

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию И.С. Карпикова «Моделирование и анализ данных мюонного детектора эксперимента по исследованию космических лучей ШАЛ-МГУ», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Широкие атмосферные ливни, вызванные космическими частицами сверхвысоких энергий, предоставляют возможности детального исследования взаимодействий элементарных частиц при энергиях и в кинематических режимах, недоступных для изучения на ускорителях. В последние десятилетия появился целый ряд указаний на несогласие результатов моделирования развития ливней с экспериментальными данными. Исследование отдельных компонент каскадного процесса в независимых экспериментах может позволить установить причины такого несоответствия и сделать выводы, позволяющие корректировать физические модели взаимодействия частиц. Особое место занимает мюонная компонента ливня – моделируемая со значительными неопределенностями, она при этом оказывает существенное влияние на целый ряд наблюдаемых величин. Кроме того, содержание мюонов в ливне является важным показателем типа первичной частицы: изучение его позволяет ставить ограничения на химический состав космических частиц и, как следствие, на ряд астрофизических моделей и даже моделей «новой физики». При этом многие современные эксперименты не имеют мюонных детекторов или имеют детекторы малой площади. Эта ситуация мотивировала интерес к анализу данных старых установок с хорошими мюонными детекторами, одной из которых является установка ШАЛ-МГУ. Диссертация И.С. Карпикова посвящена анализу мюонных данных этого эксперимента с использованием современных методов.

Интерес к данным ШАЛ-МГУ был в значительной степени подогрев предварительными указаниями на избыток, по сравнению с моделированием, безмюонных событий, который можно было интерпретировать как первое в мире наблюдение космических фотонов с энергиями около 10^{17} эВ.

Изначальная задача, поставленная перед диссертантом, состояла в проверке этого наблюдения с помощью построения полной Монте-Карло модели эксперимента современными методами. В ходе выполнения работы стало ясно, что построенная модель позволяет ответить и на ряд других интересных физических вопросов.

В ходе работы над диссертацией И.С. Карпиков освоил все навыки, требуемые для проведения полного моделирования физического эксперимента современными методами. Он изучил основной рабочий инструмент по моделированию широких атмосферных ливней (пакет CORSIKA), освоил и применил к установке ШАЛ-МГУ подход «полного Монте-Карло», который – хотя и давно применяется при анализе результатов ускорительных экспериментов – лишь в последние годы получил распространение в крупных современных экспериментах в физике космических лучей. В этом подходе полученные с помощью Монте-Карло моделирования атмосферные ливни обрабатываются специально созданной программой, имитирующей детектирование экспериментальной установкой, а результат этого детектирования записывается в формате, идентичном используемому при обработке реальных данных. В дальнейшем реконструкция и обработка искусственных событий проводится с помощью тех же процедур, что применяются для реальных событий, зарегистрированных экспериментом. Это позволяет корректно учесть флуктуации и одновременно устранить эффекты систематических ошибок, вносимых возможными несовершенствами процедуры обработки. Сравнение распределений физических наблюдаемых для искусственных и реальных событий позволяет проверить правильность модели установки, а сравнение заложенных в модель и реконструированных параметров ливней дает возможность оценить точность реконструкции. Ивану Карпикову пришлось разобраться во всех этих этапах, и теперь он является компетентным современным специалистом, способным применить полученные знания к анализу результатов других экспериментов. Отмечу, что помимо работ, вошедших в диссертацию, Иван участвовал и в других исследованиях: он работал в коллаборации T2K, анализировал данные Большого адронного коллайдера в CMS, является одним из авторов ограничения на пространственно-временные вариации скоростей радиоактивных распадов, полученного из кривых блеска сверхновых типа Ia.

Считаю, что диссертация «Моделирование и анализ данных мюонного детектора эксперимента по исследованию космических лучей ШАЛ-МГУ» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, И.С. Карпиков, безусловно заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

10.05.2017

Главный научный сотрудник
Отдела теоретической физики ИЯИ РАН,
д.ф.-м.н., член-корр. РАН

С.В. Троицкий

Подпись Троицкого С.В. удостоверяю:

Учёный секретарь ИЯИ РАН

А.Д. Селидовкин