

savoir sans frontières

Le avventure di ANSELMO



A TUTTA ENERGIA!

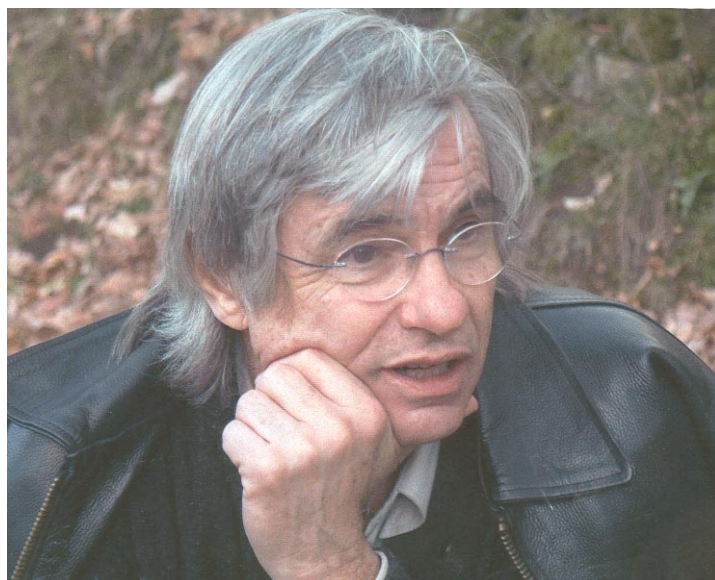


traduzione: Alberto Basano

Savoir sans Frontières

(Sapere senza Frontiere)
Association Loi de 1901 (ONLUS)

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



Jean-Pierre Petit, Presidente dell'Associazione

Ex Direttore di Ricerca presso il CNRS, astrofisico e ideatore di un nuovo genere di pubblicazione: il fumetto scientifico. Nel 2005, crea con il suo amico Gilles d'Agostini l'associazione Savoir sans Frontières che si prefigge lo scopo di divulgare gratuitamente il sapere, anche scientifico e tecnico, nel mondo intero. L'associazione, il cui funzionamento è consentito dalle donazioni che riceve, retribuisce traduttori con un compenso di 150 Euro (nel 2007) facendosi carico delle spese bancarie relative all'incasso.

I molti traduttori fanno crescere ogni giorno il numero dei testi tradotti (nel 2007, 200 fumetti scaricabili gratuitamente da internet, in 28 lingue tra cui il Laoziano e lo Ruandese).

Il presente file pdf può essere duplicato e riprodotto liberamente, parzialmente o integralmente, nonché utilizzato da insegnanti nei loro corsi, purché tali operazioni non siano a scopo di lucro. Può essere inserito in biblioteche municipali, scolastiche ed universitarie, sia in forma stampata che in reti digitali di tipo Intranet.

L'autore intende completare questa raccolta di opere con testi maggiormente accessibili ai giovanissimi (ragazzi di 12 anni). Sono inoltre in preparazione dei fumetti "parlanti" per analfabeti, nonché altri "bilingue" destinati all'apprendimento di una lingua straniera partendo dalla propria lingua madre.

L'associazione cerca costantemente nuovi traduttori che traducano nella loro lingua madre e dispongano delle competenze tecniche e linguistiche idonee alla corretta traduzione dei fumetti.

Per contattare l'associazione, vedere la pagina iniziale del sito

Per fare una donazione si prega di utilizzare le seguenti coordinate bancarie di Savoir sans Frontières:

Numero internazionale del conto → International Bank Account Number (IBAN) :

| |
|----------------------------------|
| IBAN |
| FR 16 20041 01008 1822226V029 88 |

Codice identificativo banca → Bank Identifier Code (BIC) :

| |
|-------------|
| BIC |
| PSSTFRPPMAR |

Gli statuti dell'associazione (in lingua francese) sono consultabili sul sito. La contabilità è accessibile on-line in tempo reale. L'associazione non preleva dalle donazioni alcun importo all'infuori delle spese per i bonifici bancari in modo tale che i compensi versati ai traduttori siano netti.

I soldi versati dai donatori sono destinati esclusivamente alla retribuzione dei traduttori con un compenso di 150 euro a fumetto (al quale si aggiungono le spese per il bonifico bancario). Gli unici costi di esercizio sono quelli relativi al sito e vengono sostenuti dagli stessi membri benevoli.

In quest'opera "umanitaria culturale" il donatore ha quindi la certezza che il 100% della donazione viene assegnato allo scopo perseguito ovvero dare accesso a conoscenze scientifiche e tecniche al maggior numero possibile di individui.

Mettiamo on line in media una decina di nuove traduzioni al mese.

IL PROCESSO DI TRADUZIONE

Spariamoci dentro la versione francese e vediamo cosa salta fuori...



BANG

Non si capisce un'H!

Ma dove l'hai imparato l'italiano?

... nella caldaia termolinguistica i neuroni del team hanno discusso con grande serenità delle scelte migliori...

Hanno ceduto un loro neurone per questa nobile causa:
Paola Brunero, Giusy Scarcella, Davide Frua e Roberto Tarditi.

PROLOGO

C'era una volta un mondo in cui gli uomini non conoscevano il fuoco e cuocevano gli alimenti esponendoli al sole.



Non sarebbe male riuscire a trovare un altro modo...



Quando calava la notte, portavano nelle loro grotte pesanti pietre rimaste al sole per immagazzinarne il calore.

Che fatica...



Dormi?

No, perché le pietre sono già fredde...



Si gela...

Quest'inverno sarà ancora peggio. Metà della tribù si è già presa il raffreddore.

Cosa stai facendo?

Cerco un metodo per **STOCCARE L'ENERGIA**



GROTTA

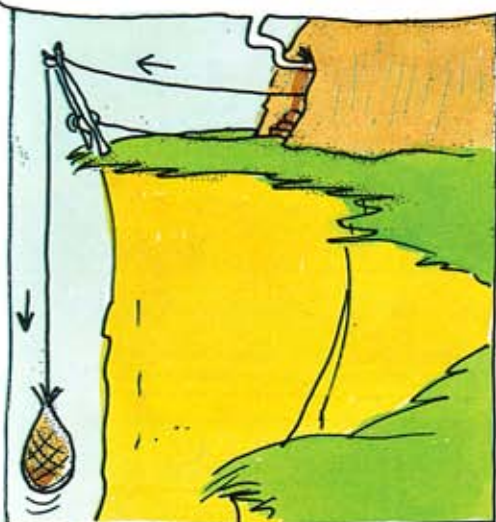
PIETRE

SLITTINO

PESO

Era faticoso portare dentro velocemente le pietre ogni sera.

Ho quindi realizzato un sistema che ogni sera trascina all'interno della grotta lo slittino carico di pietre calde.



E durante il giorno riporto su il peso.



Così facendo immagazzini **ENERGIA POTENZIALE**



E' pratico. Ma perché dobbiamo essere sempre noi a compiere il **LAVORO**?

Anselmo, cosa stai facendo adesso?



Perfeziono il mio metodo di **STOCCAGGIO DELL'ENERGIA**

Ecco fatto!



Vuoi dire che hai immagazzinato energia all'**INTERNO** di questa scatola?



Il sistema che ho inventato rappresenta uno stoccaggio di **ENERGIA INTERNA**



un'energia che posso **TRASPORTARE** e **RIUTILIZZARE** a piacere

AAAAHHH



L'ENERGIA CHIMICA

Sofia! Era semplicemente uno STOCCAGGIO DI ENERGIA INTERNA!



Faccio un po' di pulizia nella grotta. E come al solito, ecco un po' di salnitro e di zolfo...

E questa carbonella di legno, residuo dell'incendio provocato dal Dio Fulmine.



Se non pulisco bene Sofia mi uccide!..



... ancora questa grossa pietra



Sofia! Ho capito! C'è **ENERGIA**
in questa **POLVERE NERA** che ho
appena inventato



potremo utilizzarla per
far cuocere gli alimenti e
per riscaldarci!



adesso ti
faccio vedere...

Se vuoi il mio parere, è una
bella invenzione, ma non è molto
pratica da usare.



Devo rinunciare?



E se mescolassimo
questa polvere con
della sabbia?

Funziona!!! la sabbia calma
questa miscela, che libera la
sua energia più lentamente!



l'emanazione di
calore può essere
controllata

Non saremo più intirizziti
dal freddo quest'inverno...



Genera molto calore ma si fa fatica a respirare.



Direi che ci lasciamo le penne!



Ecco qua. Imprigionando il fumo in questo otre, va decisamente meglio.

Si condensa in polvere di cui posso sbarazzarmi.



Non male. Ma non si può dire che sia il massimo della comodità...



