتی مشخص است، popop طول سیستم بلندتر است و طول سیستم کونژوگه بیشتر است و وقتی سیستم کونژوگه طولش بیشتر باشد، طول موج نشری هم بیشتر میشه. چرا؟! الکترون راحت‌تر حرکت می‌کند و انرژی لازم برای برانگیختگی‌اش کمتر میشه و طول موجی که نشر میکنه بلندتر است.]