

**ANSELME
LANTURLU** 

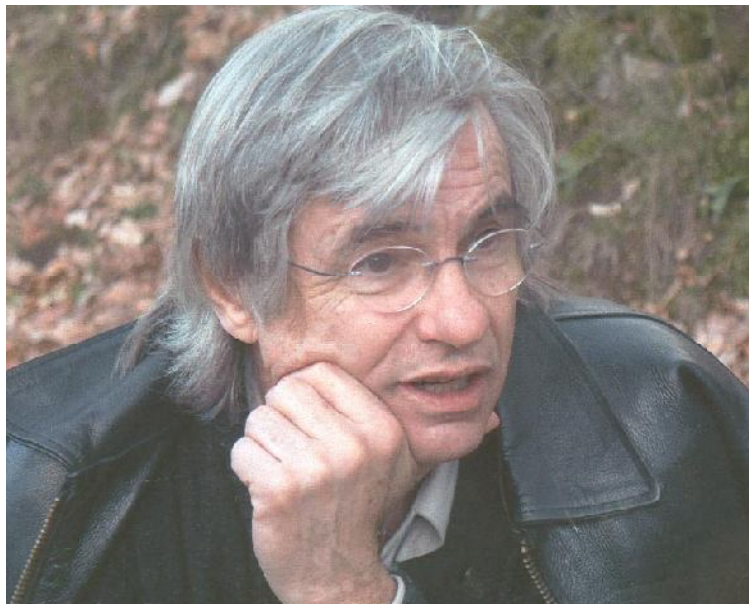
ENERGETYCZNE DIABLIKI

Jean-Pierre Petit



Przełożyła: Martyna Wachowska

Wiedza bez Granic



Jean-Pierre Petit, Prezes Stowarzyszenia

Były Dyrektor ds Badań w CNRS, astrofizyk, twórca naukowego gatunku literackiego: *komiksu naukowego*. W 2005 roku postanowił upublicznić 20 swoich dzieł, umożliwiając bezpłatny dostęp do elektronicznych wersji za pośrednictwem własnej strony internetowej. Stworzył także Stowarzyszenie *Savoir Sans Frontières* (Wiedza bez granic), którego celem jest nieodpłatne szerzenie wiedzy, w tym wiedzy naukowej i technicznej. Stowarzyszenie funkcjonuje dzięki hojności darczyńców. Wynagrodzenie tłumaczy w roku 2008 wynosi 150€ netto (koszty transferu bankowego pokrywa SSF). Każdego dnia wzrasta liczba przeprowadzonych tłumaczeń (w 2007 r. 200 komiksów zostało przetłumaczonych na 28 różnych języków, w tym na laotański i rwandyjski).

Poniższy dokument .pdf może być legalnie kopiowany, powielany w całości bądź poszczególnych fragmentach, wykorzystywany w szkołach w celach naukowych, pod warunkiem że wykorzystaniu niniejszych materiałów nie towarzyszą cele zarobkowe.

Zachęcamy do umieszczania publikacji SSF w bibliotekach miejskich, szkolnych bądź uniwersyteckich w formie publikacji broszurowej bądź w formie elektronicznej.

Autor postanowił uzupełnić kolekcję albumów o przystępne komiksy dedykowane dzieciom od lat 12. Równocześnie odbywa się przygotowywanie komiksów w wersji „audio” dla analfabetów, a także osób pragnących nauczyć się nowego języka.

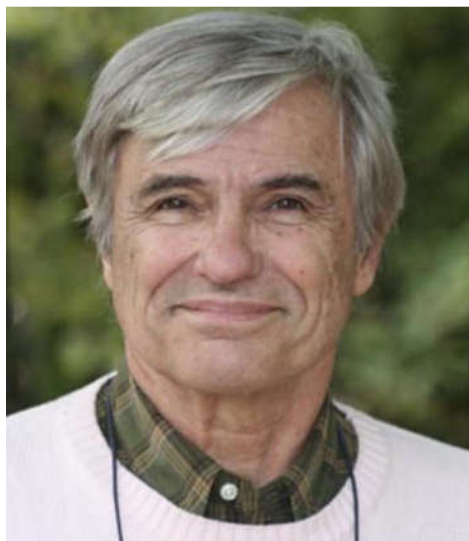
Stowarzyszenie chętnie nawiąże współpracę z nowymi tłumaczami, posiadającymi odpowiednie kompetencje, niezbędne do tłumaczenia tekstów para-naukowych.

Aby skontaktować się ze stowarzyszeniem prosimy wejść na stronę:

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

Wiedza bez granic

Stowarzyszenie o charakterze niezarobkowym założone w 2005 r. i zarządzane przez dwóch francuskich naukowców. Cel: rozpowszechnianie wiedzy naukowej za pomocą zespołu rysowanego za pomocą darmowych plików PDF do pobrania. W 2020 r. osiągnięto w ten sposób 565 tłumaczeń na 40 języków. Z ponad 500.000 pobranych plików.



Jean-Pierre Petit



Gilles d'Agostini

Stowarzyszenie jest całkowicie dobrowolne.
Pieniądze przekazano w całości na rzecz tłumaczy.

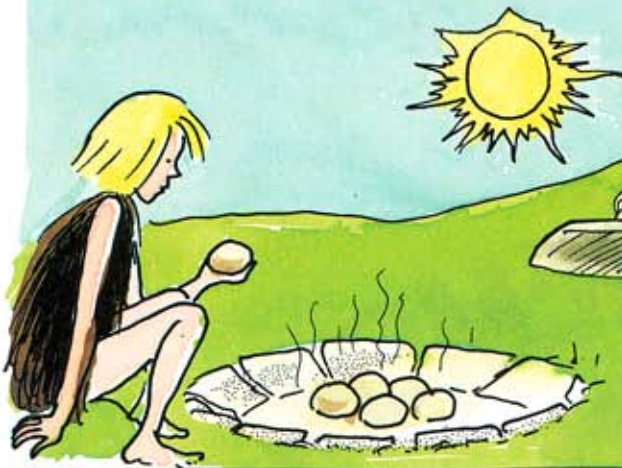
Aby dokonać darowizny, użyj przycisku PayPal na stronie głównej:

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



PROLOG

W zamierzchłych czasach istniał świat, w którym człowiek nie znał jeszcze ognia. Pożywienie przyrządzano wystawiając je na działanie promieni słonecznych



Dobrze by było, gdybyśmy znali jakiś inny sposób.

Gdy nadchodził zmierzch, wracano do swoich grot, zbudowanych z ciężkich kamieni, które magazynowały ciepło słoneczne

..masakra..

śpisz?

Nie, kamienie już są zimne..

można zamarznąć

Kiedy nadejdzie zima, będzie jeszcze gorzej.. Już teraz, połowa plemienia jest przeziębiona

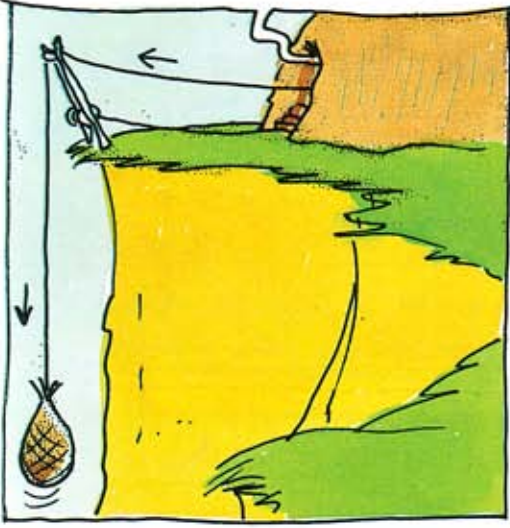
Co tam robisz?

Szukam sposobu na **MAGAZYNOWANIE ENERGII**



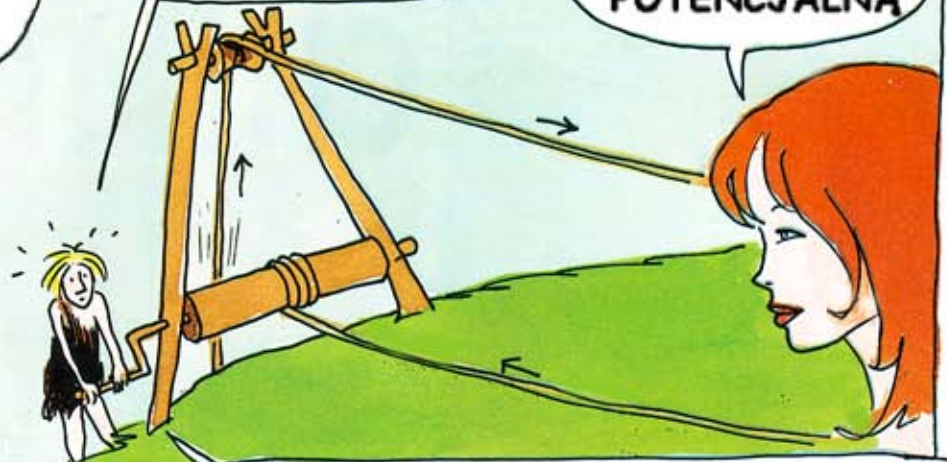
Naprawdę uciążliwe jest przenoszenie tych kamieni co wieczór

Dlatego też, stworzyłem system, który co wieczór będzie wciągał na tej platformie kamienie aż do wnętrza groty



a w ciągu dnia, ładunek będzie opuszczał grofę..

w ten sposób gromadzisz **ENERGIĘ POTENCJALNĄ**



To bardzo praktyczne. Tylko dlaczego mimo wszystko to człowiek musi dostarczać **PRACY?**

Co tym razem robisz, Anzelmie?



Doskonale moją metodę **MAGAZYNOWANIA ENERGII**

No i już!



Chcesz powiedzieć że zgromadziłeś energię **WEWNATRZ** tej skrzynki?



Odkryłem system, który pozwala na **MAGAZYNOWANIE ENERGII WEWNĘTRZNEJ**



ENERGII, którą mogę przenosić i ponownie **WYKORZYSTYWAĆ**



AAAAAAHHH

Zosiu! To była
tylko **ZMAGAZYNOWANA**
ENERGIA
WEWNĘTRZNA!



