

Pauli i neutrino

Słowo „NIE”, czyli „NO”, słowem przewodnim Wolfganga Pauliego.

Zasada wykluczania Pauliego, nazywana inaczej zakazem Pauliego, stanowi jedno z najważniejszych praw chemii. Zgodnie z nią dwa elektrony **nie** mogą zajmować dwóch tych samych stanów kwantowych.

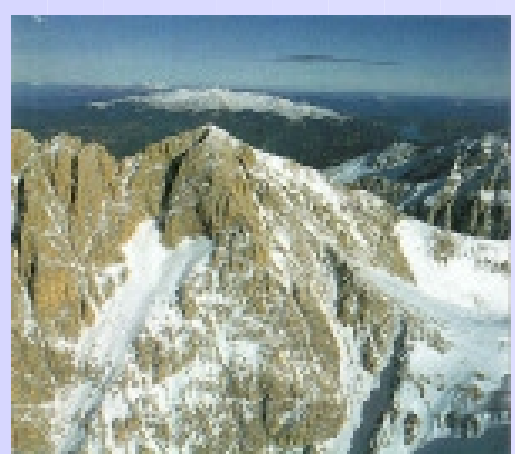
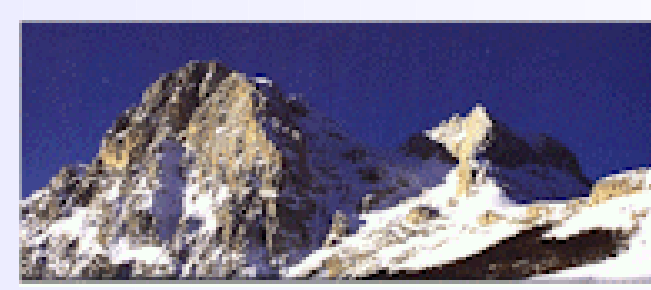
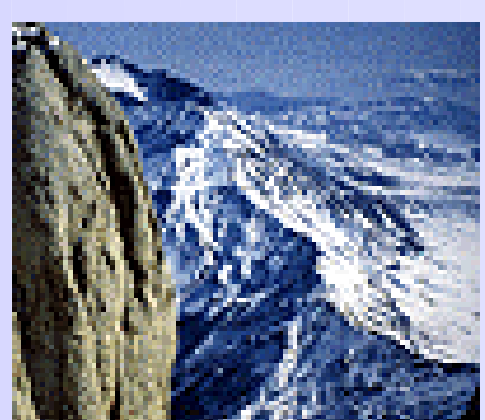
Wolfgang Pauli, próbując wyjaśnić ciągły rozkład energii emitowanych w rozpadzie „ β ” elektronów (i pozytonów) zasugerował istnienie nowej, bardzo małej cząstki, która według niego „nie może być odkryta”. Enrico Fermi nadał jej nazwę **neutrino**. Przepuszczenia Pauliego potwierdzili doświadczalnie w 1956 r. dwaj amerykańscy fizycy C. Cowan i F. Reines. W wyniku przeprowadzonego przez nich eksperymentu zostało odkryte neutrino elektronowe.

W 1998 r. grupa naukowców opublikowała wyniki pracy jednego z największych detektorów na Ziemi – Super-Kamiokande. Eksperymenty przeprowadzone przy użyciu tego detektora, znajdującego się w kopalni Kamioka na głębokości 1000 m, dowiodły, że neutrino posiadają niezerową masę. Potwierdziły także oscylację neutrino. Polega ona na przejściu jednego z 3 typów neutrino w drugi typ np. neutrino elektronowe, w trakcie lotu ze Słońca, może przekształcić się w neutrino mionowe lub taonowe i vice versa [1].

Wyjaśniono także tajemnicę brakujących neutrino słonecznych [2]. Liczba tych cząstek była znacznie mniejsza od przewidywanej, ponieważ detektory są w stanie rejestrować tylko jeden z 3 rodzajów neutrino- neutrino elektronowe.

