

Ocena rozprawy habilitacyjnej
pt. „Direct Measurement of the Gluon Polarisation in the Nucleon
Using the All- p_T Method at the COMPASS Experiment at CERN”
oraz
opinia o działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej, dorobku naukowym i
działalności we współpracy międzynarodowej dr. Marcina Stolarskiego
w związku z postępowaniem o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego

1 Wstęp i podstawowe informacje o kandydacie

Dr Marcin Stolarski ukończył studia magisterskie a następnie doktoranckie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (UW). Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki został mu nadany w roku 2006. Tytuł rozprawy doktorskiej „Spin structure of the nucleon at low x and Q^2 in the Compass experiment at CERN” (podaję wersja tytułu z Dyplomu; wersja tytułu podana w autoreferacie habilitanta różni się subtelnościami).

Po studiach dr Stolarski był krótko zatrudniony na UW, a od 2007 zatrudniony był na stanowiskach typu „post-doc” w Instytucie Fizyki Uniwersytetu we Fryburgu (Niemcy) przez ok. pół roku, w ośrodku CERN (European Organisation for Nuclear Research) przez ponad 2 lata, i, do chwili obecnej w LIP (Laboratorio de Instrumentacao e Fisica Experimental de Particulas) z grantów portugalskiej fundacji na rzecz nauki i technologii i z LIP.

Głównym tematem badań dr Stolarskiego jest spinowa struktura nukleonu. Badania te związane są z eksperymentem COMPASS w CERN, którego członkiem habilitant został w 2001 roku. W ramach współpracy COMPASS dr Stolarski pełnił prestiżowe stanowiska organizacyjne - koordynatora analiz (zastępca a potem jednoroczny mandat) oraz członka komitetu publikacji (kadencja dwuletnia). Ostatnio dr Stolarski wstąpił też do eksperymentu ATLAS w CERN.

Ze względu na specyfikę działalności dra Marcina Stolarskiego, którego badania fizyczne prowadzone są w ramach dużej współpracy międzynarodowej, przedstawiona do recenzji monografia habilitacyjna jest właściwą formą prezentacji jego dorobku naukowego.

Uwaga o dostarczonych materiałach

Wersja monografii habilitacyjnej dostarczona mi w postaci cyfrowej jest różna od wydanej przez wydawnictwo WUW (ISBN 978-83-235-2970-5). Różnice widzę nie tylko w formatowaniu (czcionka, podział na strony, formatowanie tytułu), ale także w tekście. Jako, że rolą recenzenta nie jest zabawa w „znajdź różnice” uznaję, że różnice pomiędzy wersjami są jedynie redakcyjne i nie wpływają w żaden sposób na merytoryczną ocenę pracy, Świadczą jednak o tym, że dostarczona recenzentom wersja poddawana była dalszym edytorskim poprawkom (a powinna być to kopia elektroniczna). Uważam to za pewne uchybienie formalne.

2 Ocena rozprawy habilitacyjnej

Monografia przedstawiona do recenzji napisana jest w języku angielskim i podzielona na 10 rozdziałów, w tym krótki wstęp i „perspektywiczne” podsumowanie. Układ pracy, władanie językiem angielskim, jak i naukowy język pracy nie budzą żadnych zastrzeżeń.

We wstępie pracy Autor przedstawia, w ciekawy sposób, kontekst historyczny prowadzonych przez niego badań, w tym pomiar części spinu protonu niesionego przez kwarki, który rozpoczął „kryzys spinowy”. Autor (słusznie) podkreśla tu ważną rolę badaczy polskich w pionierskich badaniach grupy EMC.