ENERGIA CHEMICZNA

Muszę wreszcie trochę posprzątać w naszej
grocie.. Co my tu mamy... saletra, siarka..

ten węgiel drzewny
został po pożarze lasu,
który wybuchnął po
uderzeniu pioruna..



Musi tu być czysto,
bo inaczej Zosia
mnie zabije!



.. i jeszcze ten
wielki kamień



BOUM!



Zosiu! Zosiu!

w tym **CZARNYM PROCHU**, który właśnie odkryłem zgromadzona jest **ENERGIA!**



Będziemy mogli go wykorzystywać do gotowania jedzenia i do ogrzewania!



sama zaraz zobaczysz..

Jeśli chcesz znać moje zdanie, to powiem ci, że może sam wynalazek jest i dobry, tylko trochę mało praktyczny.



Może powinienem się poddać?



A gdybyśmy tak spróbowali wymieszać ten proch z piaskiem?

To działa! Piasek uspokaja tę wybuchową mieszaninę, która teraz uwalnia swoją energię wolniej i łagodniej!



no i możemy kontrolować wydzielanie ciepła..

Tej zimy nie będziemy już zamarzać z zimna..





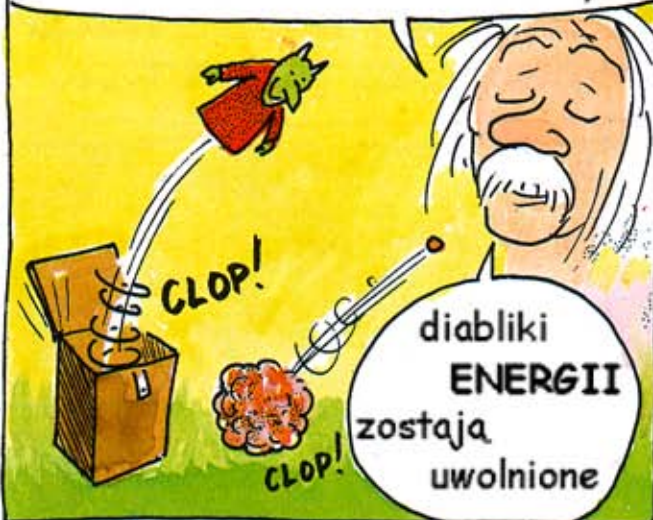
ENERGIA NUKLEARNA



Skrzynki z diabłami w środku?!?

Legenda mówi, że w dawnych czasach **ENERGIA** została zamknięta w **JADRACH** niektórych **ATOMÓW**, na przykład **URANU**. Atomy te, zostały wyprodukowane na słońcu, w jego wewnętrznym żarze, dopiero następnie zostały stamtąd wyrzucone, i uwięzione w masie Ziemi, w momencie kiedy ona powstawała

Atomy te nie są solidnymi skrzynkami, i czasem pokrywki nie wytrzymują i puszczają, a wtedy...



Legenda głosi, że w dniu **KOŃCA ŚWIATA** wszystkie diabluki wyjdą ze skrzynek, i we Wszechświecie nie będzie już więcej tego rodzaju energii



Ale to wszystko będzie trwało długo.. bardzo bardzo długo..

Ale, jednak!

I trzeba tylko dziękować Bogom, że przewidzieli tę sytuację, i zaopatrzyli nas w spore zapasy energii..

A jak długo diabluki pozostają w skrzynkach? Jak dużo czasu **ENERGIA**, utrzymywana jest w tych **JADRACH**?



CZAS ŻYCIA CZĄSTKI RADIOAKTYWNEJ

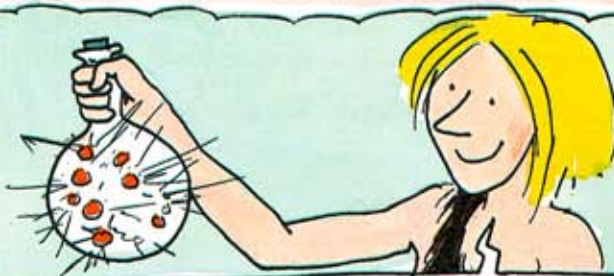
Jeśli rozważamy zbiór wszystkich skrzynek zawierających diabluki, to po pewnym czasie T , zwanym **OKRESEM POŁOWICZNEGO ROZPADU** lub **OKRESEM PÓLTRWANIA**, diabluki z **POŁOWY** skrzynek zostaną uwolnione. Po upływie identycznego okresu czasu, otworzy się połowa z pozostałych skrzynek.. i tak dalej.. Musisz wiedzieć, że okres półtrwania może być bardzo różny i wynieść ułamek sekundy lub miliardy lat..

Liczba cząstek radioaktywnych



A gdyby nie było tych wszystkich skrzynek z diablukami, tych wszystkich jąderek wypełnionych energią, i uwięzionych we wnętrzu ziemi, wtedy zima byłaby jeszcze zimniejsza

Fajnie by było, gdybym odszukał te atomy wypełnione energią



Wystarczyłoby że nappełniłbym nimi butelkę, i mógłbym się przy nich ogrzewać przez całą zimę..

Uważaj, Anzelmie! sprężyny **ENERGII NUKLEARNEJ** są nieskończenie bardziej silne od sprężyn **ENERGII CHEMICZNEJ**, **SETKI TYSIĘCY RAZY SILNIEJSZE!**

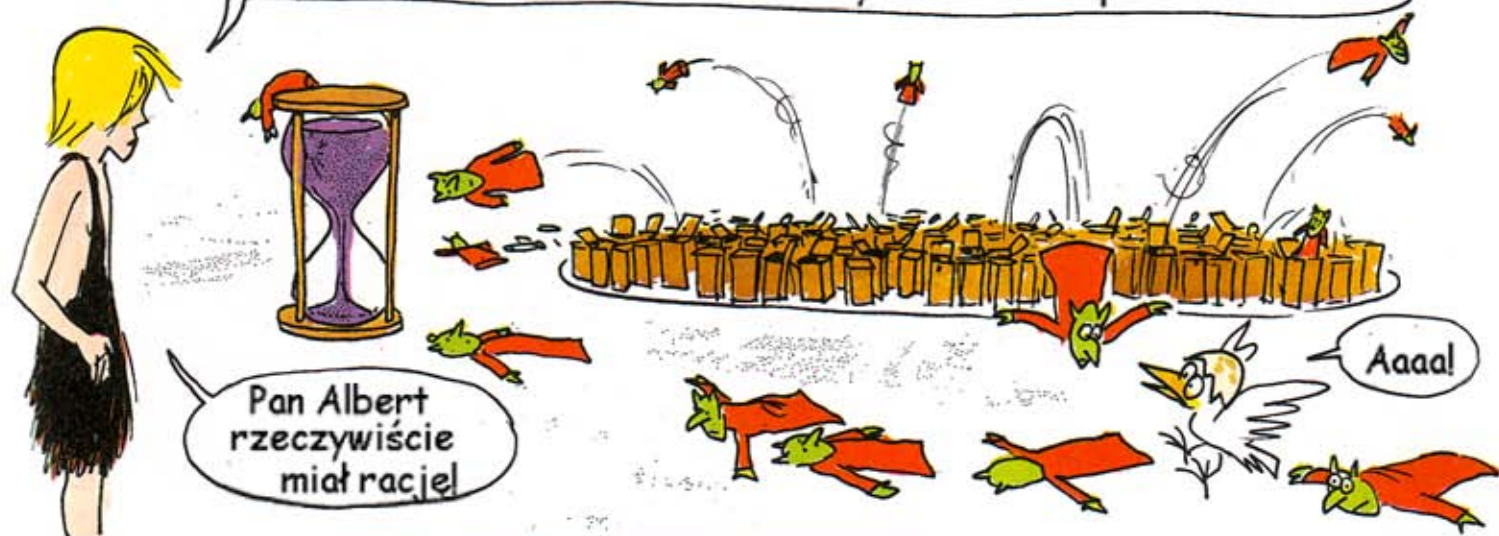


Także same diabluki, emitowane przez jądra atomowe dużo gwałtowniej wyskakują..

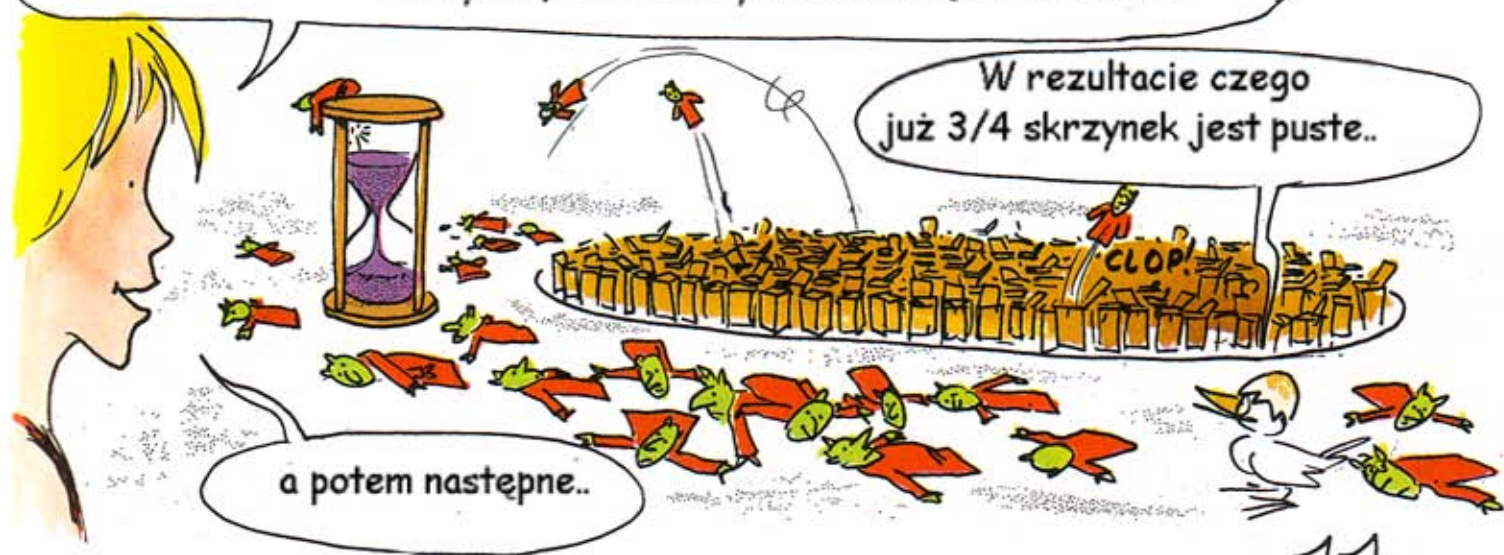
Sprawdźmy czy faktycznie to co mówił pan Albert jest prawda. Zamknięcia tych skrzynek systematycznie się przesuwają. W ten sposób będą się otwierać jedna po drugiej..



