Отчет 2018



Детектор солнечных космических лучей

В результате спорадических явлений солнечной активности электроны и ионы ускоряются до энергий до нескольких МэВ и до нескольких ГэВ соответственно. Таким образом образуются солнечные космические лучи (СКЛ) [1]. Во время солнечных вспышек их интенсивность становится высокой, что опасно для космонавтов и космической аппаратуры [4]. Для мониторинга потока электронов и ионов СКЛ, а также для измерения их спектра в настоящей работе разрабатывается детектор.

Детектор представляет собой цилиндр, состоящий из нескольких сцинтилляционных шайб. При прохождении частиц сквозь детектор в шайбах высвечиваются фотоны, которые через оптоволокно попадают вSiPM. Фотоны попадают в оптоволокно за счёт того, что в шайбах просверлена канавка, куда оно вклеивается. Такая конструкция позволяет вынести электронику подальше от пучка частиц, а также имеет хорошую однородность светосбора.

Рис. 1Слева: основные элементы детекторного блока макета: 1 – сцинтилляционные шайбы, 2 – кремниевые лавинные фотодиоды (SiPM), 3 – температурный датчик, 4 – монтажно-защитный корпус. Справа: собранный макет без электроники.

Детектор проектируется для измерения электронов с кинетической энергией от 1 до 10 МэВ и протонов с кинетической энергией от 10 МэВ до 100 МэВ. Методика измерения основана на кривой ионизационных потерь частиц в веществе. Частицы, проходя сквозь детектор, в разных шайбах выделяют разное количество энергии, что позволяет восстановить кривую потерь. Для протонов эта кривая имеет характерный пикБрегга[3], по положению которого можно определить энергию частицы.

Рис. 2Кривая ионизационных потерь протонов и электронов в сцинтилляторе.

Расчёт выделения энергии в шайбах был выполнен с помощью Монте Карло моделирования наGeant4 [2]. В качестве физической модели использовался модуль стандартной электромагнитной физикиG4EmStandartPhysics, включающий в себя описание процессов, оказывающих основное влияние на распространение частиц в детекторе: ионизационные потери, упругое кулоновское рассеяние и тормозное излучение.

В силу того, что детектор разрабатывается для измерений в космосе, то требовалось оптимизировать его габариты и массу. Длина детектора будет составлять 7 см, диаметр шайб составит 3 см. Такие габариты позволяют останавливать частицы в требуемом диапазоне энергий, а также поглощать большую часть электромагнитных ливней, рождённых регистрируемыми частицами в детекторе. Суммарная масса детектора включая электронику и корпус не превысит 700 г.

В качествеSiPMбыли выбраныhamamatsuS12575-015P. Было промерено оптимальное напряжение наSiPMпри разных температурах от 0 до 50 градусов Цельсия. Оказалось, что при комнатной температуре оптимальное напряжение 68.5 В. При изменении температуры на +1 градус необходимо менять напряжение приблизительно на +0.06 В (зависимость линейная).

Детектор будет работать в двух режимах: в счётном и в интегральном. Счётный режим используется в том случае, когда поток частиц СКЛ ниже скорости регистрации детектора. В таком случае каждая кривая потерь анализируется отдельно, и по ней определяется энергия частицы методом максимального правдоподобия. Интегральный режим используется при большом потоке СКЛ, например, во время солнечных вспышек. В этом режиме выделяемые энергии регистрируемых частиц складываются, ианализируется суммарная кривая потерь. Из неё, например, с помощью регуляризацииТур чина[5] восстанавливается спектр частиц.Погрешностьдетекторанепревысит10%.

Рис. 3Пример восстановления дифференциального спектра протонов в компьютерной модели.

Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17-72-20134).

Сечение захвата солнечных нейтрино ядром 76Ge

Цель работы заключается в вычислении сечений и скорости захвата солнечных нейтрино ядрами76Ge, что могло бы помочь в оценке нейтринного фона в экспериментах побезнейтринномудвойному бета-распаду типаGERDA. В качестве исходного материала были взяты спектры возбуждённых состояний ядра76Ge, опубликованные в журналеPhysicalReviw(2012). Основная проблема заключается в декомпозиции спектра, т.е. представлении спектра в виде совокупности резонансных и нерезонансных состояний, что необходимо для определения матричных элементов ядерного перехода. Консультации по теоретической части нам устраивают профессор Курчатовского института д.ф.-м.н.ЛютостанскийЮрий Степанович и его коллега д.ф.-м.н. Тихонов Виктор Николаевич.