Però non posso buttare questa roba ovunque, rischierei di avvelenare l'acqua del lago

L'ENERGIA NUCLEARE

Guarda, che strano. L'acqua di questa sorgente è bollente.



da dove viene l'energia?

ci saranno forse dei diavoletti sotto la superficie della terra?



...scatole, con dentro dei diavoletti!?

Una leggenda dice che, un tempo, dell'**ENERGIA** venne racchiusa nel **NUCLEO** di certi **ATOMI** quali l'**URANIO**. Questi atomi vennero fabbricati nei soli, nella loro infernale fornace, quindi espulsi e imprigionati nella massa della Terra durante la sua formazione.

Ma questi atomi non sono scatole robuste e ogni tanto un coperchio cede.



La leggenda dice che alla **FINE DEI TEMPI**, tutti i diavoletti saranno usciti dalle scatole e che l'Universo non avrà più energia di questo tipo



Ma ci vorrà del tempo, molto tempo.

Meno male!

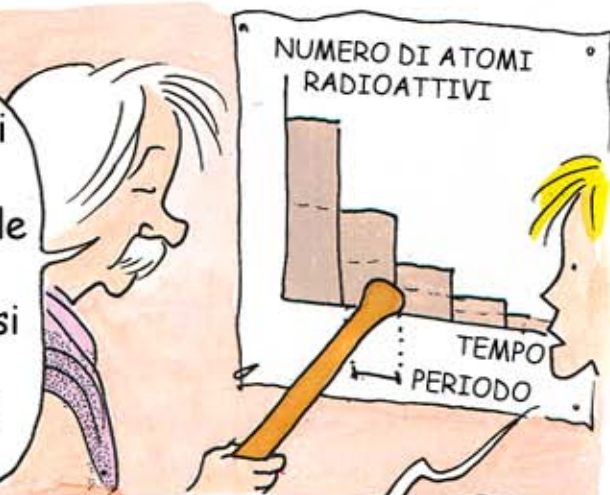
E dobbiamo ringraziare gli dei per la loro previdenza, per averci messo da parte così tanta energia.

E per quanto tempo i diavoletti rimangono nelle scatole? Per quanto tempo questi **NUCLEI** trattengono questa **ENERGIA** che contengono?



PERIODO DI UN ELEMENTO RADIOATTIVO

Se si considera un insieme di scatole contenenti dei diavoletti, trascorso un tempo T chiamato **SEMIVITA** o **PERIODO**, la **META'** delle scatole avranno sprigionato il loro diavoletto. In pari lasso di tempo, la metà delle scatole rimanenti si apriranno a loro volta. E così via. Le semivite possono avere durate molto diverse: da miliardi di anni a frazioni di secondo.



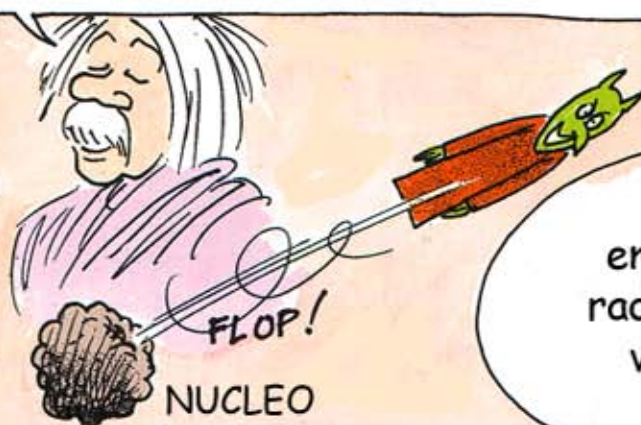
E se non ci fossero tutte queste scatole con i loro diavoletti, tutti questi nuclei carichi di energia nel cuore della terra, d'inverno avremmo molto più freddo.

Sarebbe bello se potessi trovare tutti questi atomi carichi di energia



Mi basterebbe riunirne a sufficienza in una bottiglia per scaldarmi tutto l'inverno!

Attento Anselmo, le molle dell'**ENERGIA NUCLEARE** sono infinitamente più potenti di quelle dell'**ENERGIA CHIMICA**. **CENTINAIA DI MIGLIAIA DI VOLTE PIU' POTENTI.**



I diavoletti emessi dai nuclei radioattivi balzano via con grande violenza.

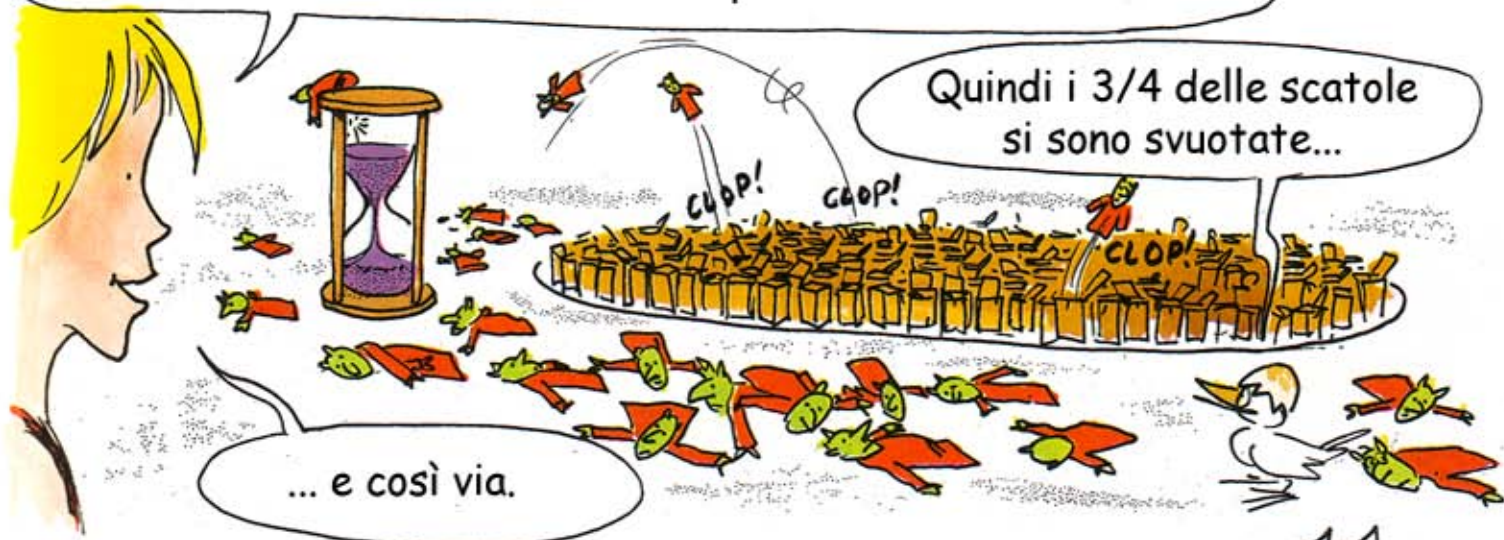
Vediamo un po' se ciò che mi dice il signor Albert è vero. I coperchi di queste scatole si sfilano poco per volta. Quindi si aprono uno dopo l'altro.



Trascorso il tempo di semivita, metà delle scatole risulteranno vuote.



Trascorso uno stesso periodo di tempo, la metà delle scatole rimanenti avranno anch'esse espulso il loro diavoletto.



In pratica notiamo un rallentamento dell'attività col tempo.
Il ritmo di apertura delle scatole tende a diminuire.

All'inizio la Terra doveva essere molto più radioattiva.

E poi le cose si sono calmate.

CONVERSIONE DELL'ENERGIA

Ma dove lo troviamo il calore in tutto ciò?

E se mettessimo il tutto in un pentolone?

Proviamo...

Funziona! L'**ENERGIA** emessa da questi **ATOMI RADIOATTIVI** viene assorbita dall'acqua e **CONVERTITA IN CALORE**.

Ma questa **RADIOATTIVITÀ NATURALE** non libera molta **ENERGIA**

In sostanza, ci vuole una gran quantità di materiale radioattivo per potersi scaldare.

LE VARIE SPECIE DI DIAVOLETTI

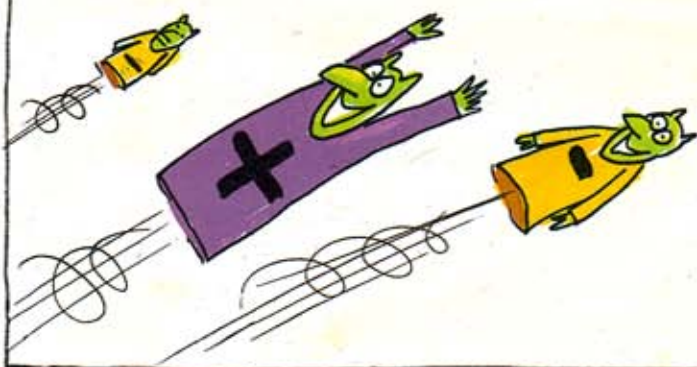
Concretamente, non esiste una sola specie di diavoletto. La prima cosa che i nuclei possono emettere è una **RADIAZIONE X** o γ . Una sorta di luce invisibile.



