

## Co widzi PAMELA?

Akronimem PAMELA (*a Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics*) nazwano misję kosmiczną satelity wyniesionego w 2006 roku na orbitę przez raketę Sojuz. Jak wskazuje angielskie rozwinięcie akronimu, celem misji jest badanie składu promieniowania kosmicznego.

Porównanie strumieni cząstek i antycząstek dla energii rzędu kilkudziesięciu gigaelektronowoltów może doprowadzić do wyodrębnienia sygnału świadczącego o rozpadach lub anihilacji cząstek ciemnej materii, tym samym pośrednio dowodzić ich istnienia w określonej postaci lub ograniczać niektóre modele przewidujące takie istnienie. Poprzednie eksperymenty zaobserwowały wzrost stosunku liczby pozytonów do elektronów dla energii powyżej kilku GeV. Wzrost ten był statystycznie mało istotny, ale i tak wywołał lawinę prac interpretujących go jako sygnał świadczący o istnieniu ciemnej materii w postaci słabo oddziałujących masywnych cząstek, tzw. WIMPów (od *Weakly Interacting Massive Particles*) przewidywanych np. przez supersymetryczne rozszerzenia Modelu Standardowego oddziaływań elementarnych. Dlatego wyniki PAMELA'i, która powinna poprawić statystyczną dokładność wyniku dla zakresu gigaelektronowoltowego o czynnik jednocyfrowy oraz rozszerzyć go na niezbadany dotąd obszar (kilkudziesięciogigaelektronowoltowy), były oczekiwane z niecierpliwością.

Żeby wykonać swoją misję, PAMELA musi umieć rozpoznawać elektrony, protony i lekkie jądra oraz ich antymaterialne odpowiedniki. Jest ona rodzajem teleskopu, który mierzy czas przelotu cząstki naładowanej, a więc również kierunek lotu, określa jej znak i ładunek dzięki pomiarowi kilku punktów trajektorii w polu magnetycznym stałego magnesu neodymowego oraz odróżnia elektrony (pozytony) od protonów (antyprotonów) i jąder poprzez pomiar charakterystyki rozwoju kaskad wywoływanych przez te cząstki w kalorymetrze wolframowym przekładanym krzemowymi sensorami.

Większość rejestrowanych cząstek to protony i elektrony. Największym wyzwaniem jest zmierzenie małej, ale niezwykle interesującej domieszki pozytonów wśród protonów. W najbardziej interesującym zakresie energii powyżej 50 GeV strumień protonów jest cztery rzędy wielkości większy niż strumień pozytonów. Zaprojektowane i sprawdzone (jeszcze przed wysłaniem w kosmos) prawdopodobieństwo uznania protonu za pozyton wynosi jedną stutysięczną, więc, teoretycznie przynajmniej, pozwala na uzyskanie stosunku sygnału do tła rzędu dziesięciu. Nieredukowalne tło jest związane z możliwością oddziaływania protonu już w pierwszych warstwach kalorymetru z przemianą praktycznie całej energii na neutralne piony, które natychmiast rozpadają się na wysokoenergetyczne fotony. Kaskada elektromagnetyczna wywołana oddziaływaniem tych fotonów z polem elektrycznym

jąder materii może być nieodróżnialna od kaskady wywołanej grzeźnięciem pozytonu.

Na zeszłorocznych letnich konferencjach, zamiast spodziewanej publikacji, ujawnione zostały jedynie przecieki typu „nie potwierdzamy ani nie zaprzeczamy.” Spowodowało to powstanie, oprócz wyważonych rozważań, wielu nadinterpretacji formalnie niesprzecznych z enigmatycznymi zeznaniami PAMELA'i. Ten socjologicznie (nie)ciekawy efekt został przerwany ukazaniem się dwóch preprintów [1, 2].

W pierwszym przedstawione są wyniki dotyczące rejestrowanego strumienia antyprotonów. Są one bardzo ciekawe, bo bardzo dokładne w porównaniu do poprzednich osiągnięć w tej dziedzinie, ale z punktu widzenia poszukiwaczy sensacji nieciekawe, bo zgadzają się ze standardowymi przewidywaniami, zamykając interpretacyjną furtkę zostawioną przez poprzedników.

Sprawa pozytonów, omówiona w drugim preprincie, wygląda zupełnie inaczej. Ale nie, jeżeli chodzi o dokładność wyników, bo ta jest również bardzo wysoka. Można odnieść wrażenie, że to właśnie ta dokładność powstrzymywała zespół badawczy PAMELA'i przed ich opublikowaniem, gdyż wyniki te, na pierwszy rzut oka, po prostu nie zgadzają się z wynikami poprzednich eksperymentów dla niskoenergetycznego zakresu. Autorzy argumentują, że ta niezgodność jest wywołana zależną od ładunku modulacją strumienia skorelowaną z aktywnością słoneczną. Efekt ten rzeczywiście był obserwowany przez balonowy eksperyment BESS dla stosunków strumieni antyprotonów i protonów mierzonych przed i po zmianie polaryzacji pola magnetycznego Słońca w 2000 roku. Wyniki, które nie zgadzają się z obserwacjami PAMELA'i, rzeczywiście zostały uzyskane w poprzedniej dekadzie.

Jeżeli chodzi o wysokoenergetyczny zakres, to wzrost stosunku strumieni pozytonów i elektronów został bezapelacyjnie potwierdzony, ale w sposób nie do końca sprzyjający ciemnomaterialnym interpretacjom. Modele karmione poprzednio obserwowanym wzrostem tego stosunku dla energii powyżej kilku gigaelektronowoltów przewidują zamieranie tego wzrostu w okolicach kilkudziesięciu GeV. A tego nie widać. Tempo wzrostu wydaje się rosnać z energią, chociaż przewidywanego jego obniżenia nie da się wykluczyć ze względu na słabą jeszcze statystyczną dokładność wyniku dla najwyższych energii. Autorzy twierdzą również, że trend wzrostowy może być spowodowany, jeśli nie zachowaniem się ciemnej materii, to aktywnością niedalekich pulsarów. Tak więc, choć pomiary są przełomowo dokładne, to, jeżeli chodzi o ich interpretację, na (co najmniej) dwoje babka wróżyła.

Piotr ZALEWSKI

[1] PAMELA Collaboration, *A new measurement of the antiproton-to-proton flux ratio up to 100 GeV in the cosmic radiation*, arXiv:0810.4994.

[2] PAMELA Collaboration, *Observation of an anomalous abundance in the cosmic radiation*, arXiv:0810.4995.