

ВІДГУК

на дисертаційну роботу

Алькіна Антона Олеговича

“Феноменологія множинного народження заряджених частинок у високоенергетичній взаємодії протонів”,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика

Актуальність теми дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Алькіна А.О. присвячена аналізу процесів пружного та непружного розсіяння при різних енергіях та комбінаціях взаємодіючих частинок на основі феноменологічних моделей і підходів. У роботі виконано три типи досліджень, яким відповідають три основних розділи дисертації із викладеними результатами. Тематика цих досліджень належить до актуальних проблем сучасної теоретичної фізики та фізики елементарних частинок і високих енергій. Актуальність роботи обумовлена, з однієї сторони, запитом на теоретичне осмислення значного масиву накопичених експериментальних даних, та з іншої сторони - обмеженістю можливостей теорій щодо опису цих даних з єдиних позицій і для широкого аспекту спостережуваних подій. Методи збурень квантової хромодинаміки працюють лише в обмеженій області явищ, а складні процеси адронізації є, поки що, занадто далекими від задовільного їх теоретичного опису. Попри це, для аналізу та інтерпретації експериментальних даних у сучасних колайдерних експериментах, зокрема, - на Великому адронному колайдері (ВАК), необхідно моделювати цей процес для повного та коректного врахування практично всіх можливих ефектів. Саме тому феноменологічні та наближені теоретичні моделі відіграють ключову роль для опису та моделювання процесів взаємодії частинок високих енергій, а дослідження процесів множинного народження частинок є ітеративним процесом, де теорія та експеримент гармонічно доповнюють один одне. Робота автора була зосередженою на перевірці, аналізі та вдосконаленні загальних

феноменологічних моделей взаємодії адронів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Матеріали роботи було апробовано на семінарах в Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, а також на внутрішніх конференціях колаборації ALICE у ЦЕРНі та трьох міжнародних конференціях.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження. Отримані результати можуть бути покладеними в основу розробки нових методик та підходів, заснованих на уточнених уявленнях щодо сильної взаємодії адронів при високих енергіях, зокрема, залежності загальних статистичних характеристик фінального стану від енергії зіткнення та ступеню непружності події.

Повнота викладу в опублікованих працях положень, висновків, рекомендацій. Результати автора дисертації опубліковано у 6 роботах, з них 5 - статті в міжнародних фахових виданнях та 1 доповідь у трудах на міжнародній конференції у 2010 році.

Загальна характеристика структури та змісту роботи. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків.

У **вступі** стисло викладено здобутки дисертанта, вказано на актуальність роботи, відзначено новизну проведених досліджень, відмічено методи досліджень та відокремлено особистий внесок дисертанта у розв'язок поставленої задачі.

У **першому розділі** автор подав основний інструментарій використаного ним теоретичного дослідження пружних процесів взаємодії елементарних частинок, що базується на дисперсійних співвідношеннях. Було проведено детальний аналіз великого за обсягом масиву даних із перерізами взаємодії мезонів, антимезонів, протонів та антипротонів з протонами. А.О. Алькіним одержано вирази для повних перерізів взаємодії протонів із зарядженими каонами, піонами та протонами при низьких і високих енергіях. Екстраполяція залежності повного перерізу взаємодії протонів у порівнянні із результатами

LHC дозволяє зробити висновок, що сингулярність Редже у вигляді подвійного полюса є несумісною з наявними даними. Проведено порівняння з експериментальними величинами перерізів та отримано відношення реальної частини амплітуди розсіяння до її уявної частини. У підрозділі 1.3 також проаналізовано експериментальні дані диференціальних перерізів розсіяння із застосуванням унітаризованих моделей Редже для їх опису. Застосування моделі Редже з простим полюсом для опису диференціальних перерізів потребує відновлення унітарності, для чого існують спеціальні схеми обчислень. З їх використанням отримано якісний опис наявних даних для диференціальних перерізів протон-протонного та антипротон-протонного розсіяння. Теоретичні криві досить добре відображають тренди і абсолютні значення залежності експериментальних значень перерізів як функції від параметру $|t|$. Також з використанням цих даних вперше при енергії 7 TeV реконструйовано залежність амплітуди від прицільного параметра. Цей результат є досить цікавим внаслідок того, що геометричні характеристики області взаємодії є важливим фактором при побудові картини сильної взаємодії. У цьому ж розділі розглянуто процес розсіяння з теоретичної точки зору її інтерпретації.