Faktycznie, po upływie okresu półtrwania, połowa skrzynek została opróżniona..



A po upływie takiego samego okresu czasu, połowa z pozostałych skrzynek, również wyrzuciła uwięzione diabluki



A ten proces zwalnia wraz z upływem czasu. Tempo w jakim skrzynki otwierają się jest coraz wolniejsze..

Na początku Ziemia musiała być dużo bardziej radioaktywna!

a później to się uspokoiło..

KONWERSJA ENERGII

No ale gdzie właściwie jest to **CIEPŁO**?

A gdybyśmy tak włożyli to do garnka z wodą?

Spróbujmy..

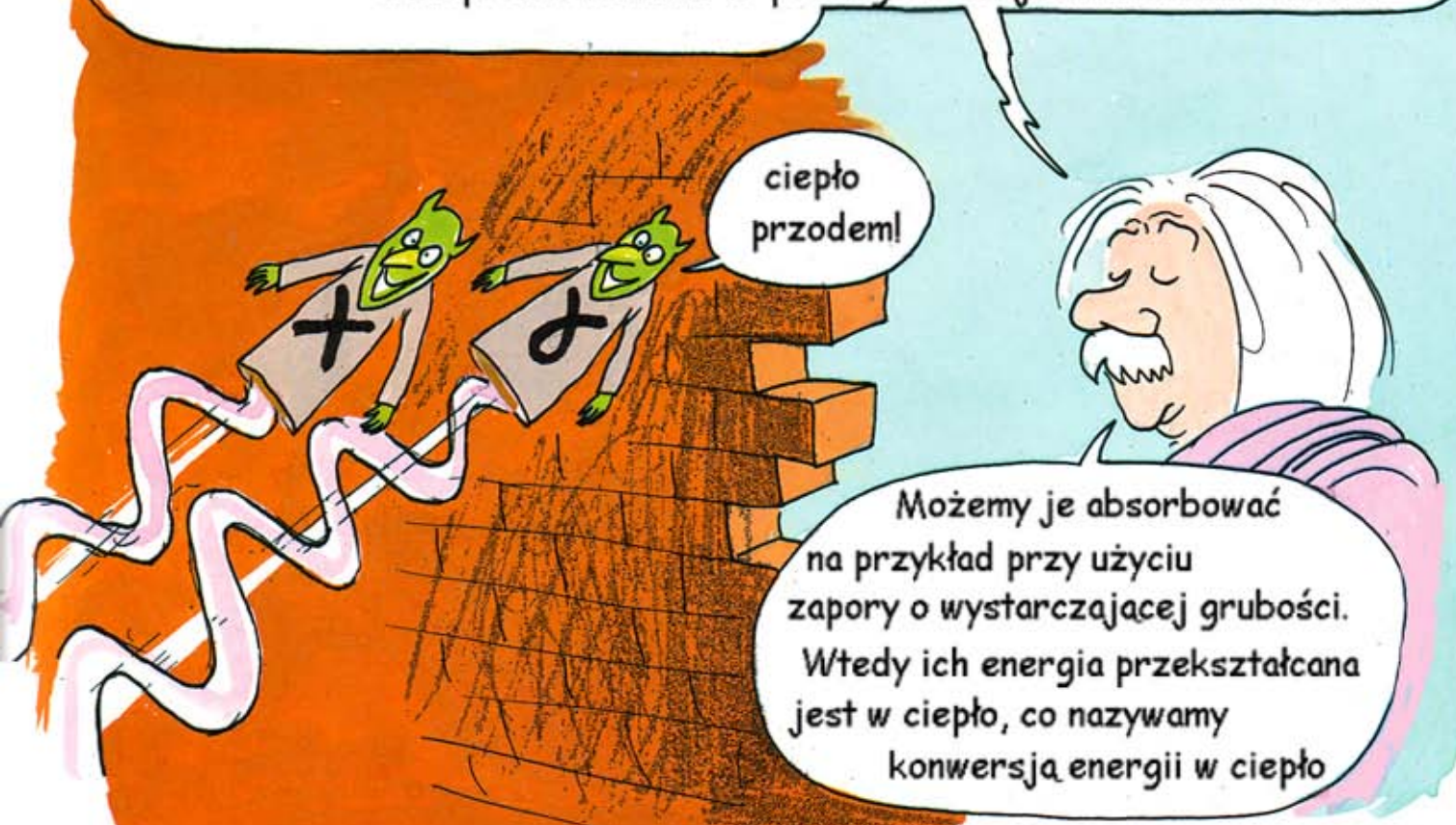
To działają emitowana przez radioaktywne cząsteczki **ENERGIA**, jest absorbowana przez wodę, i następnie przekształcana w **CIEPŁO**

No tak ale ta **NATURALNA PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ**, nie wydziela zbyt wiele **ENERGII**

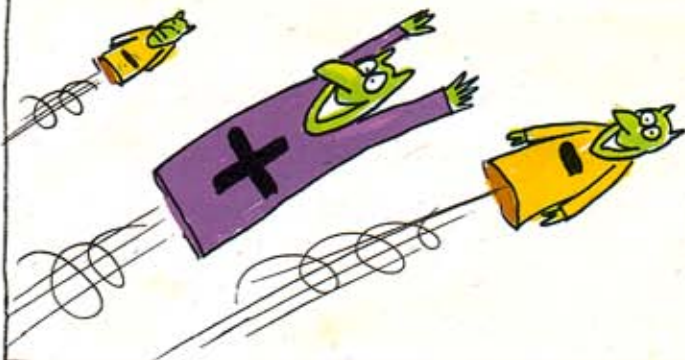
Krótko mówiąc, potrzeba bardzo dużo substancji radioaktywnej, żeby móc się ogrzać

ROZMAITE GATUNKI DIABLIKÓW

Rzeczywiście można wyróżnić kilka rodzajów diablików. Po pierwsze jądra mogą emitować **PROMIENIOWANIE X** lub γ
Owo promieniowanie to pewnego rodzaju niewidoczne światło



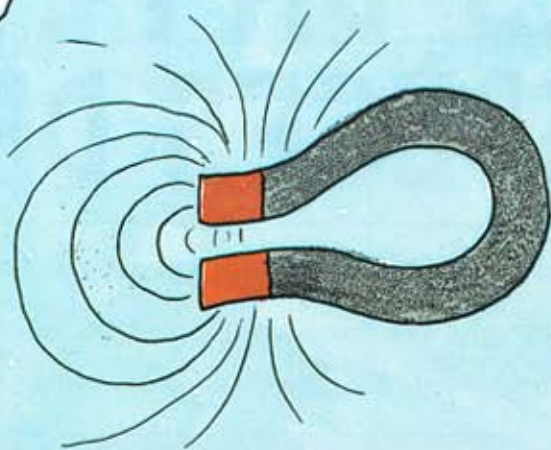
Inny gatunek diablików, to diabluki, które niosą w sobie
ŁADUNEK ELEKTRYCZNY



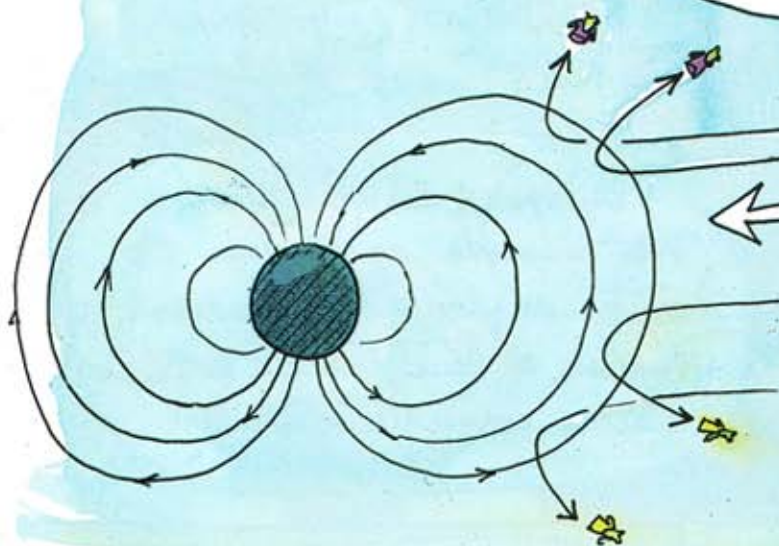
czy one szybko się poruszają?

To zależy od ich **ENERGII**
Ale ich prędkość może osiągać
dziesiątki tysięcy kilometrów
na sekundę!

Poruszając się z taką prędkością, mogłyby przebić się przez każdy obiekt



Właśnie, że nie!
Wyobraź sobie, że odbijają się one od **POLA MAGNETYCZNEGO**



Tak samo, cząstki obdarzone ładunkiem emitowane przez Słońce (tzw. wiatr słoneczny) odbijają się od pola ziemskiego(*)



Więc Ziemia jest **CHRONIONA** przez swoje pole magnetyczne?



O tak. Gdyby Ziemia nie wytwarzała tej naturalnej bariery magnetycznej, wtedy emitowane przez słońce cząstki obdarzone ładunkiem byłyby bardzo szkodliwe i organizmów żywych mieszkających na Ziemi..

