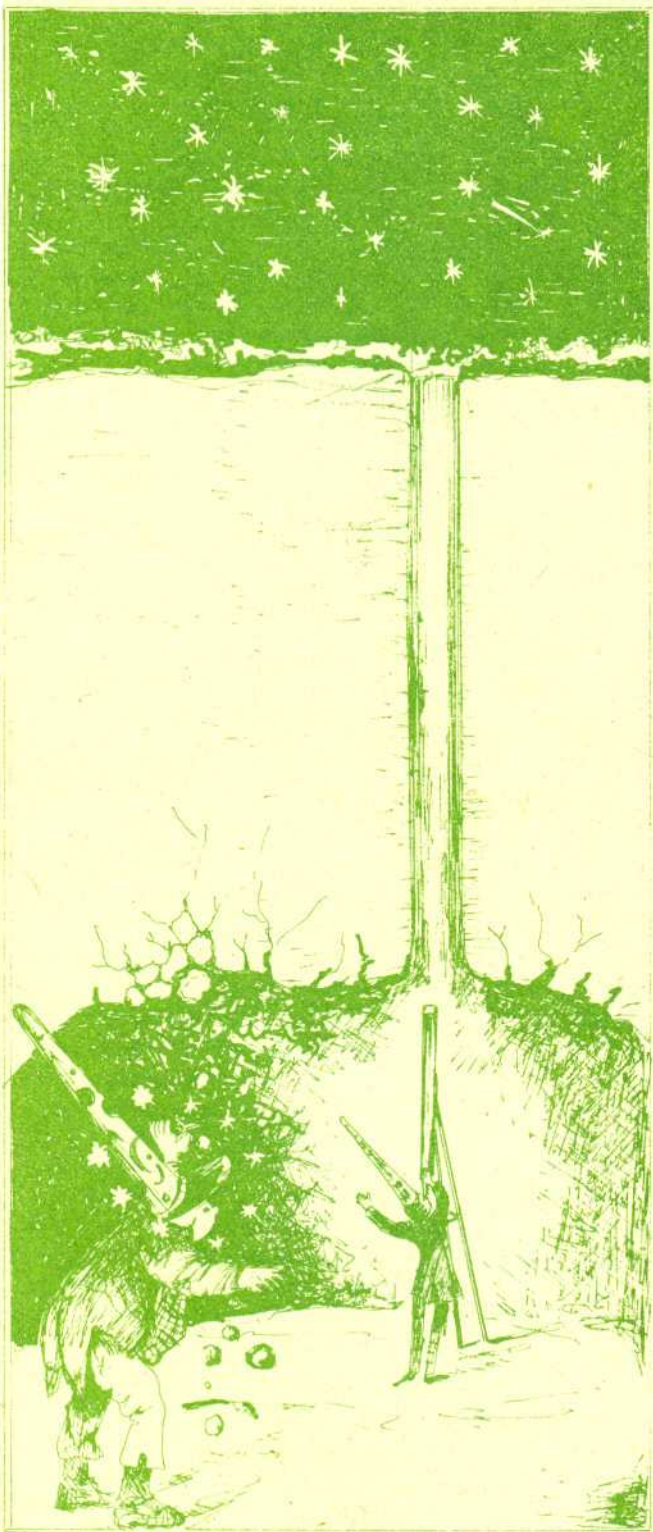


delta

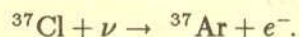
Co astronom może obserwować pod ziemią ?



Nie od dziś wiemy, że obserwacje astronomiczne należy prowadzić z miejsc, gdzie nie ma miejskich świateł i jest czyste powietrze (np. w górach), a najlepiej spoza atmosfery. Tymczasem istnieją obserwatoria astronomiczne na głębokości kilku kilometrów pod ziemią. Co stamtąd można zobaczyć ?

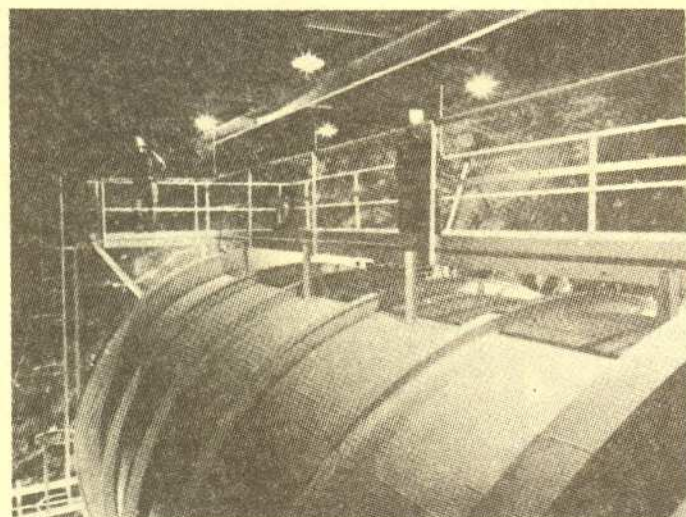
Przypomnijmy sobie, że Słońce produkuje energię w wyniku termojądrowej przemiany wodoru w hel. Powstaniu każdego atomu helu towarzyszy wydzielenie się 26,72 MeV – głównie w postaci promieniowania elektromagnetycznego – ale nie tylko. Około 2% tej energii jest mianowicie unoszone ze Słońca przez neutrino – cząstki elementarne, które niezwykle słabo są pochłaniane przez jakąkolwiek materię. Zresztą właśnie dlatego wydostają się praktycznie swobodnie z wnętrza Słońca.

