

TECHNOLOGIA PRZYSZŁOŚCI DZIŚ

O WPŁYWIE BADAŃ NAD WŁAŚCIWOŚCIAMI ANTYMATERII NA SPOŁECZEŃSTWO **DR GEORGY KORNAKOV**



**Wydział
Fizyki**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Proszę opowiedzieć nam o badaniach, które obecnie prowadzi Pan na PW.

Biorę aktywny udział w eksperymentach z różnych dziedzin fizyki. Ten, który koordynuję tutaj, na PW, dotyczy właściwości antymaterii i ustalenia ścieżek eksperymentalnych, które pozwolą wykorzystać ją jako narzędzie do badania budowy i właściwości materii. Chodzi więc nie tylko o zbadanie własności antymaterii i zrozumienie, czy istnieją jakieś różnice między materią a antymaterią. Chcemy także dowiedzieć się, jak wykorzystać antymaterię jako narzędzie do przeprowadzania precyzyjnych pomiarów eksperymentalnych podstawowych własności składników materii.

To bardzo ważne, ponieważ w przyrodzie istnieją cztery siły. Pierwsza

z nich, którą dobrze znamy, wiąże nas z planetą - to siła grawitacji. Drugą, o której wiemy bardzo dużo jest oddziaływanie elektromagnetyczne - siła, która pojawia się dzięki istnieniu ładunków. Wreszcie mamy dwa oddziaływania o bardzo krótkim zasięgu - słabe i silne. To siły, które spajają materię jądrową, jądra atomów - odpowiadają za procesy fizyki jądrowej.

Wiemy, że materia istnieje w dwóch postaciach - materii i antymaterii. Różnica między nimi jest bardzo subtelna. Są one absolutnie identyczne pod większością względów, z wyjątkiem przeciwnych ładunków. Gdy materia i antymateria spotykają się, dochodzi do ich anihilacji i przemiany, zwykle w energię lub różnego rodzaju cząstki, które są emitowane w tym procesie.

Do tej pory zaobserwowaliśmy, że cały wszechświat jest zbudowany z materii. Z tego powodu, gdy niewielkie ilości antymaterii, którą można sztucznie wytworzyć w akceleratorach, wchodzi w bliski kontakt z materią, natychmiast anihilują i w końcu znikają.

Jak można badać coś tak nieuchwytnego?

Pierwszym dużym wyzwaniem eksperymentalnym jest utrzymanie antymaterii w izolacji od materii, by zapobiec jej anihilacji. W eksperymencie, w którym biorę udział, zwanym AEGIS (prowadzonym w CERN w Genewie), umieściliśmy zestaw magnesów nad-

przewodzących, aby móc wyłapywać i przechowywać antymaterię w bardzo silnym polu magnetycznym. Odbywa się to w środowisku bardzo wysokiej próżni, znacznie wyższej niż ta, którą można znaleźć w przestrzeni kosmicznej w pobliżu Ziemi. Jest to niemal absolutna pustka, która pozwala nam przechowywać i gromadzić antymaterię wewnątrz urządzenia. Dysponujemy również zestawem narzędzi i elementów, które pozwalają nam manipulować tą materią, przemieszczać ją wewnątrz eksperymentu. Można to zrobić za pomocą zestawu laserów, pól elektrycznych itp., które pozwalają nam bawić się tym urządzeniem - na przykład wykonywać pomiary spektroskopowe różnych stanów, jakie możemy utworzyć, lub wprowadzać do środka stany ujemnie naładowanej materii wraz z antymaterią. Ponieważ, jak zapewne Pani wie, jeśli mamy dwa ładunki o tej samej polaryzacji, dwa ładunki ujemne lub dwa dodatnie, odpychają się one od siebie i niełatwo je ze sobą połączyć.

To prawda, akurat to wiem!

Dlatego właśnie możemy wprowadzić materię do środka. W ten sposób możemy tworzyć egzotyczne atomy złożone z materii i antymaterii. Jest to niezwykle interesujące, ponieważ jesteśmy w stanie tworzyć stabilne stany materii i antymaterii połączonych razem, mimo że antymateria zawsze w końcu zniknie. Przyglądając się wzajemnemu oddziaływaniu sił, które pojawiają się w tym procesie, mo-

żemy naprawdę poznać podstawowe oddziaływania.