14 (*) Na Ziemi bieguny geograficzne nie pokrywają się z biegunami magnetycznymi, i leżą dokładnie odwrotnie

Najgorszy jest trzeci gatunek diablików:
są to **NEUTRONY**. One także mogą poruszać się
z prędkością 20 000 km/s.

Ale ponieważ nie niosą **ŁADUNKU ELEKTRYCZNEGO**
nie mogą być powstrzymane przez bariery
magnetyczne



Wszystkie te diablaki powodują
nieodwracalne zmiany w żywych tkankach.
Dlatego też, należy się przed nimi chronić!

Neutrony i cząstki obdarzone ładunkiem
elektrycznym mają swoją masę, i przenoszą energię
kinetyczną $1/2 mv^2$, która może być absorbowana
przez ciała stałe, płyny, gazy a następnie przekształcana
w ciepło.

Tyle wiem, ale chciałbym dowiedzieć się
więcej o tych jądrach atomowych..



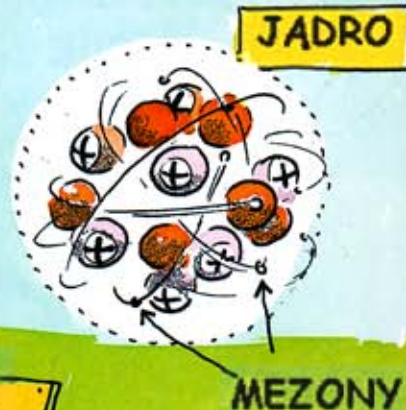
STABILNOŚĆ JĄDER ATOMOWYCH

Aby zbudować **JĄDRO ATOMOWE**, potrzebne są **NEUTRONY**, **PROTONY** oraz cząstki które nazywamy **MEZONAMI**



Uran 235
92 Protony
+ 143 Neutrony
235 Nukleony

Pluton 239
94 Protony
145 Neutrony
239 Nukleony

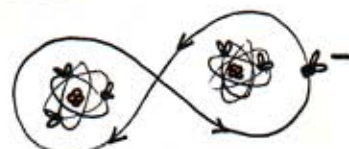


MEZONY w **JĄDRACH ATOMOWYCH** odgrywają podobną rolę, co **ELEKTRONY** w **MOLEKUŁACH (CZĄSTECZKACH)**: zapewniają im **SPÓJNOŚĆ**

To w takim razie **JĄDRA** są **MOLEKUŁAMI**?



JĄDRO ATOMOWE to nic innego jak zbiór **NUKLEONÓW**. Natomiast **CZĄSTECZKI** są to zbiory **JĄDER ATOMOWYCH**. A my sami jesteśmy zbiorem molekuł, czyli cząsteczek..



elektron utrzymujący **WIĄZANIE CZĄSTECZKI**

CHEMIA tłumaczy przegrupowania w **CZĄSTECZKACH**



Natomiast **FIZYKA JĄDROWA** będzie badała **PRZEGRUPOWANIA** wewnątrz **JĄDER ATOMOWYCH**

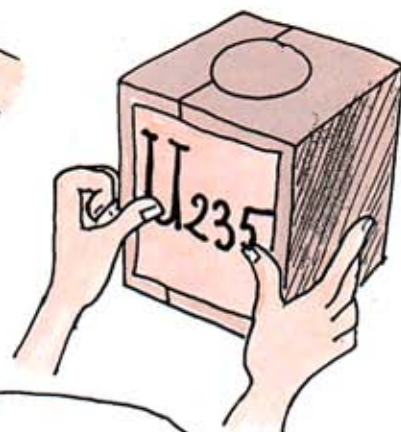
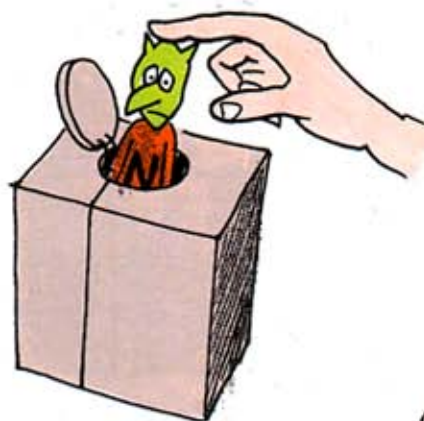
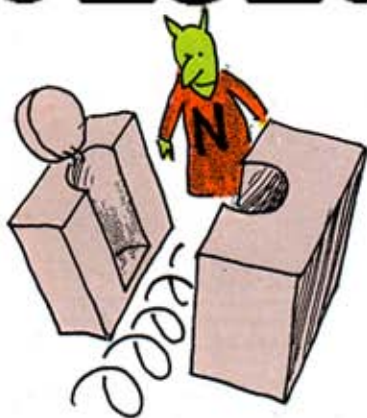
Jądro atomowe
uważane za **NIESTABILNE**
to jądra o
krótkim czasie życia

Zaś neutrony, (które same są relatywnie
stabilne, gdyż obdarzone długim cyklem życia)
działają wewnątrz niektórych jąderek atomowych,
i mogą całkowicie je zdestabilizować, i doprowadzić
do ich eksplozji, czyli **ROZSZCZEPIENIA**

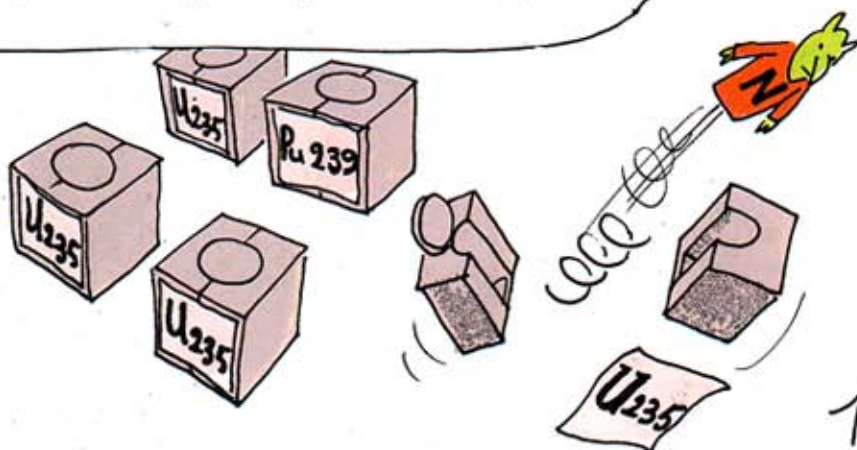
Ma to miejsce
na przykład w przypadku
pierwiastków **URANU 235**
i **PLUTONU 239**

ROZSZCZEPIENIE

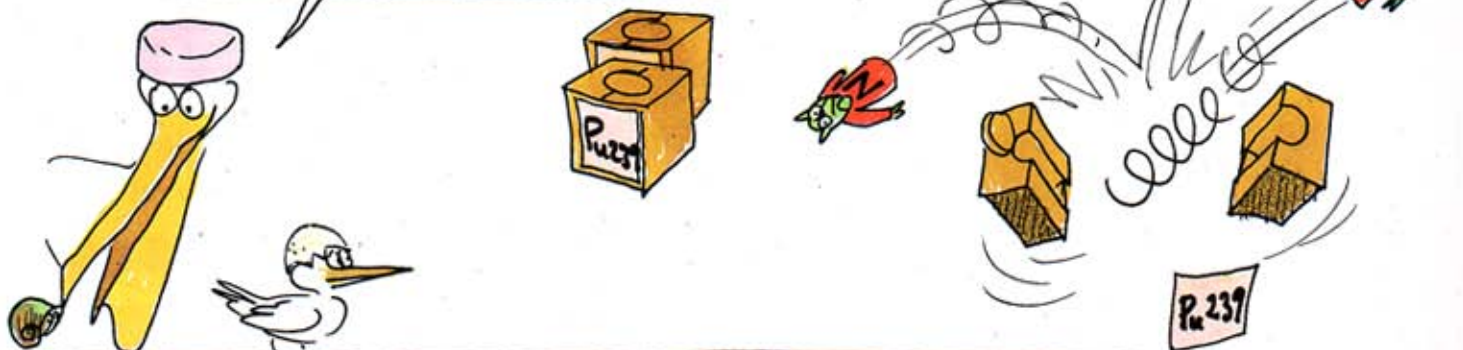
Jądra te mogą stanowić połączenie
dwóch różnych mas oraz jednego neutrona



Jądra atomowe Uranu 235 i Plutonu 239 cechuje pewien rodzaj
naturalnej radioaktywności, związanej z długim czasem życia



A oto reakcja **ROZSZCZEPIENIA**.
Spotkanie z neutronem zdestabilizowało jądro Plutonu i doprowadziło do jego eksplozji. W efekcie tej reakcji zostały wyemitowane 2 neutrony(*).



Przyjrę się temu z bliska..

Wewnątrz kręgu promieni R, Anzelm zgromadził dużą liczbę skrzynek z diablakami.

Uran 235 czy Pluton 239



A oto i diablaki **ENERGII**, które wyskakują ze swoich skrzynek

Chodzi tym razem o **NEUTRONY**



O! a popatrz na to!

Ten diablak, uderzając w sąsiednią skrzynkę, spowodował mechanizm jej eksplozji i uwolnienie diablaka-neutrona, który był w niej uwięziony

18 (*) Ten rysunek jest schematyczny. W rzeczywistości najpierw uderzający neutron jest absorbowany przez jądro atomowe (U235 staje się U236, a Pu239 staje się Pu240). Są to nowe, bardzo niestabilne obiekty, które rozszczepiają się niemal natychmiastowo.

REAKCJE ŁAŃCUCHOWE



Te dwa diabliki wyskoczyły kolejno po sobie, przy otwarciu dwóch innych skrzynek!



i każdy następny po kolei.



Zosiul zmywamy się stąd!!!



O retyl

Gdyby te skrzynki były prawdziwymi atomami, to cała **ENERGIA** została by uwolniona w trakcie tej **REAKCJI ŁAŃCUCHOWEJ** w ciągu zaledwie ułamka sekundy



Co możemy zrobić, żeby uniknąć takiej katastrofy?