У **другому розділі** розглянуто процеси непружних взаємодій протонів на енергіях ВАК, а також експериментальні розподіли множинності. На основі розподілів множинності заряджених частинок, що народжені в акті взаємодії, показано, що навіть при виключенні дифракції розподіл демонструє ознаки суміші. Тобто, вже при енергії зіткнення 0,9 TeV народження частинок забезпечується більш ніж одним механізмом. Проаналізовано як дані, отримані до введення в експлуатацію ВАК, так отриманні вже на цьому колайдері. Особливу увагу у даному розділі приділено експерименту ALICE з описом його структури та особливостей аналізу даних. Проаналізовано дані за множинностями як функції псевдошвидкості η в діапазоні значень від -2 до +2, окремо розглянуто множинність заряджених частинок. Зазначено, що сучасні сукупні феноменологічні й теоретичні моделі, що реалізовано у вигляді так званих генераторів подій, є неспроможними відтворити експериментальні

розподіли множинності, зокрема, вони суттєво недооцінюють частоту подій зіткнення із дуже великою множинністю при взаємодії протонів на енергіях ВАК. Демонструється, що безпосередня апроксимація модельних розподілів до даних з множинності не може бути помітно покращеною без значного вдосконалення експериментальних установок та методик. Також було одержано параметри модельної підгонки .

У **третьому розділі** продовжується розгляд розподілів множинності заряджених частинок на основі розвинених теоретичних підходів. Наведено модель геометричного обмеження, що дозволяє одночасно описати декілька експериментальних розподілів у певних інтервалах псевдошвидкості одним модельним розподілом у повному фазовому просторі прикінцевого стану. Такий підхід зменшує ефект систематичних похибок експериментальних розподілів, адже вони є загальними для набору розподілів при певній енергії, а значить, на відміну від безпосередньої апроксимації, має більше можливостей для відокремлення особливостей кожної з моделей. У рамках цього підходу можна констатувати, що двокомпонентна поведінка розподілів множинності не є наслідком геометричного обмеження, а скейлінгові властивості, зокрема, КНО-скейлінг, у такому представленні мають проявлятися незалежно в різних компонентах суміші.

Наведено основні результати розрахунків і порівняння з експериментальними даними, та одержані шляхом підгонки модельні параметри.

Зауваження та дискусійні положення дисертаційного дослідження

У цілому дисертаційну роботу можна вважати закінченою науководослідною працею, що містить великий обсяг проведеної роботи з аналізу наявних експериментальних даних шляхом використання феноменологічних моделей. У дисертації визначено підгоночні параметри і досліджено придатності різних моделей щодо опису процесів взаємодії частинок, особливо процесів множинності, що є важливим для розуміння самих механізмів взаємодій.

Разом з цим під час опрацювання дисертаційної роботи та автореферату

сформувалися наступні зауваження.

1) Загалом викладення матеріалу є місцями досить детальним, але обговорення результатів часто є занадто стислим й може бути вдосконалено наведенням додаткового матеріалу, внаслідок чого обсяг дисертації не відповідає вимогам ДАК МОН України. Згідно «Вимог до оформлення дисертації», затвердженого наказом МОН України від 12.01.2017 за № 40, обсяг основного тексту дисертації вираховується авторськими аркушами, де основна частина дисертації має містити: вступ; розділи дисертації та висновки; і складати 4,5-7 авторських аркушів. Один авторський аркуш дорівнює 40 тис. друкованих знаків, враховуючи цифри, розділові знаки, проміжки між словами, що становить близько 24 сторінок друкованого тексту при оформленні дисертації зі застосуванням комп'ютерної техніки та з використанням текстового редактора Word: шрифт - Times New Roman, розмір шрифту - 14 pt. Тобто, мінімальний обсяг основного тексту кандидатської дисертації для точних наук має складати не менше 108 стор. Обсяг основного тексту даної дисертації складає лише 71 стор.

2) Дисертаційна робота написана досить дивною та складною для розуміння мовою, є наявними неузгодження закінчень слів у реченнях, місцями - явно не вистачає 2-3 слів для повного розуміння речення. Використано дивні фрази та терміни, яких не існує в українській мові (наприклад, «псевдохуткість»). Створюється враження, що спочатку текст було написано англійською мовою, а вже потім виконувався переклад українською без прийняття до уваги особливостей формування речень та термінології за тематикою дисертації у сучасній науково-технічній українській мові.

3) Згідно вимогам ДАК до оформлення дисертації, в кінці Анотації має бути наведено від 5 до 15 ключових слів. У дисертанта наведено лише чотири.

4) Виникають деякі сумніви щодо того, що розуміється у роботі під «експериментальними даними» взагалі. Так, у Анотації, в кінці першого абзацу (стор. 3), вказано, що «Дуже мала частина сучасних експериментальних результатів у фізиці високих густин енергії, зокрема у колайдерних

експериментах, є модельно-незалежною». Яким чином експериментальні дані можуть бути модельно-залежними чи модельно-незалежними? Експериментальні результати - це те, що виміряно в експерименті. А от їх трактування, чи одержання параметрів для опису процесів, дійсно можуть бути такими. У Вступі (стор. 18) наведено твердження «виміри залежать від модельних розрахунків, що, у свою чергу, залежать від підстроювання моделей до результатів цих вимірів». Виміри не можуть залежати від модельних розрахунків, то ж такі твердження потребують додаткових пояснень.

