ماجراهای جدید آنسلم لانتورلو رایگان
Anselme Lanturlu
دانستن بدون مرز

Les aventures d'ANSELME LANTURLU
مجموعه های
رایگان
آنسِلم لانتورلو

انرژی تمند شما

نوشته و نقاشیهای
ژان پییر پُتی
ترجمهٔ هوشنگ پژمان

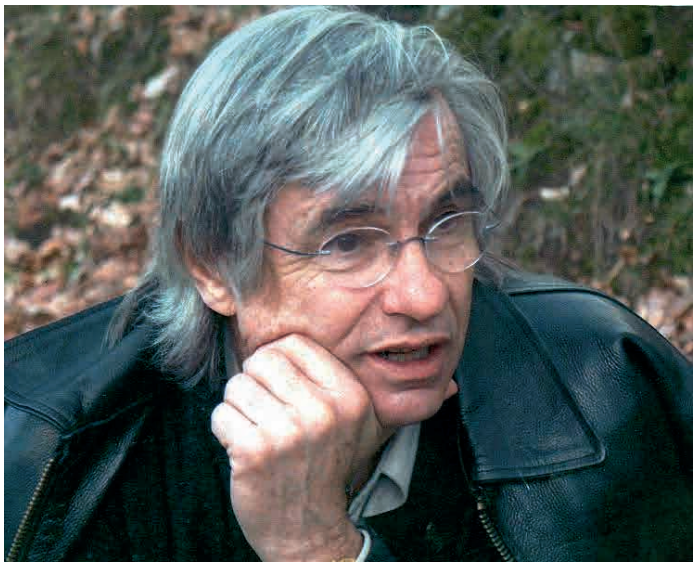
Energétiquement Vôtre
Jean-Pierre Petit

دانستن بدون مرز
Savoir sans Frontières
http://www.savoir-sans-frontieres.com

دانستن بدون مرز

Savoir sans Frontières

تابع قانون ۱۹۰۱



ژان پییر پُتی، رئیس انجمن

Jean-Pierre PETIT, Président de l'Association

پرفسور ژان پییر پُتی، دانشمند و مدیر پیشین پژوهش مرکز ملّی تحقیقات علمی فرانسه (CNRS)، دکتر و فیزیکدان در زمینه های کیهان شناسی و نجوم، پلاسما، مکانیک سیّالات، مغناطیس هیدرودینامیک و مغناطیس آیرودینامیک، و همچنین نویسندهٔ بیش از ۳۰ اثر علمی بویژه در زمینهٔ هوا–فضا است.

وی آفرینندهٔ یک سبک نو پدید در اسلوب مجموعه داستانهای مصوّر علمی است.

در سال ۲۰۰۵ میلادی (۱۳۸۳ هـ.ش)، با یکی از دوستان خود بنام ژیل داگوستینی، انجمن «دانستن بدون مرز» را با هدف عامّی سازی و توزیع و ترویج رایگان دانسته ها در جهان، نه تنها علمی و فنّی، تأسیس نهاد.

مترجمین بسیاری، تاکنون مجموعه های وی را به ۲۸ زبان گوناگون از جمله به لائوسی و روئاندایی برگردان نموده اند، و هر بار، تخصیص صد و پنجاه یورو (در سال ۲۰۰۷ میلادی) از هزینهٔ مالی انجمن را که با حسب عهده دار شدن مخارج بانکی، منحصراً به حدّت وجوه نیکوکاران و خیّرین تأمین و پیشریز شده است را، ویژهٔ خود نموده اند.
هم اکنون بیش از ۴۰۰ عدد از این مجموعه ها به زبانهای مختلف، بطور رایگان از طریق اینترنت قابل دانلود هستند.

این فایل PDF که در پیش روی دارید، آزادانه، بطور کامل و یا جزئی، منوط بر عدم منفعت مادّی، قابل کُپی و تکثیر توسّط دبیران و آموزگاران است، همچنین، میتوان آنرا چه به روش دیجیتال و چه به روش چاپی، مشروط بر اینکه هیچگونه منفعت مالی از این فعالیت حاصل نشود، از طریق شبکه های رایانه ای مدارس و دانشگاه ها، و از طریق کتابخانه های شهری در اختیار عموم قرار داد.

نویسنده، اقدام به تکمیل گردآوری مجموعه ها، ابتدا توسّط مجموعه های ساده تر برای سنین ۱۲ سال کرده است.
به همچنین مجموعه های متکلّم رایانه ای برای بیسوادان را، در دست تدارک دارد، بدینسان که ایشان با قرار دادن موشواره بروی تصاویر، متن نوشته شده را به واسطهٔ خوانده شدن متن متکلّم از پیش ضبط شده در فایل، شنود مینمایند، و نیز برای کسانی، که مایل به فراگیری زبانی دیگر با اتّکا بر زبان اوّلیهٔ خود هستند.

انجمن، دائماً در تکاپوی مترجمین با صلاحیّت و مسلّط بر جنبهٔ فنّی این مجموعه ها برای برگردان به زبان مادریشان است.

جهت تماس با انجمن، به سایت زیر مراجعه شود

http://www.savoir-sans-frontieres.com

قابل توجّه اهداگران ارجمند

برگهٔ مشخصّات بانکی انجمن «دانستن بدون مرز» :

Savoir sans Frontières

واریز از طریق بانکهای داخلی فرانسه : ◄ **Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :**

Etablissement	Guichet	N° de Compte	Clé RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

واریز از طریق بانکهای ایران و سایر کشورها :

International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822 226V029 88

و همچنین :

Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

اساسنامهٔ انجمن (به زبان فرانسوی) بر روی سایت اینترنتی انجمن موجود میباشد. حسابداری انجمن، بطور زنده و مستقیم و بطور آنلاین از طریق سایت اینترنتی انجمن قابل دسترسی میباشد. انجمن، از روی وجوه اهدایی، بجز مبالغ مربوط به هزینه های نقل و انتقالات بانکی، اقدام به هیچگونه برداشتی بنفع خود نمینماید، بطوریکه مبالغ واریز شده به حساب مترجمین، سر راست و دقیق باشند.

انجمن هیچیک از اعضای خود را که همگی داوطلب هستند به استخدام خود در نمیآورد. اعضا، تمامی مخارج عملیاتی انجمن را، بخصوص مخارج مدیریّت سایت اینترنتی را که انجمن متعهّد آن نمیشود، به تنهایی متحمّل میشوند.

بدین ترتیب، شما میتوانید اطمینان خاطر حاصل نمایید که هر آنِ وجهی که شما به این «اثر فرهنگی انساندوستانه» اهدا نمایید، تمام و کمال و منحصراً به پرداخت مترجمین اختصاص خواهد یافت.

ما بطور میانگین، حدود ده ترجمه در ماه، به زبانهای گوناگون،
بر روی سایت اینترنتی انجمن قرار میدهیم.
با سپاس

http://www.savoir-sans-frontieres.com

مقدمه

روزی روزگاری بود
که انسانها آتش را نمیشناختند
و غذاهایشان را زیر نور خورشید میپختند.

حالا یک سیستمی درست کردم که هر شب، این کفهٔ پر از سنگ داغ را به داخل غار میکشه

و در روز محمولهٔ وزنه ها را بالا میکشم

انرژی پُتانسیل ذخیره میکنی

راحته. ولی چرا **کار** را همیشه ما باید انجام بدیم ؟

آنسِلم، حالا داری چیکار میکنی ؟

حالا روِش **ذخیرهٔ انرژیم** را تکامل میدم

ایناها !

میخواهی بگی **داخل** این جعبه انرژی ذخیره کردی ؟

؟

سیستمی که اختراع کردم ذخیرهٔ **انرژی دَرونی** را نمایان میکنه

؟...

انرژی که میتونم **جابجا** کنم و هر موقع بخوام **مجدداً** ازش استفاده کنم

یوهووووووو

تِق !

انرژی شیمیایی

صوفیا ! پیدا کردم ! توی این **پودر سیاه** که الآن اختراع کردم، **انرژی** هست

میشه ازش برای پختن غذاها و برای گرم کردن خودمون استفاده کرد !

الآن نشونت میدم ...

اگر نظر منو بخوای، اختراع خوبیه، ولی استفاده کردنش خیلی ساده نیست

یعنی باید صرف نظر کنم ؟

حالا بیا با ماسه مخلوطش کنیم ببینیم چی میشه ؟

زمستون از سرما یخ نمیزنیم ...

توزیع گرما میتونه کنترل بشه

آره، خوب شد !!! ماسه این مخلوط را آرام میکنه و انرژیش را آهسته تر آزاد میکنه !

انـــرژی هـــسـته ای

جعبه هایی که داخلشون جِن هست !؟

افسانه ای هست که میگه، قدیم قدیمها، **انرژی**، درون **هسته** های بعضی از **اتم** ها مثل **اورانیُم**، ذخیره شده بوده.
این اتم ها در کورهٔ جهنمی خورشیدها بوجود آمده اند، سپس به بیرون جهیده شدند و هنگام شکل گرفتن کرهٔ زمین، در جرم کرهٔ زمین حبس شدند.

