

## ANTYWODÓR NA ZAMÓWIENIE

W Europejskim Laboratorium Fizyki Cząstek Elementarnych (CERN) pod Genewą wytworzono i po raz pierwszy zarejestrowano kilka atomów antywodoru. Zapoczątkowano w ten sposób zupełnie nowy kierunek fundamentalnych poszukiwań.

Od kilku już dziesięcioleci fizycy są przekonani, że każdej cząstce elementarnej odpowiada antycząstka, na przykład elektronowi – pozyton, protonowi zaś antyproton. Antycząstki są podobne do odpowiednich cząstek; w szczególności mają identyczne masy, są natomiast przeciwnie naładowane. Elektron ma ujemny ładunek elektryczny, pozyton zaś dodatni.

Otoczając nas świat zbudowany jest z materii. Nie stwierdzono w nim trwałej antymaterii, choć usilnie próbowano ją wykryć. Nie oznacza to jednak, że antymateria w nim nie istnieje. Antycząstki powstają w zderzeniach rozprędzonych cząstek czy jąder atomowych, lecz ich żywot jest bardzo krótki. Gdy antycząstka spotka na swej drodze odpowiednią cząstkę, następuje ich anihilacja, czyli unicestwienie, czemu towarzyszy wytworzenie porcji energii, najczęściej w postaci kwantów gamma.

Zanim antycząstki zaobserwowano w laboratoriach zaistniały one na papierze. W 1928 roku Paul Dirac zaproponował równanie opisujące relatywistyczny elektron. Przewidywania wynikające z tego równania zgadzały się z faktami doświadczalnymi, jednak równanie miało pewną niezrozumiałą własność. Obok rozwiązania z dodatnią energią, opisującego właśnie elektron, było drugie – z energią ujemną. Początkowo Dirac sądził, że to rozwiązanie można zignorować, lecz okazało się, że

w pewnych sytuacjach następuje jakby mieszanie obu rozwiązań. Później sądził, że ujemne energie odpowiadają protonom mającym przeciwny niż elektron ładunek elektryczny. Należy również pamiętać, że w owych czasach elektrony i protony były jedynymi znanymi cząstkami elementarnymi.

W maju 1931 roku Dirac doszedł w końcu do wniosku, że rozwiązanie z ujemną energią opisuje cząstkę o masie identycznej jak elektron, lecz o przeciwnym znaku ładunku elektrycznego. Już we wrześniu 1932 roku Carl D. Anderson doniósł o zaobserwowaniu przewidzianej przez Diraca cząstki, która od dodatniego ładunku nazwana została pozytonem. Później odkryto jeszcze wiele innych cząstek i ich antycząstek. Antyproton udało się zarejestrować w roku 1955.

Atom wodoru zbudowany jest z elektronu i protonu. Nic nie stoi na przeszkodzie, jak powszechnie sądzono od lat, aby pozyton i antyproton tworzyły antywodór. A jednak nie udawało się zarejestrować takiej formy antymaterii. Fakt, że nie bardzo się do tego przykładało, gdyż obserwacja atomów antywodoru wydawała się niczym więcej niż ciekawostką. Podejście do tego problemu zmieniło się dopiero w ostatnich latach, gdy uświadomiono sobie, że badania atomów antywodoru, przy wykorzystaniu najnowszych osiągnięć fizyki atomowej, mogą dostarczyć unikalnych informacji o naturze oddziaływań występujących w przyrodzie.

Zgodnie z einsteinowską teorią grawitacji materia i antymateria są jednakowo przyciągane przez masowe ciało. Dysponując antywodorem mogliśmy sprawdzić z ogromną precyzją, czy rzeczywiście wpływ pola grawitacyjnego na atomy wodoru i antywodoru jest identyczny. Współczesne metody fizyki atomowej pozwalają wykryć względne różnice rzędu  $10^{-18}$ .

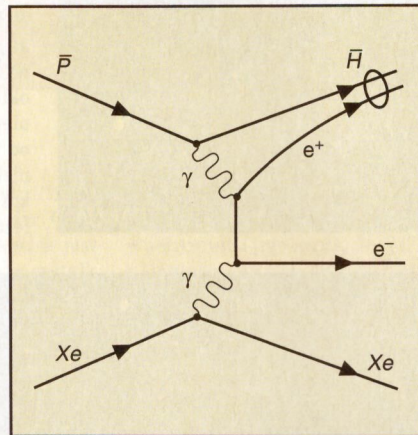
Celem eksperymentu przeprowadzonego niedawno w CERN było jednak nie badanie samych atomów antywodoru, lecz raczej upewnienie

który prowadzi do wytworzenia atomu antywodoru ( $\bar{H}$ ). W pierwszej fazie tego procesu (patrz rycina) dwa fotony ( $\gamma$ ) przekształcają się w parę pozyton-elektron ( $e^+ e^-$ ); następnie zaś pozyton zostaje wychwycony przez antyproton i powstaje antywodór.