Pistaaa!!!

Queste radiazioni possono essere assorbite ad esempio da una barriera di piombo spessa a sufficienza e la loro energia risulta quindi convertita in calore

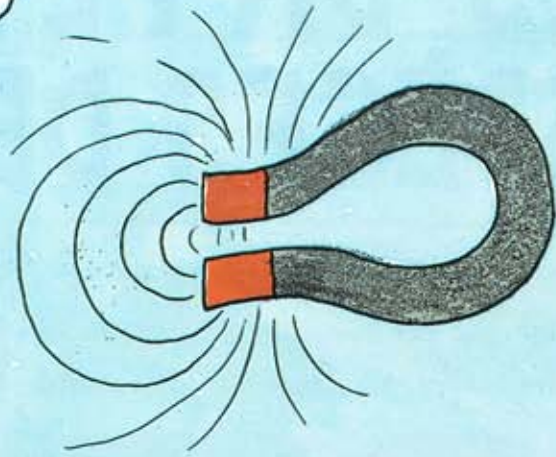
Altri tipi di diavoletti sono coloro che possiedono una **CARICA ELETTRICA**.



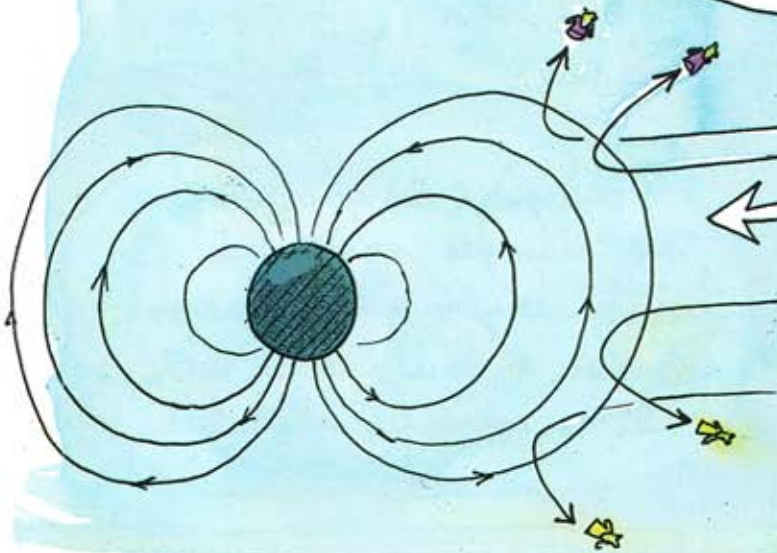
E viaggiano veloci?

Dipende dalla loro **ENERGIA**. Ma la loro velocità può raggiungere decine di migliaia di chilometri al secondo.

A una tale velocità devono trapassare qualunque cosa...



E invece no! Figurati che rimbalzano su di un **CAMPO MAGNETICO**.



Allo stesso modo, le particelle cariche emesse dal Sole (vento solare) vengono riflesse dal campo terrestre (*)



La Terra risulta quindi **PROTETTA** dal suo campo magnetico



Eh sì, se la Terra non disponesse di questa barriera magnetica naturale, le particelle cariche emesse dal Sole provocherebbero seri danni ai tessuti viventi.

La terza specie di diavoletti è la più cattiva: **I NEUTRONI**. Anch'essi filano a velocità che possono raggiungere i 20 000 km/s. Poiché non sono portatori di una **CARICA ELETTRICA**, una barriera magnetica è incapace di arrestarli.



Tutti questi diavoletti possono fare danni irreversibili nei tessuti viventi. Occorre proteggersene!

I neutroni e le particelle elettricamente cariche hanno una massa e sono portatori di un'energia cinetica pari a $\frac{1}{2}mV^2$ che può essere assorbita da un solido, un liquido o un gas. Ma mi piacerebbe proprio saperne di più su questi nuclei.



STABILITÀ DEI NUCLEI

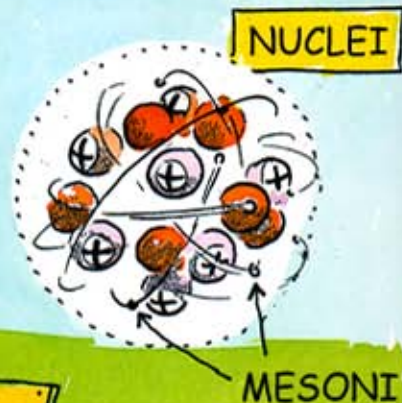
Per fabbricare dei **NUCLEI**, occorrono dei **NEUTRONI**, dei **PROTONI** e delle particelle chiamate **MESONI**.



Uranio 235
 92 Protoni
 + 143 Neutroni
 = 235 Nucleoni

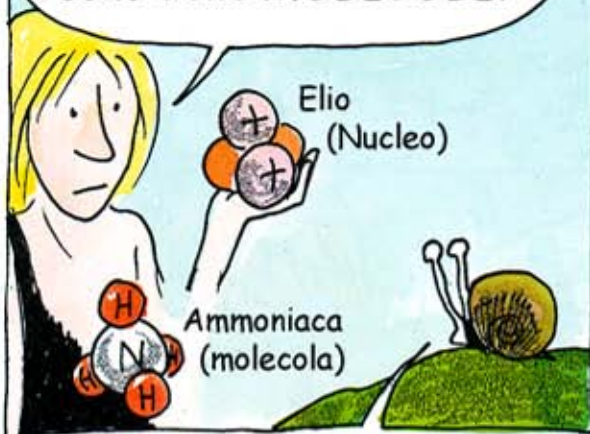


Plutonio 239
 94 Protoni
 + 145 Neutroni
 = 239 Nucleoni

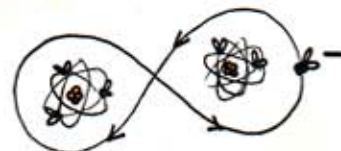


Nei **NUCLEI**, i **MESONI** assumono un po' lo stesso ruolo degli **ELETTRONI** nelle **MOLECOLE**: essi garantiscono la **COESIONE**.

Quindi i **NUCLEI** sono delle **MOLECOLE**?



I **NUCLEI** sono assemblaggi di **NUCLEONI**.
 Le **MOLECOLE** sono assemblaggi di **NUCLEI**.
 E noi stessi siamo assemblaggi di molecole.



Elettrone che crea UN LEGAME MOLECOLARE

La **CHIMICA** tratta riarrangiamenti di **MOLECOLE**.



La **FISICA NUCLEARE** studia **RIARRANGIAMENTI** di **NUCLEI**.

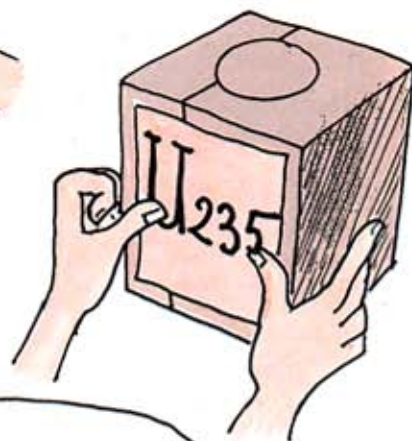
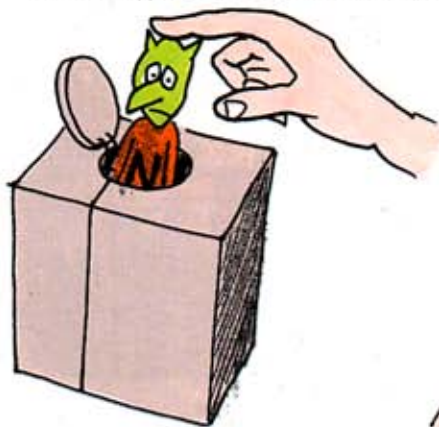
Un nucleo definito **INSTABILE** è un nucleo con durata di vita breve

Tuttavia, neutroni che agiscono su certi nuclei (nuclei relativamente stabili in virtù della loro lunga durata di vita) possono destabilizzarli completamente e provocarne la scissione, cioè la **FISSIONE**

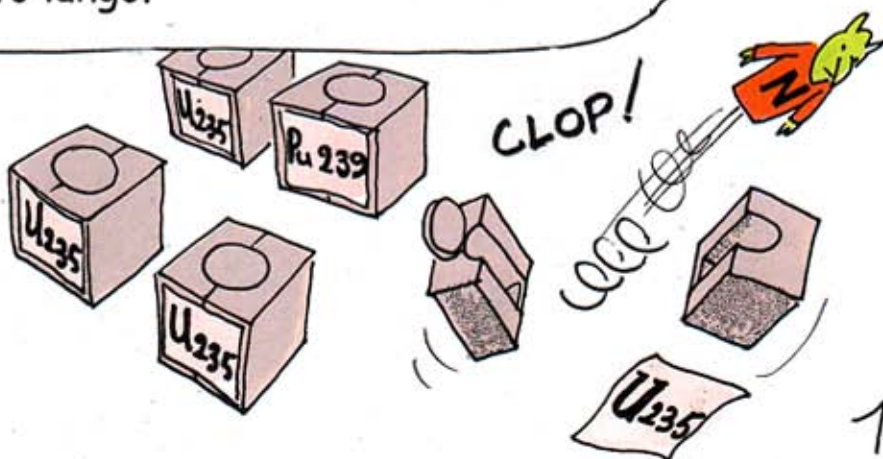
Ciò accade con l'**URANIO 235** e il **PLUTONIO 239**

LA FISSIONE

Questi nuclei possono essere rappresentati come un assemblaggio di due blocchi di massa dissimile e di un neutrone.