По теме работы было произведено несколько докладов на международных конференциях: в Гейдельберге 3-9 июня (XXVIIIInternationalConferenceonNeutrinc PhysicsandAstrophysics), в Воронеже 1-6 июля (68 Международная научная конференция по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра «Ядро 2018»), в МИФИ 22-26 октября (4 Международная конференция по физике частиц и астрофизике).

По результатам работы готовится статья в журнале «Известия РАН. Серия Физическая». Англоязычный вариант статьи выложен на архиве (https://arxiv.or /abs/1810.07452).

В настоящее время изучается вклад в структуру резонансных уровней т.н.пигми-резонансов – побочных спутников Гамов-Теллеровскогорезонанса, имеющих место в зарядово-обменных процессах.

Компьютерные методы

Разработка Байесовских методов в рамках коллаборацииBAT

- Приняли участие в двух рабочих совещаниях коллаборации в Мюнхене
- Подготовили технические предложения по обеспечениюкросс-платформеннойсовместимости для ядраBAT

- Подготовили прототип системы для низкоуровневых вызовов ядраBATиз C/C++

Разработка платформыDataForgeдля автоматизированной работы с данными

- Начата подготовкарелизнойверсии ядра системы (прошлые были экспериментальными):https://github.com/altavir/dataforge-core

Разработкабиблиотекдлянаучногопрограммирования

- Выпущены первые сборки мультиплатформенной математической библиотеки:https://github.com/altavir/kmath

- Начата разработка универсальной библиотеки для построения графиков:https://github.com/altavir/kplot

Разработкаиприменениекомпьютерныхметодов

- Метод статистической регуляризацииТурчинауспешно применен для восстановления энергетических спектров излучения в сегментированномс цинцилляционномсчетчике.
- Разработаны и применены несколько методик для выделения наложений сигналов с детектора установки "Троицк ню-масс".
- Разработаны модули для системы сбора данных установки "Троицк ню-масс", предназначенные для интеграции с детектором из проектаTRISTAN .

Атмосфернаяфизика

Симуляции

- Сделан рядсимуляцийдля проверки результатов симуляции вCORSIKA, проведенных армянскими коллегами
- Просчитаны значения к. у.RFDMв не очень широком диапазоне параметров, с помощью первойверсии программы,основанной на Монте-Карлом оделированиис помощьюGEANT4
- В разработке вторая версия программы, основанная на совмещении метода Монте-Карло и решении кинетическихуравней, позволяющий повысить скорость моделирование и оценить длительную эволюциюHEPпроцессов в облаке.

- Проделаны предварительные симуляции в рамках Реакторной модели, над данный момент реализована вторая версия программы для точного моделированияRL-TGE

Конференцииипубликации

- Сделан доклад наPLAMSA-2018, посвященный реакторной модели.
- Сделан доклад наAYSS-2018, посвященныйRFDM.
- Сделанпостерныйдоклад наTEPA-2018, посвященный реакторной модели.

- Сделан доклад наTEPA-2018, посвященныйRFDM.
- Сделан доклад наMIPT-2018, посвященный структуре грозовых облаков.

Послано две статьи в сборники трудов конференции (AYSS,TEPA)

ОпубликованастатьяPHYS. REV. D 98, 082001 (2018) “Structures of the intracloud electric field supporting origin of long-lasting thunderstorm ground enhancements"A.CHILINGARIANet al.

Публикации: 2018

Статьи:

