

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Ерлыкина Анатолия Дмитриевича на диссертацию Карпикова И.С. «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

Диссертация И.С.Карпикова посвящена актуальной проблеме выбора модели взаимодействия частиц высоких энергий и оценке потока фотонов в первичном спектре космических лучей.

Несмотря на значительный прогресс в разработке таких моделей взаимодействия как QGSJET, SIBYLL, EPOS и др. остаётся ряд вопросов, вызванных сравнением предсказаний этих моделей с результатами экспериментов, проводимых на ускорителях и в космических лучах. Как правило, такое сравнение выявляет разницу в измеренных и смоделированных энергетических спектрах рождённых частиц. Причинами таких расхождений могут быть недостатки моделей, бедность или даже отсутствие экспериментальных данных о спектрах во фрагментационной области для столкновений протонов, пионов и ядер с ядрами азота и кислорода, входящих в состав атмосферного воздуха, или просто ошибки измерений.

Среди таких расхождений в последнее время появились указания на избыток мюонов в широких атмосферных ливнях (ШАЛ) по сравнению с их количеством, ожидаемым из теоретических моделей. Если существование такого избытка будет установлено в большинстве наиболее надёжных экспериментов, это должно привести к необходимости введения в модели дополнительных каналов генерации мюонов. Диссертация И.С.Карпикова посвящена, в основном, экспериментальной проверке существования мюонного избытка в ШАЛ.

Для проверки используется экспериментальный материал, полученный на установке ШАЛ-МГУ. Этот материал довольно старый, так как относится к периоду 1984-1990 годов. Он уже использовался для такой проверки и указание на существование мюонного избытка в ШАЛ тогда было подтверждено. Однако с тех пор произошёл существенный прогресс в совершенствовании теоретических моделей, используемых для анализа. Он во многом связан с возможностью учёта новых экспериментальных данных, полученных на Большом Адронном Коллайдере (ЛНС), поэтому повторение проверки наличия мюонного избытка в ШАЛ с помощью более современных моделей взаимодействия можно только приветствовать. Что касается «старости» используемого экспериментального материала, то как призывал академик А.Е.Чудаков в одном из своих выступлений на Научном Совете по проблеме «Космические лучи», в условиях финансового дефицита и отсутствия возможности создавать новые установки надо максимально использовать то, что было уже создано и успешно работало. В этом смысле диссертация И.С.Карпикова и его работа со старым экспериментальным материалом установки ШАЛ-МГУ представляют собой удачный пример такого использования.

По представленному в диссертации материалу можно сделать несколько замечаний:

1. Моделирование ШАЛ, результаты которого дают наилучшее описание полученных экспериментальных данных, проведено в диапазоне первичных энергий $10^{7.5} - 10^{8.75}$ ГэВ в составе 43% протонов и 57% ядер железа, имеющих дифференциальный спектр $\sim E^{-3.1}$. Это означает, что в моделировании предполагался постоянный массовый состав во всём энергетическом диапазоне. Это предположение вызывает

- сомнение, так как все работающие в этом диапазоне установки (Тунка-133, KASCADE-Grande и др.) указывают на значительное укрупнение спектра при энергиях выше 10^8 ГэВ с переходом от тяжёлого на более лёгкий массовый состав.
2. Чувствуется ограниченность выбранного диапазона максимальной энергией $10^{8.75}$ ГэВ, из-за которого на рисунке 1.8 нехватает моделированных ШАЛ с $N_e > 10^8$ по сравнению с экспериментом.
 3. Нехватка моделированных ШАЛ чувствуется и в распределениях по N_e как для первичных протонов и ядер железа (Рис.1.10), так и для первичных фотонов (Рис.3.2). Из-за этой нехватки пришлось один и тот же ливень фиксированной энергии бросать в различные места установки.
 4. Чтобы вывод об отсутствии избытка мюонов в ШАЛ был абсолютно строгим надо было бы отметить, что он относится к мюонам с энергией выше 10 ГэВ, так как почти все остальные установки (Pierre Auger Observatory, ЯКУШАЛ, HiRes-MIA) наблюдают его при энергиях мюонов порядка 1 ГэВ. Надо сказать, что есть ещё одна установка – IceTop, которая поддерживает отрицательный вывод о существовании избытка мюонов и при сравнительно низких, ГэВ-ных энергиях, поэтому вопрос об избытке мюонов при низких энергиях нельзя считать решённым.
 5. К сожалению, текст диссертации не свободен от опечаток. Их не очень много, но без них качество диссертации было бы, конечно, лучше. Список замеченных опечаток передан диссертанту.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненной работы. С её выводами оппонент согласен. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор И.С.Карпиков заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент

главный научный сотрудник лаборатории адронных взаимодействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской академии наук, г. Москва, доктор физико-математических наук

Ерлыкин А.Д.