5) «**Мета і задачі дослідження**» (стор. 20) мали б бути чітко та коротко сформульованими, чого у роботі, на жаль, не було зроблено. Замість цього наведено опис того, що дозволяють робити сучасні експериментальні дослідження. Також погано сформульовано «**Наукову новизну одержаних результатів**» (стор. 22-23): із п'яти наведених автором пунктів лише в одному підкреслено, що саме у дисертації зроблено вперше, в інших – лише наведено, що було проаналізовано та продемонстровано, тобто дисертант не відобразив, що саме він зробив нового.

6) «**Особистий внесок здобувача**» (стор. 24). Більша частина розділу написана в стилі короткого огляду, що робилося всіма співавторами в кожній з робіт, а особистий внесок дисертанта відображено дуже не чітко. Справляється враження, що наукового внеску автора у деякі роботи практично не було, а він лише написав власну програму розрахунків на основі викладених у статтях формулах для перевірки результатів інших обчислень (для трьох робіт). Лише про дві роботи автор написав, що він проводив аналіз, тобто, його зробив свій власний внесок. Для дисертації важливо, щоб у результатах, винесених на захист, внесок дисертанта був вагомим або вирішальним. Відносно шостої роботи: дисертант взагалі не зазначив свій внесок. Тобто, з тексту не можна зробити висновок щодо особистого внеску по чотирьом публікаціям із шести.

7) Відсутні висновки, підсумки, узагальнення у першому та другому (є лише в розділі 3).

8) Розділ 1. Незадовільна якість рис. 1.4, 1.5, 1.6, де представлено експериментальні і теоретичні значення. Дивно виглядає, як автор зміг побудувати по одним точкам дві криві в лівій частині рисунків. Згідно рис. 1.6 взагалі важко говорити про задовільний опис експериментальних точок в лівій частині (тобто, малі значення s : криві - вверху, точки - вниз), що контрастує з гарною професійною якістю рис. 1.8. Зазначу, що більшість рисунків автор так і не переклав державною мовою (мовою написання дисертації).

9) Використовуються незрозумілі фрази, наприклад: «передній край уявлень» (стор.3), «феноменологічні міркування» (стор.3), «сукупний опис статистичних розподілів протонної взаємодії» (стор.4), «...великих порядках константи взаємодії» (стор.19), «обчислювальна складність проблеми» (стор.85), «перевищення поглинальної моди розсіяння у найцентральніших зіткненнях над відбивною» (стор.86) (може, автор мав на увазі пружне розсіяння?), «досліджень зі структури протонів», «відхилення дифракційних конусів від експоненціального спаду» (стор.85).

10) Невдале використання в тексті дисертації терміну «апроксимація», «апроксимовані моделі». Зазвичай, під цим розуміють поширення даних на якусь область, де не було зроблено прямих розрахунків. В контексті дисертації автор вживає цей термін, а також незвичний від нього похідний термін ре-апроксимація (наприклад, на стор.85) у сенсі теоретичного опису експериментальних даних, фітування, підгонки. Це призводить до непорозумінь у трактуванні деяких тверджень.

11) Розділ «Висновки» написано в стилі конспективного переказу публікацій, що ввійшли до дисертації, та огляду матеріалів інших авторів. Занадто розтягнуто, детально та без виділення головного. Узагальнення і чітке формулювання основних фізичних висновків, до яких дійшов автор, є відсутніми. Більшу частину цього матеріалу мали б бути перенесеними у відповідні розділи. Через це важко зрозуміти, що саме автор виносить на захист. Замість того, щоб сконцентрувати увагу на одержаних при виконанні дисертації результатах і висновках, автор пише про фізику в майбутньому часі: «аналіз

буде продовжено з появою...», «необхідно повторити аналіз з новими даними...», «дозволить значно вдосконалити запропоновану модель».

Зазначені зауваження не знижують загальної високої оцінки результатів, що їх отримано в дисертаційній роботі А.О.Алькіна.

Автореферат дисертації повністю відображає її зміст.

Висновок щодо відповідності дисертації вимогам ДАК МОН України

У підсумку, дисертаційна робота А.О.Алькіна є суттєвою науковою доробкою в актуальному напрямку сучасної фізики, що містить нові та корисні результати. Результати роботи опубліковано у провідних міжнародних та вітчизняних виданнях та апробовано на конференціях та семінарах. Автореферат дисертації адекватно передає її зміст та основні положення.

Таким чином, на підставі актуальності теми дисертації, обґрунтованості її наукових положень і висновків, новизні здобутих результатів, дисертаційна робота “Феноменологія множинного народження заряджених частинок у високоенергетичній взаємодії протонів” повністю відповідає вимогам п.п.9, 11, 12 і 13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою КМУ від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ №656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р. та №567 від 27.07.2016 р.),, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Антон Олегович Алькін, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри ядерної фізики
фізичного факультету Київського
національного університету
імені Тараса Шевченка,
проф., доктор фіз.-мат. наук



I.M.Каденко

ПІДПИС ЗАСВІДОЧЕНО
ВЧЕНИЙ СЕНАТ
КАРАУЛЬНА
03.04