I nuclei di Uranio 235 e di Plutonio 239 presentano un certo tipo di radioattività naturale, associato ad un periodo di vita molto lungo.



Ecco una reazione di **FISSIONE**. Lo scontro con un neutrone ha destabilizzato il nucleo di Plutonio, che si spacca. Questa reazione si traduce con la riemissione di 2 neutroni (*)



Adesso mi studio la cosa per bene.

Anselmo ha riunito una gran quantità di scatole di diavoletti all'interno di un cerchio di raggio R.

Uranio 235 o Plutonio 239

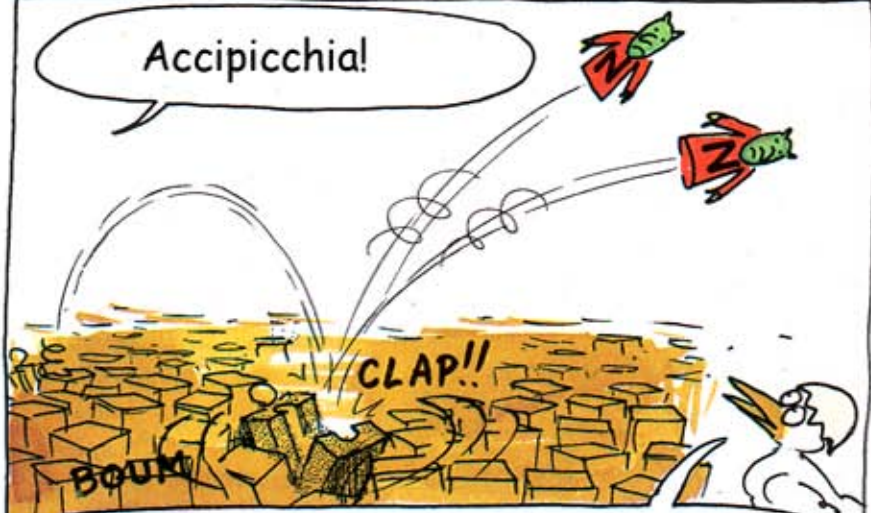


Ed ecco i diavoletti **ENERGIA** che escono dalle loro scatole



Qui abbiamo a che fare con dei **NEUTRONI**

Accipicchia!



Questo diavoletto, urtando una scatola vicina, ha fatto scattare il meccanismo di scoppio della scatola e di sprigionamento del neutrone-diavoletto in essa contenuto.

(*) Si tratta di un'immagine schematica. In realtà il neutrone incidente viene prima assorbito dal nucleo fissile (l'U235 ed il Pu239 diventano Pu240). Sono questi nuovi oggetti, molto instabili, a spezzarsi quasi subito.

REAZIONI A CATENA



Questi due diavoletti fanno a loro volta scattare l'apertura di altre due scatole!





LE CONDIZIONI CRITICHE

Come fare per evitare una simile catastrofe?

Semplice: quando viene espulso un diavoletto, esso parte in una direzione casuale e percorre una certa distanza. Se l'area in cui vengono distribuite le scatole è troppo piccola, il diavoletto **non farà scattare l'apertura di un'altra scatola.**



La concentrazione (*) di scatole deve però superare un certo valore critico...

... oltre il quale inizia la **REAZIONE A CATENA.**

(*) si parla comunemente di **MASSA CRITICA**

In pratica, tra il debole tasso di emissione della **RADIOATTIVITÀ NATURALE** e la **REAZIONE A CATENA**, si può trovare una via di mezzo. Giocando sulla **CONCENTRAZIONE**, anche se si tratta di una regolazione piuttosto delicata da operare, risulta possibile fissare quanti diavoletti verranno emessi al secondo, ovvero il flusso di energia liberato.



IL REATTORE NUCLEARE

Non ci sarà un modo per controllare questo processo?

Potremmo introdurre qualcosa che assorba i diavoletti, ovvero l'energia.



Sembra della carta moschicida.



Proviamo...



Facendo scendere i nastri appiccicosi assorbo i diavoletti, il che mi permette di limitare a piacere l'attività del reattore

Se fai scendere un po' di più i nastri adesivi, riesci addirittura ad arrestare quasi del tutto il reattore.

Tutti i diavoletti vengono catturati man mano. La reazione a catena è praticamente ferma.

Rimane l'emissione di energia "normale" o naturale del corpo radioattivo, che è notevolmente più debole.

Sostanzialmente, per fare un **REATTORE NUCLEARE** basta riunire un numero sufficiente di nuclei pesanti, **URANIO 235** o **PLUTONIO 239**, e si controllerà quindi l'attività del reattore con un corpo che assorba i diavoletti che, nel nostro caso, sono neutroni da **FISSIONE**.

Concretamente, i minerali di Uranio contengono lo 0,7% di Uranio 235 (**FISSILE**). Il resto è Uranio 238, non fissile.

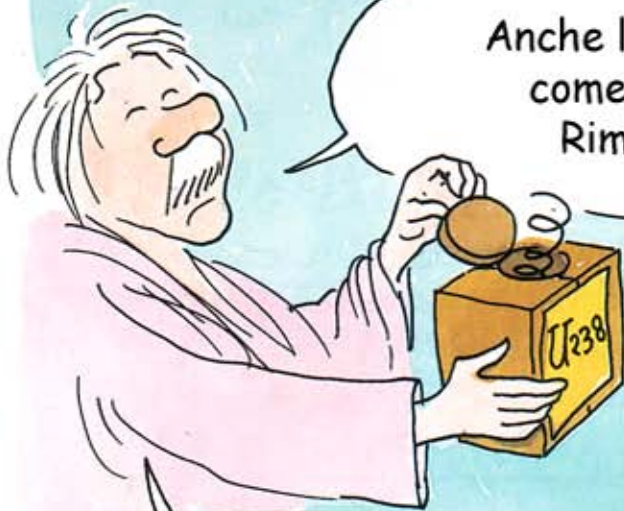
E useremo del **CADMIO** per assorbire i **NEUTRONI**.

Pare che il Plutonio 239 non esista in natura. Come si può pensare di farne uso in un reattore?

Bèh... sì, hai ragione...

MATERIALE FERTILE

Anche l'Uranio 238 può essere considerato come un assemblaggio di due elementi. Rimane uno spazio per un neutrone.



In altre parole, quando un reattore all'Uranio funziona, esso contiene sia materiale **FISSILE** che materiale **FERTILE**. Si genera quindi, partendo dal materiale **FERTILE**, una certa quantità di materiale **FISSILE**.



Cosa intendi per "una certa quantità"?

Tutto dipende dal modo in cui si fa funzionare il reattore. Inizialmente i **NEUTRONI DA FISSIONE** vengono emessi in tutte le direzioni a 20 000 chilometri al secondo.



YAOOH!



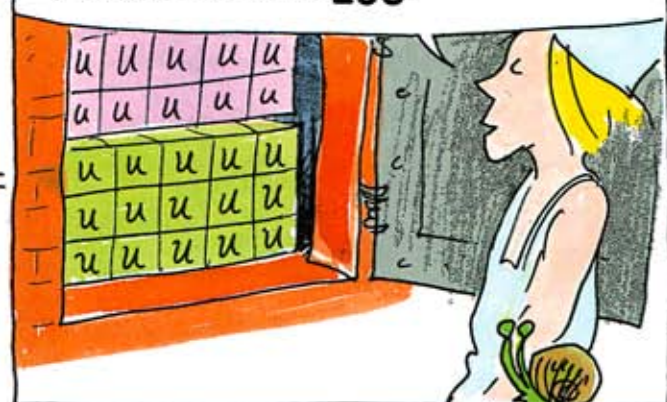
REATTORI A NEUTRONI RAPIDI

Questi **NEUTRONI RAPIDI** interagiscono bene con l' U_{238} , fertile, creando ad una discreta velocità del Pu_{239} , fissile.