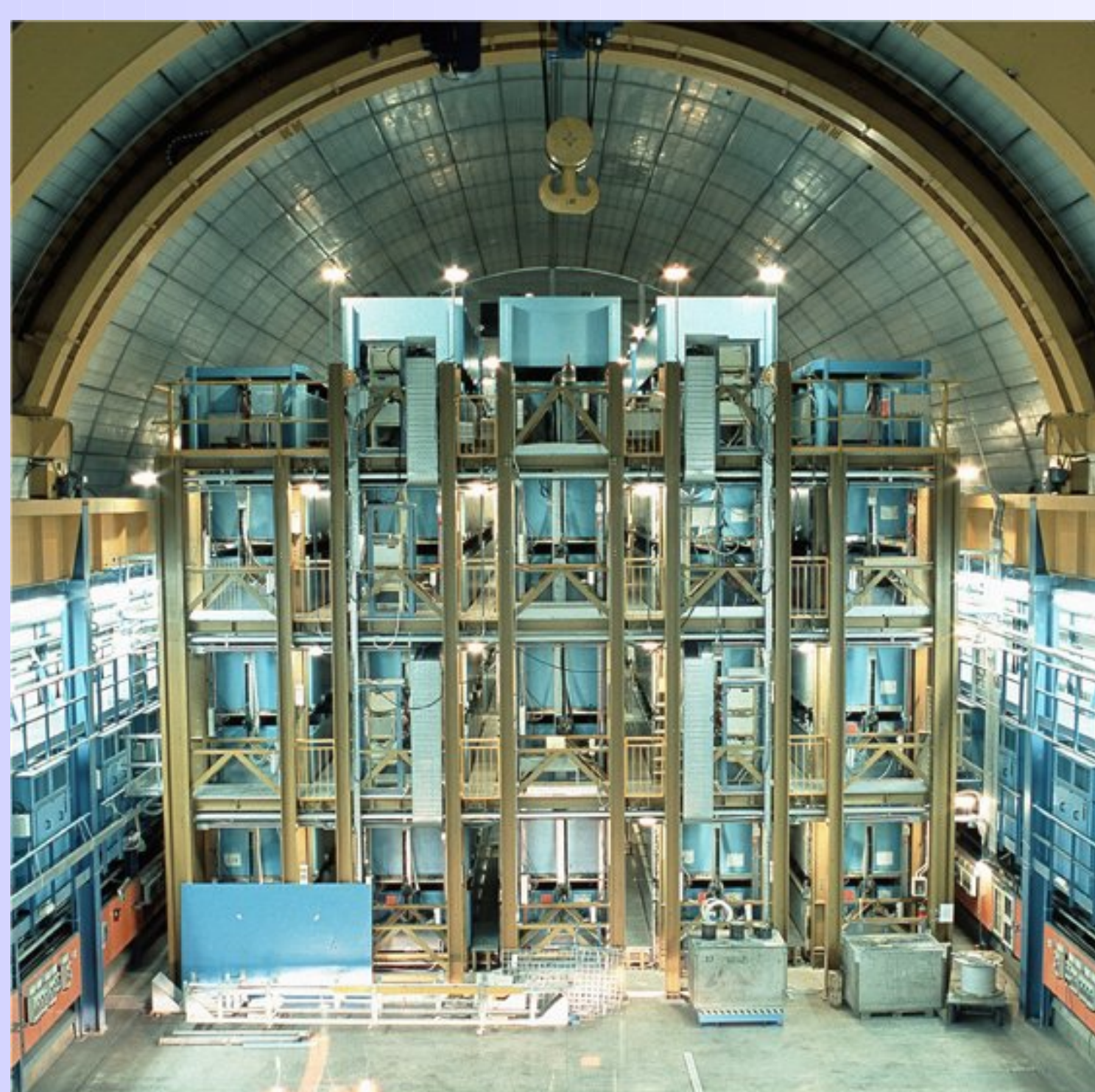
20 letni Pauli szukając pracy otrzymał propozycję prowadzenia wykładów. W trakcie jednego z nich, rektor uczelni- znany profesor i jednocześnie pracodawca Wolfganga, uznał, że obliczenia Pauliego są dla niego niejasne. Na to Wolfgang odpowiedział mu, że fizyka jest trudną dziedziną nauki i nie każdy jest ją w stanie zrozumieć. Pauli ponownie musiał zacząć szukać pracy...