امّا این اتم ها جعبه های محکمی نیستند.
و گهگاهی، درشون شُل میشه.

و
جن های **انرژی**
رها میشن

این افسانه میگه که در **آخر زمان**، همهٔ جِن ها از جعبه ها خارج میشن و اینطوری کیهان دیگه انرژی نخواهد داشت.

و مثل رودهٔ یک خوک،
بادش در میره.

ولی خیلی طول میکشه، خیلی خیلی ...

که اینطور !

و باید از خدایان تشکر کرد
که پیشبین بودند و
برای ما اینهمه انرژی کنار
گذاشتند.

اجِنه ها چه مدّت توی جعبه ها میمونند ؟
هسته ها تا چه مدّت انرژیی را که دارند، نگه میدارن ؟

پسرم، بستگی داره به جعبه ها و به هسته های اتم.

دورهٔ یک عنصر رادیواَکتیو

(رادیواکتیو = پرتوافکنی / تشعشعات سمّی)

اگر مجموعه ای از جعبه ها را درنظر بگیریم که جن داخلشان هست، رأس زمان **T** که اسمش را **نیمه-عُمر** یا **دوره** میگذاریم، **نصف** جعبه ها، جن های خود را رها ساخته اند. در مدّت زمانی برابر، نیمهٔ باقیماندهٔ جعبه ها، به نوبهٔ خود جن هایشان را رها میسازند. و به همین ترتیب ادامه خواهد یافت. این نیمه-عُمر، میتونه خیلی متغیر باشه : میلیاردها سال، یا چند دهم ثانیه.

و اگر اینهمه جعبه با اجنهٔ داخلشون و تمام این هسته های پر از انرژی، در دل زمین وجود نداشتند، ما در زمستانها، خیلی بیشتر از این سردمون میشد.

چه خوب میشد اگر میتونستم همهٔ این اتم های پر از انرژی را پیدا کنم

کافی بود میتونستم به مقدار کافی در این بطری جمع کنم، که زمستون خودم را گرم کنم !

آنسِلم، توجه داشته باش، فنرهای **انرژی هسته ای**، بینهایت از فنرهای **انرژی شیمیایی** قوی تر هستند. **صدها میلیارد بار قویترند.**

اجنهٔ رها شده توسط هسته های رادیواکتیو، با شدّت بسیار زیاد میجهند.

ببینیم چیزیکه آقای آلبِرت میگه درسته یا نه ؟
درِ این جعبه ها یواش یواش لیز میخورند. اینجوری یکی یکی باز میشن.

من این جعبه ها را
کنارهم میچینم

خُب، وقتی زمان نیمه-عمر به سر رسید، نصف جعبه ها خالی شدند.

پُک !
پُک !
پُک !
پُک !
پُک !
پُک !
وای !..
آقای آلبِرت
حق داشت

در دوّمین مدّت زمانیِ برابربا اوّلی، نصف بقیهٔ جعبه ها هم،
جن هاشونَ را به بیرون پرتاب کردند.

یعنی $\frac{۳}{۴}$ جعبه ها خالی شدند ...
پُک !
پُک !
و بقیه هم به همین ترتیب

تبدیل انرژی

میشه ! **انرژی** منتشر شده توسط این **اتم های رادیواکتیو**، توسط آب جذب میشه و **به گرما تبدیل میشه**.

گونه های مختلف اجِنّه

در واقع، فقط یک گونهٔ جِن وجود ندارد. اولّین چیزیکه هسته ها میتونن ساطع کنند، **پرتو X** (ایکس) یا **ɣ** (گاما) است. نوعی نور نامرئی.

بِپـــّا !!

میتونیم با مثلاً یک جدارهٔ سُربی که به اندازهٔ کافی کلفت باشه جذبشون کنیم. دراینصورت انرژیشون به گرما تبدیل میشه.

گونهٔ دیگری از جِن ها، اونهایی هستند که **بار الکتریکی** دارند.

تند حرکت میکنن ؟

بستگی به **انرژیشون** داره. ولی سرعتشون میتونه به ده ها هزار کیلومتر در ثانیه برسه.

با این سرعت، حتماً میتونن
از تو هر چیزی رد بشن ...

!...

نه، اینطوریکه خیال میکنی نیست.
روی یک **میدان مغناطیسی**
جهش میکنند

به همین صورت، ذرّات بارداری که خورشید
منتشر میکنه (باد خورشیدی) روی میدان
مغناطیسی کرهٔ زمین، انعکاس پیدا میکنن (*)

بنابراین، زمین توسّط میدان مغناطیسیش
محافظت میشه.

بله. اگر زمین این
حفاظ مغناطیسی طبیعی را نداشت،
ذرّات باردار ساطع شده توسّط خورشید،
خسارات جدّی به بافت های زنده وارد میکردند.

(*) برای کرهٔ زمین، قطب های جغرافیایی و مغناطیسی در وضعیت معکوس قرار دارند.

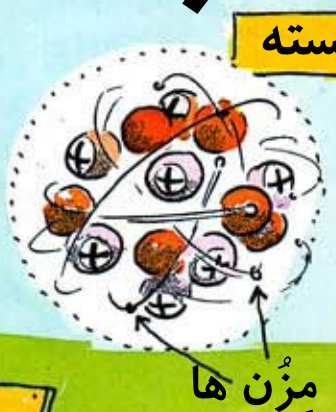
سوّمین گونهٔ جن ها، بدترینِ گونه هاست : **نوترُن ها**.
اونها هم با سرعتی که میتونه به ۲۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه برسه، جست و خیز میکنن.
چون **بار الکتریکی** ندارند، حفاظ مغناطیسی نمیتونه جلوشون را بگیره.

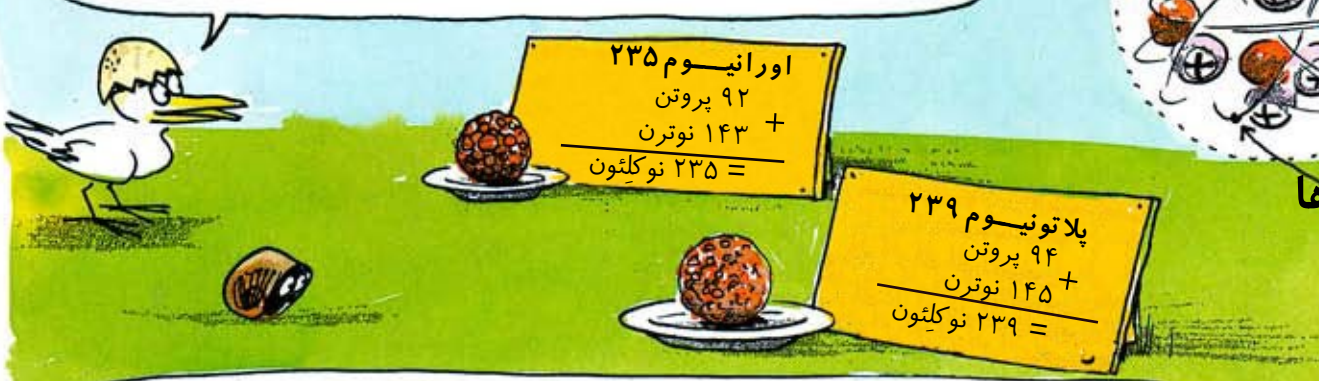
همهٔ این جن ها میتونن خسارات جبران ناپذیری به بافت های زنده وارد کنن. باید از خودمون محافظت کنیم.

نوترن ها وذرّات باردار الکتریکی، جرم دارند و یک انرژی جنبشی $\frac{1}{2}mV^2$ حمل میکنند که میتونه توسّط یک جامد، یک مایع یا یک گاز، جذب بشه و به گرما تبدیل بشه.
ولی دلم میخواد دربارهٔ این هسته ها بیشتر بدونم.

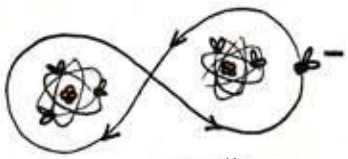
پایداری هسته ها

برای ساختن هسته ها، میباید **نوترن**، **پروتن** و ذرّاتی بنام **مِزُن** در اختیار داشته باشیم.

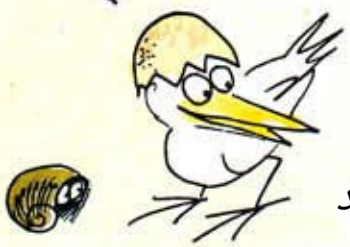




مِزُن های درون **هسته ها**، تقریباً نقش **الکترون** ها در **ملکول** را بازی میکنند.
پیوستگی را تضمین میکنند.