To proste: kiedy diablik zostaje uwolniony, pada w przypadkowym kierunku i pokonuje pewną odległość. Jeśli skrzynki rozstawione są w odpowiednich odstępach od siebie, to wyskakujący diablik nie uderzy żadnej z sąsiednich skrzynek i nie spowoduje ich otwarcia



Ale niezbędne jest, żeby koncentracja(*) skrzynek, przekroczyła pewną wartość krytyczną

O, tam dalej rozpoczyna się **REAKCJA ŁAŃCUCHOWA**

W rzeczywistości, pomiędzy słabym charakterem **NATURALNEJ RADIOAKTYWNOŚCI**, a gwałtowną **REAKCJĄ ŁAŃCUCHOWĄ**, możemy znaleźć stany pośrednie. Manipulując przy tej **KONCENTRACJI**, nawet jeśli możliwość regulacji jest dosyć ograniczona, to można jednak ustalić, zaprogramować liczbę diablików, które będą emitowane na sekundę, to znaczy ustalić ilość uwalnianej energii.



REAKTOR ATOMOWY

A czy nie ma lepszego sposobu, który pozwoliłby kontrolować ten proces?

Moglibyśmy zastosować coś, co wchłaniałoby diabliki, to znaczy energię

taki swoisty lep na muchy



Spróbujmy..



Spuszczam przyklepny papier, a diabliki przyklejają się do niego, co pozwala mi wg uznania ograniczać aktywność reaktora

A opuszczając te swoje taśmy samo - przylepne jeszcze niżej praktycznie mógłbyś całkowicie zatrzymać reaktor..

Stopniowo wszystkie diabluki zostaną uwięzione. Praktycznie nie zajdą już reakcje łańcuchowe

Wydzielana będzie tylko "normalna" energia naturalna, która jest dużo słabsza niż energia wydzielana przy reakcji łańcuchowej..

Żeby zbudować **REAKTOR ATOMOWY**, wystarczy zgromadzić pewną ilość ciężkich jąder atomowych **URANU 235** i **PLUTONU 239**. A aktywność reaktora będziemy kontrolować przy użyciu obiektu, który absorbuje diabluki, które w tym przypadku są neutronami pochodzącymi z **ROZSZCZEPIENIA**

a konkretnie minerałów Uranu, które zawierają 0,7% Uranu 235 (rozszczepialny). Pozostała część to Uran 238, który jest nierozszczepialny.

I użyjemy **KADMU**, który będzie absorbował **NEUTRONY**

Zdaje się, że Pluton 239 nie występuje w naturze. Więc czemu rozważamy jego użycie do budowy reaktora?

Ech... not tak..w sumie masz rację..

MATERIAŁ PALIWORODNY

Uran 238 także może być postrzegany jako zbiór 2elementowy.

Pozostaje w nim miejsce na neutron.



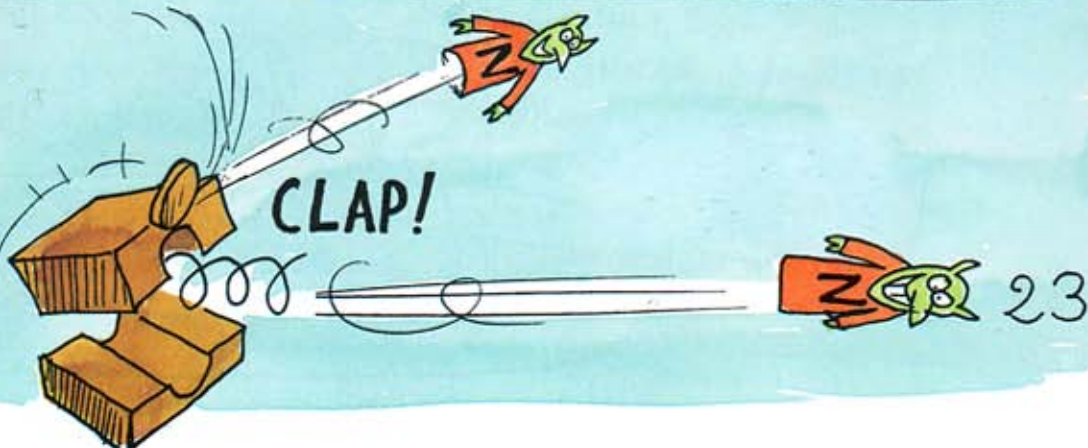
Inaczej mówiąc, kiedy reaktor działa, zawiera mieszaninę materiału **PALIWORODNEGO** i materiału **ROZSZCZEPIALNEGO**.

Tak więc z materiału **PALIWORODNEGO**, otrzymuje się pewną ilość materii **ROZSZCZEPIALNEJ**.



Pewną ilość to znaczy ile??

Wszystko zależy od tego, w jaki sposób funkcjonuje reaktor. Na początku **NEUTRONY** uwalniane w wyniku procesu **ROZSZCZEPIENIA** podążają w różnych kierunkach, z prędkością **20 000 km/sec**



REAKTORY Z SZYBKIMI NEUTRONAMI

Te **SZYBKIE NEUTRONY** wchodzą w reakcję z paliworodnym **U238**,
i tworzą razem rozszczepialny **Pu239**

Co robisz??



umieszczam w moim reaktorze
minerał, bogaty w Uran235
(wzbogacony uran)

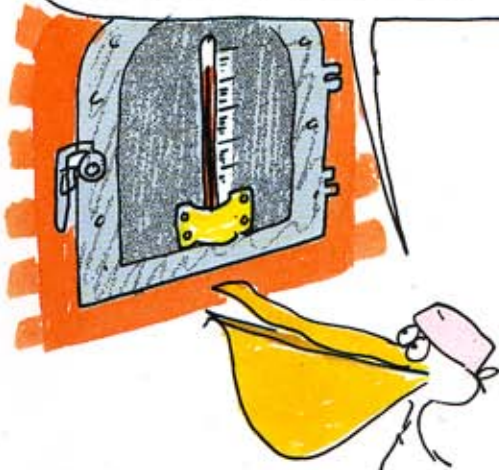
Później nałożę **PŁASZCZ**
REAKTORA z U238



SZYBKIE NEUTRONY ewoluują
z prędkością 20000 km/s w **SERCU**
REAKTORA. Gdybyśmy powiązali je
z cząsteczkami gazu, osiągnąłby on
temperaturę rzędu 16 miliardów stopni

TRZY LATA PÓŹNIEJ

Oh! Anzelm wyprodukował
WIĘCEJ rozszczepialnego **Pu239**
niż zużył do tego celu **U235**.
To jest **REAKTOR**
POWIELAJĄCY

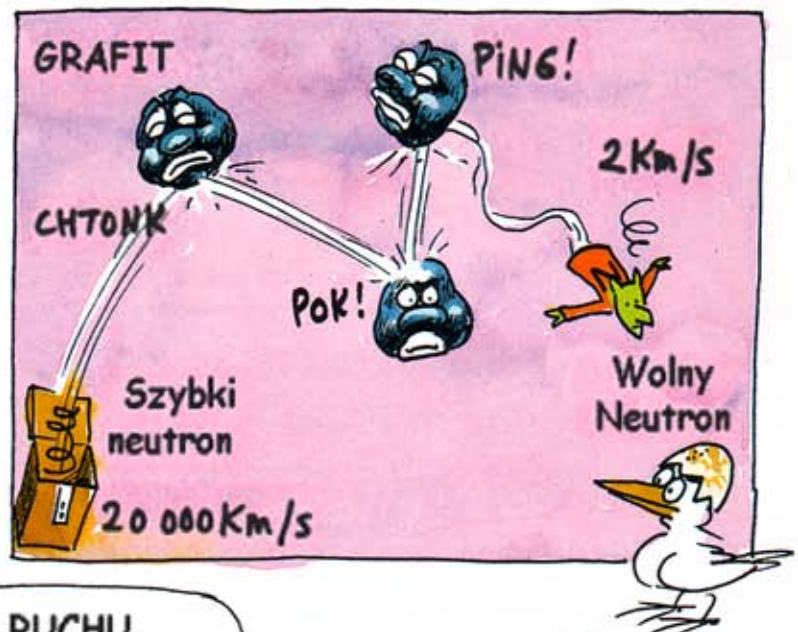


To normalne, bo przy każdym rozszczepieniu
emitowane są **DWA** szybkie neutrony, które pozwalają
na przekształcenie 2 U238 w Pu239.

REAKTORY Z

POWOLNYMI NEUTRONAMI

Przy użyciu **KADMU** mogę absorbować neutrony a więc także regulować poziom aktywności reaktora (a nawet całkowicie zatrzymać jego pracę).
Ale stosując tzw. **MODERATORY** np. **GRAFIT** lub **CIEŻKA WODA** mogę **SPOWOLNIĆ** neutrony, nie wchłaniając ich.



Możemy także obniżyć **PRĘDKOŚĆ RUCHU TERMICZNEGO** neutronów do 2 Km/s. Ten zimny gaz neutronowy ma temperaturę ogólną reaktora.




Tu także wytwarza się niewielka ilość Pu239, ale zdecydowanie mniej niż w reaktorze z szybkimi neutronami

Nie ma wyznaczonej wyraźnej różnicy pomiędzy tymi dwoma rodzajami reaktorów. Istnieją także reaktory o pośrednim charakterze są to tzw. reaktory z "ciepłymi" neutronami.



