



Kraków, 26 października 2017

Najbardziej egzotyczny płyn ma nieoczekiwanie małą lepkość

Zderzenia jąder ołowiu w akceleratorze LHC zachodzą przy tak wielkich energiach, że kwarki, w normalnych warunkach trwale uwięzione w protonach, uwalniają się i wraz z dotychczas je spajającymi gluonami formują strugę wyjątkowo egzotycznego płynu: plazmy kwarkowo-gluonowej. Nowy, bardziej szczegółowy model teoretyczny tej plazmy, zaprezentowany przez grupę fizyków z Polski i USA, przewiduje, że w stosunku do dotychczasowych oszacowań ma ona znacznie mniejszą lepkość.

Znany nam z codziennych doznań świat składa się z obiektów zbudowanych głównie z protonów i neutronów, cząstek zawierających trójki kwarków spajane oddziaływaniami silnymi przenoszonymi przez nośniki nazywane gluonami. W przeciwieństwie do grawitacji, działającej tym słabiej im masy są od siebie bardziej odległe, oddziaływania silne rosną z odległością. To dlatego kwarki zachowują się jakby były związane sprężynami: im bardziej próbujemy je rozsunąć, tym silniej dążą, by być blisko siebie. Energie cząstek rozpędzanych we wnętrzu akceleratora LHC są jednak tak duże, że w trakcie zderzeń dochodzi do uwolnienia kwarków z protonów. Na krótką chwilę powstaje wtedy plazma kwarkowo-gluonowa, bez cienia wątpliwości najbardziej egzotyczny płyn badany w ziemskich laboratoriach. Dotychczas wydawało się, że jest on dość lepki. Inny wniosek wynika z rozważań i analiz naukowców z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie i Kent State University w Kent (Ohio, USA).

„W fizyce przepływy opisuje się za pomocą równań hydrodynamicznych. Gdy używamy ich najprostszyc wersji w odniesieniu do plazmy kwarkowo-gluonowej, przewidywania w miarę dobrze zgadzają się z pomiarami zebranymi w trakcie zderzeń w LHC. Na pierwszy rzut oka zupa z kwarków i gluonów rzeczywiście zdaje się zachowywać wedle prostych oczekiwań. Gdy jednak zaczynamy przyglądać się szczegółom, szybko staje się oczywiste, że mamy do czynienia z bardzo złożonym zjawiskiem”, mówi dr hab. Radosław Ryblewski (IFJ PAN).

Matematyczny opis płynu staje się najprostszy przy założeniu, że płyn jest doskonały, czyli m.in. pozbawiony lepkości. Ponieważ w przyrodzie płyny doskonałe nie istnieją, w celu zwiększenia dokładności przewidywań do równań hydrodynamicznych wprowadza się różne poprawki. Tak powstałe warianty hydrodynamiki płynów lepkich opierają się jednak na kolejnych założeniach, na przykład na tym, że ciśnienia w płynie zmieniają się tak samo we wszystkich kierunkach.

„Problem w tym, że plazma kwarkowo-gluonowa w LHC powstaje w bardzo specyficzny sposób, w wyniku zderzeń jąder ołowiu nadlatujących wzdłuż jednego kierunku z prędkościami bliskimi prędkości światła. W rezultacie płyn formujący się z kwarków i gluonów początkowo też porusza się wzdłuż kierunku wiązki, a dopiero później zaczyna się schładzać i rozrzedzać”, tłumaczy dr Ryblewski. „Przy tworzeniu modelu skala wyzwań wzrasta dodatkowo gdy staramy się uwzględnić fakt, że na początku procesu mamy inny płyn niż na końcu – przecież wskutek schładzania kwarki stopniowo zaczynają się ponownie zlepiać! Dlatego wraz z prof. Wojciechem Florkowskim zaczęliśmy w naszym instytucie rozwijać bardziej szczegółowy model zjawiska: hydrodynamikę anizotropową, zbudowaną na założeniu, że opisywany układ nie zachowuje się tak samo we wszystkich kierunkach”.

Najnowszy model teoretyczny, skonstruowany w ramach hydrodynamiki anizotropowej, został właśnie zaprezentowany w znanym czasopiśmie naukowym „Physical Review Letters”. Jeden z jego najciekawszych wniosków dotyczy lepkości plazmy kwarkowo-gluonowej (chodzi o lepkość objętościową, której nie należy mylić z lepkością ścinającą, występującą między warstwami przepływającego płynu). Lepkość ta okazała się sześciokrotnie mniejsza od przewidywań numerycznych innych modeli bazujących na hydrodynamice płynu lepkiego.

Równania zaprezentowane przez fizyków z Krakowa mają istotną zaletę: w przeciwieństwie do dotychczasowych, dla pewnych przypadków mogą być rozwiązywane z praktycznie dowolną dokładnością. Zestawiając swoje przewidywania z danymi z innych modeli oraz wielokrotnie konfrontując je z rzeczywistymi pomiarami w eksperymencie ALICE w LHC, polsko-amerykańskiemu zespołowi udało się wykazać, że hydrodynamika anizotropowa to obecnie najdokładniejszy opis zjawisk zachodzących w plazmie kwarkowo-gluonowej.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W klasyfikacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

dr hab. **Radosław Ryblewski**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628272
email: radoslaw.ryblewski@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „(3+1)D Quasiparticle Anisotropic Hydrodynamics for Ultrarelativistic Heavy-Ion Collisions”
M. Alqahtani, M. Nopoush, R. Ryblewski, M. Strickland
Physical Review Letters 119, 042301 (2017)
DOI: 10.1103/PhysRevLett.119.042301

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ171026b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2017/10/26/IFJ171026b_fot01.jpg

Plazma kwarkowo-gluonowa w LHC powstaje, gdy nadlatujące z przeciwnych kierunków jądra ołowiu (tu w kolorze białym) zderzają się ze sobą. Uwolnione kwarki (w kolorach czerwonym, zielonym i niebieskim) oraz gluony formują strugę wzdłuż pierwotnego kierunku lotu jąder. Jej zachowanie najdokładniej opisuje hydrodynamika anizotropowa, tworzona przez fizyków z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. (Źródło: CERN/Henning Weber)