الکترونی که
اتصال مولکولی را تضمین میکند



هسته ها، **نوکلِئون** هایی هستند که به هم پیوند خورده اند.
مولکول ها، **هسته** های به هم پیوند خورده هستند.
و خود ما، مولکولهای به هم پیوند خورده هستیم.

علم **شیمی** دانشیست که،
چیدمان **مولکولها** را توضیح میدهد

علم **فیزیک هسته ای**،
چیدمان هسته ها را بررسی خواهد کرد.

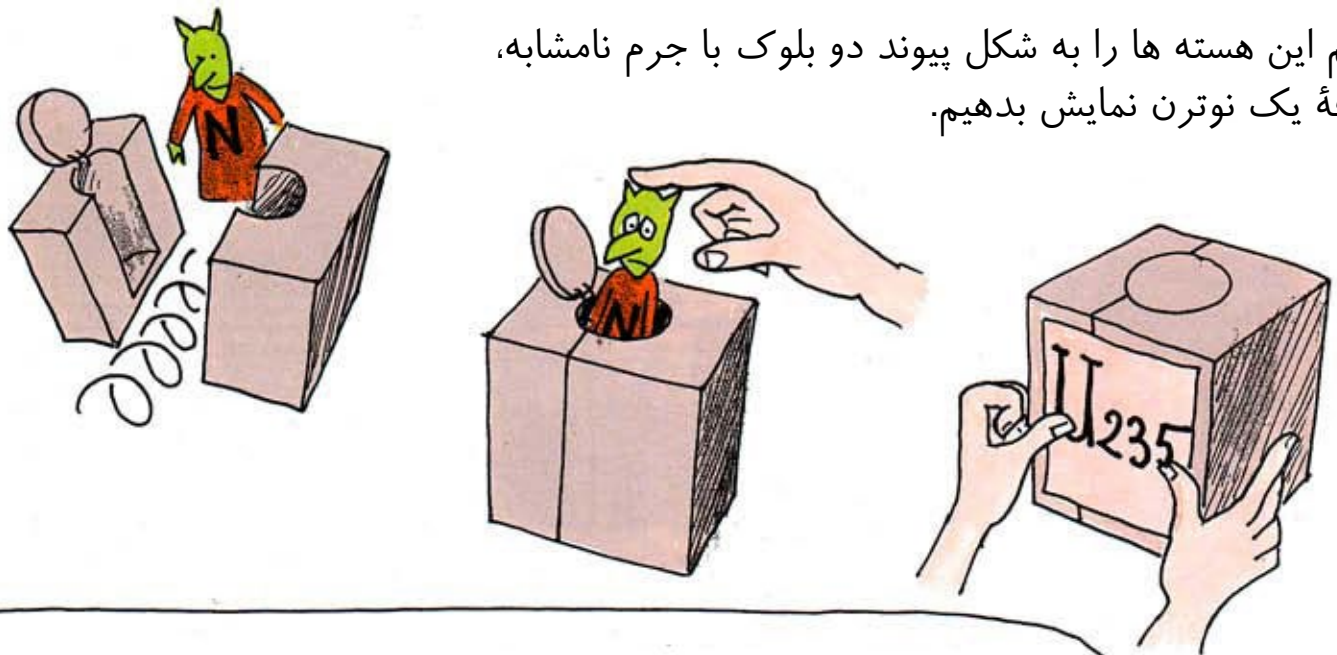
ولی نوترن ها، که روی بعضی از هسته ها تأثیر میگذارند
(خودشون تقریباً پایدارند چون از طول عمر بلندی برخوردارند)
میتونند آنها را کاملاً بی ثبات کنند و بترکانند،
یعنی **فیسیون (شکافت)** انجام دهند.

هسته ایکه عمر کوتاه داشته باشه
هسته ایست که **ناپایدار**
محسوب میشه

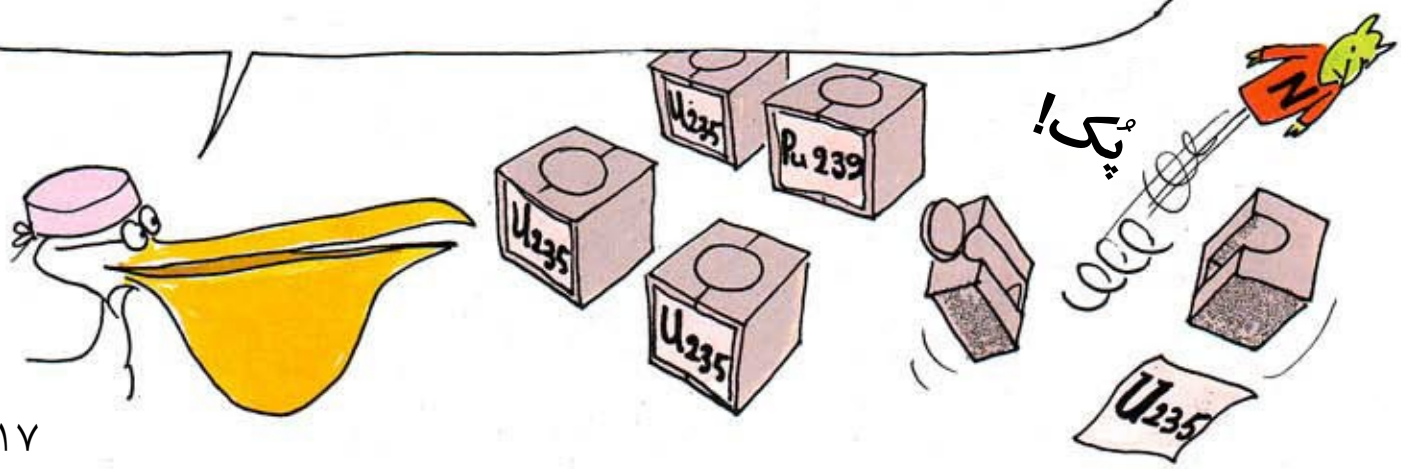
همون چیزیکه برای
اورانیوم۲۳۵ و برای
پلوتونیم۲۳۹ اتفاق میافته.

فیسیون
(شکافت هسته ای)

میتوانیم این هسته ها را به شکل پیوند دو بلوک با جرم نامشابه،
به اضافهٔ یک نوترن نمایش بدهیم.



هسته های اورانیوم۲۳۵ و پلوتونیم۲۳۹، نوعی رادیواکتیویتهٔ طبیعی
در بر دارند، همراه با دورهٔ (طول عمر) بسیار زیاد



اینهم واکنشِ یک **فیسیون**. برخورد با یک نوترن، هستهٔ این پلوتونیم را بی ثبات کرده و هسته میترکد.
نتیجهٔ این واکنش، انتشار مجدد **۲ نوترن** است (*).

پک!

Pu239

Pu 239

آنسِلم تعداد زیادی جعبهٔ جن دار را در یک دایره به شعاع R جمع آوری کرد.

اورانیم۲۳۵ یا پلوتونیم۲۳۹

برم اینو از نزدیک بررسی کنم

هِی، مثلاً اینجا رو باش!

تـَق!!

بوم!

این جن، با اصابت به جعبهٔ بغلیش مکانیزمِ ترکیدنش را فعال کرد و جن-نوترنی را که در بر داشت آزاد کرد.

و اینهم اجنهٔ **انرژی** که از جعبه هاشون خارج میشن

تـَق!

!?!

Pu239

ایندفعه همه **نوترن** هستند

(*) این یک تصویر نموداری است. در حقیقت نوترنِ منعکس شده، اوّل توسط هستهٔ فیسیونی (U ۲۳۵ تبدیل میشود به U ۲۳۶ و Pu ۲۳۹ تبدیل میشود به Pu۲۴۰).
این ذرّات جدید بسیار ناپایدار هستند و فوراً شکافت میخورند.