W rozdziale drugim Autor przedstawia wprowadzenie do rozpraszania głębokonieelastycznego (DIS). Rozdział ten definiuje zmienne kinematyczne, przekroje czynne i funkcje struktury, w szczególności spinową f. struktury kwarków $g_1(x_{Bj}, Q^2)$ wprowadzającą w NLO zależność od (spolaryzowanych) gluonowych f. struktury $(\Delta)g$ oraz ewolucję DGLAP. Zależności te są podstawą niezależnego od modelowania pomiaru polaryzacji gluonów. Dodatkowo wprowadzone są, obok procesu podstawowego (LP) fotoabsorpcji, diagramy wyższego rzędu: emisja gluonu w procesie Compton’a (QCDC) oraz fuzja foton-gluon (PGF). Ten ostatni proces jest czuły na polaryzację gluonów i umożliwia bezpośredni pomiar $\Delta g/g$, co jest celem pracy. Habilitant wyjaśnia też sposób pomiaru - badanie asymetrii (2.11), zależnej od PGF. Zależność ta jest rozmyta przez szereg czynników teoretycznych i eksperymentalnych, a uzyskanie wkładu od PGF stanowi wyzwanie dla eksperymentu COMPASS i analizy kierowanej przez Autora.

W tym miejscu trzeba zaznaczyć, że rozdział 2 pracy zredagowany jest wyjątkowo niestarannie, w szczególności wzory (2.12-2.17) są niezrozumiałe - pogubione średniki, przecinki, między σ a argumentem powstawiane niepotrzebne znaki '='. Jest to moje istotne zastrzeżenie do tego rozdziału. Nadmienię też, że Autor używa $\int_0^1 \Delta g dx$ jako pierwszy, a nie zerowy moment funkcji Δg , co jest jednak zgodne z konwencją w pracach poświęconych DIS.

W rozdziale 3 Autor krótko omawia problemy uniemożliwiające obecnie statystycznie znaczące wyznaczenie Δg z łamania skalowania g_1 , które byłoby wyznaczeniem bezpośrednim, niezależnym od modelowania. Wynika to z ograniczeń kinematycznych współczesnych eksperymentów badających rozpraszanie spolaryzowanych leptonów na spolaryzowanych tarczach hadronowych. Dalej prezentowane są pomiary eksperymentu COMPASS w oparciu o badanie produkcji mezonów D^0 , umożliwiające bezpośrednie próbkowanie procesu PGF. Ten kanał, mimo że był głównym kanałem przy projektowaniu eksperymentu COMPASS, ma małą precyzję ze względu na niedoszacowane uprzednio tło, i inne czynniki doświadczalne. Innym sposobem bezpośredniego badania $\Delta g/g$ jest selekcja przypadków z dwoma hadronami z dużym pędem poprzecznym. Przypadki takie są bardziej czułe na procesy PGF i QCDC, przy relatywnym osłabieniu wiodącego procesu LP. Autor cytuje tu pomiary eksperymentów SMC, HERMES oraz COMPASS (przy $Q^2 > 1 \text{ GeV}^2$ i $Q^2 < 1 \text{ GeV}^2$). Prezentowane są też badania polaryzacji gluonów prowadzone w zderzaczu RHIC, gdzie wyznaczono asymetrie przekrojów czynnych spolaryzowanych wiązek protonowych oraz podobny pomiar w eksperymencie COMPASS.

W krótkim rozdziale 4 omawiany jest układ eksperymentalny COMPASS, w tym parametry polaryzowanej wiązki mionowej i tarczy ${}^6\text{LiD}$, sam detektor COMPASS, z wyszczególnieniem układu wyzwalania i krótkim opisem przetwarzania danych.

Rozdział 5 jest jednym z najważniejszych w pracy. Autor omawia tu sposoby wyznaczenia $\Delta g/g$. Uszczegóławia używaną dotychczas w analizach metodę, omawiając wkłady do mierzonych asymetrii od poszczególnych czynników. Podkreślić należy, że choć pomiar $\Delta g/g$ jest bezpośredni, to jest silnie zależny od modelowania, tj. od użytego generatora przypadków Monte-Carlo (MC), którego głównym elementem jest tu LEPTO. Następnie diskutowana jest nowa metoda „All- p_T ”, będąca głównym tematem pracy i autorskim pomysłem habilitanta. Metoda ta jest rozwinięciem dotychczasowego sposobu wyznaczania $\Delta g/g$ przez grupę COMPASS, teraz bez użycia wysokoenergetycznych cięć hadronowych. W istocie w metodzie „All- p_T ” wymagania dotyczą jedynie wiodącego hadronu, którego pęd poprzeczny jest (prawie) dowolny. Podejście takie znacznie zwiększa statystykę i umożliwia wyznaczanie zależności i wyekstrahowanie $\Delta g/g$ z wielowymiarowego dopasowanie, jednocześnie ograniczając systematykę. Można mieć wątpliwość jak niskoenergetyczna część danych, czuła na asymetrię związaną z LP (A_1^{LP}) i słabo czuła na $\Delta g/g$, może poprawiać wyznaczanie tej wielkości. Autor przytaczając tę wątpliwość odpowiada analizując akademicki przykład sprowadzający się, w uproszczeniu,