Cosa stai facendo?



Quindi sistemo un **MANTELLO FERTILE** di U_{238} .



I **NEUTRONI RAPIDI** si muovono a 20 000 km/s nel **CUORE** del **REATTORE**. Se venissero assimilati alle molecole di un gas, questo sarebbe ad una temperatura di 16 miliardi di gradi.

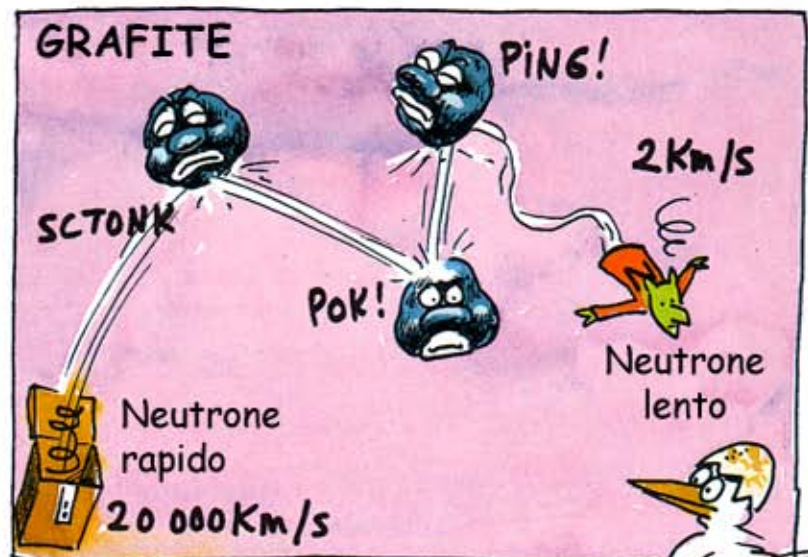
TRE ANNI DOPO...

Oh! Anselmo ha prodotto **PIÙ** Pu_{239} fissile di quanto non abbia consumato U_{235} . È un reattore **SURRIGENERATORE** o **SUPERCONVERTITORE**.

È normale, poiché ciascuna fissione rimette in gioco **DUE** neutroni rapidi, che permettono di trasformare 2 U_{238} in Pu_{239} .

REATTORI A NEUTRONI LENTI

Con del **CADMIO** posso assorbire i neutroni e quindi regolare il livello di attività del reattore (o arrestarlo completamente). Ma con della **GRAFITE** o dell'**ACQUA PESANTE** posso **RALLENTARE** i neutroni senza assorbirli. Questi ultimi sono dei **MODERATORI**.



Si può in tal modo far scendere la **VELOCITÀ DI AGITAZIONE TERMICA** dei neutroni a 2 km/s. Questo gas di neutroni, freddo, si trova alla temperatura generale del reattore.

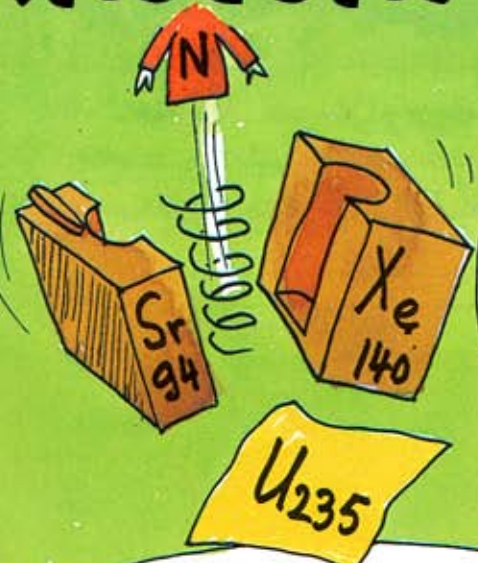


Viene sempre prodotto un po' di Pu239, ma molto meno che all'interno di un reattore a neutroni rapidi.

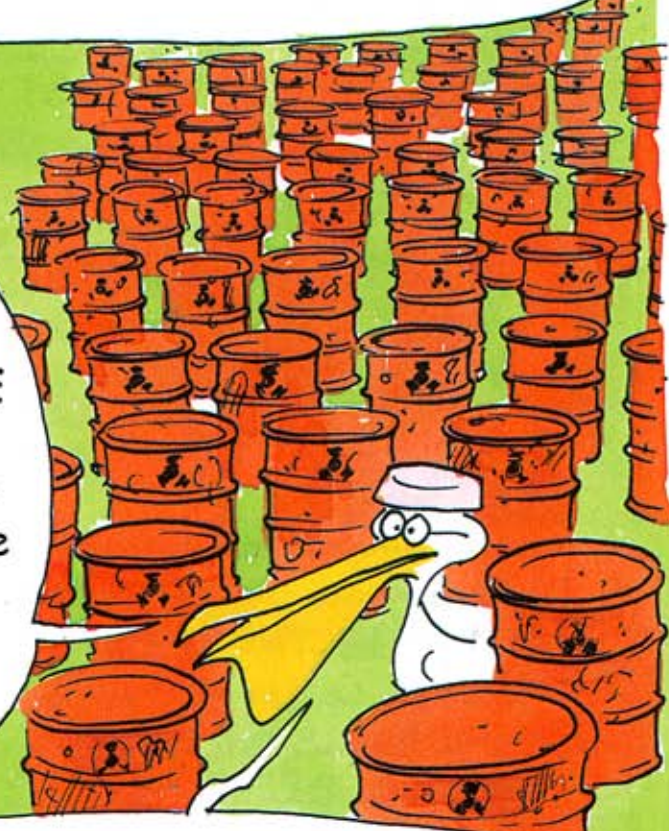
Non esiste una precisa frontiera tra questi due tipi di reattori. Vi sono infatti reattori a neutroni "tiepidi", a metà strada fra un tipo e l'altro.



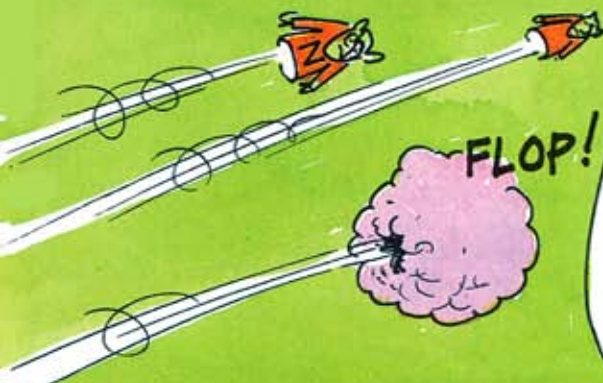
RIFIUTI RADIOATTIVI RADIOATTIVITÀ INDOTTA



I nuclei di U_{235} e di Pu_{239} possono scindersi in due parti in tantissimi modi diversi. Vediamo qui un esempio in cui dell'Uranio 235 si scinde in Stronzio 94 e in Xenon 140 radioattivi. Da notare che $94 + 140 + 1 = 235$



La cosa è non poco fastidiosa. Molti di questi **PRODOTTI DELLA FISSIONE** hanno vita lunga e rimarranno radioattivi per molto tempo. Lo **STRONZIO** si fissa nelle ossa e lo **IODIO** nella tiroide. Anche il Plutonio è molto pericoloso. Tutto ciò provoca **TUMORI** e **LEUCEMIE**.



I neutroni da fissione possono inoltre essere assorbiti da atomi tranquilli che costituiscono la struttura del reattore, trasformando questi ultimi in pericolosi instabili, anch'essi radioattivi, che andranno ad accrescere la massa dei rifiuti, detti anche scorie.

RADIOELEMENTI SU MISURA



Un reattore produce quindi rifiuti instabili radioattivi, dai diversi periodi di vita.


No. Sono nuclei suscettibili di perdere massa mediante l'emissione di nuclei di elio, di elettroni o di anti-elettroni (*)

Vuoi dire che sono nuclei a loro volta suscettibili di scissione?

Guarda, c'è Anselmo che porta via i rifiuti.

CLAP!

Si possono creare radioelementi di vario periodo, cioè nuclei radioattivi "su misura", inserendo determinati elementi nel reattore e sottoponendoli ad un bombardamento di diavoletti. Si ottiene in tal modo una radioattività detta **ARTIFICIALE**.