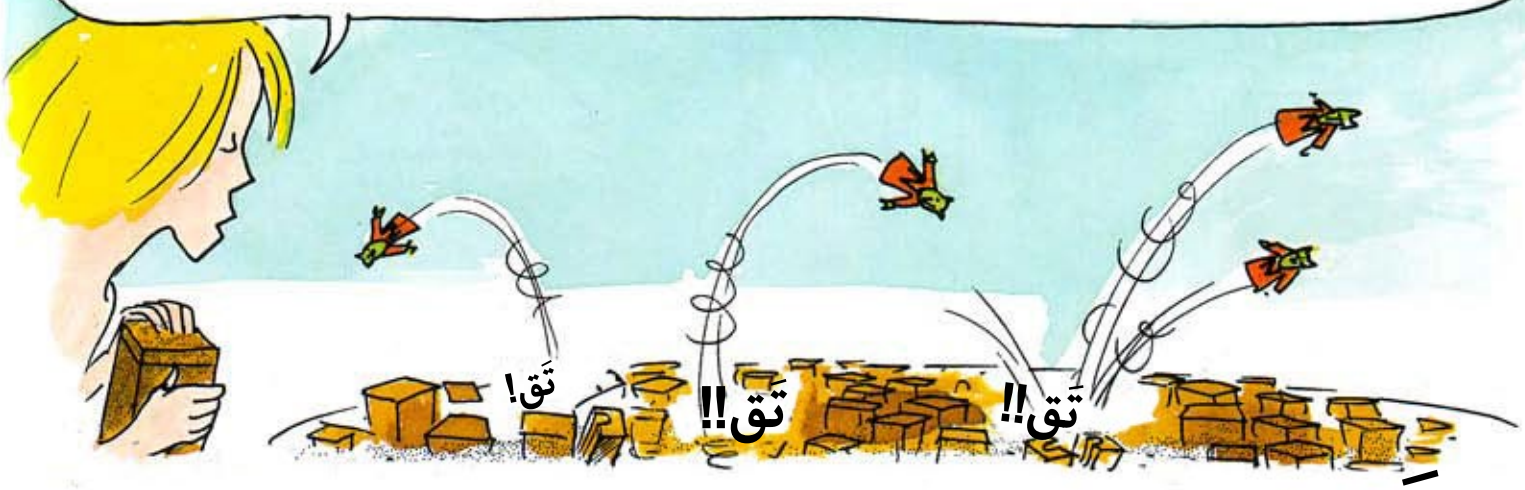
واکنش زنجیره ای

این دوتا نوترن، به نوبهٔ خود، باعث باز شدن دوتا جعبهٔ دیگه میشن.

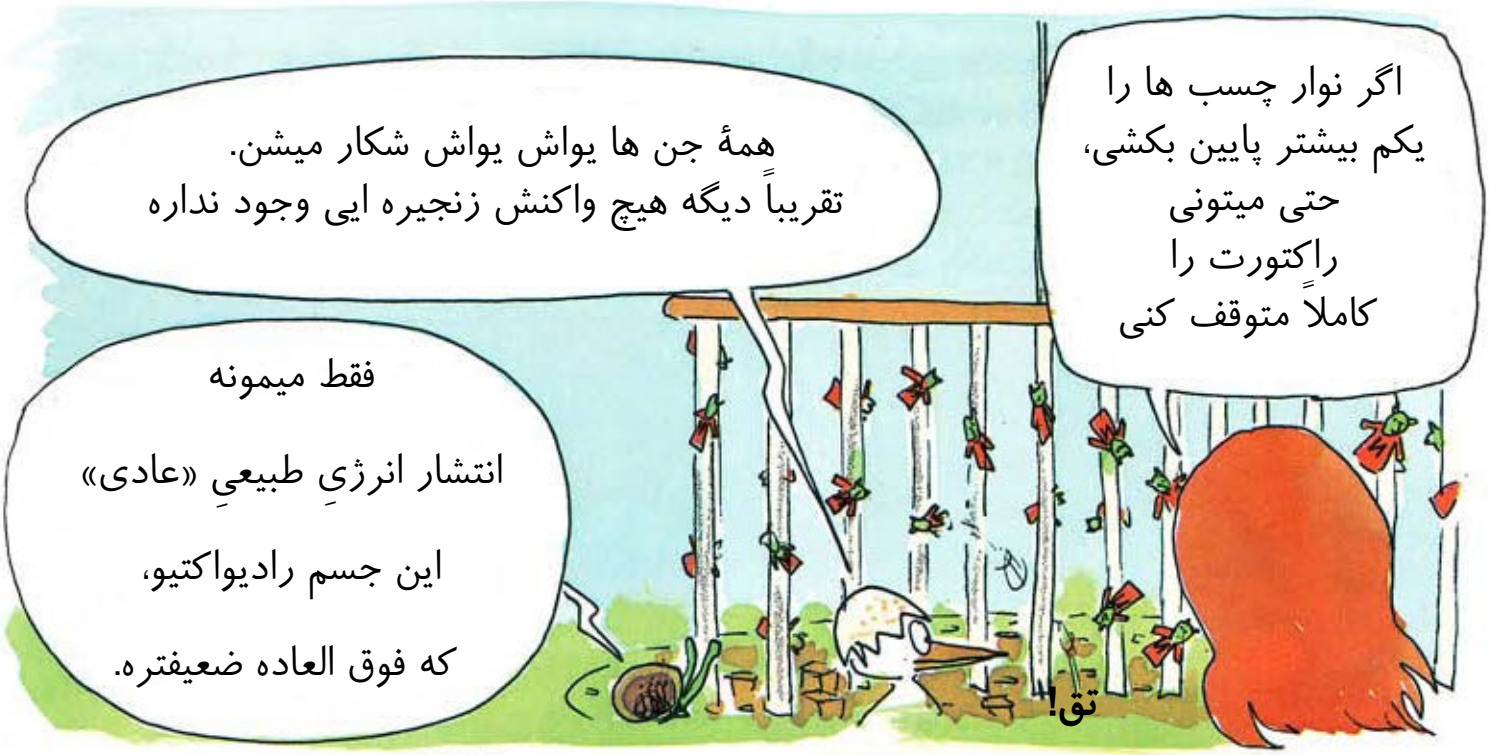
شرایط بحرانی

(*) بطور رایج از **جرم بحرانی** صحبت بعمل میآید

در حقیقت، بین مقدار ضعیف انتشار **رادیواکتیویتهٔ** طبیعی و **واکنش زنجیره ای**، میتونیم یک حدّ واسط پیدا کنیم. با بازی کردن روی این **تجمّع**، باوجودیکه چنین تنظیمی به اندازهٔ کافی مشکله، میتونیم تعداد اجنه ایکه در هر ثانیه منتشر میشن را، تعیین کنیم. یعنی جریان انرژی آزاد شده را.



رِاَکتور هسته ای (نیروگاه هسته ای)



خُب. برای درست کردن یک راکتور هسته ای (نیروگاه هسته ای)، کافیست مقدار مناسبی از این هسته های سنگین اورانیوم۲۳۵ یا پلوتونیم۲۳۹ را دورهم جمع آوری کنیم.
و فعالیت راکتور را با جسمی که اجنه را که دراینجا نوترن های فیسیون هستند جذب کنه، کنترل کنیم.

درواقع، سنگ معدن اورانیوم، ٪ ۰,۷ اورانیوم۲۳۵ (شکافت پذیر) را دربر داره.
مابقی، اورانیوم۲۳۸ است که فیسیل (شکافت پذیر) نیست.

و برای جذب **نوترن** ها،
از **کادمیوم** استفاده میکنیم

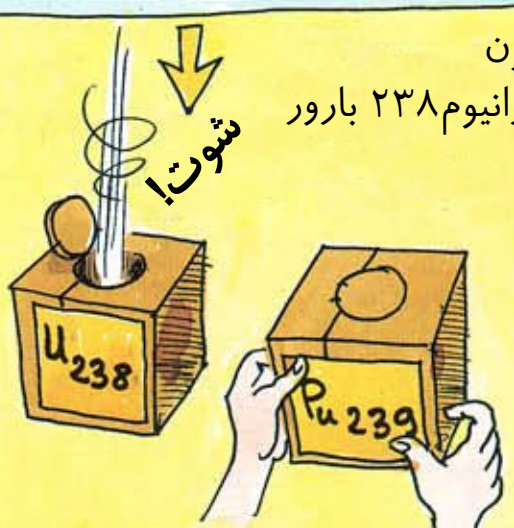
بنظر میرسه پلوتونیم۲۳۹ در طبیعت وجود نداره. پس چطوری میتونیم درنظر بگیریم که ازش تو یک راکتور استفاده کنیم ؟

اِ ... آره، حق با توست ...

مـوّاد بارورَ

اورانیوم۲۳۸ هم میتونه مثل پیوند دو عنصر محسوب بشه.
یک جا برای نوترن باقی میمونه

اگر یک نوترن
در هستهٔ اورانیوم۲۳۸ بارور
جا داده بشه



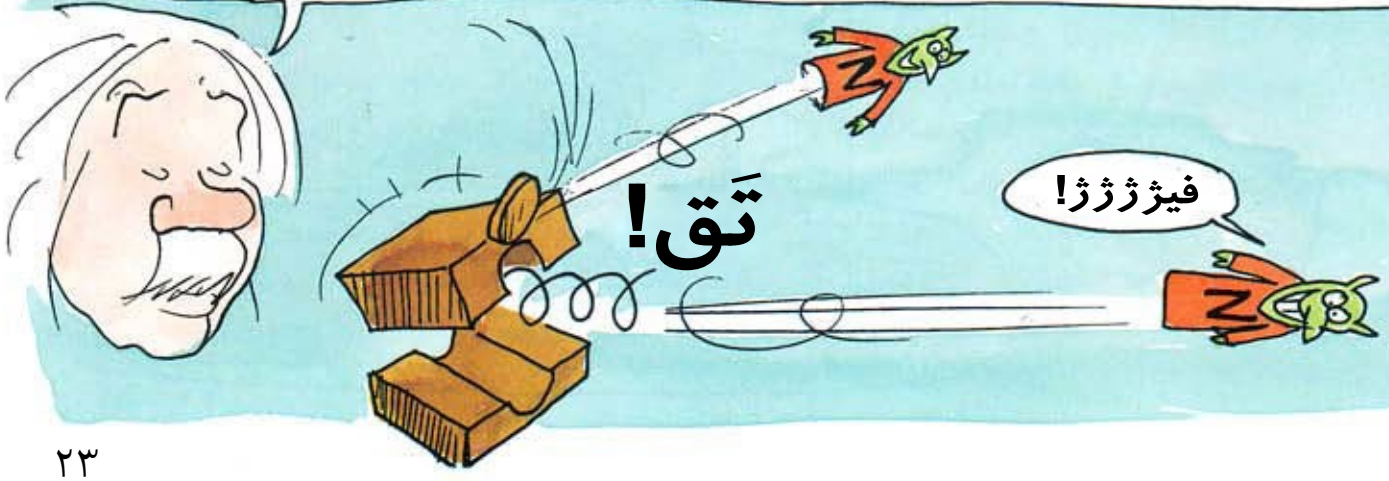
به پلاتونیوم۲۳۹ که **شکافت پذیره**،
تبدیل میشه.