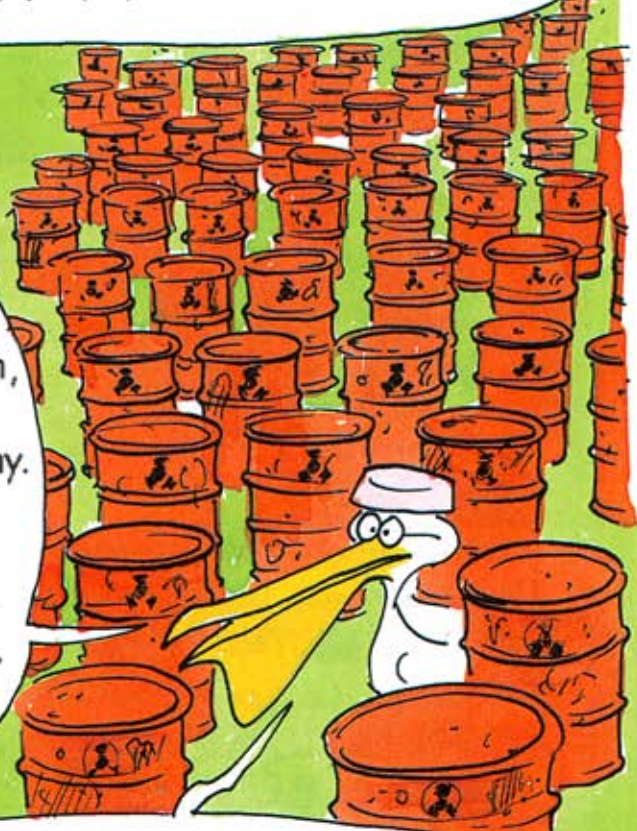
ODPADY RADIOAKTYWNE RADIOAKTYWNOŚĆ INDUKOWANA



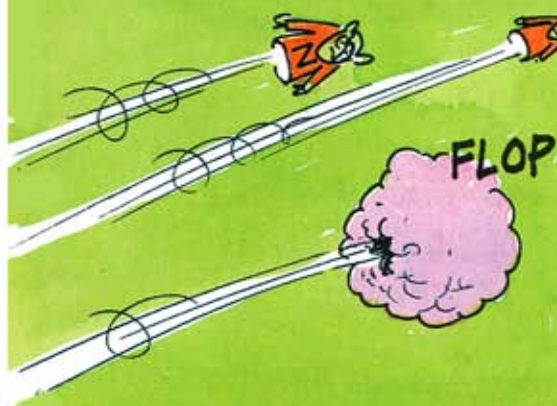
Jądra atomowe U_{235} i Pu_{239} mogą rozbić się na dwa kawałki na wiele różnych sposobów.

Obok przedstawiona jest sytuacja, gdy Uran235 rozbija się na radioaktywne Stront94 i Ksenon 140.

Zauważmy przy tym że $94+140+1=235$



Wiele z tych **PRODUKTÓW ROZSZCZEPIENIA** na długo pozostaje promieniotwórcze. **STRONT** osiada w kościach, a **JOD** w tarczycy. Pluton także jest niebezpieczny. Wszystkie te pierwiastki są rakotwórcze, wywołują **NOWOTWORY** i **BIAŁACZKĘ**.



Neutrony uwalniane w trakcie rozszczepienia mogą być równie dobrze wchłonięte przez spokojne atomy, tworzące strukturę reaktora, a następnie przetransformowane w niestabilne, niebezpieczne i promieniotwórcze odpady.

PIERWIASTKI

PROMIENIOTWÓRCZE "SZYTE NA MIARĘ"



Więc reaktor produkuje odpady radioaktywne, o różnym czasie życia


Nie. Ich jądra atomowe są podatne na utratę masy, poprzez wydzielanie jąder helu, elektronów lub antyelektronów(*)

Chcesz powiedzieć, że to także są atomy, które po pewnym czasie rozpadają się?

Popatrz! Anzelm wywozi odpady

CLAP!

Można wytwarzać pierwiastki promieniotwórcze o różnych cyklach życia, radioaktywne jądra atomowe "szyte na miarę", otrzymywane w wyniku umieszczenia pewnych pierwiastków w reaktorze, i poddawania ich bombardowaniu diablifikami. Tym sposobem otrzymamy radioaktywność kwalifikowaną jako **SZTUCZNA**.

Jestem biednym  saamootnym naukowcem

Ga 68; czas życia: 1 godzina

(*) Radioaktywności "alfa" lub "beta"

SZTUCZNE PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE zostały odkryte w latach 1930' przez **FRYDERYKA** i **IRENĘ JOLIOT-CURIE** dzięki czemu kilka lat później odkryto proces **ROZSZCZEPIANIA** atomów

Oh, popatrzcie! Anzelm już zniknął za horyzontem! ale możemy go **ZLOKALIZOWAĆ** dzięki diablikom, wyskakującym z ładunku, który przewozi



Mam pomysł! Wykrywając emisję cząstek, dzięki tej **SZTUCZNEJ RADIOAKTYWNOŚCI**, będziemy mogli podążać za śladem tych jader atomowych

Możemy nawet przymocować jądra radioaktywnych izotopów do biologicznych cząstek (**ZNAKOWANIE**).

Pozwoli to śledzić ich migracje w tkankach




Oj, jest wśród nas niebezpieczny, nietrwały element


Istnieje wiele możliwości pokojowego wykorzystania sztucznej radioaktywności. Można na przykład badać migrację nawozów w glebie, po uprzednim przyłączeniu do fosforanów radioaktywnego izotopu fosforu




BOMBY ATOMOWE



Dzięki Fizyce Nuklearnej dokonął się duży postęp w sztuce wytwarzania fajerwerków. Łącząc gwałtownie, przy pomocy eksplozji, dwa materiały rozszczepialne (U_{235} lub Pu_{239}), tworzymy warunki krytyczne, i prowokujemy intensywną reakcję łańcuchową, w rezultacie której powstają efekty wizualne.




Zobaczmy. Łącząc te dwie masy otrzymujemy **MASĘ KRYTYCZNA**



Emitowana jest duża liczba diablików wszystkich rodzajów, a wstępujące masy powietrza, powstałe w wyniku uwalniania ciepła, wypychają radioaktywne odpady do wysokich warstw atmosfery.

Jeśli chcecie dołączyć do klubu **RADOSNYCH PIROTECHNIKÓW**, potrzeba wam tylko czystego materiału rozszczepialnego (100% U_{235} lub Pu_{239}).

Istnieją dwie możliwości: rafinować naturalne rudy uranu, lub pozyskać z reaktora Pu_{239} , który jest produktem każdego cyklu funkcjonowania reaktora.



Już prawie się udało!



SYNTEZA JĄDROWA



Czy Słońce jest planeta, która zawiera dużo Uranu, i dlatego jest takie ciepłe??

Nie Anzelmie, to nie tak. Żeby przeprowadzić **REAKCJE CHEMICZNE** zaczynamy od wymieszania substancji, np. **TLENU** i **WODORU**

Ale... nic się nie dzieje!

to dlatego, że temperatura jest zbyt niska

zatem podgrzejmy tę mieszaninę

BUUM!

I co wyszło?

H_2O , woda

Więc istnieją reakcje, które uwalniają, dużo energii nie produkując przy tym substancji toksycznych

Jeśli pewnego dnia samoloty będą latały napędzane mieszaniną wodorowo-tlenu (przechowywanego w stanie ciekłym), to nie będą już więcej zanieczyszczały powietrze!

a czy nie możnaby podgrzać także mieszanin jader atomowych?

można, trzeba je umieścić w wystarczająco wysokiej temperaturze

DEUTER

TRYT

HEL



Można przeprowadzić reakcję **DEUTERU** i **TRYTU**, które są odmianami **CIĘŻKIEGO WODORU**. (Jądro lekkiego wodoru składa się z pojedynczego protonu P). Jądra **IZOTOPÓW** różnią się jedynie zawartością liczby neutronów. Z mieszaniny Deuteru i Trytu powstanie Hel

WIELKI PIEKIELNY BAL

A oto i cząsteczka gazu **CIĘŻKIEGO WODORU**, w połowie **DEUTER**, w połowie **TRYT**. W zwykłej temperaturze **ELEKTRONY** krążą wokół jader i zapewniają wiązanie cząsteczkowe (łącząc jądra atomowe parami)



Cząsteczka Deuteru



Cząsteczka Trytu

Następnie tempo balu staje się
iście diabelskie!
Cząsteczki rozpadają się (dysocjacja),
a pszczoły-elektrony orbitują wokół
pojedynczego jadra.

OKOŁO TRZY TYSIĄCE STOPNI

Niemożliwe jest orbitowanie
wokół tych jader, one bez przerwy się ruszają

Racja, to naprawdę robi się piekielnie trudne..
ja się poddaje..

Ciepły gaz staje się zupą elektronową a wolne elektrony

CIEPLĄ PLAZMĄ

Podgrzewaj Marcelu,
podgrzewaj!

Wiecie co?
Lepiej nam będzie w czwórce

Powyżej **150 MILIONÓW
STOPNI (TEMPERATURA
ZAPŁONU)** coś zaczyna się dziać

Tak myślicie?

ale się
ekscytują

A co będzie ze mną??

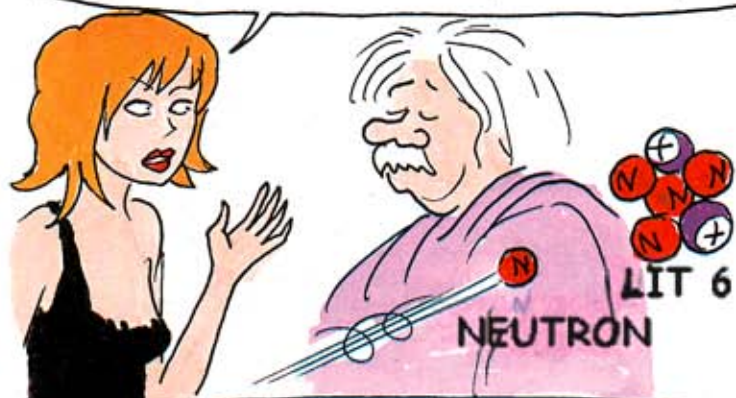
tak, w tej temperaturze
w 4 będziemy bardziej
stabilni

Hej, poczekajcie!
 $2+3=5$,
a Hel ma 4 nukleony!