Sono un povero  scienziato solitario

Ga 68. PERIODO: 1 ORA

(*) Radioattività "alfa" o "beta"

I RADIOELEMENTI ARTIFICIALI
furono scoperti negli anni '30 da
Frédéric e Irène JOLIOT-CURIE.
Ciò condusse, alcuni anni dopo, alla
scoperta della **FISSIONE.**

Oh, guardate! Anselmo
è scomparso ma lo si riesce
a **LOCALIZZARE** per via dei
diavoletti emessi dal suo
carico.

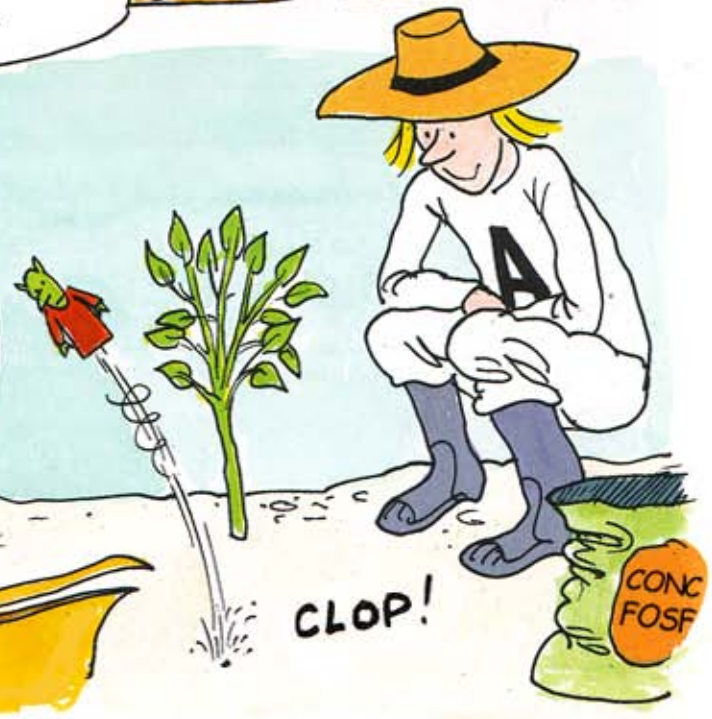


Ho un'idea! Se rileviamo questa
emissione di particelle, mediante la
RADIOATTIVITÀ ARTIFICIALE potremo
seguire **LA TRACCIA** dei nuclei.


Si possono addirittura
fissare dei nuclei, degli
isotopi radioattivi, su
molecole biologiche
(MARCATURA) per
poterne seguire la
migrazione nei tessuti.




Esistono innumerevoli
applicazioni pacifiche della
radioattività artificiale. Si può
studiare ad esempio la migrazione
dei concimi nei terreni, inserendo
nei fosfati un isotopo radioattivo
del fosforo.




LE BOMBE A




La Fisica Nucleare ha consentito alla Scienza dei Fuochi Artificiali di fare notevoli passi avanti. Riunendo brutalmente due masse di materiale fissile (U_{235} o Pu_{239}) con l'ausilio di un esplosivo, si creano le condizioni critiche e si provoca un'intensa reazione a catena, nonché effetti visivi molto suggestivi dal lato estetico.




Quindi, riunendo queste due masse ottengo la **MASSA CRITICA**



Vengono emessi moltissimi diavoletti di ogni genere e le scorie radioattive sono trascinate nell'alta atmosfera da correnti ascendenti nate dall'intenso sprigionamento di calore, facendo sì che anche il vicinato possa godere delle "interessanti" ricadute.



Se desiderate entrare nel club degli **ALLEGRI ARTIFICIERI**, dovete disporre di materiale fissile puro (100% di U_{235} o Pu_{239}). Potete procurarvelo in due modi: raffinando dell'Uranio naturale oppure recandovi presso il reattore nucleare più vicino al vostro luogo di residenza e raccogliendo il Pu_{239} disponibile al termine di ogni ciclo di funzionamento.



Ci siamo, ci siamo!..

LA FUSIONE



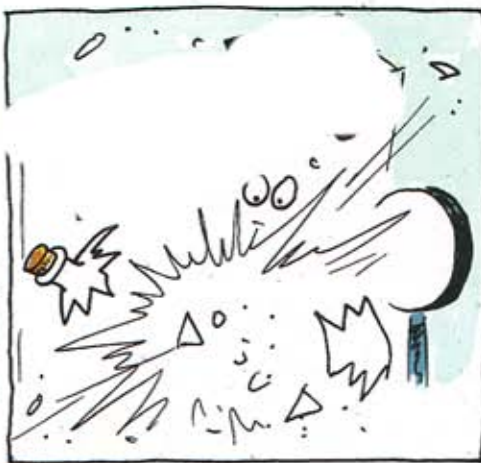
Dì un po', il Sole è un pianeta che deve contenere molto Uranio, vero? È per questo che è così caldo?

No Anselmo, le cose non stanno così. Nelle **REAZIONI CHIMICHE** si parte da una miscela di sostanze, ad esempio dell'**IDROGENO** e dell'**OSSIGENO**.

Ma... non succede... un bel niente?!

È perché la temperatura non è abbastanza elevata.

Riscaldiamo la miscela...



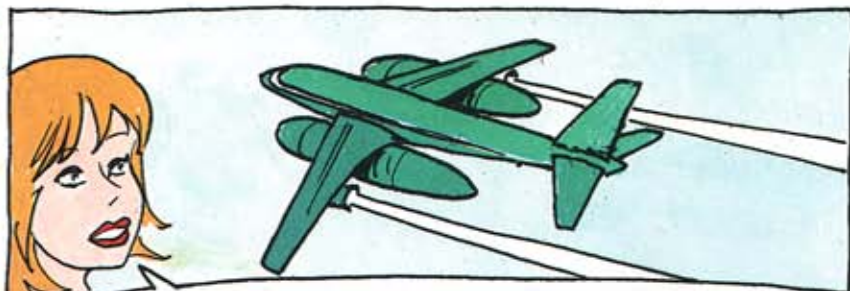
E otteniamo?



H₂O, dell'acqua



Quindi vi sono reazioni che liberano molta energia senza produrre sostanze tossiche.



Se un domani gli aerei volassero con una miscela idrogeno-ossigeno (immagazzinati allo stato liquido) lascerebbero sulla loro scia solo... nuvole!

Si possono anche far "bruciare"
delle miscele di nuclei...

...a patto di portarle
ad una temperatura suffi-
cientemente elevata.

DEUTERIO

TRIZIO

ELIO



Si possono far reagire
del **DEUTERIO** e del
TRIZIO, che sono due
specie di **IDROGENO
PESANTE** (il nucleo
dell'idrogeno leggero è
costituito da un solo
protone P). I nuclei di
questi **ISOTOPI** sono
diversi solo nel numero
di neutroni. La miscela
Deuterio-Trizio
tende a dare dell'Elio.

**GRANDE BALLO
DIABOLICO**

Ecco un elemento di gas
di **IDROGENO PESANTE**,
metà **DEUTERIO** metà **TRIZIO**.
A temperatura ordinaria, gli
ELETTRONI ruotano attorno
ai nuclei generando dei legami
molecolari (legando i nuclei
due a due).



Molecola di Deuterio



Molecola di Trizio

Poi il ritmo della danza diventa davvero indiatolato. Le molecole si spaccano (dissociazione) e le api-elettrone orbitano attorno ad un unico nucleo.

VERSO I TREMILA GRADI:

Non c'è proprio modo di orbitare attorno a questi nuclei, si muovono in continuazione.

Sì, la situazione sta diventando infernale. Getto la spugna...

Il gas caldo diventa quindi una zuppa di nuclei e di elettroni liberi ovvero un **PLASMA CALDO**.

Forza, dateci dentro!

In quattro sarebbe il massimo.

A partire da **150 MILIONI DI GRADI (TEMPERATURA CRITICA)** succede qualcosa.

Lo pensate davvero?

Sono eccitati.

qui c'è aria di fregatura

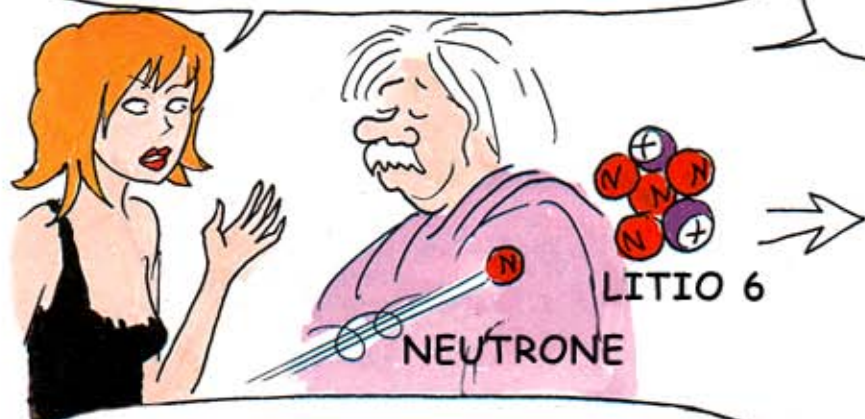
Sì, a questa temperatura saremmo più **STABILI**.