Wobec tego jak je zaobserwować ? Przecież skoro całe Słońce jest dla nich przezroczyste, to tym bardziej przezroczysty będzie dla nich każdy przyrząd pomiarowy. Na szczęście nie jest tak dosłownie – neutrino wprawdzie bardzo słabo, ale jednak oddziałują z materią. Kilkadziesiąt lat temu fizycy obliczyli, że neutrino o dostatecznie dużej energii powinny stosunkowo często wchodzić w reakcje z atomami chloru



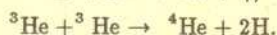
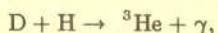
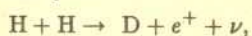
Powstający w tych reakcjach argon jest radioaktywny z okresem półrozpadu 35 dni. Mierzając zatem jego radioaktywność można ocenić jego ilość, stąd częstość zachodzenia reakcji, a wreszcie natężenie samego strumienia neutrin.

Strumień słonecznych neutrin na Ziemi można oszacować dzieląc 2% mocy Słońca ($L_{\odot} = 3,82 \cdot 10^{26}$ W) przez pole powierzchni sfery o promieniu 150 000 000 km i dzieląc jeszcze przez średnią energię neutrina (0,26 MeV). Wychodzi około $6,5 \cdot 10^{14}$ sztuk/m²s. Są to głównie neutrina nie dające się zaobserwować w doświadczeniu Davisa; obserwowane stanowią mniej niż 8% ogólnej liczby.

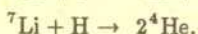
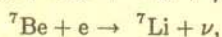
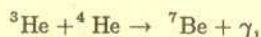


Pierwszy detektor neutrin – zbiornik C₂Cl₄ zainstalowany przez Davisa w Homestake Gold Mine w Południowej Dakocie.

Produkcja energii termojądrowej w tzw. cyklu wodorowym zachodzi głównie w reakcjach



Wytworzone tu neutrina unoszą średnio po 0,26 MeV i są nieobserwowalne, gdyż nie wchodzi w reakcje z chlorem; by zaszła reakcja, neutrina musi mieć energię większą od 0,81 MeV. Bardziej energetyczne neutrina powstają w pobocznych reakcjach cyklu wodorowego, głównie w cyklu



O to w końcu astronomowi chodzi, bowiem w ten sposób zyskuje informację pochodzącą z samego niemal środka Słońca, dokąd żadnymi sposobami zajrzeć się nie da.

Pierwsza próba pomiaru strumienia neutrin (słonecznych) tą metodą została przeprowadzona w 1967 r. pod kierunkiem Raymonda Davisa (USA). Wszystkie doświadczenia tego typu polegają na tym, że wielki zbiornik (setki metrów sześciennych) z czterochlorkiem węgla (C₂Cl₄), ustawiony w głębokiej kopalni (zaraz zobaczymy, dlaczego), przez kilka tygodni po prostu stoi. W tym czasie pod wpływem neutrin powstają w nim atomy argonu, które co prawda wkrótce się rozpadają, ale po kilku tygodniach w zbiorniku ustala się stan stacjonarny: atomów argonu już nie przybywa, bo rozpadają się w tym samym tempie, co powstają. Pozostaje wtedy już tylko zmierzyć (policzyć) liczbę atomów ³⁷Ar. Łatwo się to opowiada, natomiast rzeczywistość jest dużo bardziej skomplikowana, bowiem atomów argonu jest w tej cysternie około 100 sztuk! Te właśnie atomy argonu trzeba ze zbiornika wyodrębnić i policzyć – i to się daje zrobić!

Są też sposoby, by zmierzyć impuls neutrin towarzyszący np. wybuchowi gwiazdy supernowej. W pobliżu zbiornika z C₂Cl₄ ustawia się inny zbiornik, np. z wodą. Szybkie cząstki powstające w reakcji neutrin z chlorem będą przenikać m.in. również przez zbiornik z wodą. Jeśli jednak przez wodę leci cząstka z prędkością większą niż prędkość światła w wodzie, to wysła ona charakterystyczne promieniowanie, tzw. promieniowanie Czerenkowa, które można już zwyczajnie rejestrować za pomocą fotopowielaczy. Tak można śledzić na bieżąco strumień neutrin i jego zmiany.

Oczywiście trzeba przy tym wszystkim mieć pewność, że obserwuje się rzeczywiście efekty wywołane przez kosmiczne neutrina. Tymczasem te same skutki mogą dać inne cząstki produkowane w ziemskiej atmosferze przy zderzeniach cząstek promieniowania kosmicznego (czyli głównie protonów) z atomami gazów atmosferycznych. Trzeba się od tych cząstek możliwie najlepiej odizolować, dlatego właśnie całą aparaturę instaluje się w bardzo głębokich kopalniach. Kilkukilometrowa warstwa ziemi chroni urządzenie przed zakłóceniami, a dla kosmicznych neutrin jest, oczywiście, doskonale przezroczysta.

Małą Deltę przygotował Tomasz KWAST