Więc **SYNTEZA JĄDROWA** tak samo zanieczyszcza jak **ROZSZCZEPIENIE**, bo neutrony w syntezie przekształcają sąsiednie atomy, zmieniając je w atomy radioaktywne

Tak, ale można starać się pochłoniąć te neutrony przy pomocy LITu 6, który przekształci się w He4 i Tryt 3



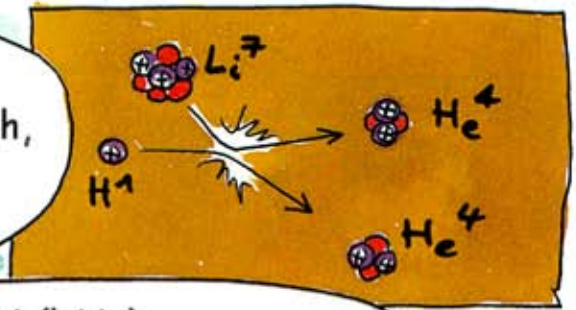
Inaczej mówiąc, otoczka Litu 6 zachowuje się tak jak materiał "paliworodny". W wyniku tej reakcji otrzymamy "paliwo silnikowe" i tryt3

tak, reaktor syntezy jądrowej jest spokrewniony z reaktorem powielającym. Na całe szczęście, bo niestabilny(*) Tryt nie występuje w naturze.



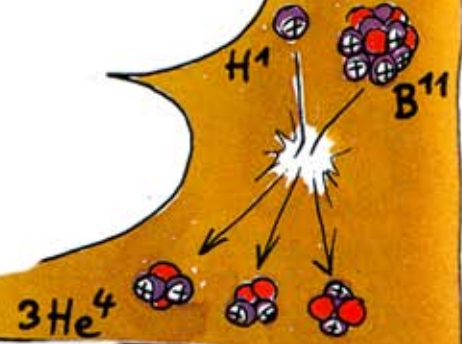
(*) Okres półrozpadu to jedynie 12 lat

A jednak, widzę że istnieje wiele reakcji syntezy jądrowej, przegrupowań jąder atomowych, w wyniku których nie otrzymujemy wolnych neutronów



Lit8 + Wodór1 (lekki)
dają 2 He4
(7+1 = 2x4)

Bor11 + Wodór1
dadzą 3 He4
(11+1 = 3x4)



Pierwsza z tych reakcji zajdzie w temperaturze zapłonu 500 milionów stopni. Natomiast druga potrzebuje aż miliarda stopni!

Hmmm... a konkretnie..
jak właściwie dochodzi
do łączenia jąder?

W jądrze Słońca, proces ten zachodzi powoli, w temperaturze która osiąga jedynie 15 milionów stopni.

Słońce to tylko
żar, i nic więcej?

Tak. Aby otrzymać "Ogień" atomowy, potrzeba 150 milionów stopni. Wtedy reakcje zachodzą w błyskawicznym tempie, rzędu jednej sekundy.

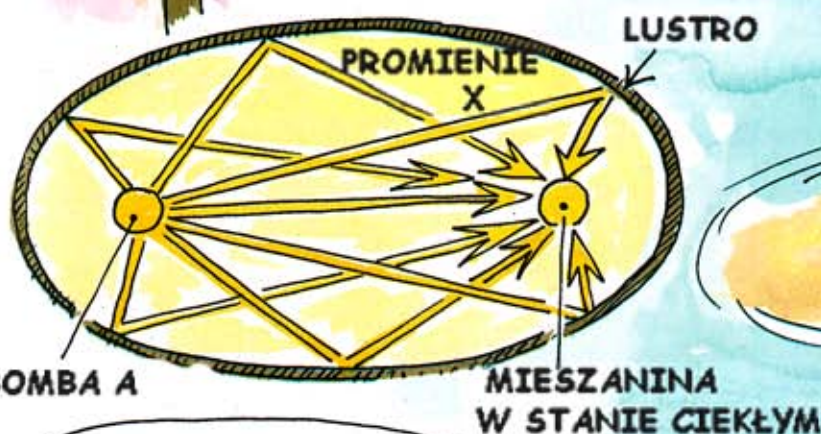
Właśnie to próbujemy osiągnąć
w urządzeniach, które nazywa się
TOKAMAKami.

i to działa?

Jeszcze nie.. mamy pewne trudności..

nie możemy tak łatwo
się poddawać!

Hmm.. Edward Teller przeprowadzając syntezy jądrowe
skonstruował nową bombę atomową. My tego nie chcieliśmy,
ale stało się inaczej. Teller miał pewien pomysł(*). Zresztą on
zawsze miał bardzo dobre pomysły. Kiedy bomba atomowa
wybucha, przez pierwsze milionowe ułamki sekundy, wypływa
ogromne ilości promieniowania X. Teller zaproponował
aby odbijać te promienie przy pomocy "lustra", i skupiać je
na tarczy wykonanej z mieszaniny Deuteru i Trytu.



I to zadziałało?

Niestety tak, doskonale..

(*) Edward Teller, podczas wojny badacz w LOS ALAMOS.
Jego postać zainspirowała twórców filmu DOKTOR FOLAMOUR

Tellerowi udało się
skonstruować lustro z Uranu238

czemu akurat
z Uranu238?

Pomyśl.. Bomba wodorowa wybucha. Neutrony z
syntezy (fuzji) atakują **PALIWORODNY U238**,
i przekształcają go w Pu239, który
wkrótce rozszczepia się.

To okropna bomba typu
**ROZSZCZEPIENIE-FUZJA-
-ROZSZCZEPIENIE**

KONTROLOWANA FUZJA JĄDROWA

ale się
opalę

Próbujemy przeprowadzić **FUZJĘ**, koncentrując
na mieszaninie **DEUTER-TRYT** (w stanie ciekłym)
wszystkie formy **ENERGII**: promieniowanie potężnych
LASERÓW, różne cząstki: elektrony, jadra atomowe
z akceleratorów. Gra toczy się o ogromną **MOC**.
Aby zaświecić ten **TERMONUKLEARNY** ogień, trzeba
(w ciągu milionowych ułamków sekundy), skoncentrować
moc porównywalną do mocy lustra słonecznego,
na powierzchni o średnicy poniżej 1mm!

MOC CHWILOWA jest olbrzymia, ale **ENERGIA**
globalna pozostaje dosyć skromna: ta "zapałka"
nuklearna równoważna jest energii
dwustu gram prochu..

EPILOG

Potrzebujemy **ENERGII NUKLEARNEJ**.
Ale zarówno **ROZSZCZEPIENIE** jak i **FUZJA**
JADROWA niosą za sobą pewne problemy.

Te obrzydliwe
odpady!

Wiąże się też z tym nie małe
ryzyko. Jeśli reaktor rozbiegnie się
zbyttno, roztopi się zbiornik
zbudowany ze stali, betonu i gleby.
(CHIŃSKI SYNDROM*), a w trakcie
rozszczerpienia masa przenikałaby do
coraz głębszych warstw gleby,
i nie możliwym byłoby zatrzymanie
tego procesu.

Co robić?

40 lat to niedługo. Jesteśmy dopiero
na samym początku
ERY NUKLEARNEJ.

Wierzę, że przed nami jest jeszcze
rewolucyjny postęp w tej dziedzinie.
Odkrycia, które całkowicie zmieniają nasze
postrzeganie tej tematyki, ale będą raczej
dotyczyły **FUZJI** niż **ROZSZCZEPIENIA**.

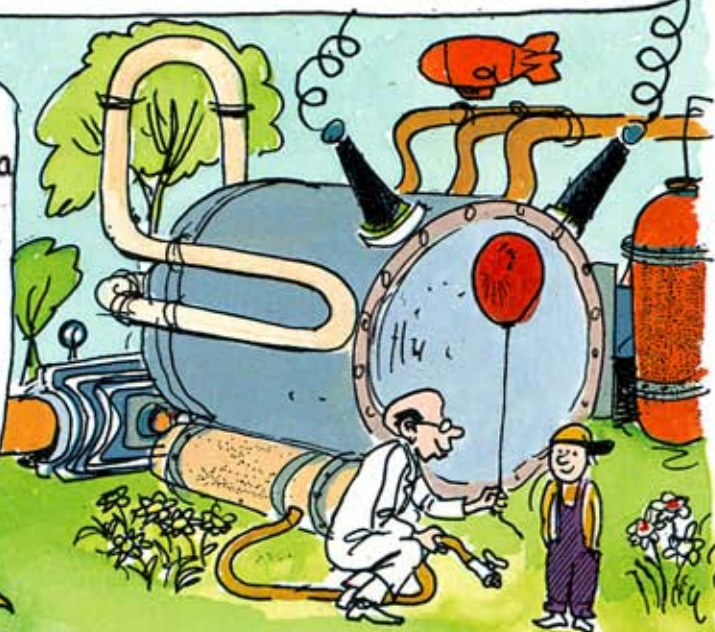
Ahl

(*) Wyobrażenia techników atomowych, przewidujące iż w wyniku awarii systemów chłodzenia reaktora możliwe jest, że reaktor zagłębi się we wnętrzu Ziemi i przejdzie przez nią na wylot - do Chin!

W reakcjach fuzji jądrowej, gdzie nie ma interwencji wolnych neutronów, teoretycznie można wyodrębnić **PLAZMĘ FUZYJNĄ**, przy pomocy urządzeń magnetycznych (naładowane cząstki "uciekają" z obszarów o intensywnym polu magnetycznym)

ZŁOTA ERA!

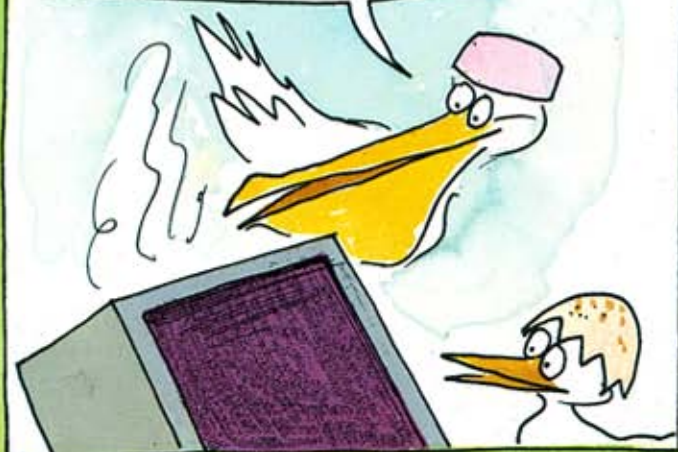
Niezanieczyszczająca Elektrownia przeprowadzająca fuzję jądrową (lit-wodór). Jedyne produkty reakcji: Hel, którym można będzie napełniać balony dla dzieci!



