

Отзыв официального оппонента  
Ерлыкина Анатолия Дмитриевича  
на диссертацию А.Д.Панова «Энергетические спектры ядер  
ПКЛ от протонов до железа по результатам эксперимента  
АТИК-2», представленную на соискание учёной степени  
доктора физико-математических наук по специальности  
01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация посвящена исследованию первичного космического излучения (ПКИ) в российско-американском баллонном эксперименте АТИК-2. Об актуальности этих исследований говорят усилия многих экспериментальных групп в разных странах на протяжении десятилетий, включая СССР и позже Россию. Постепенно усложнялась аппаратура, улучшалась точность и увеличивалась статистика. Однако противоречивость результатов до последнего времени не позволяла достоверно говорить о различии энергетических спектров ядер ПКИ, даже таких распространённых как протоны и гелий. В диссертации сделан очень хороший и полезный обзор результатов прошлых исследований и убедительно показана необходимость их продолжения с новой аппаратурой и в области больших энергий. Одним из таких новых экспериментов был АТИК-2. Обзор литературы в диссертации сделан очень подробно, с анализом характеристик использовавшихся детекторов, результаты хорошо иллюстрированы, и я бы рекомендовал издать этот обзор отдельным препринтом.

Мне особенно понравилась та часть диссертации, которая посвящена описанию прибора и анализу его характеристик. Чувствуется подход настоящего экспериментатора, для которого даже процентные эффекты важны и нуждаются в точном анализе. Недостатками прибора являются тонкий калориметр, влияние обратного тока и остаточной атмосферы, частичное перекрытие зарядовых линий из-за конечного зарядового разрешения, термочувствительность ВГО-калориметра, затухание света в стрипах сцинтилляционного годоскопа. Нет нужды перечислять все проделанные калибровки и их проверки с помощью компьютерного моделирования, в том числе те калибровки, которые были проведены на пучках ЦЕРНа. Даже в автореферате, их короткое описание занимает 12 страниц текста. Все калибровки отдельных частей детектора, перекрёстные проверки и результаты моделирования описаны очень подробно, ясно и не вызывают каких-либо возражений.

Переход от энерговыделений в калориметре к энергии частиц на входе в прибор и потом к энергии на входе в атмосферу проведён с помощью моделирования и последующего решения обратной задачи. Для получения функции отклика прибора использовалась современная программа моделирования FLUKA, поэтому её результаты вызывают доверие.

В том что касается результатов, безусловным и наиболее важным является разница формы энергетических спектров протонов и гелия. Наблюдение более пологого спектра гелия по сравнению со спектром протонов является приоритетным для эксперимента АТИК-2 и этот результат сейчас подтверждён, по крайней мере, тремя независимыми экспериментами. Он доказывает более сложный характер формирования спектров КЛ, чем мы думали до сих пор, и демонстрирует наличие тонкой структуры в предполагавшемся ранее чисто степенном поведении спектра всех частиц.

Второй результат, который тоже относится к тонкой структуре, - это нестепенной характер спектров протонов и гелия. До последнего времени он казался столь же твёрдо установленным фактом, как и разница в наклонах их спектров, так как этот результат также подтверждался другими экспериментами. Однако предварительные данные эксперимента AMS-02, показанные на последней международной конференции по космическим лучам в Рио-де-Жанейро, вновь вернули этот вопрос на стадию обсуждений, так как с хорошей точностью и в большем диапазоне энергий продемонстрировали чисто степенной характер спектров без какой-либо тонкой структуры. В диссертации это противоречие обсуждается, приводятся аргументы в защиту своего результата и против выводов эксперимента AMS-02 и сделано это вполне корректно и убедительно. Я надеюсь, время и будущие эксперименты позволят решить этот вопрос.

Значительная часть диссертации посвящена энергетическим спектрам ядер тяжелее гелия и их отношениям. Здесь также интересны наблюдения нестепенного характера спектров с их уположением в районе 200-700 ГэВ/нуклон. Хорошо проанализированы методические эффекты, влияющие на абсолютную интенсивность и форму спектров.

В диссертации делается попытка объяснить происхождение найденных эффектов в рамках трёхкомпонентной модели Зацепина-Сокольской и модели замкнутой галактики с пузырями. Конечно, качественное согласие этих моделей с экспериментальными результатами не является однозначным доказательством их правильности, но они полезны в качестве основы для дальнейших

разработок. Предлагаемые сценарии привлекательны хотя бы тем, что они рисуют явно неоднородную структуру нашей Галактики, которая не вписывается в рамки простейшей leaky-box модели.

По традиции в официальном отзыве полагается сделать критические замечания. Однако мои замечания носят чисто технический характер и никак не влияют на положительную оценку диссертации. В её электронном варианте я заметил около 25 опечаток, но на 390 страниц диссертации это совсем незначительный процент. Их список я передал диссертанту на этапе подготовки печатного варианта и они были исправлены в окончательном варианте диссертации. Обращает на себя внимание нередкое использование в тексте русифицированных английских терминов, например, селективировать, релевантные, симуляция, сцинтилляционные фиберы и т.п.

В целом, сама работа и её описание в диссертации оставляют очень хорошее впечатление. Она написана подробно, понятно и ясно. Иллюстрации сделаны на высоком уровне. Диссертант обладает хорошим знанием литературы, проявляет себя как квалифицированный экспериментатор, разбирающийся в деталях аппаратуры и в определении её характеристик, применении этих характеристик в обработке экспериментальных данных, умеющий проводить компьютерное моделирование, строить физические модели наблюдаемых эффектов, чётко выделять неясные моменты в обнаруженных явлениях.

Нет никакого сомнения, что диссертационная работа А.Д.Панова выполнена на высоком уровне и соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор А.Д.Панов заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.



28.03.2014

/ Ерлыкин А.Д./

доктор физико-математических наук,  
главный научный сотрудник ФИАН

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ



Полухина Н.Г.