

Nadaktywne Słońce

Liczba plam słonecznych jest najdłuższą serią bezpośrednich pomiarów, jaką dysponuje ludzkość. Długość jej wynosi jednak zaledwie 400 lat. Pomiary te rozpoczął Galileusz w 1609 roku, niedługo po wynalezieniu teleskopu.

Dane te stanowią źródło bezpośredniej informacji na temat aktywności naszej gwiazdy. Uwidaczniają jedenastoletni cykl aktywności słonecznej, przy czym uśredniona aktywność rośnie ze skracaniem się tego cyklu i maleje z wydłużaniem.

Modelem tłumaczącym tę prawidłowość jest model dynamiki słonecznego, który wiąże liczbę plam z intensywnością magnetosfery Słońca. Magnetyczna aktywność naszej gwiazdy wpływa z kolei na wielkość strumienia galaktycznego promieniowania kosmicznego docierającego do Ziemi. Ten strumień z kolei jest odwrotnie skorelowany z tempem powstawania pierwiastków promieniotwórczych w atmosferze ziemskiej. Tym samym odtworzenie tempa produkcji takich izotopów pozwala na niezależne śledzenie zmian aktywności słonecznej.

Najbardziej znanym izotopem, którego tempo produkcji jest związane ze strumieniem promieniowania kosmicznego, jest ^{14}C . Jego koncentrację w atmosferze można odtworzyć, analizując słoje drzew [1]. Jest to jednak indykatorem wykazujący około dwudziestoletnie opóźnienie.

Innym izotopem wykorzystywanym do tego samego celu jest beryl ^{10}Be . Jego koncentrację w atmosferze w przeszłości można badać, analizując lodowe odwierty wykonywane w okolicach podbiegunowych. I właśnie niedawno ukazała się praca [2], w której ponad dwukrotnie wydłużono okres, w którym tego typu pomiary zostały wykorzystane do odtworzenia aktywności Słońca. Użyto danych z odwiertów w Arktyce i Antarktyce odpowiadających okresom odpowiednio 1424–1985 i 850–1900.

Odtworzony poziom aktywności naszej gwiazdy świetnie zgadza się ze zmianami koncentracji ^{14}C i z bezpośrednimi pomiarami liczby plam na Słońcu, po raz kolejny potwierdzając związek aktywności słonecznej ze średnią temperaturą ziemskiej atmosfery, o czym już niejednokrotnie pisaliśmy [3]. Świetnie odtwarza historyczne ekstrema temperatury: minimum Oorta około roku 1050, maksimum średniowieczne 1100–1230, minimum Wolfa 1280–1340, minimum Spörera 1430–1530, minimum Maundera 1650–1720 i minimum Daltona 1790–1830. Ostatnie dwa minima znane są również jako okresy o bardzo małej liczbie plam na Słońcu (dla wcześniejszych ekstremów nie ma danych). Najciekawsze jednak jest to, że okres od 1940 roku cechuje się nadzwyczajnie wysoką aktywnością Słońca. Podczas gdy we wcześniejszym analizowanym okresie średnia estymowana liczba plam na Słońcu nie przekracza 50 ze średnią 30, to w latach 1944–1985 wynosi średnio aż 76. Jest to kolejny przykład badania, które wskazuje na silny wpływ zmian aktywności Słońca na klimat na Ziemi, poddając w wątpliwość adekwatność tłumaczenia obserwowanego ocieplenia klimatu jedynie przez wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze.

Mionowa dewiacja utrzymuje się

W styczniu zespół eksperymentu mionowego g-2 (g minus 2) ogłosił [4], że odchylenie pomiaru momentu magnetycznego mionu od przewidywań modelu standardowego oddziaływań fundamentalnych zostało potwierdzone dla ujemnie naładowanych mionów.

Wcześniej ten sam eksperyment wykazał takie odchylenie dla dodatnio naładowanych antymionów [5]. Wyniki dla mionów i antymionów świetnie zgadzają się, ale różnią się od przewidywań o około $3 \cdot 10^{-9}$. Tak, różnią się zaledwie o 3 miliardowe. W każdej innej dziedzinie uznano by to za niezwykle zgodność, tu jednak precyzja pomiarów jest bezprecedensowa i wynosi około jedną miliardową. Prawdopodobieństwo tego, że wynik i przewidywanie różnią się wyłącznie ze względu na fluktuację statystyczną, jest na poziomie 1%.

O eksperymencie g-2 już pisaliśmy [5], ale nie zaszkodzi przypomnieć (podstawowe informacje na temat fizyki cząstek elementarnych można znaleźć w [6]). Nazwa bierze się stąd, że gdyby nie fizyka opisywana przez kwantową teorię pola, w której każda cząstka otoczona jest rojem wirtualnych cząstek będących przejawem kwantowego „pulsowania” próżni, to stosunek żyromagnetyczny mionu, czyli stosunek momentu magnetycznego do momentu pędu (w naturalnych jednostkach) powinien wynosić dokładnie 2.

Eksperyment g-2 jest tak genialnie pomyślany [4,5], że mierzy tylko odchylenie tego stosunku od dwójki. Różnica na poziomie promila jest spowodowana głównie efektami elektrodynamiki kwantowej, czyli kwantowej i relatywistycznej teorii elektromagnetyzmu. Kolejnym wkładem powodującym różnicę jest fizyka opisywana przez chromodynamikę kwantową, czyli kwantową teorię oddziaływań silnych odpowiedzialnych za budowę nukleonów i jąder atomowych.

Najciekawszy jest jednak wkład od oddziaływań słabych, przenoszonych przez ciężkie bozony pośredniczące W^+ , W^- i Z^0 , gdyż tam może się przejawiać wpływ hipotetycznych masywnych cząstek wykraczających poza opis modelu standardowego. Wynik eksperymentu g-2 pozwala żywić nadzieję, że takie cząstki istnieją i będą mogły być odkryte w najbliższej przyszłości.

Piotr ZALEWSKI

[1] G. Wrochna, *Fizyczne metody datowania w badaniu prehistorii człowieka*, <http://eduseek.interklasa.pl/artykuly/artikul/ida/1899>

[2] I.G. Usoskin i inni, *Millenium-Scale Sunspot Number Reconstruction: Evidence for an Unusually Active Sun since the 1940s*, *Phys. Rev. Lett.* **91**.211101, 21 listopada 2003.

[3] P. Zalewski *Kosmiczny klimat*, *Delta* 2/2001

[4] The Muon (g-2) Collaboration, Brookhaven National Laboratory, *New g-2 Measurement Deviates Further From Standard Model*, <http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/2004/bnlpr010804.htm>, Szczegółowy artykuł został wysłany do publikacji w *Physical Review Letters* w styczniu 2004.

[5] P. Zalewski, *Ślepa precyzja*, *Delta* 4/2001

[6] *Delta* 5/2000, numer specjalny poświęcony fizyce cząstek elementarnych, <http://hep.fuw.edu.pl/delta/5-2000.html>, jeszcze bardziej podstawowe informacje można znaleźć za pośrednictwem strony <http://hep.fuw.edu.pl/edu>.