

Пакет на основе Geant4 для моделирования FARICH

(в рамках работ по ScTau фабрики)

В. Бобровников

5 февраля 2019 г.

ИЯФ СО РАН

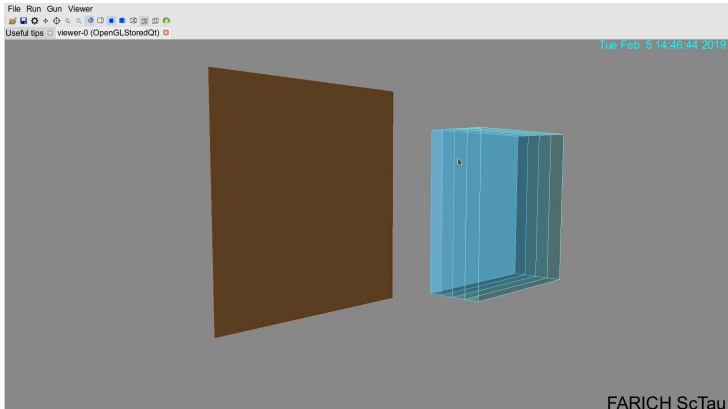


- В настоящее время для моделирования ScTau фабрики в ИЯФ СО РАН активно разрабатывается рабочая среда Aurora, которая использует в частности пакет DD4hep (<https://dd4hep.web.cern.ch/dd4hep/page/about/>) для описание геометрии детектора и соб-но моделирования. В свою очередь, DD4hep использует ROOT для построения геометрии и Geant4 для выполнения расчетов.
- Исходная область применения DD4hep является LHCb эксперимент и работы по тематике Linear Collider. В этом плане, в настоящее время, DD4hep “заточен” для расчетов на энергиях порядка ТэВ и реализация в нем расчетов для оптических фотонов (например черенковское излучение) не представляется возможным.
- Фактически группой моделирования ScTau фабрики уже принято решение использовать в Aurora для системы идентификации FARICH так называемое параметрическое моделирование, основанное на результатах отдельного полного моделирования прохождения частиц с регистрацией черенковского излучения.
- Пакет Geant4 является прекрасным вариантом для выполнения полного моделирования FARICH. В 2010-2011 годах Сергей Кононов успешно реализовал данный вариант расчетов и получил значимые результаты. Но за прошедшее время пакет Geant4 значительно ушел вперед и использовать старый код стало невозможно. Как ленивому человеку мне не хотелось разбираться в старом коде Сергея и адаптировать его под текущие реалии, поэтому я просто взял и на основе Geant4 версии 10.04.p02 написал новый пакет, о первом варианте которого и пойдет речь далее.



Заданная геометрия

- Возможность задавать до 16 слоев в радиаторе черенковского излучения, слой характеризуется толщиной и показателем преломления на 400 нм. Все необходимые оптические параметры слоя, такие как $n(\lambda)$, $L_{abs}(\lambda)$ и $L_{sc}(\lambda)$, также описываются.
- Для ФЭУ задается его положение, соответствующее фокусному расстоянию, и квантовая эффективность от длины волны.
- Пример определения 4-х слойного радиатора из аэрогеля (голубая гамма) и ФЭУ (коричневый цвет).





Пример описания геометрии для моделирования



Все параметры передаются в моделирования посредством специального файла (макроса), что обеспечивает гибкое и удобное задания геометрии без необходимости пересборки исходного кода на C++

Задание первоначальной частицы

- `/farich_generator/momentum 1500 MeV`
- `/farich_generator/particle mu-`

Задание типа ФЭУ и фокусного расстояния

- `/farich/set_pmt H12700`
- `/farich/focal_length 200.0 mm`

Задание черенковского радиатора (id, reflective_index(400nm), thickness)

- `/farich/reset_layers`
- `/farich/set_layer 1 1.0410 9.32 mm`
- `/farich/set_layer 2 1.0438 8.93 mm`
- `/farich/set_layer 3 1.0468 8.55 mm`
- `/farich/set_layer 4 1.0500 8.20 mm`

Задание имени файла *.root для вывода результатов и числа событий

- `/farich_run/set_name_root_file farich_sim`
- `/run/beamOn 500`

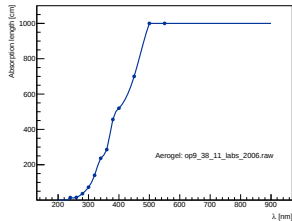
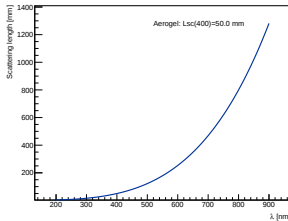
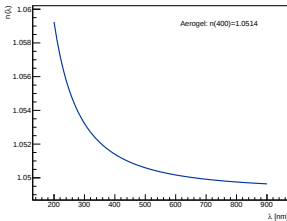


Примеры входных данных

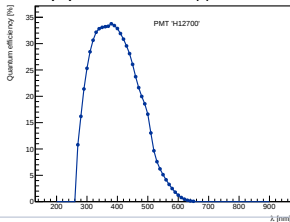


Для генерации входных данных используется небольшой скрип на языке python. Таким образом, можно легко и быстро определить нужные оптические параметры материалов, которые могут быть использованы затем в любых других независимых расчетах

- Пример задания $n(\lambda)$, $L_{abs}(\lambda)$ и $L_{sc}(\lambda)$ для аэрогеля с $n(400) = 1.0514$ и $L_{sc}(400) = 50$ мм, для поглощения использовался аэрогель op9_38_11 (2006 год)