Jednak głównym celem eksperymentu AEGIS jest sprawdzenie, czy antymateria zachowuje się w polu grawitacyjnym w taki sam sposób jak materia. Oczywiście większość teorii mówi, że musi tak być i jest to bardzo prawdopodobne. Gdyby jednak tak nie było, tj. gdyby przyciąganie grawitacyjne materii i antymaterii było nieco inne, wywołałoby to wielką sensację w badaniach, ponieważ wskazywałoby to bezpośrednio na kwantowy charakter grawitacji.

Proszę wyjaśnić, dlaczego wiedza o tym jest dla nas tak ważna?

Z jednej strony mamy standardowy model fizyki cząstek elementarnych, który bardzo dobrze opisuje procesy subjądrowe, procesy jądrowe i oddziaływania elektromagnetyczne. Materia i antymateria są częścią modelu standardowego fizyki cząstek elementarnych - zarówno materia, jak i antymateria są w nim bardzo dobrze opisane. Jeśli chodzi o właściwości makroskopowe, to jedyną istotną różnicą między nimi jest ich ładunek elektryczny.

Z drugiej strony mamy ogólną teorię względności wraz z grawitacją. Do tej pory nie udało się zunifikować opisu modelu standardowego fizyki cząstek elementarnych z grawitacją, która jest opisana w ogólnej teorii względności Einsteina. Były takie próby, ale nie dały zadowalających rezultatów. Potrzebujemy dowodów doświad-

czalnych, które wskażą teoretykom, jak złączyć te niepołączone dotychczas elementy.

Proces unifikacji teorii pokazuje, jak działa współczesna fizyka doświadczalna. Mamy teorię i pewne przewidywania i próbujemy znaleźć sposób, by ją sfalsyfikować, zidentyfikować pewne luki lub wyjątki. Bo jeśli teoria nie jest w stanie przewidzieć, co się stanie, lub jeśli znajdziemy coś, co odbiega od wcześniejszych przewidywań, to znaczy, że albo teoria, albo eksperyment są wadliwe.

Jeśli problem leży w eksperymencie, to oczywiście próbujemy przeprowadzić kolejny, z użyciem innych technik, aby zmierzyć to samo zjawisko i uniknąć wszelkiego rodzaju błędów systemowych. Ale jeśli to teoria sprawia problemy, to jest to zwykle największa radość fizyka - oznacza to, że odkryłeś coś naprawdę ważnego i musisz zaktualizować swoją teorię lub znaleźć nowe sposoby opisywania obserwowanych zjawisk. Cały ten proces przypomina polowanie na nowe efekty, które nie są uwzględnione w modelach, jakimi dysponujemy obecnie.

A muszę przyznać, że modele, które znamy, są niezwykle udane, ich dokładność i precyzja są imponujące, więc znalezienie czegoś, co by się w nich nie zgadzało, byłoby czymś wielkim.

Eksperymenty takie jak ten, w którym biorę udział, mają na celu sprawdzenie, czy istnieje jakakolwiek różnica

w oddziaływaniu grawitacyjnym materii i antymaterii. Przy obecnym stanie wiedzy nie powinno być żadnej różnicy, więc każdy inny wynik oznaczałby przełom. Jeśli różnica istnieje, to to, co wiemy dzisiaj, nie jest już aktualne. Trzeba by ponownie przeanalizować teorie, przemyśleć je i prawdopodobnie zmodyfikować.

A jak przebiegają takie eksperymenty?

Są bardzo skomplikowane i złożone. Przede wszystkim wymagają ultraprecyzyjnych pomiarów, ponieważ to, co chcemy zmierzyć, to w rzeczywistości swobodny spadek pojedynczych atomów antymaterii. Nawet pomiar przyciągania grawitacyjnego zwykłej materii jest niezwykle skomplikowany, ponieważ atom jest niezwykle lekkim i małym obiektem - jakiegokolwiek zakłócenia mogą zniekształcić wynik pomiaru.

Sposób, w jaki eksperyment rozwiązuje ten problem, jest bardzo sprytny. Osiąga się to poprzez stworzenie bardzo zimnej wiązki atomów antymaterii i wyznaczenie ścieżki o długości jednego metra, na której mierzy się jej odchylenie. Następnie oczywiście przeprowadza się ten sam eksperyment z materią i porównuje wyniki, aby sprawdzić, czy są one dokładnie takie same w obu przypadkach.