بطور دیگه بگم، وقتی یک راکتور
اورانیومی کار میکنه،
حاوی مخلوطی از
مواد **فیسیل** (شکافت پذیر) و
مواد **بارور** است.

بنابراین، از مواد **بارور**، مقداری
مواد **فیسیل** ساخته میشه.

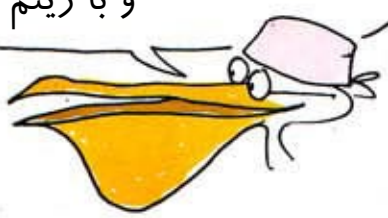
مقداری یعنی چی ؟

همه چیز به این بستگی داره که راکتور چطوری راه اندازی بشه. در ابتدا **نوترن های فیسیون** با سرعت ۲۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه، در تمام جهات منتشر میشن.



رِاَکتور با نوترن پرشتاب

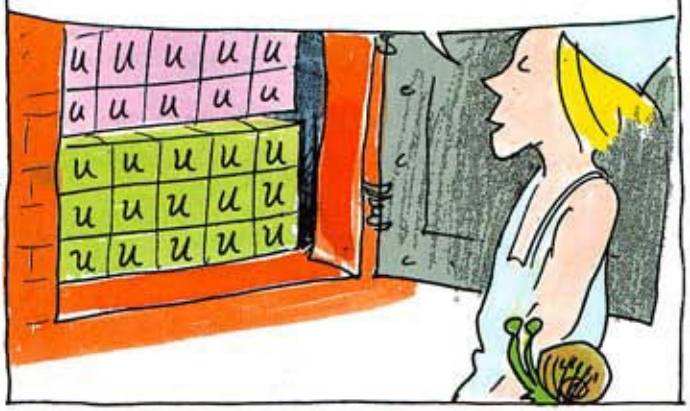
این **نوترن های پرشتاب**، با **u۲۳۸** بارور، تعامل خوبی دارند.
و با ریتم خوبی **Pu۲۳۹** فیسیل میسازند.



داری چیکار میکنی ؟

دارم راکتورم را با مادّه ای غنی از اورانیوم۲۳۵ پر میکنم.
(اورانیوم غنی سازی شده)

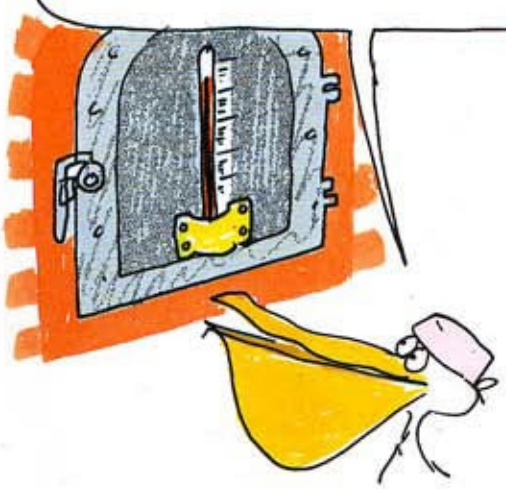
بعد با **u۲۳۸ بارور** رویش را **میپوشانم**



سه سـال بعد

واه !
آنسِلم بیشتر از اینکه **u۲۳۵** مصرف کنه
Pu۲۳۹ فیسیل ساخته.
این یک **سوپر ژنراتوره**.

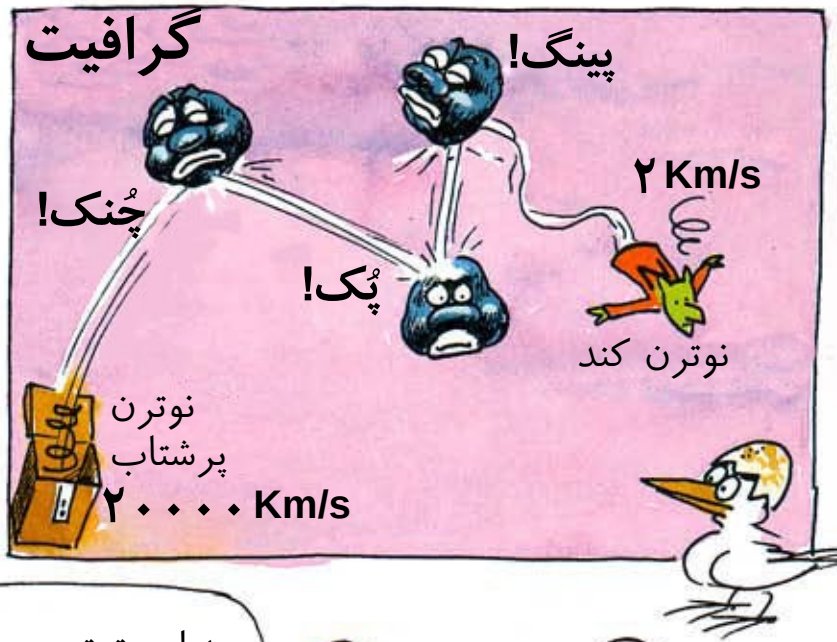
نوترن های پرشتاب، با سرعت ۲۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه، در **قلب راکتور** پیشرفت میکنن.
اگر میخواستیم اونها را با مولکولهای یک گاز مقایسه کنیم، گاز باید ۱۶ میلیارد درجه میبود.



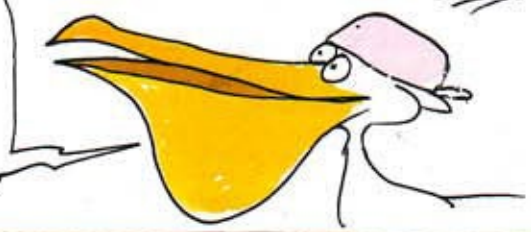
طبیعیه، چونکه هر فیسیون، **دو** نوترن پرشتاب بازپس میده،
که باعث میشن **۲u۲۳۸** به Pu۲۳۹ تبدیل بشه.

رِاَکتور با نوترنِ کند

با **کادمیوم** میتونم نوترن ها را جذب کنم و از این طریق سطح فعالیت راکتور را تنظیم کنم (یا کاملاً متوقفش کنم). ولی با **گرافیت** یا با **آب سنگین** میتونم نوترن ها را بدون اینکه جذبشون کنم، **کند** کنم. اینها **تعدیل ساز**ها هستند.



به این ترتیب میتونیم **سرعت جنبش حرارتی** نوترن ها را کند کنیم و به **۲ کیلومتر در ثانیه** برسونیم.
این گاز نوترن سرد، همدمای، حرارت کلّی راکتورست.

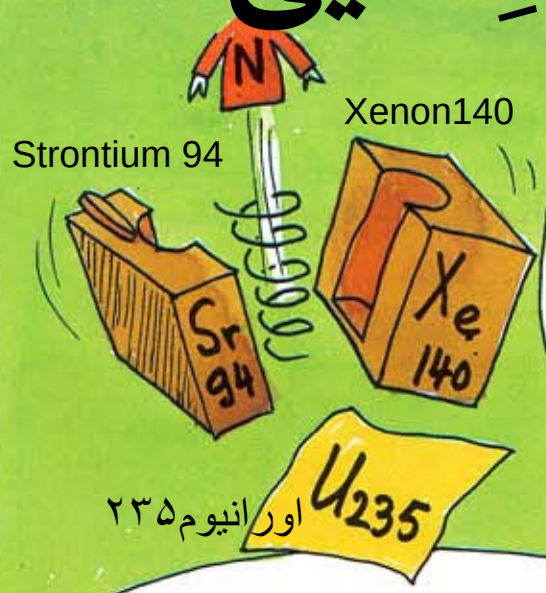


مرز مشخصی بین این دو نوع راکتور وجود نداره.

راکتورهای وِلَرم هم، مابین این دو نوع وجود دارند.

