

Próżnia nie dość próżna

Według kwantowej teorii pola, najlepszego znanego nam opisu rzeczywistości na poziomie mikroskopowym, z próżni, czyli stanu przestrzeni o najniższej energii, a więc pozbawionego czegokolwiek, można wydobyć w zasadzie cokolwiek. Wystarczy na próżnię podziałać operatorem kreacji tego czegoś. Działalność taka podlega jednak restrykcjom w postaci praw zachowania, z prawem zachowania energii na czele. Pozornie niewiele więc ta możliwość zmienia. A jednak wystarczy, żeby stan fizyczny miał minimalną choć asymetrię, aby ta potencjalność próżni dawała mierzalne, choć w nieekstremalnych warunkach niezwykle subtelne, zmiany.

Asymetrię taką może powodować obecność czegokolwiek różnego od próżni. Asymetria jest wyraźniejsza, jeżeli w danej sytuacji mamy do czynienia tylko z materią i mamy do dyspozycji dużo energii. Właśnie tak będzie wyglądać zderzanie jąder ołowiu w mającym w tym roku ruszyć Wielkim Zderzaczem Hadronowym LHC (Large Hadron Collider). Co prawda głównie będzie on działał w modzie zderzającym protony z protonami, ale na ciężkie jony też ma przyjść kolej i już teraz należy się zastanawiać nad konsekwencjami.

Zderzacz LHC ma działać przy maksymalnej energii, na jaką można sobie pozwolić w wydrążonym już ponad ćwierć wieku temu kołowym tunelu, w którym do roku 2000. działał zderzacz elektronowo-pozytonowy LEP (Large Electron Positron collider). W przypadku rozpędzania protonów lub ciężkich jonów maksymalną energię można uzyskać tylko dzięki maksymalnemu polu magnetycznemu magnesów zakrzywiających trajektorie cząstek. To maksymalne pole można uzyskać tylko w magnesach nadprzewodzących, których efektywne chłodzenie wymaga użycia nadciekłego helu. W rezultacie wnętrza magnesów będą schłodzone do temperatury 1,9 K.

Jakiegokolwiek dodatkowe źródło ciepła może powodować przekroczenie tej temperatury i, w konsekwencji, spadek pola i utratę wiązki, które to zdarzenie może spowodować olbrzymie szkody, gdyż energia zmagazynowana w wiązce będzie rzędu energii kinetycznej rozpędzonego samochodu.

Okazuje się, że w przypadku wiązki jonów ołowiu odkryte niedawno źródło ciepła jest konsekwencją istnienia próżni [1]. W zderzaczach przeciwbieżne wiązki cząstek (jonów) co chwila przelatują przez siebie. W większości przypadków takie spotkanie nie prowadzi do niczego poza możliwością kreacji pary elektron-pozyton z próżni właśnie. Wykorzystując mikroskopijny ułamek energii potencjalnego zderzenia jonów, para taka może stać się parą rzeczywistą (w odróżnieniu od pary wirtualnej, która musiałaby z powrotem się unicestwić). Pozyton jest przez dodatnio naładowane jądra odpychany, ale elektron może zostać przez nie schwytyany. Wtedy całkowity ładunek jonu zmienia się i zakrzywianie jego toru nie jest wystarczająco skuteczne. Jon zmienia orbitę i uderza w ściankę rury próżniowej, powodując jej ogrzewanie w określonym miejscu. Należałoby się w takim razie zastanowić, jak silny mógłby być to efekt, a jeszcze lepiej go zmierzyć.

W tym celu dokonano pomiaru [2] w działającym zderzaczem ciężkich jonów RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider). Okazało się, że strata energii jest minimalna i wynosi 0,2 mW. W czasie tych testów wiązka była złożona z jonów miedzi $^{63}\text{Cu}^{29+}$ o energii 6,3 TeV (100 GeV na nukleon). Natomiast w LHC będą krążyć jony ołowiu $^{208}\text{Pb}^{82+}$ o energii 574 TeV (2,76 TeV na nukleon). Ponieważ omawiany efekt zależy od ładunku jonu w siódmej potęgę oraz od energii, intensywności, a także innych parametrów wiązki, to okazuje się, że będzie on 5 rzędów wielkości silniejszy w czasie nominalnej pracy LHC niż w czasie testów w RHIC [1]. Deponowana w wyniku jego działania moc wynosić więc będzie około 25 W.

Jest to wartość na tyle duża, że omawiany efekt będzie musiał być wzięty pod uwagę przy dobieraniu parametrów wiązki.

Okazuje się, że nawet próżnia może nie być wystarczająco próżna.

Przesunięta granica

Ciężkojonowy program LHC ma za cel głębsze zrozumienie procesów zachodzących przy gęstościach materii i temperaturach istniejących tuż po Wielkim Wybuchu. Jądra atomowe używane w takich eksperymentach pełnią tylko pomocniczą rolę.

We Wszechświecie możemy jednak obserwować zjawiska, takie jak wybuchy supernowych, których zrozumienie nie jest możliwe bez określenia, jakie izotopy w ogóle mogą występować oraz jaki jest ich czas życia.

Poszukiwanie nieznanych izotopów, czyli choćby bardzo lekko związanych asocjacji protonów i neutronów, zmierza w dwóch głównych kierunkach. Pierwszym jest poszukiwanie coraz masywniejszych pierwiastków, czyli izotopów zawierających jak największą liczbę protonów. Drugim – poszukiwanie izotopów danego pierwiastka o jak największej liczbie neutronów.

Ostatnio właśnie na tym drugim polu dokonano zaskakującego odkrycia w National Superconducting Cyclotron Laboratory (NSCL), działającym w Michigan [3], odkrywając trzy nieznanne izotopy $^{40}_{12}\text{Mg}_{28}$, $^{42}_{13}\text{Al}_{29}$ i $^{43}_{13}\text{Al}_{30}$. Zaskoczenie jest głównie związane z wyprodukowaniem nieparzysto-nieparzystego aluminium 42, które według wiodących modeli nie powinno w ogóle istnieć jako stan związany. W ten sposób granica maksymalnej liczby neutronów, które mogą współlistnieć z protonami w jądrach magnezu i aluminium, została przesunięta poza przewidywaną do tej pory wartość.

Piotr ZALEWSKI

[1] P. Schewe, *The Vacuum Strikes Back*, Physics News Update 841#1(2007), www.aip.org/pnu/2007/split/841-1.html

[2] R. Bruce i inni, *Observations of Beam Losses Due to Bound-Free Pair Production in a Heavy-Ion Collider* Phys. Rev. Lett. **99**(2007)144801

[3] G. Koch, NSCL news www.nscl.msu.edu/magnesium40