„Eksperymenty takie jak ten, w którym biorę udział, mają na celu sprawdzenie, czy istnieje jakakolwiek różnica w oddziaływaniu grawitacyjnym materii i antymaterii. Przy obecnym stanie wiedzy nie powinno być żadnej różnicy, więc każdy inny wynik oznaczałby przełom. Jeśli różnica istnieje, to to, co wiemy dzisiaj, nie jest już aktualne”.

CERN jest jedynym miejscem na świecie, gdzie można zgromadzić duże ilości antymaterii. Znajduje się tam urządzenie zwane „Decelaratorem Antyprotonów” (org. „Antiproton Decelerator”). W fizyce cząstek elementarnych używamy akceleratorów, dzięki którym cząstki poruszają się szybciej i z większą energią. W tym przypadku jednak technologia, którą stosujemy, działa odwrotnie - produkujemy cząstki, które są pełne energii, a następnie schładzamy je, by móc je zgromadzić i przechowywać, dopóki nie uzyskamy ich wystarczająco dużo, aby przeprowadzić eksperyment.

Od zaplanowania eksperymentu do wykonania pomiarów upływa zwykle dużo czasu. Jeśli chodzi o nasze projekty, to mam nadzieję, że w latach 2022-23 uda nam się wykonać precyzyjny pomiar części grawitacyjnej.

To już niedługo.

Tak, ale przygotowania trwały ponad dziesięć lat. Więc to naprawdę dużo czasu.

To rzeczywiście bardzo dużo. Zakładając, że w końcu znajdzie Pan sposób na zunifikowanie tych dwóch modeli, jakie są następne kroki? Co ta unifikacja da Panu jako naukowcowi?

To bardzo dobre pytanie! Muszę powiedzieć, że jestem eksperymentatorem, a nie teoretykiem, więc skupiam się na przeprowadzaniu eksperymentów, zbieraniu, analizowaniu i interpretowaniu danych. Gdybyśmy odkryli, że istnieje niewielka różnica między materią a antymaterią, nie oznaczałoby to końca naszych badań. Trzeba by wielu lat pracy, aby dostarczyć dowodów doświadczalnych, które skłonią całą społeczność do wspólnego poszukiwania sposobu opisanie tych nowych wyników.

Co więcej, nawet gdyby udało się znaleźć sposób na ujednoczenie obu modeli, lista różnych eksperymentów, które chcemy przeprowadzić, jest tak długa, jest tak wiele rzeczy, które chcemy wypróbować, tak wiele aspektów, które chcemy zbadać, że prawdopodobnie mógłbym pracować nad tym zagadnieniem przez 100 lat i nigdy się nie znudzić.

„Być może uda nam się nawet znaleźć sposób, by móc utrzymywać materię i antymaterię w pobliżu siebie. Gdyby to było możliwe, konsekwencje dla nas, jako ludzkości, byłyby imponujące. Anihilacja materii i antymaterii przekształca wszystko w energię!”

Jak już wspomniałem na początku, badamy również, jak wykorzystać antymaterię jako narzędzie do pomiaru właściwości podstawowych składników materii oraz jak tworzyć inne rodzaje stabilnych stanów skupienia. Być może uda nam się nawet znaleźć sposób, by móc utrzymywać materię i antymaterię w pobliżu siebie. Gdyby to było możliwe, konsekwencje dla nas, jako ludzkości, byłyby imponujące. Anihilacja materii i antymaterii przekształca wszystko w energię...

A więc zaopatrujemy się w silniki na antymaterię i możemy polecieć na Marsa?

Na Marsa? Stać nas na więcej!

Alfa Centauri!

I jeszcze dalej! Oznaczałoby to naprawdę gruntowną zmianę funkcjonowania wszystkiego: społeczeństwa, ludzkości.