Название/ссылка	Авторы	Опубликовано(дата)	Финансирование/отчетность
Application ofTurchin'smethod of statistical regularization /https://doi.org/10.1051/epjconf/201817707005	MikhailZelenyi ,MariiaPoliakova, Alexander Nozik, AlexeyKhudyakov,	18.04.2018	Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the contract No. 3.3008.2017/PP.
Chemical composition analysis for X-ray transport container scans. /http://pepan.jinr.ru/	A.Zelenaya, M.Zelenyi,A.A.Turinge, V. G.Nedorezov		Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the contract No. 3.3008.2017/PP.
Cosmic-ray muon flux at Canfranc Underground Laboratory	W.H.Trzaska, M.Slupecki, I.Bandac, A. Bayo, A. Bettini, L.Bezrukov, T.Enqvist, A.Fazliakhmetov, A.Ianni, L.Inzhechik, J.Joutsenvaara, P.Kuusiniemi, K. Loo, B.Lubsandorzhiev, M.Nelubina, and A. Nozik	in progress	This work has been supported in part by the grant of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation number 3.3008.2017.
Сечение захвата солнечных нейтрино ядром 76Ge	А.К.Выборов, Л.В.Инжечик, Г.А.Коротеев, Ю.С.Лютостанский, В.Н.Тихонов, А.Н.Фазлиахметов	inprogress журнал Известия РАН	Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-02-00670 и государственного задания Минобрнауки России 3.3008.2017/ПЧ.
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕНТИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ	Зелёный М. Е., Стадничук Е. М.	2018 Трудытринадцатой ежегодной конференции "Физика плазмы в солнечной системе"	This work is supported by the Russian Science Foundation under grant No. 17-12-01439
Проектирование детектора протонов и электронов для мониторинга солнечныхкосмических лучей	М. Зелёный, Е. Стадничук, А.Нозик, И.Зимовец, А. Кудинов иИ. Резников	in progress	Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17-72-20134)
Calculation of gain coefficient in Dwyer relativistic discharge feedback model of thunderstorm runway breakdown	MikhailZelenyi,EgorStadnichukand Alexander Nozik	in progress	This work is supported by the Russian Science Foundation under grant No. 17-12-01439

Конференции:

Название/ссылка	Дата	Типконференции	Тип доклада	Финансирование/отчетность
The 3rdInternational Conference on Particle Physics and Astrophysics https://indico.particle.mephi.ru/event/14/ http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/934/1/012019/meta	2-5 October 2017	международная	постерный	This work was supported by the grant of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation number 3.3008.2017.
68 Международная научная конференция по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра «Ядро 2018» KoroteevG.A. Solar neutrino capture cross-section for 76Ge nuclei http://www.science.vsu.ru/cprofile&c_id=837 http://www.science.vsu.ru/files/conf_837_8.pdf	01.07.2018 - 06.07.2018	международная	устный доклад	This work is supported by grants of the Russian Foundation of Basic Research No. 18-02-00670 and Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the contract No. 3.3008.2017/PP.
XXVIII International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics https://www.mpi-hd.mpg.de/nu2018/ 2постера https://zenodo.org/record/1292907 https://zenodo.org/record/1292920	4–9 June 2018	международная	постерный	This work is supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the contract No. 3.3008.2017/PP and the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-02-00670)

КОНФЕРЕНЦИЯ КОНКУРС МОЛОДЫХ ФИЗИКОВ http://konkmolphys.moomfo.ru/ http://konkmolphys.moomfo.ru/sites/default/files/%D0%A2%D1%80%D1%83%D0%B4%D1%8B%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8%202018.pdf	5марта 2018	международная	постер	Данная работа выполнена в рамках исполнения государственного задания Минобрнауки России 3.3008.2017/ПЧ.
ICPPA-2018 Nozik A. A. Time of arrival analysis of constant count rate measurements data	22-26октября 2018	международная	устный	?
Thunderstorms and Elementary Particle Acceleration (TEPA-2018) 10 years of TGE observation onAragats EgorStadnichuk, Monte Carlo simulation of theRelativisticfeedbackdischarge model (RFDM)	17-20сентября 2018	международная	устный	This work is supported by the Russian Science Foundation under grant No. 17-12-01439 and Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the contract No. 3.3008.2017/PP
The XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018) MikhailZelenyi, About some question in modern models of thunderstorm runway breakdown	23-27апреля2018	международная	устный	This work is supported by the Russian Science Foundation under grant No. 17-12-01439
The XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018)	23-27апреля2018	международная	постер	Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17-72-20134)
Физика элементарных частиц и космология 2018	9-10апреля2018	всероссийская	устный	Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17-72-20134)
Физика элементарных частиц и космология 2018	9-10апреля2018	всероссийская	постер	This work is supported by the Russian Science Foundation under grant No. 17-12-01439
Тринадцатая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе"	12-16февраля 2018	всероссийская	устный	This work is supported by the Russian Science Foundation under grant No. 17-12-01439
61-я Всероссийская научная конференция МФТИ Стадничук Егор, Проектирование детектора солнечных космических лучей	19-25ноября2018	всероссийская	устный	Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17-72-20134).