

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JEZYKU POLSKIM)

Układem fizycznym będącym przedmiotem zainteresowań naukowych w proponowanym projekcie jest gorąca i gęsta materia oddziałująca silnie, której fundamentalnymi składnikami są kwarki i gluony. Tego typu materia istniała we Wczesnym Wszechświecie, jednakże w chwili odpowiadającej ok. dziesięciu mikrosekundom po Wielkim Wybuchu, w wyniku ekspansji Wszechświata i jego stopniowego ochładzania, materia ta uległa przemianom w hadrony, czyli cząstki będące stanami związanymi kwarków i gluonów. W tym kontekście mówimy zwykle o przejściu fazowym od stanu plazmy kwarkowo-gluonowej do stanu gazu hadronowego.

Warunki fizyczne podobne do tych panujących we Wczesnym Wszechświecie odtwarza się obecnie w laboratoriach na Ziemi zderzając ze sobą jądra atomowe przy najwyższych dostępnych energiach (np. na Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) oraz na Relatywistycznym Zderzaczu Ciężkich Jonów (RHIC) w Brookhaven National Laboratory (BNL)). Dziedzina ta określana jest powszechnie jako fizyka skrajnie relatywistycznych zderzeń ciężkich jonów. W dużym stopniu jest to dział interdyscyplinarny łączący fizykę jądrową, wraz z fizyką wysokich energii, z innymi działami fizyki teoretycznej, takimi jak fizyka statystyczna, teoria kinetyczna lub relatywistyczna hydrodynamika cieczy lepkiej.

Szczególnie ta ostatnia stanowi obecnie podstawę naszego zrozumienia przebiegu procesów zderzeń ciężkich jonów. Równania hydrodynamiki, wykorzystując warunki początkowe odzwierciedlające w dużym stopniu geometrię zderzających się jonów, wyznaczają czasoprzestrzenny przebieg ewolucji materii, uwzględniający przejście fazowe od plazmy kwarkowo-gluonowej do gazu hadronowego.

Niebywałym sukcesem zastosowania hydrodynamiki w opisie zderzeń ciężkich jonów jest wyznaczenie oszacowania na wartość współczynnika lepkości dynamicznej plazmy. Wartość tę określa się przez podanie stosunku współczynnika lepkości dynamicznej η (ang. shear viscosity) do gęstości entropii s . Rachunki oparte na relatywistycznej hydrodynamice wskazują, że ten stosunek jest bliski wartości $\hbar/(4\pi k_B)$, która wynika z zastosowania metod teorii strun do opisu silnie oddziałujących układów (\hbar jest tutaj stałą Plancka podzieloną przez 2π , a k_B jest stałą Boltzmanna). Ten rezultat wskazuje ponownie na fizykę ciężkich jonów jako działu interdyscyplinarnego, łączącego różne, z pozoru bardzo odległe od siebie teorie fizyczne.

Sukces użycia relatywistycznej hydrodynamiki rodzi nowe pytania, głównie o zakres jej stosowalności i podstawy teoretyczne odwołujące się często do bardziej mikroskopowych podejść. Celem zaproponowanego projektu jest próba odpowiedzi na te pytania i rozwinięcie istniejącego formalizmu hydrodynamiki relatywistycznej cieczy lepkiej, z zamiarem jego wykorzystania do jeszcze lepszego opisu dynamiki silnie oddziałującej materii wyprodukowanej w skrajnie relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów. W ramach projektu planuje się rozwinąć formalizm hydrodynamiki cieczy lepkiej tak aby lepiej opisywał sytuacje dalekie od stanu lokalnej równowagi termodynamicznej, uwzględniał zaniedbywane dotąd stopnie swobody oraz był bliższy mikroskopowym teoriom, które ma w zasadzie przybliżać. Planowane prace zamierzamy oprzeć na analizie teorii kinetycznej oraz na bezpośrednim uogólnieniu równań hydrodynamiki. Ważnym rezultatem projektu będą kody numeryczne, służące do bezpośredniej analizy najnowszych danych.

Wyniki projektu mają potencjał wniesienia istotnego wkładu w dziedzinę hydrodynamiki relatywistycznej, która przeżywa obecnie swój złoty okres.