Są to badania podstawowe. Być może trudno jest dostrzec związek między matematyką, fizyką, cząstkami stałymi a życiem codziennym, zwłaszcza że wiele osób ma złe doświadczenia z tymi przedmiotami w szkole i stara się o nich jak najmniej myśleć. Jak możemy wykorzystać antymaterię w przyszłości? Wspomnieliśmy już o silnikach i podróżach w kosmos, ale możliwości jest znacznie więcej. Jakie zastosowania możemy znaleźć w przyszłości?

Wyniki tego rodzaju badań podstawowych mogą być przydatne w wielu naukach stosowanych. Istotne jest między innymi to, że do przechowywania antymaterii, operowania nią i przeprowadzania eksperymentów wykorzystywane są najnowocześniejsze zdobycze technologii opierające się na technologiach fotonicznych. Co jeszcze ważniejsze, sam detektor ma wiele elementów odpowiadających tym wykorzystywanym w komputerach kwantowych i kwantowej manipulacji stanami. Oznacza to, że technologie, które opracowujemy obecnie na potrzeby tego eksperymentu, znajdą prawdopodobnie bardzo szybko zastosowanie w technologiach kwantowych, takich jak wykrywanie kwantowe, czyli wykorzystanie kwantowych właściwości materii do produkcji precyzyjnych czujników. Takie czujniki będą lepsze, szybsze, a w dłuższej perspektywie prawdopodobnie tańsze niż te, które już mamy. Będą też znacznie mniejsze - będziemy mogli zminiaturyzować wiele obiektów, które są obecnie używane w przemyśle.

Co więcej, tego rodzaju badania podstawowe są bezpośrednio związane z rozwojem przemysłu. Wraz z naszymi partnerami pozyskujemy sprzęt do eksperymentów od polskiej firmy. Z CERN-u do Polski trafiają bardzo zaawansowane technologicznie inwestycje! Również inżynierowie pracujący tutaj, w Warszawie, przyczyniają się do znalezienia bezpośredniego przemysłowego zastosowania opracowywanej technologii.

„Technologia przyszłości” jest z nami już teraz. Na początku rozwijamy ją tylko dlatego, że potrzebujemy narzędzi do eksperymentów, ale później te narzędzia mogą znaleźć zastosowanie komercyjne. To pokazuje, że postawienie sobie niezwykle skomplikowanego celu w nauce zmusza do wprowadzania innowacji i opracowywania urządzeń, które w konsekwencji mogą trafić na rynek. Posłużmy się przykładem internetu. Być może nie wie Pani o tym, ale został on opracowany w CERN-ie. Oczywiście sprzęt i sieć zostały wynalezione wcześniej przez DARPA, ale sam internet powstał właśnie tam. Głównym celem CERN-u jako organizacji badawczej jest oczywiście prowadzenie badań podstawowych. Czasami jednak, próbując rozwiązywać skomplikowane problemy i przeprowadzając złożone eksperymenty, trzeba opracować nowe narzędzia.

To bardzo ciekawy przykład powszechnie stosowanego wynalazku stworzonego właśnie w takich okolicznościach! Jako fanka Star Treka muszę zapytać - kiedy będziemy mogli się teleportować? Czy będziemy mogli przenosić cząsteczki naszych ciał w inne miejsca?

A niech to! To jest dobre pytanie! Obawiam się, że muszę odpowiedzieć innym pytaniem: czemu, jako istoty ludzkie, zawdzięczamy swoje właściwości? Czy odpowiedź możemy sprowadzić do poziomu cząsteczek, czy jednak jest w tym coś jeszcze? Przy-

kład, który mogę podać, jest bardzo prosty - atomy węgla. Można z nich zrobić grafit - wówczas otrzymamy ołówki. Ale z tych samych atomów węgla można też zrobić diament, trzeba je tylko inaczej uporządkować.

W replikacji nie chodzi więc tylko o poznanie dokładnych właściwości cząsteczek, ale także o sposób ich uporządkowania w środku. To bardzo komplikuje proces, ponieważ liczba cząsteczek, które mamy w naszym ciele, jest tak niesamowicie duża, że zakres informacji, których potrzebowalibyśmy, aby móc kogoś przesłać, jest niezwykle szeroki.

Komputer kwantowy na pewno by sobie z tym poradził!

To prawda. Ale gdybyśmy mogli to zrobić, pojawia się kolejne pytanie...

...etyka.

