

Тема работы

Разработка детектора для мониторингования потока частиц на околоземной орбите.

Состав коллектива

Поросев Вячеслав Викторович, с.н.с., ИЯФ СО РАН, к.ф.-м.н., porosev@inp.nsk.su,

уч.запись: vvpоросев

Грантовая поддержка

-

Аннотация

В данном исследовании были проведены расчеты энерговыделения в элементах детектора при облучении его изотропным потоком заряженных частиц методом Монте-Карло с использованием пакета GEANT4, а так же было проведено сравнение с результатами аналитических оценок. Результаты моделирования показали хорошее согласие с экспериментальными данными, а так же использовались для дальнейшей оптимизации конструкции детектора.

Научное содержание работы

Постановка задачи

Цикл работ, ведущихся лабораторией космических исследований НГУ, инициирован Российским Космическим Агентством с целью создания эмпирических моделей, описывающих магнитосферу Земли в части ее воздействия на функционирование бортовой аппаратуры. В рамках данного проекта ведутся работы по проектированию детекторов ионизирующих частиц, позволяющих напрямую измерить потоки частиц, оказывающих влияние на работу бортовой аппаратуры на околоземных орбитах.

Современное состояние проблемы

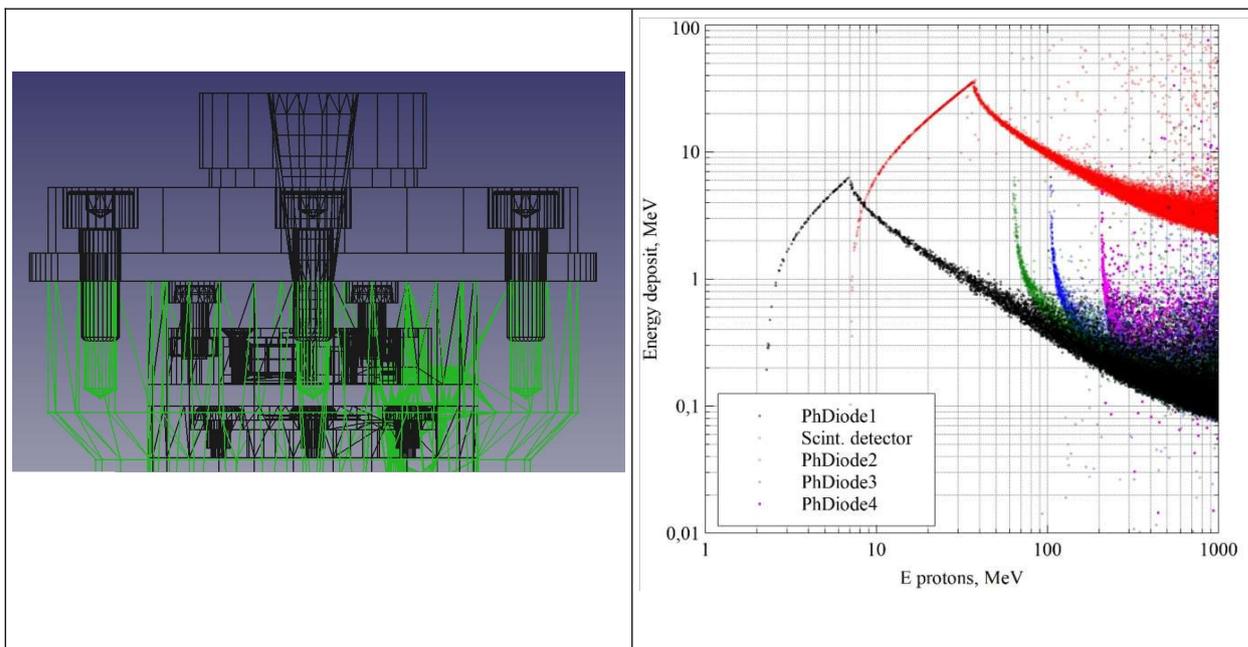
Поиск и оптимизация конструкции детекторов регистрирующих потоки заряженных частиц на околоземных орбитах, а также верификация получаемых распределений не могут осуществляться только с использованием результатов проведенных экспериментов. Поэтому основным инструментом являются расчеты методом Монте-Карло. Для решения подобных задач используются как готовые специализированные программные продукты, например FASTRAD (<http://www.fastrad.net/>), MRADSIM (<https://www.mradsim.com/>) и др., так и широко используемый в различных областях физических исследований пакет для моделирования взаимодействия частиц с веществом GEANT4 (Karafasoulis K, Papadimitropoulos C, Potiriadis C & Lambropoulos CP 2022. GEANT4 simulation study of the response of a miniature radiation detector in Galactic Cosmic Rays and inside a spacecraft. *J. Space Weather Space Clim.* 12, 8. <https://doi.org/10.1051/swsc/2022002..>) В любом случае мы неизбежно сталкиваемся с проблемой необходимости использования существенных вычислительных мощностей так как, для примера, при потоке примерно 10^{10} электронов, падающих на детектор, в нем регистрируется менее 10^5 событий. Подобные расчеты включают в себя не только взаимодействия частиц, но и требуют использования геометрии устройства максимально приближенной к реальной конструкции прибора.

Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы

В рамках выполнения данной работы были выполнены следующие работы: проведение расчетов методом Монте-Карло с помощью пакета моделирования GEANT4 (<https://geant4.web.cern.ch/>) энерговыделений в детектирующих элементах проектируемого устройства. Спецификой данного пакета написанного на C++ и реализованная под UNIX, является возможность распараллеливания вычислений на все доступные вычислительные потоки, что позволяетратно ускорить вычисления. Проведены сравнительные расчеты для разных физических моделей: QGSP_BIC_HP и QGSP_BIC_AHP. В расчетах использовалась реальная геометрия детектора, полученная конвертацией данных из STEP формата в формат GDML путем построения сеточных моделей геометрических объектов и включения данных описывающих физические свойства использованных материалов. Для конвертации данных в формат использовался модуль расширения GDML Workbench пакета 3D-проектирования FreeCAD <https://www.freecadweb.org/>

Полученные результаты

На следующих рисунках представлен пример конвертации геометрии устройства путем построения сеточной модели и результат расчета спектральной чувствительности различных компонент детектора в зависимости от энергии регистрируемых частиц.



Полученные результаты позволили уточнить характеристики детектора, а так же оценить защитные свойства элементов конструкции.

Эффект от использования кластера в достижении целей работы.

Для иллюстрации эффекта использования кластера достаточно сказать что моделирование прохождения $1E+9$ сгенерированных нейтронов занимало порядка 4- 5 дней при наличии 80 доступных вычислительных ядер при статистической точности результата позволяющей проводить сравнение результатов с экспериментальными данными. Моделирование такой задачи на персональном компьютере за приемлемое время не представляется возможным.

Публикации

-

Ваши впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ, а также Ваши предложения по их совершенствованию.

Все работает замечательно. Было бы идеально останавливать задачи (hibernate) при глобальных отключениях энергии и восстанавливать их выполнение при возобновлении питания вычислительного центра или построить аварийную генераторную станцию.