do dokładnego wyznaczenia (duża statystyka) A_1^{LP} w obszarze niskich pędów i użycia go do wyliczenia $\Delta g/g$. Wyjaśnienie takie rodzi jednak bezpośrednio kolejne pytanie o możliwe obciążenie wyniku ze względu na różnice w obszarach kinematycznych wyznaczenia i użycia A_1^{LP} . Autor niestety już tego nie omawia, a ja pozostałem z zasianą przez Autora wątpliwością.

Rozdziały 6 i 7 dotyczą selekcji danych i analizy, w tym badania zgodności MC z danymi. Autor uznaje zgodność dane-emulator za zadowalającą, choć widać że na rysunkach 7.2, 7.3, 7.4 obszar pędów poprzecznych poniżej $0.3\text{--}0.5\text{ GeV}/c^2$ daje niezgodność nawet $\sim 30\%$. I choć Autor pisze, że nie wpływa to na wyznaczenie $\Delta g/g$, ze względu na dominację A_1^{LP} w tym regionie kinematycznym, brak jest szczegółów potwierdzających to testów, co pozostawia pewien niepokój. Jednym z testów mogłoby być sprawdzenie jak wprowadzenie niskopędowego cięcia $p_T > 0.3\text{ GeV}/c$ wpływa na wynik (i ewentualne wykluczenie takiego obszaru z analizy). Ze względu na bezpośrednią zależność analizy od modelowania MC Autor, oprócz uznanej za najlepszą, bada i dyskutuje zachowanie dodatkowych 7 konfiguracji MC. Sama analiza danych oparta jest na sieciach neuronowych, których użycie w analizach $\Delta g/g$ eksperymentu COMPASS zostało zaproponowane i zaimplementowane przez Autora.

W rozdziale 8 Autor szeroko dyskutuje efekty systematyczne m.in. dotyczące konfiguracji detektora, możliwości wprowadzenia tzw. fałszywych asymetrii, stabilności wyniku w czasie, stabilności odpowiedzi sieci neuronowych, wpływu czynników rozmywających (choć tu szczegółów brak) oraz konfiguracji MC, w tym wpływu użycia jednej z 8 różnie konfigurowanych próbek MC, na ogólne dopasowania danych.

Kolejny rozdział poświęcony jest omówieniu rezultatów. W porównaniu do poprzednich analiz, dyskutowany wynik eksperymentu COMPASS, osiągnięty przy użyciu metody All- p_T , obciążony znacznie zmniejszonymi niepewnościami zarówno statystyczną jak i systematyczną. Obie niepewności są podobnej wielkości. Wynik, powtarzając za Autorem, wskazuje na pozytywną polaryzację gluonów, dla określonej uśrednionej skali Q^2 i w badanym obszarze kinematycznym x . W tej części pracy rezultaty są przedstawiane też w różnych przedziałach zmiennej x oraz porównywane z poprzednimi studiami. Dodatkowo jeden z podrozdziałów poświęcony jest zastosowaniu rozwiniętej analizy do danych protonowych.

Praca jest zakończona ciekawym podsumowaniem i naszkicowaniem dalszych możliwości poprawy istotności rezultatów dzięki przyszłemu zderzaczowi EIC. Zamieszczona na końcu bibliografia jest właściwa dla rozprawy.

Podsumowanie i Uwagi krytyczne

Przedstawiona autorska metoda habilitanta i wykonana analiza umożliwia wyznaczenie $\Delta g/g$ z największą dziś precyzją. Dlatego merytoryczną wartość pracy i związany z tym wkład do dorobku naukowego oceniam bardzo wysoko.

