

Co bilionowy – występ!

Najbardziej znaną epoką geochronologiczną, przynajmniej w Warszawie, jest oligocen. Jest tak, oczywiście, za sprawą wody sprzed 30 milionów lat, której rezerwuwar znajduje się na głębokości około 100 metrów.

Mało kto jednak pamięta, kiedy ten oligocen był, co go poprzedzało, co było po nim, co w nim się wydarzyło i dlaczego tak się nazywa. Stwarza to okazję do nadużyć. Od niedawna pewna firma reklamuje wodę dolewana do soków jako źródło mikroelementów. Problem polega na tym, że to jest prawda, taka sama, jak fakt, że monsieur Jourdain całe życie mówił prozą. Tylko czekać, aż kranówka nazwana zostanie wodą holoceniską.

Żeby ustrzec się nadużyć, wystarczy zmierzyć wiek wody. To jest trudne, ale możliwe. Przynajmniej w odniesieniu do trochę młodszej wody plejstocenijskiej liczącej sobie około miliona lat. Jej wiek można określić, mierząc śladowe ilości kryptonu ^{81}Kr produkowanego przez promieniowanie kosmiczne w atmosferze. Niestety, zaledwie co bilionowy atom kryptonu w powietrzu to ^{81}Kr , a w dodatku krypton jest słabo absorbowany przez wodę. Do niedawna wykrycie tak niskiego stężenia jakiegoś izotopu wymagało użycia spektrometru masowego, czyli akceleratora.

Ostatnio jednak wynaleziono technikę opartą na badaniu atomów w laserowej pułapce optycznej. Metoda ma akronim ATTA (Atom Trap Trace Analysis) [1] i polega na obserwacji fluorescencji łapanych atomów. Jest ona tak selektywna, że pozwala rejestrować pojedyncze atomy i rozpoznawać ich rodzaj, gdyż nawet izotopy tego samego pierwiastka różnią się częstością fluorescencji ze względu na tzw. przesunięcie izotopowe.

Metodę zastosowano do zbadania wieku i kierunku przemieszczania się wody... saharijskiej [2]. Chodziło o podziemną wodę w zachodnim Egipcie. Okazało się, że zawartość ^{81}Kr wynosi (w różnych stanowiskach) od 53% do 5% stężenia w powietrzu. Biorąc pod uwagę czas połowicznego zaniku tego izotopu, wynoszący 220 tysięcy lat, oszacowano wiek badanej wody na od 200 tysięcy do miliona lat. Na podstawie tych pomiarów okazało się możliwe określenie kierunku i prędkości przemieszczania się podziemnej wody. Porusza się ona ku północy z prędkością rzędu metra na rok, a rezerwuwar jest uzupełniany w południowo-zachodnim Egipcie.

Metodą tą, oczywiście, można również odróżnić wodę holocenijską od oligocenijskiej.

Ważenie z dokładnością 10^{-8}

Dokładne pomiary masy krótkożyjących jąder są istotne z wielu powodów. Oprócz weryfikacji hipotez stawianych przez fizykę jądrową pozwalają na testy podstawowych praw fizyki i dostarczają krytycznych parametrów modelom nukleosyn tezy w astrofizyce.

Jednym z celów jest badanie izomerów danego jądra. Izomery to wzbudzone stany jąder atomowych. Nie należy ich mylić z izotopami, choć one również różnią się masą. Różnica jest jednak minimalna. Czas życia izomerów może wynosić od nanosekund do czasu przekraczającego wiek Wszechświata. Ich rozpad może zachodzić za pomocą

wszystkich trzech rodzajów promieniowania jądrowego (alfa, beta i gamma). Po emisji cząstki alfa albo po rozpadzie beta izomer staje się, oczywiście, jądrem innego pierwiastka.

Unikatowym miejscem, pozwalającym na prowadzenie pomiarów egzotycznych jąder, jest ISOLDE działające w CERNie. Wykorzystując system CERNowskich akceleratorów, pozwala na wytwarzanie wiązek bardzo wielu radioaktywnych jąder, które są wykorzystywane w eksperymentach fizyki jądrowej, atomowej i fazy skondensowanej, w biologii, medycynie i materiałoznawstwie. Do badania wzbudzonych jąder służy przede wszystkim ISOLTRAP, którego sercem jest pułapka Penninga. Najprościej mówiąc – jest to pułapka o symetrii walcowej, w której obszar jednorodnego pola magnetycznego jest ograniczony za pomocą kwadrupolowego pola elektrycznego. Pole magnetyczne więzi jądra radialnie, wprowadzając je na orbity kołowe, a pole elektryczne nie pozwala się im oddalić wzdłuż linii sił pola magnetycznego. Ruch jąder w pułapce jest dość skomplikowany, ale pozwala na wyznaczenie tzw. częstości cyklotronowej: $\omega_c = q \cdot \frac{B}{m}$, gdzie q jest ładunkiem jądra, B indukcją pola magnetycznego, a m masą jądra, którą z powyższego wzoru można wyznaczyć.

Dokładność pomiarów masy jąder w ISOLTRAPie dochodzi do dziesięciu miliardowych. Ostatnio dzięki temu udało się np. rozwikłać zagadkę struktury izomerowych poziomów miedzi ^{70}Cu [3].

Asymetria na poziomie 10^{-8}

Jeżeli dwie rzeczy wyglądają identycznie, to jeszcze nie znaczy, że takie rzeczywiście są. Zabawa w „znajdź pięć szczegółów, którymi różnią się dwa obrazki” już dawno przerodziła się w ścisłą metodę naukową. Jest to bardzo prosty pojęciowo pomiar asymetrii. Jeżeli chcemy wyznaczyć np. asymetrię płci w populacji, to tworzymy stosunek $A = (K - M) : (K + M)$, gdzie K i M oznaczają liczbę kobiet i mężczyzn. Tak skonstruowana asymetria A jest dodatnia, jeżeli kobiet jest więcej niż mężczyzn.

W ośrodku SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) w Kalifornii naukowcy z zespołu o wdzięcznej nazwie E158 opublikowali w maju wyniki [4] pomiaru asymetrii oddziaływania elektronów z elektronami związanej ze zmianą orientacji spinu. Zmierzono, że asymetria ta wynosi 175 miliardowych ze statystycznym błędem 30. miliardowych. Oznacza to, że oddziaływania te łamią parzystość. Lustrzanie odbite doświadczenie zachodzi z minimalnie innym prawdopodobieństwem. Jest to bezpośredni dowód faktu, że elektrony oddziałują nie tylko elektromagnetycznie, ale również słabo.

Piotr ZALEWSKI

[1] <http://www-mep.phy.anl.gov/atta/main.htm>

[2] N.C. Sturchio i inni, *One million year old groundwater in the Sahara revealed by krypton-81 and chlorine-36*, Geophys. Res. Lett. **31**(2004)L05503.

[3] *Unambiguous Identification of Three β -Decaying Isomers in ^{70}Cu* , J. Van Roosbroeck i inni, Phys. Rev. Lett. **04/92**(11)/112501

[4] *Observation of Parity Nonconservation in Møller Scattering*, P.L. Anthony i inni, Phys. Rev. Lett. **04/92**(18)/181602