Дата 15 июня 2017 г.
E-mail: erlykin@sci.lebedev.ru
Тел: +7 499 132 65 09

Подпись руки Ерлыкина А.Д. заверяю

Ученый Секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), г. Москва, кандидат физ.- мат. наук

Колобов А.В.

Ерлыкин Анатолий Дмитриевич, доктор физико-математических наук. Физика,
специальность: 01.04.16 — Физика атомного ядра и элементарных частиц
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им.
П.Н.Лебедева Российской академии наук,
119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53
Тел: 8(499)135-78-80, e-mail: postmaster@lebedev.ru

Список основных публикаций по теме диссертации за 2012-2017 гг.:

1. Investigation of EAS cores

S.B. Shaulov (Lebedev Inst. & Moscow, MIPT) et al.. 2017. 8 pp.

Published in EPJ Web Conf. 145 (2017) 17001 DOI: 10.1051/epjconf/201614517001

2. The search of the anisotropy of the primary cosmic radiation by the difference method

Victor Pavlyuchenko (Lebedev Inst.), Romen Martirosov (NAS Armenia, Yerevan), Natalia Nikolskaya, Anatoly Erlykin (Lebedev Inst.). 2017. 3 pp.

Published in EPJ Web Conf. 145 (2017) 03003 DOI: 10.1051/epjconf/201614503003

3. Properties of the difference method for searching for anisotropy of primary cosmic rays

V.P. Pavlyuchenko, R.M. Martirosov, N.M. Nikolskaya, A.D. Erlykin. 2017. 6 pp.

Published in Bull.Lebedev Phys.Inst. 44 (2017) no.2, 40-45 DOI: 10.3103/S106833561702004X

4. The Local Bubble in the interstellar medium and the origin of the low energy cosmic rays

A.D. Erlykin, S.K. Machavariani, A.W. Wolfendale. Oct 22, 2016. 3 pp.

Published in Adv.Space Res. 59 (2017) 748-750

JASR12942 DOI: 10.1016/j.asr.2016.10.017

5. Secondary cosmic ray nuclei in the light of the single source model and comparison with recent AMS-02 data

A.D. Erlykin (Lebedev Inst. & Durham U.), A.W. Wolfendale (Durham U.). 2016. 8 pp.

Published in J.Phys. G43 (2016) no.10, 105201 DOI: 10.1088/0954-3899/43/10/105201

6. Interpretation of features in the cosmic ray proton and helium energy spectra in terms of a local source

A.D. Erlykin (Lebedev Inst. & Durham U.), A.W. Wolfendale (Durham U.). 2015. 8 pp.

Published in J.Phys. G42 (2015) no.12, 125201 DOI: 10.1088/0954-3899/42/12/125201

7. The radial gradient of cosmic ray intensity in the Galaxy

Anatoly Erlykin, Arnold Wolfendale, Vladimir Dogiel. Oct 8, 2015. 7 pp.

Published in Adv.Space Res. 57 (2016) 519-525 DOI: 10.1016/j.asr.2015.10.010

8. Cosmic ray antiprotons and the single source model

A.D. Erlykin, A.W. Wolfendale. Oct 7, 2015. 6 pp.

Published in J.Phys. G42 (2015) no.11, 115202 DOI: 10.1088/0954-3899/42/11/115202

9. A New Component of Cosmic Rays ?

A.D. Erlykin (Lebedev Inst.), A.W. Wolfendale (Durham U.). 4 pp.

DOI: 10.7529/ICRC2011/V06/1353

10. Structures in the cosmic ray energy spectra

A.D. Erlykin (Lebedev Inst. & Durham U.), A.W. Wolfendale (Durham U.). Oct 11, 2013. 4 pp.
Published in Astropart.Phys. 50-52 (2013) 47-50 DOI: 10.1016/j.astropartphys.2013.10.001

11. Search for high-energy gamma-ray emission and upgrade of the GAMMA experiment on Mt. Aragats

R.M. Martirosov (NAS Armenia, Yerevan) et al.. 2013. 4 pp.

Published in EPJ Web Conf. 52 (2013) 10003 DOI: 10.1051/epjconf/20125210003