Hei, aspettate!.. $2 + 3 = 5$, e l'elio ha 4 nucleoni, vero?



Quindi la **FUSIONE** è tanto inquinante quanto la **FISSIONE**, poiché questi neutroni da fusione **trasformeranno** gli atomi circostanti cambiandoli in atomi radioattivi.

Ma ci si sforza di assorbire questi neutroni con del litio 6 che darà dell'elio 4 e del trizio 3.



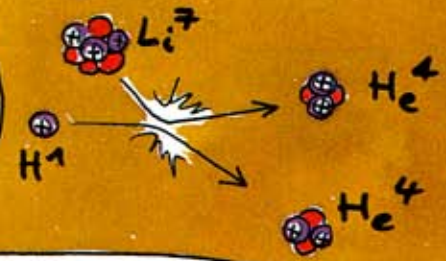
In altre parole, l'involucro del Litio 6 si comporta come un materiale "fertile". Tale reazione dovrebbe fornire del "carburante di fusione", cioè del Trizio 3.

Infatti, un reattore a fusione è imparentato con il surrigratore. Ed è una fortuna perché il Trizio, instabile (*), non esiste allo stato naturale.

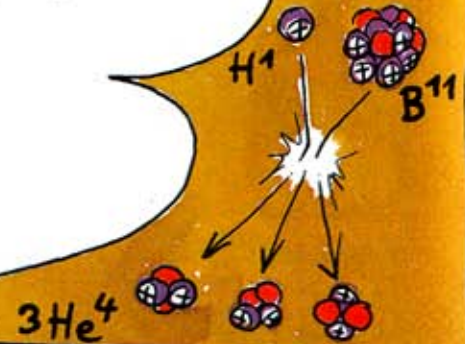


(*) La cui semivita è di soli 12 anni

Tuttavia, vedo che ci sono un sacco di reazioni di fusione, di riarrangiamenti di nuclei, che non danno neutroni liberi.



Litio 7 + Idrogeno 1 (leggero)
che danno 2 Elio 4
($7 + 1 = 2 \times 4$)
Boro 11 + Idrogeno 1
che danno 3 Elio 4
($11 + 1 = 3 \times 4$)



La prima ha una temperatura di innesco di **500** milioni di gradi, mentre per la seconda si tocca quasi il miliardo di gradi!..

Bèh, certo che...
Concretamente, come si ottiene la fusione dei nuclei?

All'interno del Sole, la cosa avviene lentamente ad una temperatura che è di soli 15 milioni di gradi.

Il Sole è quindi solo brace?

Sì. Per ottenere un "fuoco" nucleare occorrono 150 milioni di gradi, se si vuole che le reazioni avvengano, diciamo, in un tempo dell'ordine del secondo.



Beh, Edward Teller ottenne la fusione creando una nuova bomba. Non volevamo fare ciò ma l'abbiamo fatto. Teller ebbe un'idea (*). Aveva sempre ottime idee. Quando scoppia una bomba A, inizia sputando, per i primi milionesimi di secondo, una gran quantità di raggi X. Teller ha proposto di riflettere tali raggi con una sorta di specchio, e di focalizzarli su di un bersaglio composto da una miscela Deuterio-Trizio.



(*) Edward Teller, ricercatore a LOS ALAMOS durante la guerra, servì da modello nel film DOTTOR STRANAMORE

Teller costruì addirittura lo specchio in Uranio 238.

Perché dell'Uranio 238?

Ma sì, rifletti. La bomba H scoppia. I neutroni da fusione colpiscono il materiale **FERTILE** U_{238} e lo trasformano in Pu_{239} soggetto ad immediata fissione.

È la terribile bomba **FISSIONE-FUSIONE-FISSIONE**

LA FUSIONE PER ENERGIA DIRETTA (*)

Si cerca di ottenere la **FUSIONE** focalizzando su una miscela **DEUTERIO-TRIZIO** (allo stato liquido) ogni forma di **ENERGIA**: radiazioni generate da potentissimi **LASER**, varie particelle quali elettroni e nuclei provenienti da acceleratori. La **POTENZA** da mettere in gioco è fenomenale. Per accendere tale fuoco **TERMONUCLEARE** occorre (per alcuni miliardesimi di secondo) concentrare una potenza equivalente a quella di uno specchio solare la cui superficie sarebbe una volta e mezza quella dell'Italia, su di una sfera il cui diametro è inferiore ad 1 mm!

La **POTENZA ISTANTANEA** è enorme ma l'**ENERGIA** globale rimane modesta: questo "fiammifero" nucleare equivale a duecento grammi di polvere da sparo.

GRANATA DA 30 mm

EPILOGO




Abbiamo bisogno dell'**ENERGIA NUCLEARE**.
Ma tutto ciò, **FISSIONE, FUSIONE**,
presenta non pochi inconvenienti.

Ci sono
'ste benedette
scorie!

E un sacco di rischi
accidentali. Se un reattore
andasse "fuori giri", farebbe
fondere il contenitore d'acciaio,
il calcestruzzo, nonché il terreno
sottostante, e la massa in
fissione sprofonderebbe nel
terreno senza possibilità di
arrestarne il processo. Un
fenomeno chiamato
SINDROME CINESE (*)

Cosa fare?



40 anni sono pochi.
Siamo solo all'inizio
dell'**ERA NUCLEARE**.

Personalmente, credo vi possano
essere fantastici progressi in grado
di cambiare completamente i dati
del problema, ma più sul versante
della **FUSIONE** che su quello della
FISSIONE.

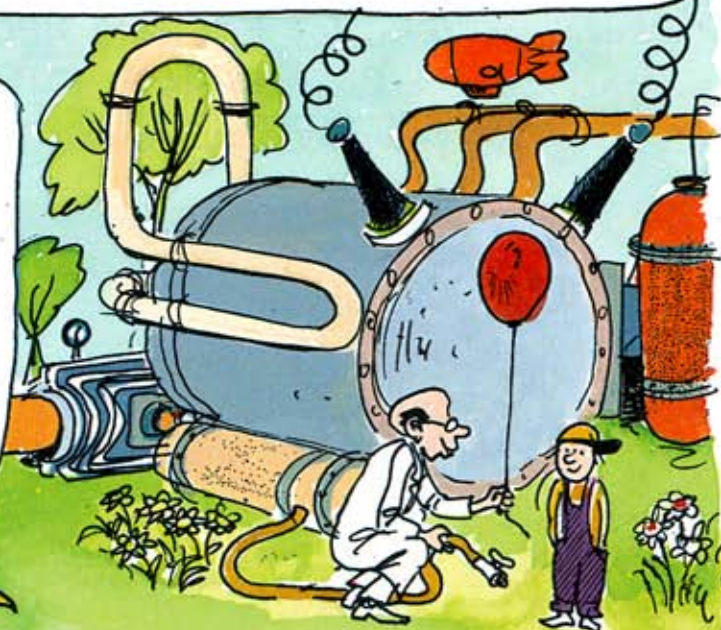


Ah...

(*) Immagine che dobbiamo a due fisici nucleari, secondo cui il reattore
trapasserebbe la Terra e ricomparirebbe... in Cina!

Nelle reazioni di fusione in cui non intervengono neutroni allo stato libero, si possono teoricamente **CONFINARE** i **PLASMA DA FUSIONE** mediante potenti dispositivi magnetici (le particelle caricate "fuggono" le zone in cui sono presenti intensi campi magnetici).

IL PERIODO AUREO!
La centrale a fusione non inquinante (litio-idrogeno o boro-idrogeno). Nasce dalla reazione un solo prodotto: l'elio, con cui si potrebbero gonfiare dei palloncini per i bimbi!..



Ma non fatemi ridere, è un sogno!

Eppure esistono stufe catalitiche che consentono di fare del fuoco **IN CASA PROPRIA**, a finestre chiuse, senza bisogno di un camino!..

È vero. Producono vapore acqueo e gas carbonico, che sono respirabili in moderata quantità.



Potrebbe esistere un **CATALIZZATORE DI FUSIONE** che consenta di operare a temperature accettabilmente basse?



Se ne conosce già uno: il Carbonio.

Eh sì. A proposito, come cavolo fa il Sole a funzionare per fusione, se la sua caldaia centrale raggiunge solo **15 MILIONI** di gradi, ovvero una temperatura di **DIECI VOLTE INFERIORE ALLA TEMPERATURA DI INNESCO** che è di **150 MILIONI DI GRADI**?

Il Carbonio serve da catalizzatore. Interviene nelle fasi piuttosto complesse della reazione e, in fin dei conti, viene rigenerato.

