



Ciemna materia na deskach

Komu jak komu, ale polskiej społeczności naukowej nie trzeba tłumaczyć, na czym polega destylacja – powiedziała kiedyś Elena Aprile, szefowa zespołu badawczego XENON, podczas omawiania na Uniwersytecie Warszawskim kolejnych etapów pozyskiwania do swojego eksperymentu gazów szlachetnych jako produktów ubocznych hutnictwa stali. Polska społeczność naukowa zgodziła się o tyle chętnie, że wołała posłuchać o nowych możliwościach detekcji cząstek ciemnej materii w budowanym przez prelegentkę urządzeniu.

Zasada działania detektora XENON jest dość prosta. Wypełniony jest on prawie całkowicie ciekłym ksenonem, tylko na samej górze znajduje się warstwa tego szlachetnego pierwiastka w stanie gazowym. Wpadająca do detektora cząstka wzbudza atomy ksenonu, które emitują światło o długości fali 178 nm, a więc w zakresie ultrafioletu, oraz ulegają jonizacji. Światło rejestrowane jest przez fotopowielacze w dolnej części detektora, co pozwala na określenie położenia miejsca oddziaływania w płaszczyźnie poziomej. Powstałe wskutek jonizacji elektrony poddane są działaniu silnego, stałego i jednorodnego pola elektrycznego, podróżują więc pionowo w górę, aż dotrą do powierzchni ciekłego ksenonu. Wyżej pole elektryczne jest jeszcze silniejsze, elektrony rozpędzają się zatem jeszcze bardziej, do chwili gdy wreszcie mają tyle energii, że mogą pobudzać do świecenia kolejne atomy ksenonu. To światło jest rejestrowane przez fotopowielacze w górnej części detektora. Różnica w czasie rejestracji tych sygnałów pozwala określić, na jakiej głębokości nastąpiło pierwsze oddziaływanie.



Ale jaka cząstka może oddziaływać z ksenonem wypełniającym detektor? Jeśli umieścić go głęboko pod ziemią, w tym przypadku pod kilometrową warstwą skał w laboratorium Gran Sasso we Włoszech, to żadne cząstki promieniowania kosmicznego obecne przy powierzchni Ziemi nie przejdą przez taką osłonę. Pozostają zatem produkty naturalnej promieniotwórczości skał i detektora – albo cząstki, dla których skała nie stanowi specjalnej przeszkody. Taką własność mają hipotetyczne cząstki ciemnej materii. Dlatego właśnie na świecie zbudowano wiele detektorów ciemnej materii w postaci sporego zbiornika w głębokiej jaskini. Wydawało się, że schwytanie cząstek ciemnej materii, jeśli tylko występują w zakresie czułości detektora, będzie tylko kwestią czasu.

Do czasu. Mamy bowiem w naszym kosmicznym sąsiedztwie potężne źródło przenikliwych cząstek. Mowa tu o Słońcu, w którego wnętrzu zachodzi szereg reakcji jądrowych dostarczających naszej gwiazdzie energii – i produkujących dużo neutrin. Wprawdzie prawdopodobieństwo oddziaływania neutrin z materią jest bardzo małe, ale gdy poszukujemy bardzo rzadkich procesów, takich jak oddziaływanie cząstek ciemnej materii ze zwykłą materią, niskie prawdopodobieństwa stają się chlebem powszednim badaczy.

W przypadku badań prowadzonych przez zespół XENON chodzi tu przede wszystkim o neutrina pochodzące z rozpadu beta produkowanego w Słońcu radioaktywnego izotopu boru ^{10}B . Procesy, w których produkowany jest ten pierwiastek, nie mają znaczącego wkładu do emisji energii przez naszą gwiazdę, ale rozpad boru dostarcza wysokoenergetycznych neutrin, które mogą zostać zaobserwowane w detektorach ciemnej materii. Rzeczywiście, na 15. Międzynarodowych Warsztatach Identyfikacji Ciemnej Materii (IDM 2024), które odbyły się w lipcu

tego roku we włoskiej miejscowości L'Aquila, pokazano po raz pierwszy przekonujące argumenty, że zespół XENON wykrył te właśnie neutrina.

Nie jest to dobra wiadomość dla poszukiwaczy ciemnej materii. Skoro widzimy neutrina, to istnieje możliwość, że oddziaływania cząstek ciemnej materii z ksenonem zostaną zagubione wśród licznych oddziaływań neutrin słonecznych. W środowisku fizyków cząstek elementarnych efekt ten nazywany jest od lat „podłogą” lub „dnem” neutrinowym (ang. *neutrino floor*). Jednak wraz z odkryciem problematycznych neutrin badacze próbują nieco zmiękczyć negatywne przesłanie tej nazwy i zaczynają mówić raczej o „mgłę” neutrinowej (ang. *neutrino fog*).

Optymiści mogą przekonywać, że taka pierwsza detekcja nowej klasy neutrin słonecznych otwiera nowe perspektywy badawcze. Można się jednak obawiać, że znacząco utrudni ona odkrycie cząstek ciemnej materii, jeśli ich oddziaływania okażą się zanadto podobne do oddziaływań neutrin.

Krzysztof TURZYŃSKI