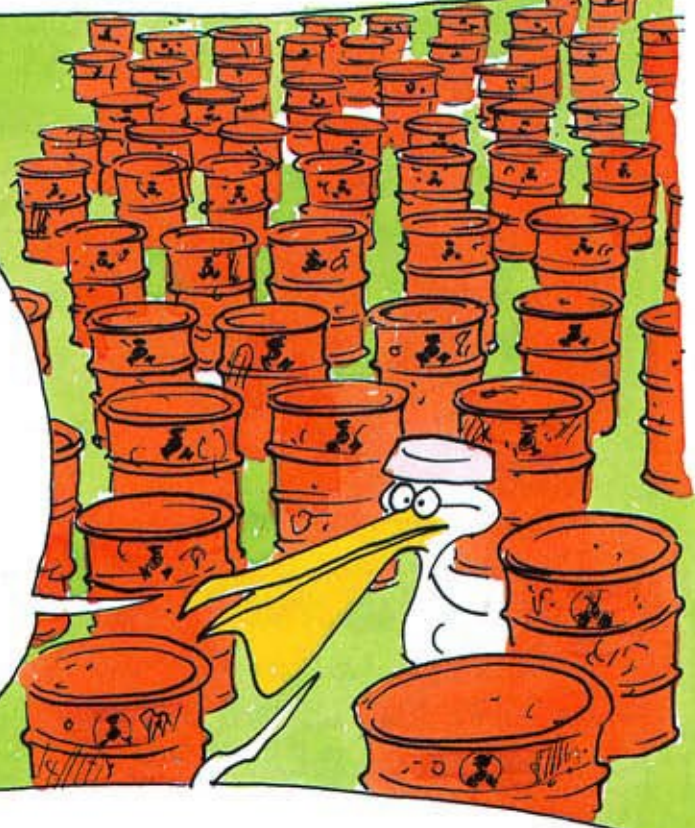
همیشه مقداری Pu۲۳۹ ساخته میشه.
ولی خیلی کمتر از اونکه در یک راکتور با نوترن پرشتاب ساخته میشه.

پَسماندهای رادیواَکتیو
رادیواَکتیویتهٔ اِلقایی



هسته های **u۲۳۵** و **Pu۲۳۹** میتونن از طرق بسیار مختلف به دو قسمت تقسیم بشن. در اینجا، مثال **u۲۳۵** که به دو قسمت استرونتیوم۹۴ رادیواکتیو و زِنون۱۴۰ رادیواکتیو تقسیم میشه.

توجّه کنید : **۲۳۵** = ۱ + ۱۴۰ + ۹۴



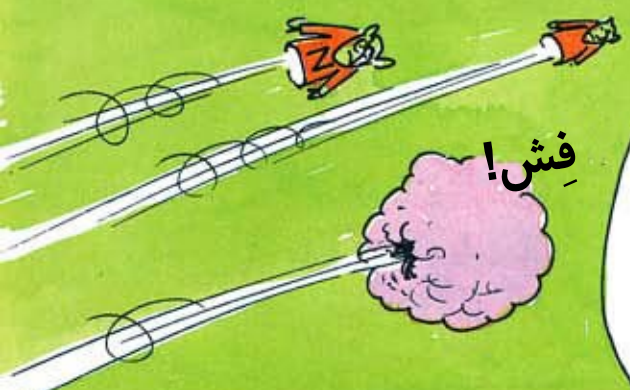
اینها همه، باعث دردسره.

خیلی از **موَلدّات فیسیون**، عمر زیاد دارن و بمدّت زیاد رادیاکتیو باقی میمونند.

استرونتیوم در استخوان و **یود** در تیروئید مستقر میشه.

پلوتونیم هم خیلی پرخطره.

همهٔ اینها **سرطان** و **سرطان خون** بوجود میاره.



نوترن های فیسیون، میتونن توسّط اتمهای آرامی که بدنهٔ راکتور را تشکیل داده اند، جذب بشن و اونها را به ناپایدارهای خطرناکی که اونها هم رادیواکتیو هستند، تبدیل کنند.

و بدین ترتیب جرم پَسماندها (زباله ها) را زیاد میکنند.

رادیو-عنصرهایی به میزان دلخواه

بنابراین، یک راکتور
پسماندهایی رادیواکتیو
و با دورهٔ متغیر تولید میکنه

نه، هسته هایی هستند که با انتشار هِلیوم، الکترون یا ضد-الکترون (*)، احتمال ازدست دادن جرمشون را دارند.

میخوای بگی هسته هایی هستند که احتمال داره به نوبهٔ خود تقسیم بشن؟

اینجارو باش،
آنسِلم داره زباله ها را میبره

تق!

ما با جادادن بعضی از عناصر در راکتور و با قراردادنشان زیر بمباران جن ها، میتونیم رادیو-عنصرهایی با دوره های متفاوت و هسته هایی که به «میزان دلخواه» رادیواکتیو باشند بسازیم.
به اینصورت یکنوع رادیواکتیویتهٔ مصنوعی بدست میاریم.

تق!

I'm a poor lonesome scientist
من یک دانشمند بینوای تنها هستم

Ga 68

گالیوم۶۸، دوره : ۱ ساعت

(*) رادیواکتیویتهٔ «آلفا» یا «بِتا»

رادیو-عنصرهای مصنوعی
توسّط **فرِدریک** و **ایرِن ژولیو-کوری**
در سالهای ۱۳۱۰هـ.ش (۱۹۳۰ میلادی) کشف شدند.
چیزیکه باعث شد چندسال بعد، **فیسیون** کشف بشه

FREDERIC & IRENE JOLIOT-CURIE

وااای، نگاه کنید!
آنسلم غیب شد،
ولی میتونیم او را بوسیلهٔ جن هایی
که از گاری منتشر میشن،
مکان یابی کنیم.

تق!

Ir 113

Ir 113

IRIDIUM 113 : PERIOD 4 DAYS
ایریدیوم۱۱۳ دوره : ۴ روز

من یک ایده دارم!
با ردیابی انتشار عناصر، همین **رادیواکتیویتهٔ مصنوعی**،
میتونیم ردّ پای هسته ها را **دقیقاً** دنبال کنیم.

حتّی میتونیم هسته ها،
ایزوتوپ های رادیو اکتیو را
روی مولکولهای بیولوژیک
(مولکولهای زیست شناختی)
کار بگذاریم **(نشانه گذاری کردن)**.
چیزیکه باعث میشه مهاجرتشان
در بافت زنده را دنبال کنیم.

تق!

آهای، یکدونه ناپایدار خطرناک
بین ماست

کاربردهای صلح آمیز بیشماری
برای رادیواکتیویتهٔ مصنوعی وجود داره.
مثلاً میشه با قرار دادن
یک ایزوتوپ رادیواکتیو فُسفُر در فُسفات،
نقل وانتقال کود را در خاک بررسی کرد

A

کود فسفات

پک!

بُمب آ

فیزیک هسته ای به علمِ آتشبازی اجازه داد پیشرفت قابل توجّهی داشته باشه. با پیوست دادن بسیار شدیدِ دو جرمِ عنصرِ فیسیل (**u۲۳۵ یا Pu۲۳۹**) به کمک مواد منفجره، شرایط بحرانی بوجود میاد، و واکنش زنجیره ای و جِلوه های زیبای غیرقابل توصیف تولید میشه

حالا ببینیم. با به هم پیوستن این دو جرم، **جرم بحرانی** بدست میارم

تعداد زیادی اجنه از انواع مختلف، نشر میشن وپسماندهای رادیواکتیو توسّط جریان بالاروندگی که از پخش گرمای شدید بوجود آمده، به سطح فوقانی اتمُسفِر، صعود میکنن.

اگر میخواهید به باشگاه **آتشبازانِ شنگول** وارد شوید، باید یک عنصر خالص فیسیل (قابل شکافت) (۱۰۰٪ **u۲۳۵ یا Pu۲۳۹**) در اختیار داشته باشید.
دو راه دارید : یا اورانیوم طبیعی را خالص کنید، یا به نزدیکترین راکتوری که دراطراف خانه تان است بروید و **Pu۲۳۹** که بعد از هر چرخهٔ عملیات بدست میاید را، جمع آوری کنید.

داره میاد، داره میاد ! ..

فوزیون

(همجوشی هسته ای)

پس بگو ببینم، خورشید حتماً سیاره ایست
که باید توش پر از اورانیوم باشه،
برای همینه که انقدر داغه ؟

نه آنسِلم، اینطور نیست.
واکنشهای شیمیایی از مخلوط شدن موّاد
سرچشمه میگیرند، مثلاً **هیدروژن**
و **اکسیژن**.

ولی ..
هیچی که نشد !؟

بخاطر اینکه
دما به اندازهٔ کافی
بالا نیست

مخلوط را گرم کنیم

پوف!