[A.K. Wróblewski, Uczni w anegdotce]



Kolejne urządzenie do wykrywania neutrino znajduje się pod masywem Gran Sasso w prowincji Abruzzo we Włoszech. Jego zadaniem jest złapanie neutrino wyprodukowanych przez akcelerator znajdujący się w CERN'ie (Genewa, Szwajcaria). Cząstki te, zanim dotrą do celu, przemierzają pod ziemią dystans ok. 730 km.

<http://www.regione.abruzzo.it>
<http://www.bo.infn.it/ivd/indexright.html>



To właśnie włoski uczone Bruno Pontecorvo, przebywający od 1950 w ZSRR, zaproponował w 1957 reakcję „odwrotną”, która umożliwiła uzyskanie neutrino $n + \nu \rightarrow p + e$

<http://pontecorvo.jinr.ru/photo/57.html>

Neutrino są wykrywane za pomocą reakcji odwrotnej do rozpadu β takiej jak $^{37}\text{Cl} \rightarrow ^{38}\text{Ar}$. Prawdopodobieństwo zajścia takiej reakcji jest bardzo mało, dlatego tego typu eksperymenty wymagają instalacji ogromnych urządzeń głęboko pod powierzchnią Ziemi. (na zdjęciu- łódź na powierzchni wody w zbiorniku detektora w Kamioka w Japonii)



W 2003 r. laboratorium Kamioka przekazało kolejną sensacyjną nowinę [3]: antyneutrino pochodzące z japońskiego reaktora zniknęły w tajemniczy sposób. Jedynym wyjaśnieniem tego zjawiska było założenie, że neutrino elektronowe w trakcie lotu zmieniło swój smak, stając się neutrino mionowym. A więc mają masę! Różnice mas tych dwóch typów neutrino ν_e i ν_μ są bardzo małe i wynoszą: $\Delta m = 6.9 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$

Nagroda Nobla 2002 w dziedzinie fizyki

Masatoshi Koshiba

Międzynarodowe Centrum Fizyki Cząstek Elementarnych Uniwersytet w Tokio, Japonia

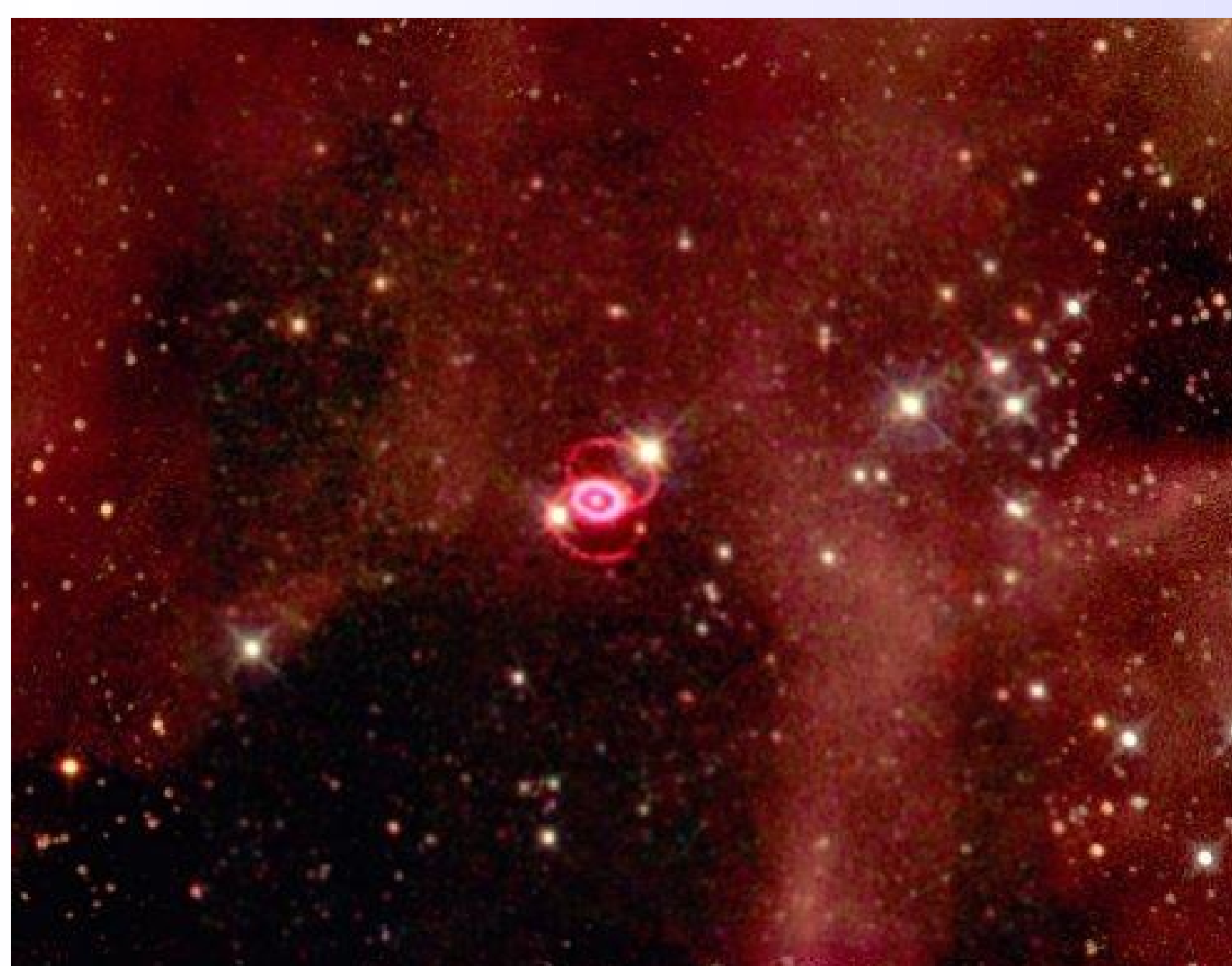
„za pionierski wkład w astrofizykę, w szczególności za detekcję kosmicznych neutrino”