Wyprodukowane atomy są elektrycznie obojętne, więc nie podlegają działaniu pola magnetycznego, utrzymującego antyprotony w pierścieniu akumulacyjnym. Dzięki temu atomy uciekały z pierścienia i można je było zaobserwować. Polegało to w istocie na rozbiciu atomów – oderwaniu pozytonów od antyprotonów przy przechodzeniu atomów przez cienką folię krzemu i rejestracji oddzielnych, lecz skorelowanych sygnałów pochodzących od pozytonów i antyprotonów.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów zaobserwowano, zgodnie z teoretycznymi przewidywaniami, 9 atomów antywodoru. Droga do badań ich własności została przetarta, jednak trzeba poprawić technologię wytwarzania. Planuje się zupełnie nowy eksperyment, w którym najpierw w dwóch pułapkach magnetycznych zostaną uwięzione oddzielnie antyprotony i pozytony (pamiętajmy, że antymaterię należy cały czas izolować od materii). Antyprotony i pozytony będą następnie wpuszczone do trzeciej pułapki, gdzie mają się łączyć w atomy. W ten sposób będzie można wytworzyć ich tysiące nie zaś pojedyncze sztuki. Co również niezwykle ważne, powstałe atomy będą pozostawać w spoczynku, a nie pędzić z prędkością światła, jak to działo się w przeprowadzonym już doświadczeniu. Gdy uda się zrealizować te plany, będzie można pomyśleć o badaniu wpływu grawitacji na antymaterię.

STANISŁAW MRÓWCZYŃSKI



się, że umiemy je wytworzyć i rozumiemy procesy odpowiedzialne za ich powstawanie.

Antyprotony produkowane w zderzeniach cząstek wysokich energii kierowano polem magnetycznym do tzw. pierścienia akumulacyjnego o nazwie LEAR (Low Energy Antiproton Ring). Gdy liczba krążących w nim antyprotonów była dostatecznie duża, wpuszczano do pierścienia, prostopadłe do trajektorii antyprotonów, strumienie atomów ksenonu. Wśród różnych możliwych procesów oddziaływania antyprotonu ( $\bar{p}$ ) z jądrem ksenonu ( $Xe$ ) jest i taki,

## $H_2 + O_2 = ?$

Poddawanie mieszaniny wodoru i tlenu wysokim ciśnieniom mało kto uznałby za zajęcie bezpieczne. Zresztą wynik takiego eksperymentu wygląda na oczywisty. Oczekiwalibyśmy powstania wody – w reakcji, którą wszyscy znamy ze szkoły. Utlenianie wodoru powinno zachodzić tym gwałtowniej, im wyższe jest ciśnienie.

Tym cenniejszy jest zatem wynik eksperymentu Paula Loubeyre'a i René Le Toulleca z Université Paris,

którzy mieli odwagę ścisnąć wybuchową mieszkankę tlenu i wodoru do 75 000 atm (uzyskiwanie takich ciśnień w laboratoriach nie jest trudne odkąd wynaleziono przyrząd zwany kowadefkiem diamentowym).

Badacze na próżno czekali na gwałtowną reakcję wody. Wybuchu nie było. Wytworzył się natomiast dziwny odkąd wynaleziono przyrząd zwany kowadefkiem diamentowym). Badacze na próżno czekali na gwałtowną reakcję wody. Wybuchu nie było. Wytworzył się natomiast dziwny odkąd wynaleziono przyrząd zwany kowadefkiem diamentowym).

uporządkowany roztwór stały, lub – co byłoby ciekawsze – dobrze zdefiniowany związek chemiczny.

Fakt istnienia wysokociśnieniowych mieszanek tlenu i wodoru może mieć istotne implikacje dla różnych dziedzin wiedzy, w tym dla planetologii. Modele astrofizyczne ciał niebieskich, takich jak Jowisz i Saturn, zakładały dotąd, że wnętrza ich składają się głównie z wodoru i helu oraz z zestalonych związków chemicznych: głównie wody, amoniaku i metanu. Prawdopodobnie trzeba będzie przyjąć, że

tlenu – sprasowany monstrualnym ciśnieniem – może być obecny nie tylko w produktach spalania.

Kto wie też, czy projektanci silników rakietowych nie zainteresują się „stopami” Loubeyre'a i Le Toulleca jako idealnym, wysokoenergetycznym paliwem, którego zapłon następuje dopiero po obniżeniu ciśnienia. Patrząc szerzej, można również dostrzec w tych mieszaninach zapowiedź nowego medium magazynującego energię.

R.K.  
„Nature”, 6552/1995