حالا چی میده ؟

H_2O آب

پس واکنشهایی هستند که
بدون تولید موّاد سمّی،
انرژی زیاد تولید میکنن

اگر روزی از پرنده های هوایی با مخلوط
هیدروژن-اکسیژن (ذخیره شده بصورت مایع) استفاده کنیم،
اونها در مسیرشون فقط .. ابر وِل میکنن!

شاید بشه مخلوط هسته ها را هم «بسوزونیم»

به شرطی که دماشون را به اندازهٔ کافی بالا ببریم

میشه با **دوتریوم** و **تریتیوم** که دو نوع **هیدروژن سنگین** هستند، (هستهٔ هیدروژن سبک فقط از یک **پروتن P** تشکیل شده) واکنش بوجود آورد. هسته های این **ایزوتوپ ها**، فقط در تعداد نوترون هاشون با هم اختلاف دارن.

مخلوط دوتریوم-تریتیوم، تمایل به تشکیل دادن هلیوم داره.

رقص بزرگ جهنمی

اینهم یک جزء از گاز **هیدروژن سنگین**، که نصفش **دوتریوم** و نصف دیگر **تریتیوم** است. در دمای معمولی، الکترون ها بدور هسته ها میچرخند و **پیوند** مولکولی را حفظ میکنند (هسته ها را دوتا دوتا به هم پیوند میدهند)

مولکول دوتریوم

مولکول تریتیوم

بعد، ریتم رقص واقعاً جهنمی میشه.
مولکولها میشکنند (اِنفِکاک)
و الکترونهای زنبور مانند، دور فقط یک هسته
مدار میبندند

← حدود سه هزار درجهٔ سانتیگراد

ویززززز ...

نمیشه دور این هسته ها مدار ببندیم،
همش میجنبند

آره بابا، عجب جهنمی شد. من که وِل میکنم میرم

پس گاز گرم، تبدیل میشه به **پلاسمای گرم**، یکجور سوپ از هسته ها و الکترونهای آزاد

از **۱۵۰ میلیون درجه به بالا**
(دمای احتراق)،
یک چیزی اتفاق میافته

گرمش کن، مارسِل، گرمش کن !

میدونین چی ؟
بهتر بود چهارتایی بودیم

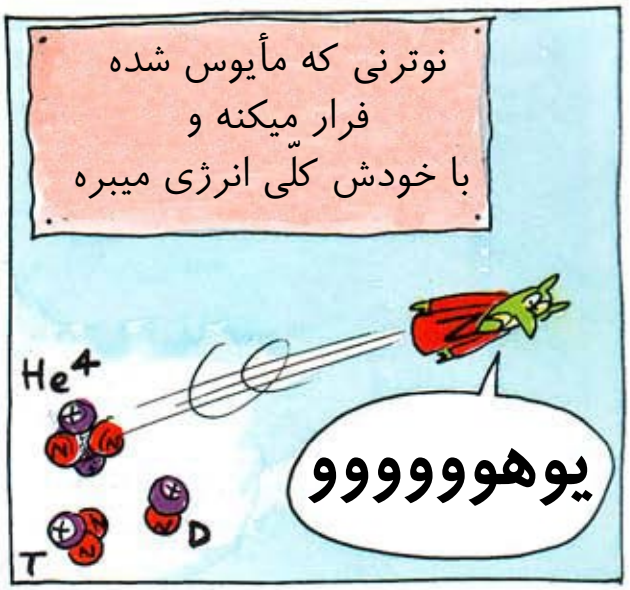
هیجان زده
شدند . .

فکر میکنی ؟

فکر کنم داره خطرناک میشه

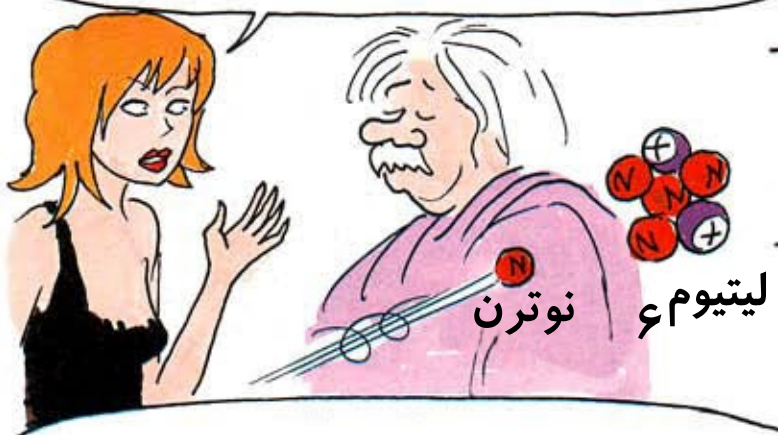
آهای، صبرکنید ! . .
۲+۳=۵
و هلیوم ۴ تا نوکلئون داره،
مگه نه ؟

آره، دراین دما **پایدارتره**



ولی ما سعی میکنیم این نوترن ها را با لیتیوم۶ جذب کنیم، که به ما هلیوم۴ و تریتیوم۳ میده

پس فوزیون به اندازهٔ فیسیون آلوده کنندست چونکه نوترن های فوزیون، اتمهای اطرافشون را عوض میکنن و اونها را تبدیل به اتمهای رادیواکتیو میکنن



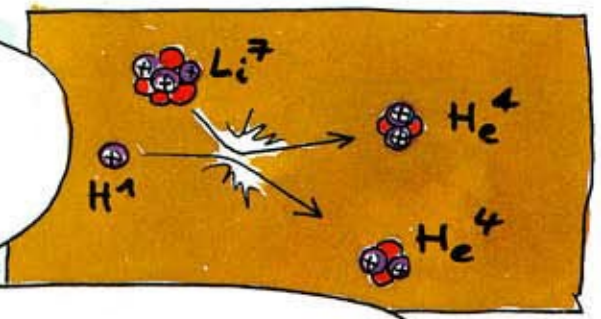
آره، یک راکتور فوزیونی، با سوپرژنراتور نوعی همخانوادگی داره. البته خوشبختانه، چون تریتیوم که ناپایداره (*)، در حالت طبیعی وجود نداره.

یعنیکه، پوشش لیتیوم۶ مثل یک عنصر «بارور» عمل میکنه. این واکنش قاعدتاً باید «سوخت» برای فوزیون فراهم کنه، یعنی تریتیوم۳

ولی فقط تریتیوم دوباره احیاء میشه

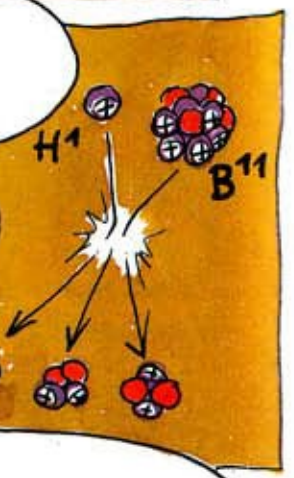
(*) نیمه-عمرش فقط ۱۲ سال است

با اینوجود میبینم که یه عالم واکنش فوزیونی
و چیدمانهای هسته هایی که نوترن آزاد
انتشار نمیدن وجود داره



لیتیوم۷ + هیدروژن۱ (سبک) میدهد ۲ هلیوم۴
(۴ x ۲ = ۱+۷)

بور۱۱ + هیدروژن۱ میدهد ۳هلیوم۴
(۴ x ۳ = ۱+۱۱)



درجهٔ احتراق اوّلی ۵۰۰ میلیون درجه است.
و دوّمی نزدیک به یک میلیارد درجه ! ..

آهان ... معلومه دیگه ...
هسته ها واقعاً چه جوری فوزیون میشن ؟

بطور آهسته در دمای فقط ۱۵ میلیون درجه
در قلب خورشید انجام میشه

آره، برای دست یافتن به «آتش» هسته ای، و برای اینکه
واکنش در مدّت زمانی حالا بگیم یک ثانیه ای به عمل بیاد،
دما باید به ۱۵۰ میلیون درجه برسه.

پس خورشید
یه ذغاله دیگه ؟

آهـــان، اِدوارد تِـلِر با درست کردن یک بمب جدید به فوزیون دست یافت. نمیخواستیم اینکارو بکنیم، ولی کردیم دیگه. تِـلِر یک ایده ای پیدا کرد(*). او همیشه ایده های خیلی جالبی داشت. وقتیکه بمب آ منفجر میشه، در اوّلین میلیونیم های ثانیه، شروع به بیرون دادن مقدار زیادی اشعه ایکس از خودش میکنه . تِـلِر پیشنهاد داد این اشعه های ایکس را با نوعی آینه بازتاب دهند و اونها را روی یک مخلوط دوتریوم-تریتیوم که در نقطهٔ کانونی آینه هدف قرار گرفته، منعکس کنند.