„System wczesnego ostrzegania przed wybuchem Supernowych”

Neutrino są nie tylko bardzo lekkie, ale także szybkie. Czas jaki fotony (kwanty światła) potrzebują na przebycie drogi z wnętrza gwiazdy, bezpośrednio po jej nagłym pojaśnieniu, do obserwatora na Ziemi wynosi kilka godzin. Neutrino docierają do nas znacznie szybciej, dzięki czemu mamy wystarczająco dużo czasu aby włączyć nasze teleskopy i ustawić je w kierunku wybuchającej gwiazdy.

<http://snews.bnl.gov/>



SN 1987A była ostatnią supernową obserwowaną na naszym niebie i jednocześnie pierwszą, z wnętrza której naukowcy zarejestrowali neutrino.

Hubble Heritage Team
<http://snews.bnl.gov/frames.news.html>

[2] W 2002 r, podczas eksperymentu przeprowadzonego w Sudbury w Kanadzie, zaobserwowano wiązkę neutrino elektronowych o natężeniu $1.76 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ oraz wiązkę cięższych neutrino o natężeniu $3.41 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, zgodnie z modelami reakcji jądrowych zachodzących we wnętrzu Słońca. Granice mas neutrino wynoszą: $\nu_e < 2.8 \text{ eV}$ oraz $0.05 \text{ eV} < \nu_e + \nu_\mu + \nu_\tau < 8.4 \text{ eV}$.

(co daje łącznie nie więcej niż 18% z brakującej masy Wszechświata)

[3] W przybliżeniu 40% antyneutrino elektronowych pochodzących z japońskich elektrowni jądrowych znikła po przebyciu ok. 150 km pod ziemią. Okazało się, że tamte eksperymenty przeprowadzane były zbyt blisko reaktorów, przez co nie można było zaobserwować oscylacji neutrino.

[1] Ashie Y et al. Evidence for an oscillatory signature in atmospheric neutrino oscillations, Physical Review Letters 93 (10): Art. No. 101801 Sep 3 2004 .

[2] Q.R Ahmed et al. Measurements of the rate of $\nu_e + d \rightarrow p + e + \nu_e$ interactions produced by B solar neutrinos at the Sudbury Neutrino Observatory, Physical Review Letters 87 (7): Art. Nr 071301 Aug 13 2001

[3] K. Eguchi, et al. First Results from KamLAND: evidence for Reactor Antineutrino Dissaperance, Physical Review Letters 90 (2): Art. No. 021802 Jan 17 2003
<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/pub/200407/index.html>