

Prof. dr hab. Wojciech Broniowski

Instytut Fizyki Jądrowej PAN
31-342 Kraków

Instytut Fizyki UJK
Uniwersytet Jana Kochanowskiego
25-406 Kielce

Kraków, 3 II 2015

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Małgorzaty Anny Janik
pt. "Two-particle correlations as a function of relative azimuthal
angle and pseudorapidity in proton-proton collisions registered
by the ALICE experiment"**

Tematem pracy doktorskiej Pani mgr Małgorzaty Anny Janik, wykonanej w Instytucie Fizyki Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dr. hab. inż. Adama Kisiela, jest szeroko zakrojona analiza eksperymentalna korelacji dwucząstkowych we względnym kącie azymutalnym i pseudorapidity w zderzeniach proton-proton. Dane zostały w ostatnim czasie zebrane przez kolaborację ALICE na akceleratorze LHC przy trzech energiach zderzenia. Praca zawiera istotne nowe i bardzo szczegółowe badania tych korelacji, uwzględniające zależność od ładunku, pędu poprzecznego pary oraz krotności cząstek w przypadku. Jest też przeprowadzona (po raz pierwszy dla badań zderzeń proton-proton) analiza dla zidentyfikowanych cząstek. Powyższe elementy są niezwykle cenne, ponieważ pozwalają na identyfikację i zrozumienie od strony fizycznej struktur pojawiających się w danych korelacyjnych i poznanie stojących za nimi zjawisk fizycznych. Jak rozumiem, oryginalnym elementem pracy jest też, od strony technicznej, program CALM (Conservation Laws Model) – specjalnie napisany kod do analizy wpływu praw zachowania na badane dwucząstkowe korelacje.

Tematyka badań wpisuje się mocno w główny nurt badań fizyki hadronowej na LHC. Wyniki pracy doktorskiej Pani mgr Janik są bezsprzecznie oryginalne i niezwykle wartościowe – część wyników została już opublikowana w pracach [1-4], pozostałe, po raz pierwszy zaprezentowane tutaj, zapewne zostaną opublikowane w najbliższym czasie i przyczynią się do lepszego zrozumienia mechanizmów zderzeń proton-proton przy skrajnie wysokich

energiach. Autorka włożyła wiele wysiłku zarówno w uzyskanie wyników jak i napisanie bardzo obszernego tekstu, sumiennie przedstawiającego wyniki analiz i ich interpretację, zaawansowane modelowe symulacje komputerowe, wyczerpującą analizę błędów systematycznych, itd.

Nowatorskość dobitnie określona jest w podsumowaniu pracy:

“The $\Delta\eta\Delta\phi$ correlations have been studied at the LHC energies for the first time ever in a multidimensional space: for three collision energies, as a function of event multiplicity N_{ch} and transverse momenta p_T -sum of particles as well as for different charge combinations of the pair. Moreover, a unique analysis of identified particles (pions, kaons, and protons), that has never been done before for hadron-hadron collisions, was performed.”

Przejdę teraz do bardziej szczegółowego omówienia pracy doktorskiej Pani mgr Janik. Tekst, liczący aż 247 stron, napisany jest po angielsku, z dwustronicowym streszczeniem po polsku. Układ jest klarowny. Pierwsze cztery rozdziały mają charakter wprowadzający/opisowy: rozdz. 1-3 mają naświetlać tematykę i zagadnienie, a rozdz. 4 omawia eksperyment ALICE (wchodząc w tradycyjny sposób w szczegóły aparaturowe). Rozdz. 5 i 6 zawierają szczegóły przeprowadzonych analiz, opisując istotne z punktu widzenia analizy metody wybierania ścieżek, przypadków, a także techniki dopasowywania danych do prostych parametryzacji. Rozdz. 7-9 zawierają oryginalny materiał autorstwa Pani mgr Janik. Rozdz. 7 przedstawia wyniki dla funkcji korelacji, rozdz. 8 oszacowanie niepewności systematycznych, a rozdz. 9 interpretację fizyczną rezultatów. Wreszcie rozdz. 10 zawiera podsumowanie i wnioski. Cztery dodatki zawierają techniczny materiał pomocniczy. Cytowana literatura jest bardzo wyczerpująca i zawiera 241 pozycji. Forma graficzna i edytorska pracy jest bardzo przejrzysta i staranna.

Walory naukowe pracy są bardzo wysokie a pieczołowitość oddania wszystkich szczegółów analizy jest rzadko spotykana. Autorka szczegółowo analizuje poszczególne struktury w funkcji korelacji i ich podatność na różne efekty: cięcia po pędzie, krotność przypadku, typ cząstek, rozpady rezonansów, minidżety, prawa zachowania. Rozważania intuicyjne poparte są symulacjami w oparciu o standardowe narzędzia Monte Carlo, a także specjalnie utworzony kod CALM, analizujący wpływ praw zachowania. Te bardzo ciekawe wyniki zapewne będą podstawą publikacji w ramach kolaboracji ALICE.

A teraz moje uwagi:

Osobiście uważam, że pisanie prac doktorskich o aż takiej obszerności jest niepotrzebnym obciążeniem, zarówno dla autora jak i czytelników. Zaczynanie od modelu standardowego i Lagranżjanu QCD w pracy, której wyniki są

przeznaczone dla ukierunkowanych ekspertów, jest zgoła niepotrzebne. Przytaczanie wyników i wykresów np. dla przepływu harmonicznego czy stosunku R_{AA} w zderzeniach Pb-Pb czy p-Pb mogłoby być pominięte bez straty dla logicznego toku pracy, która zyskałaby na zwiezłości. Piszę te słowa nie tyle jako krytykę obecnego tekstu, w który wysiłek został już był włożony, ale ku przestrodze przyszłych doktorantów.