Właśnie. Gdybyśmy mogli przechowywać wszystkie te informacje, to moim zdaniem nie byłoby wielkiej różnicy między tym, co obecnie uważamy za prawdziwą wersję nas samych, a naszą wirtualną kopią. Gdybyśmy przechowywali te wszystkie informacje o naszej strukturze w świecie wirtualnym, nie dałoby się odróżnić od siebie tych dwóch wariantów naszej osoby. Gdyby to było możliwe, moglibyśmy stać się po prostu rodzajem istot wirtualnych, ponieważ utrzymywanie ograniczeń życia organicznego nie miałoby sensu.

Nie jest to więc tylko wyzwanie dla fizyki - trzeba tu rozważyć znacznie więcej kwestii. Jak opisałby Pan rolę naukowców w społeczeństwie?

Posłużyłbym się metaforą. Kiedyś na statkach był zawsze chłopiec, który siedział w bocianim gnieździe i z góry rozglądał się, czy w oddali nie widać innych statków lub lądu. Myślę, że taka jest właśnie rola naukowca. Mamy próbować patrzeć w kierunku horyzontu tego, co wiemy, i przekazywać reszcie informacje o wynikach badań. Dzięki temu będziemy mogli zgodnie z nimi zmienić kierunek naszego statku.

To ciekawa wizja. Jak to się stało, że zajął się Pan nauką, jak został Pan poważnym naukowcem zajmującym się antymaterią?

Zacznę od kilku słów o mojej ścieżce edukacji. Mam licencjat z fizyki, magisterium z fotoniki i technologii laserowych oraz studia doktoranckie z fizyki jądrowej i cząstek elementarnych - tak wygląda moje wykształcenie, moja wiedza. Myślę jednak, że powinniśmy cofnąć się o krok, aby zrozumieć, jak dotarłem do tego miejsca.

Od pokolenia moich dziadków moja rodzina była zaangażowana w badania naukowe: w dziedzinie matematyki, fizyki, chemii, zoologii, a także w techniki raketowej. Jest to w pewnym sensie bardzo długa tradycja. Od małego dziecka byłem otoczony w domu wieloma eksponatami, które odziedziczyłem dzięki ponad stuletniej działalności naukowej różnych

członków rodziny. Myślę, że to one zapoczątkowały wiele moich zainteresowań.

Jednocześnie muszę powiedzieć, że zawsze miałem wsparcie ze strony rodziców, którzy zachęcali mnie do bycia ciekawym świata i podsycaли tę ciekawość, tę radość, którą czerpie się z eksperymentowania, odkrywania rzeczy i w ogóle myślenia. Myślę, że miałem też szczęście do nauczycieli, zarówno w szkole, jak i na uniwersytecie - nie zabijali tej ciekawości i poczucia oddania nauce, jakie we mnie tkwiło. Myślę, że wszyscy mamy tę wewnętrzną potrzebę zrozumienia, dlaczego rzeczy działają tak, a nie inaczej, dlaczego są takie, a nie inne, ale spotkanie ze złym nauczycielem w okresie szkolnym często może być bardzo zniechęcające. Jeśli jednak podąży się za tą ciekawością, to droga do przekształcenia pasji w pracę, z której można się utrzymać, jest jeszcze dość długa. Nawet w trakcie robienia doktoratu można mieć dość i się poddać.

Myślę, że trzeba mieć dużo szczęścia i, tak jak w moim przypadku, wiele pozytywnych przykładów - ludzi, których się szanuje, których wizję życia i rozumienia rzeczy chciałoby się podzielać i których ścieżką chciałoby się podążać. W pewnym sensie jestem więc raczej konsekwencją i rezultatem połączenia tych obserwowanych cech.

„Kiedyś na statkach był zawsze chłopiec, który z góry rozglądał się, czy w oddali nie widać innych statków lub lądu. Myślę, że taka jest właśnie rola naukowca. Mamy próbować patrzeć w kierunku horyzontu tego, co wiemy i przekazywać reszcie informacje o wynikach badań. Dzięki temu będziemy mogli zgodnie z nimi zmienić kierunek naszego statku”.

Rozmowę przeprowadziła:
dr Aleksandra Wycisk
(DBA CZłiTT PW)

Wywiad opracowała:
Gabriela Hołdanowicz
(DBA CZłiTT PW)