Moje główne zastrzeżenia do pracy zostały już wspomniane. Są to: rzucająca się w oczy niestaranność w edycji rozdziału 2; nie do końca pełne wyjaśnienie skuteczności użycia niskich pędów w metodzie All- p_T ; a także niewystarczające odniesienie się do – słabej w moim odczuciu – zgodności dane-MC w przedziale niskich pędów i jej wpływu na ostateczny wynik, który, jako wynik całej przecież kolaboracji podlegał zapewne precyzyjnym wewnętrznym testom.

W pracy jest wiele pomniejszych błędów redakcyjnych i pomniejszych uchybień, z których pozwolę sobie wymienić:

- Autor pisze że jest autorem korespondencyjnym (używa sformułowania "the corresponding author") publikacji dotyczącej metody All- p_T , a nie jednym z trzech, jak wynika ze stron Eur.Phys.J..
- Znaczenia wielu oznaczeń (w tym kluczowych dla pracy A_{LL}^{2h} czy A_{LL}^{1h}) trzeba się domyślać, niektóre wielkości definiowane są później niż wprowadzane (w tym dilution factor f użyty na str 38 i zdefiniowany str. 46). Ogólnie brak jest zbioru użytych symboli z referencją do ich wprowadzenia, co bardzo ułatwiłoby zrozumienie pracy.
- Brak wyjaśnień niektórych akronimów i ich koherentnego traktowania. Przykładowo o ile

Autor wprowadza łagodnie Deep Inelastic Scattering (DIS) to już Quark Parton Model powtórzone jest dwukrotnie, aby bez ostrzeżenia przejść w QPM. Akronimy MSE, SIDIS czy NMR nie są wyjaśnione. Z pracy nie dowiemy się skąd nazwa COMPASS (wyjaśnienie pojawia się za to w autoreferacie).

- Jak się wydaje czterowektor k' (wzór 2.2) zdefiniowany jest w układzie xyz (rys 2.2), więc we wzorze (2.2) pomyłony jest kąt ϕ z φ . Autor obiecuje (str. 13) zdefiniować φ ale tego nie robi, brak wyjaśnienia \hat{S} .
- Pierwsza część streszczenia jest raczej wstępem.
- Część formuł (np. z rozdziału 2) wymaga referencji.
- Brak wyjaśnienia metody Dynamic Nuclear Polarisation (tylko referencja), liczylibym tu na krótkie wyjaśnienie.
- W rozdziale 6 podkreślone jest że cięcie na Q^2 redukuje dane o 90%. Czy to nie zależy od kolejności cięć?
- W podpisie do rys. 3.2 powinno być: ...distribution of $x\Delta q^S(x)$ and $x\Delta g(x)$...
- Przez długą część pracy nie mogłem się doszukać jakiego okresu zbierania danych dotyczy analiza. Dopiero w rozdziale 9.2 jest podany zakres czasowy.
- Str. 24 brak jednostek (GeV^2) w skali (μ^2)
- Str. 46 referencja do bottom panel of Fig. 6.3, którego nie ma.
- Str. 68 referencja do right panel of Fig. 9.1, którego nie ma.

3 Charakterystyka i ocena dorobku naukowego

Podstawą opinii o dorobku naukowym jest ocena przedstawionego przez habilitanta dzieła pt. „Direct Measurement of the Gluon Polarisation in the Nucleon Using the All- p_T Method at the COMPASS Experiment at CERN”, które oceniam wysoko. Trzeba tu podkreślić, że tematyka monografii jest zbieżna z tematyką doktoratu dr Stolarskiego, jednak przeprowadzona analiza wykracza znacznie poza ramy doktoratu. Udokumentowana w monografii osobista działalność habilitanta wnosi znaczny wkład do dziedziny nauk fizycznych.

Działalność badawcza habilitanta skupiona jest wokół (spinowej) struktury nukleonu i spektroskopii hadronów, i jest ściśle związana z działalnością eksperymentu COMPASS. Nieco zawiedziony jestem, że wśród dokumentów przedstawionych przez habilitanta nie ma podsumowania jego działalności przez przewodniczącego grupy COMPASS.