Autorka nie wspomina o słynnym odkryciu pobliskiego grzbietu (near-side ridge) w analizie pp przy 7 TeV w eksperymencie CMS 5 lat temu. Ten efekt, widoczny wyraźnie dla zderzeń o największej krotności i dużych p_T wywołał duże poruszenie i nawet próby interpretacji tych przypadków jako kolektywne, tj. obdarzone przepływem harmonicznym. Uważam, że wyniki CMS powinny być pokazane jako ważny krok w badaniach korelacji dwucząstkowych. Co więcej, analiza recenzowanej tu pracy (należy tu mieć jednak na uwadze dużo mniejszy zasięg w $\Delta\eta$ w ALICE niż w CMS) nie ukazuje ani śladu pobliskiego grzbietu! Przynajmniej na ile mogę wywnioskować z rys. 7.11, 7.12 i dalszych. Interpretacja przywoływana w pracy bazuje na minidżetach i nie ma ani słowa o kolektywności, czy też jej braku, dla zderzeń o największej krotności i pędach poprzecznych. A propos, czy da się połączyć cięcia na krotność z 7.1.3 i na pęd poprzeczny z 7.1.4 w poszukiwaniu pobliskiego grzbietu? Można by też pokusić się o porównanie do wyników CMS, obcinając wykresy CMS do $\Delta\eta < 1$. Czy jest wtedy zgodność?

Jeśli jej nie ma, należy to jasno zaznaczyć. Występowanie pobliskiego grzbietu jest bowiem koronnym argumentem za interpretacją fizyczną opierającą się o kolektywność, zwłaszcza w zderzeniach p-Pb. Inne wyniki ALICE (jeśli są inne), uzyskane w oparciu o niezwykle skrupulatną analizę, byłyby tu niezwykle ważnym argumentem.

A oto drobne niedociągnięcia w tekście, które udało mi się znaleźć, a które powinny być poprawione przed dalszym propagowaniem pracy (np. w arXiv):

Stwierdzenie "How conservation laws should be obeyed?" - str. 5, jest niefortunne. Prawa zachowania zawsze są spełnione!

"Higgs boson was discovered on 14 March 2013 ...", str. 13 - data jest datą ogłoszenia odkrycia.

"Leptons have only been observed as free particles ...", str. 17 - sformułowanie niesłuszne, bo mamy np. pozytronium.

"can draw two notable features of colored objects - confinement ...", str. 19 - sugestia, jakoby uwięzienie wynikało z wzrostu perturbacyjnej stałej sprzężenia na dużych odległościach, jest niepoprawna, ponieważ wchodzimy w obszar nieperturbacyjny.

QCD została zaproponowana w pracy Fritsch, Gell-Mann, Leutwyler, Physics Letters B 47 (1973) 365 - str. 17.

”such as its mass and longitudinal momentum“, str. 39 – sformułowanie jest mylące, bowiem przejście od pseudorapidity do rapidity wymaga znajomości masy i pędu poprzecznego, a nie podłużnego.

Należy określić oznaczenie R na rys. 3.10, 3.11 i 3.14, rozumiem, że jest to po prostu C .

Oдноśnik 5, str. 49 – bardzo niedokładny opis dla przepływu ukierunkowanego.

Oдноśnik 6, str. 49 – przepływ pochodzi też z fluktuacji.

Należy zdefiniować oznaczenie na osi pionowej rys. 3.13.

Str. 78 – ”actual“ -> ”current“.

Zastąpiłbym ”definition of the initial condition“ -> ”imprecise knowledge of the initial condition“ – str. 82.

Akapit 4.6.1.3 jest nieprecyzyjny. Wszystkie współczynniki przepływu harmonicznego są czułe na η/s , wyższe są tłumione bardziej. Wzmianka o miodzie jest zbyt lapidarna, cały akapit jest zbyt skrótowy, zwłaszcza w porównaniu z obszernością pracy.

Str. 83 – ”on the order of 5“ -> ”of the order of 5“.

Str. 84 – ”while p-Pb analysis advance“ -> ”while p-Pb analysis advances“.

Str. 94-95 – może warto dodać, jakim centylom (centralnościami) odpowiadają zakresy krotności z tabeli 5.1 i rys. 5.5.

Pytanie: nie rozumiem fizyki stojącej za ”wing correction”. Korelacje nie mogą rosnąć w nieograniczony sposób z $\Delta\eta$. Czy jest to próba kompensacji ich zbyt szybkiego malenia w parametryzacji Gaussa? Jeśli tak, to może lepiej modyfikować wykładnik eksponenty?

Na rys. 7.8, 7.13 widać, że parametr P jest w zasadzie kompatybilny z zerem. Czy wyniki bardzo się zmieniają, jeśli położyć $P = 0$?

Rozdz. 7: Zdania typu ”for kaons, which carry a strange quark, strangeness must be conserved” nie są fortunate, bo dziwność (w oddziaływaniach silnych) jest zawsze zachowana. Lepiej dać np. ”for kaons, which carry a strange quark, strangeness conservation is important”. Sformułowanie występuje w kilku miejscach, należy tekst dokładnie przejrzeć pod tym kątem.

Str. 167: ”the one of their isospin partner” -> ”the yields of their isospin partners”

Str. 202: ”Each one of the correlation sources” -> ”Each of the correlation sources”

Podsumowując, w oparciu o ROZPORZĄDZENIE MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO z dnia 3 października 2014 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie

doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Na podstawie art. 31 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.)), z przyjemnością stwierdzam, że praca doktorska Pani mgr Małgorzaty Anny Janik spełnia wszelkie formalne, a także zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim z fizyki. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Małgorzaty Janik do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. Wojciech Broniowski