(*) داستان فیلم دکتر فلامور (Doctor Flamour) الهام گرفته شده است از زندگی
اِدوارد تِـلِر (Edvard Teller) پژوهشگر در زمان جنگ جهانی دوّم در لُس آلامُس (Los Alamos)

تِلِـر حتّی آینه را هم
از اورانیوم۲۳۸ ساخت

چرا اورانیوم۲۳۸ ؟

خُب دیگه، یکم فکر کن. بمب اِچ (Bombe H)
منفجر میشه. نوترن های فوزیون،
به عناصر **بارور**، **u ۲۳۸** و **Pu ۲۳۹** حمله ور
میشوند که بلافاصله باهم فیسیون میکنند.

این همون بمب وحشتناک
فیسیون-فوزیون-فیسیون است

فوزیون از طریق انرژی هدایتی

با قرار دادن مخلوط **دوتریوم-تریتیوم** (در حالت مایع)
در نقطهٔ کانونی و متمرکز کردن همهٔ انواع **انرژی** بر روی آن
(تشعشعاتی که از **لِیزِر** بسیار قوی بدست آمده اند، و همچنین ذرّات مختلف :
الکترونها و هسته های بدست آمده بوسیلهٔ شتابدهنده ها)،
سعی میشه **فوزیون** بدست بیاد.
قدرتی که باید بکار گرفته بشه، سرسام آورست.
برای روشن کردن آتشِ **دما-هسته ای**، باید روی کُره ای با قُطر
کمتر از یک میلیمتر (در مدّت چندمیلیاردیُم ثانیه)، قدرتی به اندازهٔ
قدرت آینه ای خورشیدی به وسعت کشور فرانسه،
بر روی آن متمرکز کرد.

وای،
ذغالخته شدم!

قدرت آنی، فوق العاده زیاد است، ولی مجموع **انرژی**
خیلی زیاد نیست. این «کبریت» هسته ای، معادل
دویست گرم پودر منفجره است.

خاتمه

(*) فرضیهٔ دانشمندان اتمی، که طبق آن، راکتوری که زمین را سوراخ کند و از وسط آن عبور کند، از کشور چین سر در میاورد ! ...

بطور فرضی میتونیم در راکتورهای فوزیونیی که درآنها نوترن بحالت آزاد به میان نمیاد، چنین **پلاسماهای فوزیونی** را به کمک وسیلهٔ مغناطیسی قدرتمندی (ذرّات باردار از مناطقی که درآن میدان مغناطیسی پرتراکم حاکم است، «فرار» میکنند) **مَحصور** کنیم.

بله که آره، راستی خورشید چیکار میکنه که بطور فوزیونی کار میکنه، درحالیکه دیگ مرکزیش فقط **۱۵ میلیون** درجه حرارت داره، یعنی دمایی **ده برابر ضعیف تر از نقطهٔ احتراق که باید ۱۵۰ میلیون درجه** باشه ؟

کربن نقش کاتالیزور را بازی میکنه. در مراحل پیچیدهٔ واکنش نقش داره. و آخرسر، دوباره احیاء میشه.
اوّل با کربن۱۲ به اضافهٔ هیدروژن۱ که باهم ازُت۱۳ میدن شروع میشه. بعد ازُت۱۳ تبدیل میشه به ازُت۱۵، و بالاخره :

هلیوم۴ + کربن۱۲ ⟶ هیدروژن۱ + ازُت۱۵

(چرخهٔ بِت)
(Beth Cycle)

امّا این واکنش خیلی خیلی **کنده**
(بغیر از برای خورشید که وقت زیادی داره)

میون ها

با بمباران مولکولها بوسیلهٔ الکترونهای یک دِشارژ الکتریکی ساده، میتونیم در یک مخلوط گازیِ سرد، واکنشهای شیمیایی پیچیده بوجود بیاریم.

مثال :

$2CH_4$ (مِتان) + ⚡

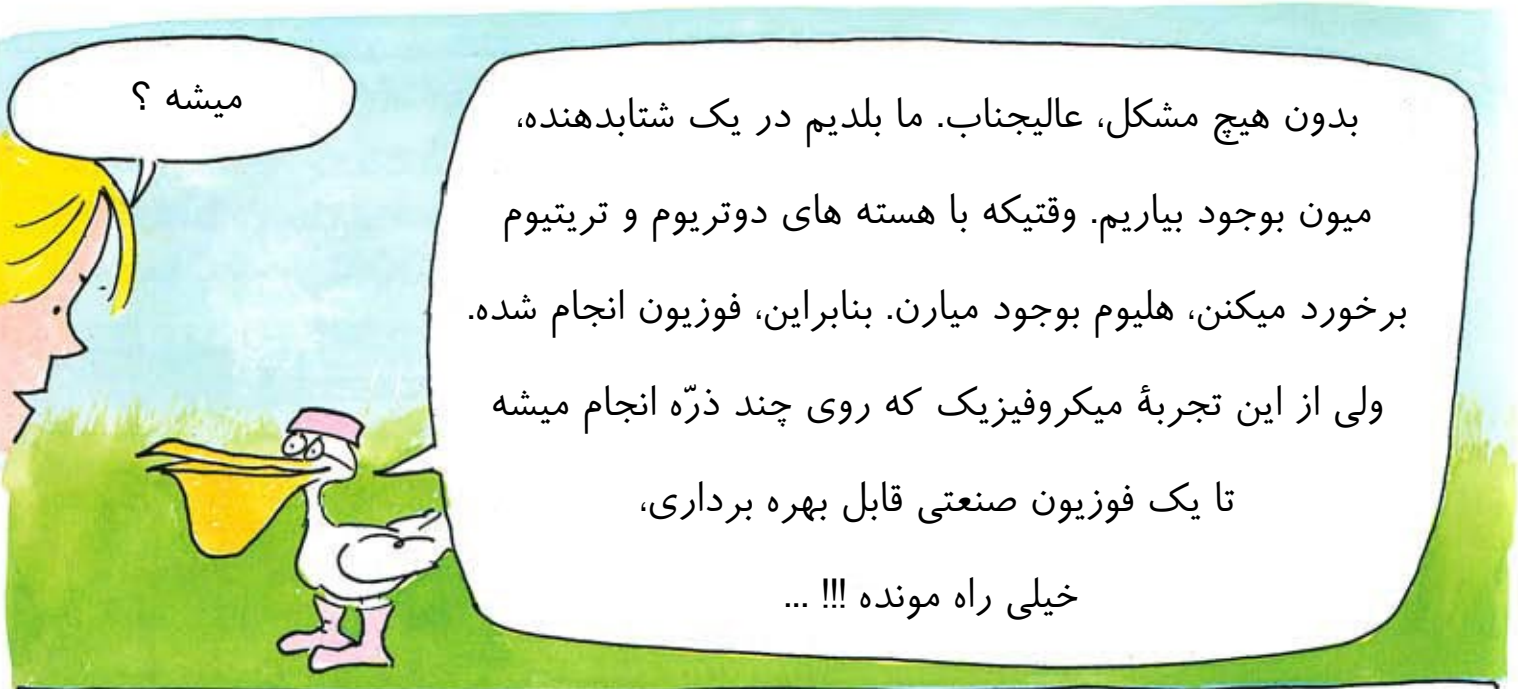
میدهد :

C_2H_2 (اَستیلِن) $+ 3H_2$

(acétylène)

میتونیم در یک مولکول، **میون** ها را جایگزین الکترونها کنیم. میون ها ذرّاتی هستند که شبیه الکترون های بزرگ هستند و هسته ها را بهم نزدیک میکنند

پس چرا
یک مخلوطی فوزیونی «وِلرم» را
با میون ها بمباران نکنیم ؟


میشه ؟
بدون هیچ مشکل، عالیجناب. ما بلدیم در یک شتابدهنده،
میون بوجود بیاریم. وقتیکه با هسته های دوتریوم و تریتیوم
برخورد میکنن، هلیوم بوجود میارن. بنابراین، فوزیون انجام شده.
ولی از این تجربهٔ میکروفیزیک که روی چند ذرّه انجام میشه
تا یک فوزیون صنعتی قابل بهره برداری،
خیلی راه مونده !!! ...

میتونیم هم، روی **اِسپین** های هسته ها بازی کنیم. یعنیکه به هر سازی میخواهیم، برقصونیمشون.
اینکار باعث افزایش برخوردها میشه.
امشب شب مهتابه،
عزیزم رو میخوام

بفرما دیگه،
هر دفعه همین آش و همین کاسه
N
بنگ
آخ ببخشید !
نمیتونی بِـپـّایی !
N

تو فیزیک هسته ای،
هنوز همهٔ بازیها تموم نشده
اکتشافات آینده
میتونن همه چیز را عوض کنن
این داستان تازه اوّلشه.
نظرت چیه آنسِلم ؟ ..
انرژی هسته ای **در آن واحد**
یک امّید بیکران
و یک تهدید وحشتناکه
آره، دارم گوش میدم ...

من قویترینم ! ..
!...
آره ه ه ه !
نه !
میگفتم که اختراع **آتش**
اشتباه محض بوده ها ...

خوشحالی ؟
عِـلم، پـوف پوف پوف...
سیّارهٔ به این خوشگلی
پایان