Opublikowana przez dr Stolarskiego monografia stanowi jedynie fragment jego dorobku naukowego, obszernie udokumentowanego w rozdziale 2.2 Autoreferatu i „Wykazie opublikowanych prac...”. Podsumuję jedynie, że habilitant brał aktywny udział w wielu analizach (pełniąc też funkcje kierownicze), ulepszał je, a także (współ)wprowadził metody analizy w oparciu o sieci neuronowe w COMPASS. Dr Stolarski wygłosił referaty na kilkunastu (15) międzynarodowych konferencjach, i co za tym idzie jest autorem szeregu (10) publikacji pokonferencyjnych. Koniecznie trzeba podkreślić interpretację i krytykę wyników zespołu HERMES, opublikowana przez habilitanta w Phys Rev. D. Dodatkowo dr Stolarski jest współautorem 51 publikacji zespołu COMPASS, w tym jednej, bazującej na metodzie „All- p_T ”, której rozwinięciem i uzupełnieniem jest przedstawiona do recenzji monografia. Pozostaje jeszcze przytoczyć, za habilitantem, że łączna liczba cytowań jego prac to 1943, sumaryczny impact factor 233.3, zaś indeks Hirsha 22.

Autor w pełni zasługuje na miano eksperta w swojej dziedzinie.

Przyznać muszę, że zdziwiony jestem wyliczeniami procentowego wkładu własnego habilitanta, gdzie z jednej strony wkład do publikacji (przy ponad 200 autorach) przedstawiony jako uczestniczenie w zbieraniu danych szacowany jest każdorazowo na 1%, zaś wiodąca rola w analizie (prowadzonej jednakże przez kilku doktorów) na 50%. Na szczęście deklarowany wkład procentowy nie podlega ocenie.

W podsumowaniu tej części opinii należy stwierdzić, że dorobek naukowy dr Marcina Stolarskiego jest znaczący.

4 Charakterystyka działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej

Dr Marcin Stolarski prowadził działalność dydaktyczną w postaci prowadzenia ćwiczeń rachunkowych na UW. Dodatkowo pełnił nieformalną opiekę nad studentami w licznych analizach. Szczególnie podkreślić należy, że dr Stolarski był promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim. Dr Stolarski wygłosił na Wydziale Fizyki UW jeden wykład w ramach konwersatorium wydziałowego, jedno seminarium zakładowe oraz jedno seminarium w LIP. Dr Stolarski prowadził też zajęcia w ramach warsztatów dla nauczycieli i studentów. Ze względu na powyższe działalność dydaktyczną i popularyzatorską habilitanta należy ocenić pozytywnie.

5 Współpraca międzynarodowa

Działalność badawcza Dr Marcina Stolarskiego prowadzona jest w ramach międzynarodowego zespołu badawczego COMPASS w ośrodku CERN, który jest wiodącym międzynarodowym centrum badań cząstek elementarnych. Podkreślić trzeba, że dr Stolarski w tym międzynarodowym zespole pełnił, przytoczone już, ważne funkcje badawcze. Dlatego ten aspekt jego działalności naukowej należy ocenić niezmiernie wysoko.

6 Wyróżnienia i odznaczenia; działania innowacyjne i wdrożeniowe

Dr Stolarski z wyróżnieniem skończył studia magisterskie. Działalność dr Stolarskiego jest *stricte* naukowa, nie prowadził więc działalności innowacyjnej czy wdrożeniowej, choć do działań i innych form aktywności na rzecz upowszechniania badań zaliczyć można współuczestnictwo w organizacji 4 konferencji naukowych.

7 Podsumowanie i ocena końcowa

Uważam, że dr Marcin Stolarski znacznie zwiększył swój dorobek naukowy od doktoratu, a jego rozprawa habilitacyjna stanowi znaczny wkład w rozwój nauk fizycznych. Dr Marcin Stolarski jest dojrzałym badaczem, przygotowanym do samodzielnej działalności naukowej. Stwierdzam, że jego dorobek naukowy, dydaktyczny i popularyzatorski spełnia wszystkie wymogi stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Niniejszym wnoszę o dopuszczenie dr Marcina Stolarskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Marcin Konecki