Śmiechu wartel
ja chyba śnie!

A jednak istnieją piece do przeprowadzania katalizy, które pozwalają wytwarzać ogień **U SIEBIE**, w domu, przy zamkniętych oknach, bez użycia kominkal

To prawda. Powstaje para wodna i gaz węglowy, które w umiarkowanych ilościach nie są szkodliwe dla człowieka.



A czy mógłby istnieć **KATALIZATOR FUZYJNY**, który reagowałby w możliwie niskiej temperaturze?



Znamy już taki jeden: Węgiel

Ach tak, rzeczywiście. Ale jak Słońce sobie radzi, i świeci dzięki fuzjom jądrowym, skoro wewnętrzne ciepło to tylko **15 MILLIONÓW** stopni, to jest **TEMPERATURA DZIESIĘĆ RAZY SŁABSZA** od **TEMPERATURY ZAPŁONU**, która wynosi **150 MILIONÓW STOPNI.**

Węgiel pełni funkcję katalizatora. Interweniuje w złożonych etapach reakcji, i wreszcie na końcu zostaje zregenerowany.

Rozpoczyna jako Węgiel12, później Wodór1 daje Azot13. Następnie Azot13 przekształcany jest w Azot 15, i wreszcie na końcu:
 $\text{Azot15} + \text{Wodór1} \rightarrow \text{Węgiel12} + \text{Hel 4}$
(Cykl Bethego)

Ale ta reakcja, jest dużo bardziej **POWOLNA** (choć dla Słońca, które ma swoje tempo upływu czasu)

MEZONY

W mieszaninie zimych gazów, możemy wywołać złożone reakcje chemiczne, bombardując cząsteczki elektronami pochodzącymi z wyładowań elektrycznych.



Na przykład:
 2CH_4 (metan) + N
daje C_2H_2 (acetylen)
+ 3H_2

W cząsteczce możemy zastąpić elektrony **MEZONAMI**, cząstkami które przypominają duże elektrony i zbliżają do siebie jądra.

A właściwie, to dlaczego by nie bombardować Mezonami "cieplej" mieszaniny fuzyjnej?



to wykonalne?

Bez problemu. Potrafimy wytwarzać mezony w akceleratorze. Kiedy uderzają w jadra Deuteru i Trytu wytwarzany jest Hel. Ma więc miejsce synteza jądrowa (fuzja). Ale takie doświadczenie w mikrofizyce, które wpływa na kilka cząstek oraz fuzja jądrowa wykorzystywana w przemyśle to dopiero niewielka część możliwości jakie przed nami stoją!

Możemy również manipulować przy **SPINACH** jader. Oznacza to, że każemy im tańczyć walca zamiast tango. Zabieg ten podniesie efektywność zderzeń.

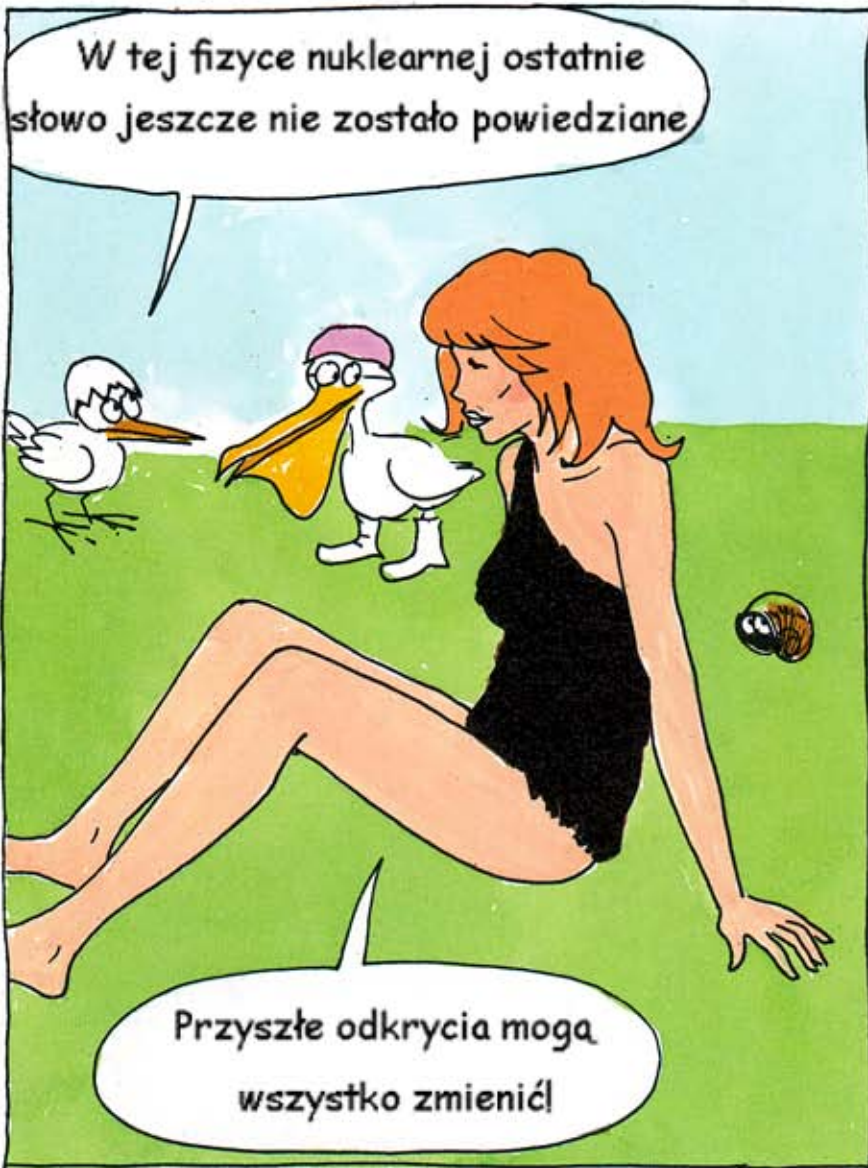


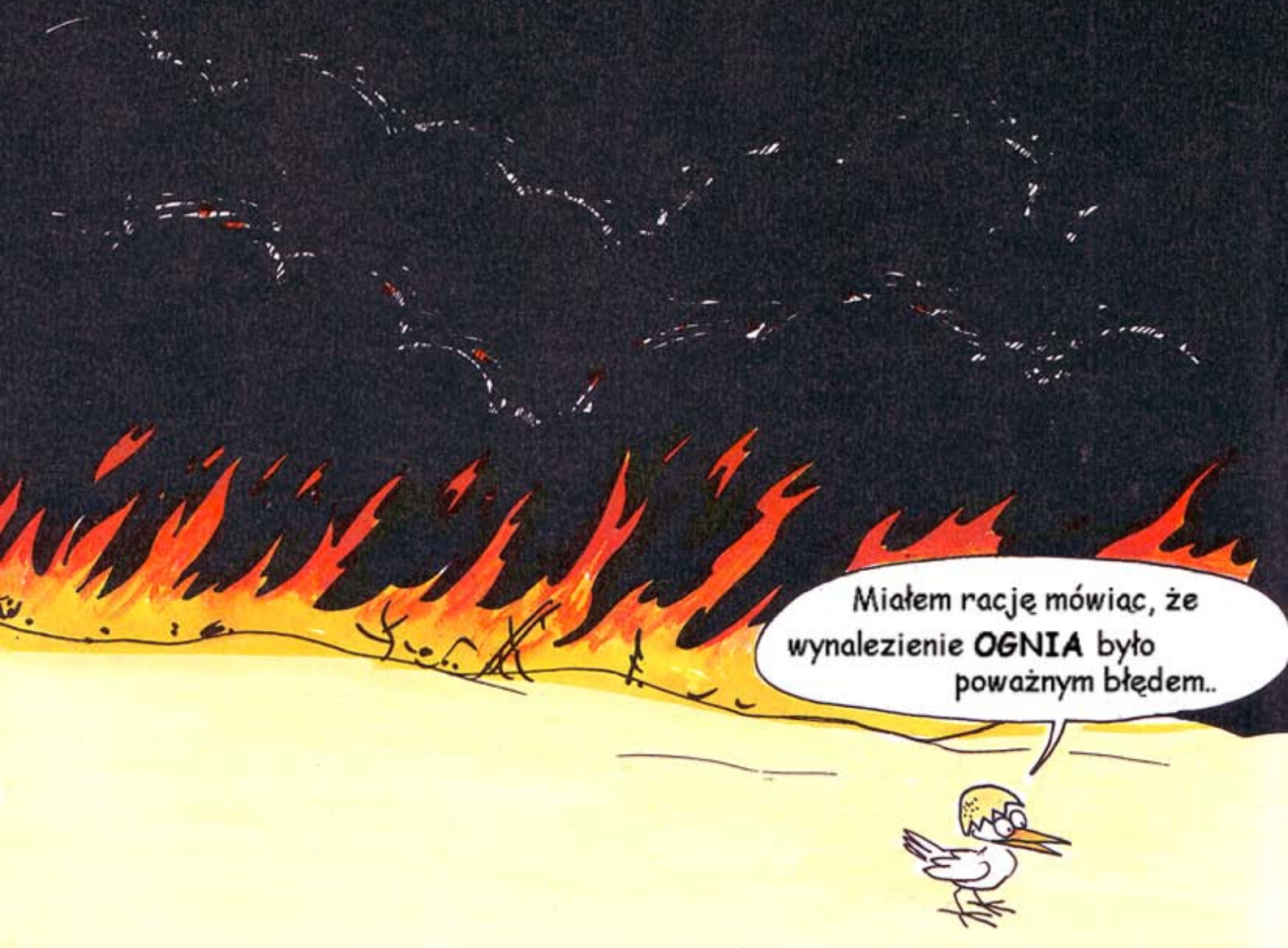
BANG

O, przepraszam!

Mógłbyś bardziej uważać!

No to pięknie!
Ta sama historia się powtarza!







Nauka.. Pffff..

taka ładna
planeta była..

zadowolony
z siebie?

KONIEC

43