Ciò inizia con Carbonio 12 più Idrogeno 1 che danno Azoto 13. L'Azoto 13 viene quindi trasformato in Azoto 15 e, per finire:
Azoto 15+Idrogeno 1 -> Carbonio 12+Elio
(ciclo di Bethe).

Una reazione però troppo **LENTA** (non per il Sole ovviamente, visto che nessuno gli mette fretta).

I MUONI

Si possono creare, in una miscela gassosa fredda, reazioni chimiche complesse bombardando le molecole con gli elettroni di una semplice scarica elettrica.



Esempio:
 2CH_4 (metano)
+ $\frac{1}{2}$ danno:
 C_2H_2 (acetilene)+ 3H_2



In una molecola si possono sostituire gli elettroni con dei **MUONI**, particelle che assomigliano a grossi elettroni e che riavvicinano i nuclei gli uni agli altri.



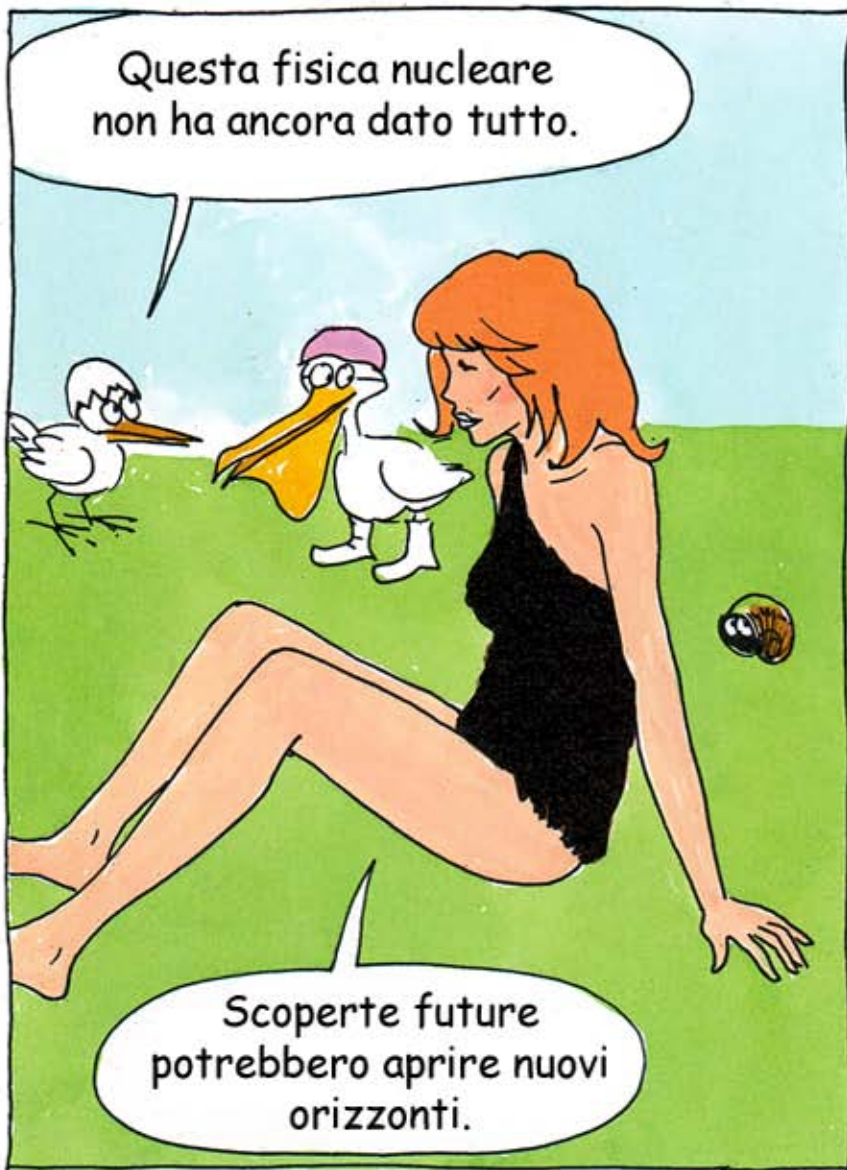
Allora perché non bombardare una miscela di Fusione "tiepida" con dei Muoni?

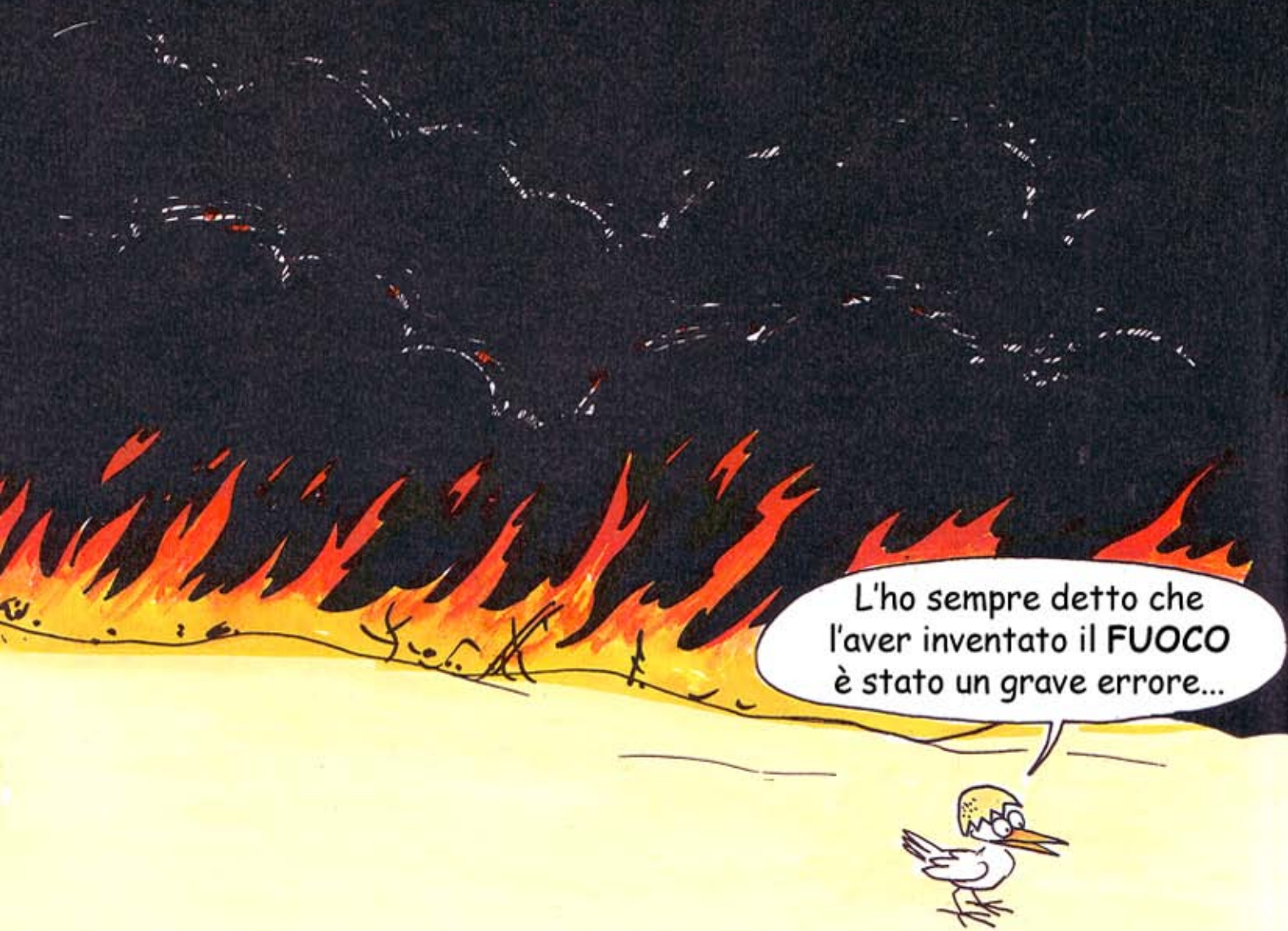
E funziona?

NO PROBLEM, SIR! Si sanno creare dei muoni in un acceleratore. Quando urtano nuclei di deuterio e di trizio, viene prodotto dell'elio. Si ha quindi fusione. Ma tra questo esperimento di micro-fisica, effettuato su poche particelle, e una fusione industriale sfruttabile, c'è ancora un bel po' di strada da fare!!!

Si può anche giocare sugli **SPIN** dei nuclei. Ovvero far loro danzare un valzer anziché un tango. Ciò accresce l'efficacia delle collisioni.









La scienza, tsè...

Un così
bel pianeta...

Soddisfatto?

FINE