

ОТЗЫВ

официального оппонента Гальпера Аркадия Моисеевича на диссертационную работу Панова Александра Дмитриевича «Энергетические спектры ядер первичных космических лучей от протонов до железа по результатам эксперимента АТЭС-2», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Актуальность темы исследования.

Изучение первичной, галактической, ядерной компоненты космического излучения представляет интерес с точки зрения понимания процессов образования химического состава космических лучей и ускорительных процессов, происходящих в активных астрофизических объектах (сверхновые, пульсары, черные дыры); процессов распространения и взаимодействия ускоренных частиц с межзвездной галактической и околосолнечной средой.

Тема научной работы, посвященная изучению первичных космических лучей, безусловно является актуальной.

Мне приятно отметить, что, по существу, исследования первичного космического излучения начались в НИИЯФ МГУ с момента его образования и до сегодняшнего дня НИИЯФ МГУ остается в центре этих исследований, используя практически весь набор теоретических и экспериментальных возможностей, включая в частности наземные, высокогорные, высотно-аэростатные и космические средства.

Работа, которую я рассматриваю в качестве оппонента, представляет блестящий пример использования баллонных (или высотно-аэростатных) средств – длительные полеты на высотных аэростатах в Антарктиде, вокруг южного полюса Земли.

Новые научные результаты.

1. Диссертационная работа носит, в первую очередь, экспериментальный характер. В результате проведения исследований получен большой объем новых данных по потокам первичных галактических ядер от протонов и гелия до ядер железа в диапазоне энергий 50 ГэВ ÷ 30 ТэВ для протонов и гелия, и 200 ГэВ ÷ 20-30 ТэВ на частицу для тяжелых ядер. Собственно, это я и рассматриваю, как первый важный результат.

Отмечу высокий уровень анализа рабочих характеристик спектрометра АТЭС-2 и жестких требований, предъявляемых автором диссертации, к полученному «сырому» материалу, в результате чего из трех полетов использовались данные лишь около 12 суток 2-го полета. Полный объем исходных полетных файлов составляет около семидесяти гигабайт.

Особенно тщательно был проведен анализ калориметра, состоящего из параллелепипедов ВГО, детекторов заряда регистрируемых частиц. Методика анализа работоспособности научной аппаратуры, учитывающая, в том числе, и температурную зависимость работы детекторов, представленная в диссертации, чрезвычайно полезна при использовании подобных приборов в последующих экспериментах.

2. Основные результаты экспериментального исследования потоков ядер первичного (галактического) космического излучения – это, полученные энергетические спектры протонов и гелия, составляющих основную массу заряженных частиц, а также средних и тяжелых ядер, вплоть до ядер железа. Еще раз отмечу, что в большинстве случаев данные АТЭС-2 – единственные:

- Энергетические спектры протонов и ядер гелия в диапазоне энергий 50 ГэВ ÷ 30 ТэВ на нуклон;

- Энергетические спектры средних и тяжелых ядер до железа с энергией от 200 ГэВ до 20÷30 ТэВ на нуклон;

- Энергетические спектры всех ядер в диапазоне энергий от 200 ГэВ до 150 ТэВ на частицу.

- На наш взгляд, важный физический результат - это наблюдаемая, как правило, неоднородность показателей энергетических спектров практически для всех ядер: для водорода и гелия уменьшение спектрального индекса приблизительно на 0.1 между энергиями 100 и 400 ГэВ/нуклон и особенность в спектрах при нескольких ТэВ и более (хотя сами авторы не рассматривают эту особенность статистически достоверную), для тяжелых ядер уположение при энергиях нескольких десятков ТэВ на частицу.

- Показано, что энергетический спектр для протонов более «крутой», чем для ядер гелия.

- Измеренный энергетический спектр всех частиц согласуется с измерениями на наземных установках ШАЛ, регистрирующих частицы сверхвысокой энергии.

- В диссертационной работе проведен теоретический анализ сравнения, полученных автором, экспериментальных данных по потокам и энергетическим спектрам первичных космических частиц, с расчетами этих физических величин по т.н. «стандартной» модели генерации и распространения космических лучей в Галактике, определяемые автором, как предположение об универсальном степенном характере спектров в источнике для всех ядер и диффузионном распространении космических лучей в однородной среде. Наблюдаемое в некоторых случаях различие в потоках и спектрах объясняется автором, как неучтенные в «стандартной» модели неоднородности в структуре и свойствах межзвездного пространства, близкого к солнечной системе.

Данные, представленные в работе А.Д. Панова по потокам первичных космических лучей, в определенной мере могут служить сегодня эталонами.

В частности, результаты измерений на магнитном спектрометре «ПАМЕЛА», полученные позже, чем на АТЭС-2, совпадают при сравниваемых энергиях.

Общая оценка работы.

Безусловно, законченное научное исследование, в свою очередь открывающее широкое поле деятельности в области ядерного аспекта физики космических лучей. Отмечу, что текст диссертационной работы «Энергетические спектры ядер первичных космических лучей от протонов до железа по результатам эксперимента АТЭС-2» вполне может быть издан как монография по этой теме.

Диссертационная работа Александра Дмитриевича Панова «Энергетические спектры ядер первичных космических лучей от протонов до железа по результатам эксперимента АТЭС-2» – это существенный вклад в развитие методики проведения исследований потоков ядерной компоненты космического излучения, в получении новых данных о потоках первичных космических лучей, в понимании процессов генерации и распространении частиц в космическом пространстве. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Безусловно, ее автор, Александр Дмитриевич Панов, заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Доктор физ.-мат. наук,
профессор

А.М. Гальпер

Подпись Гальпера А.М. заверяю
Специалист по кадрам Ср. Сауряба