

Tytuł: Badanie najgorętszej kropli płynu poprzez korelacje i fluktuacje zmiennych kolektywnych

Autor: Rupam Samanta

Streszczenie

Zderzenia dwóch ciężkich jąder atomowych przy prędkościach relatywistycznych w Relatywistycznym Zderzaczu Ciężkich Jonów (RHIC) w BNL oraz Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w CERN, tworzą stan materii o temperaturze 10^5 razy wyższej niż temperatura jądra Słońca, rozmiarach rzędu promienia jądra atomowego (femtometr) i zachowujący się jak doskonała ciecz o minimalnej lepkości. Ta materia w ekstremalnych warunkach jest układem, w którym kwarki i gluony, normalnie występujące jako stany związane w hadronach, stają się swobodne z barwnymi stopniami swobody, a ich interakcje są regulowane przez Chromodynamikę Kwantową. Ta gorąca, gęsta, przypominająca ciecz kropla stanu kwarków i gluonów uwolnionym ładunkiem kolorowym jest znana jako Plazma Kwarkowo-Gluonowa (QGP). Materia QGP, istniejąca przez bardzo krótki czas (10^{-22} s) z dynamiką ewolucji opisaną przez relatywistyczną hydrodynamikę lepka, tworzy tysiące cząstek mierzonych w końcu w detektorach. Jedną z najbardziej niezwykłych charakterystyk tego układu jest zbiorowy przepływ tych cząstek, służący jako kluczowe zjawisko do badania QGP w wysokoenergetycznych zderzeniach jądrowych. Najbardziej specyficzną i intrygującą cechą zbiorowego anizotropowego przepływu, określanego w kategoriach współczynników harmonicznych przepływu, jest znaczenie fluktuacji od zderzenia do zderzenia, głównie wynikających z fluktuacji stanu początkowego. W tej pracy koncentrujemy się na fluktuacjach i korelacjach między kolektywnymi obserwabkami takimi jak średni poprzeczny pęd na cząstkę ($\langle p_T \rangle$) i współczynniki harmoniczne przepływu (v_n) itd. W szczególności pokazujemy, że fluktuacje współczynników harmonicznych można badać za pomocą współczynników łamania faktoryzacji między wektorami przepływu w różnych przedziałach p_T . Trudności eksperymentalne można zmniejszyć, biorąc jeden z wektorów przepływu jako średnio pędowy. Fluktuacje powodują dekorelację między wektorami przepływu, co można przypisać równym wkładom od dekorelacji wielkości przepływu i kąta przepływu. Badamy fluktuacje średniego poprzecznego pędu na cząstkę ($\langle p_T \rangle$) w ultra-centralnych zderzeniach i pokazujemy, że nasz model może wyjaśnić strome zmniejszenie wariancji zw danych ATLAS. Przedstawiamy również prognozy dla skośności i kurtozy oraz podkreślamy rolę fluktuacji parametru zderzenia w ultra-centralnych zderzeniach. Badamy współczynniki korelacji Pearsona między $\langle p_T \rangle$ a v_n^2 , które mogą odwzorowywać korelacje stanu początkowego między kształtem a rozmiarem gorącej kropli. Pokazujemy, że można skonstruować wyższe rzędy normalizowanych i symetrycznych kumulantów między tymi obserwabkami, które wnoszą dodatkowe użyteczne ograniczenia dotyczące właściwości stanu początkowego. Ponadto badamy zależną od pędu korelację Pearsona między $\langle p_T \rangle$ a poprzecznie zależnym od pędu przepływem. Wykazuje ona wrażliwość na szerokość fluktuacji w stanie początkowym. Na koniec pokazujemy, że takie korelacje i fluktuacje kolektywnych obserwabli mogą być używane do badania deformacji jądrowych i otrzymania ograniczeń na parametry deformacji poprzez wysokoenergetyczne zderzenia jądrowe. Badania przedstawione w tej pracy w znaczący sposób przyczyniły się do rozwoju tej dziedziny, pozostawiając wiele możliwości na dalsze prace w przyszłości, które wykraczają poza jej obecny zakres.