- Пример задания квантовой эффективности для ФЭУ H12700





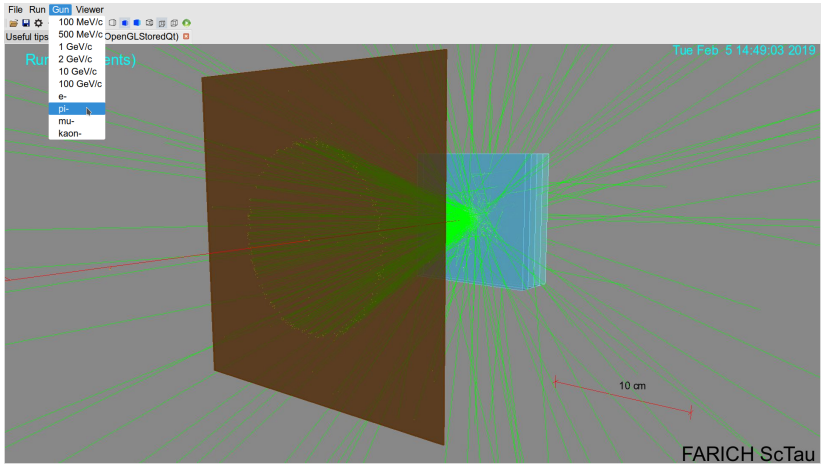
Варианты запуска моделирования

- 1 **Графический режим** – используется для визуальной проверки геометрии, прохождения частиц и т.п. Также есть возможность задавать параметры частиц (тип, энергию), число запусков. Пример визуализации с выбором меню частиц показан на слайде 7
- 2 **Консольный режим** – печать различной отладочной информации с целью проверки правильности работы того или иного внесенного изменения, также полезен для поиска ошибок
- 3 **Запуск через скрипт** – основной режим работы, в отличие от ранее описанных выше вариантов, позволяет задавать набор входных данных (например, число точек по импульсу для первоначальной частицы и т.п.) для автоматического запуска расчетов на счетном кластере или локальной машине



Пример события

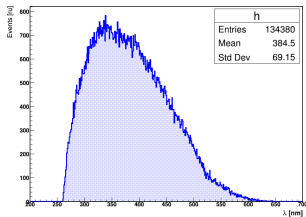
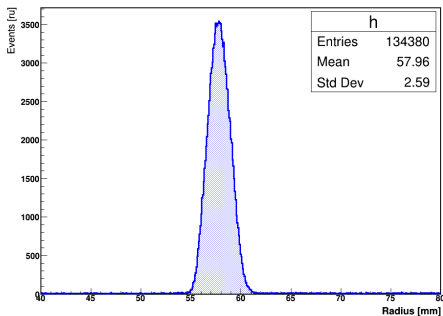
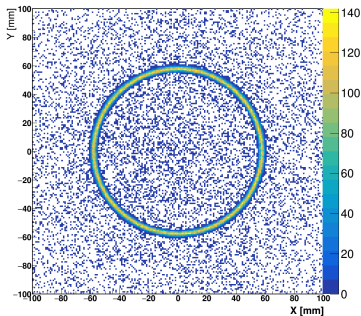
- На ФЭУ видно черенковское кольцо сгенерированное электроном с импульсом 1500 МэВ/с в 4-х слойном фокусирующем радиаторе





Предварительные результаты

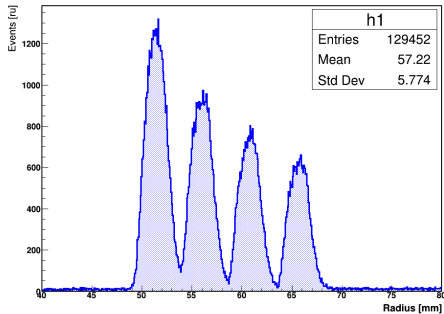
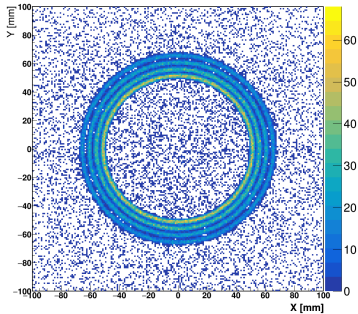
- Фокусирующий 4-х слойный аэрогелевый радиатор: $n(400)$ и толщина слоев радиатора приводятся на слайде 4. $QE(\lambda)$ ФЭУ – на слайде 5





Предварительные результаты

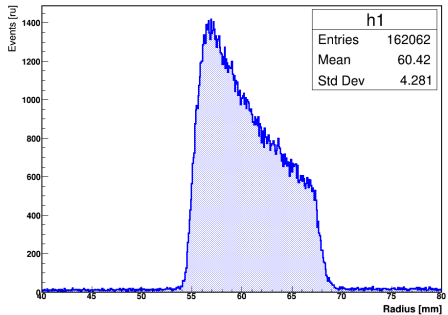
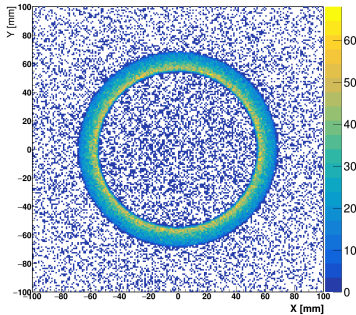
- Дефокусирующий 4-х слойный аэрогелевый радиатор: параметры аналогичные фокусирующему радиатору (см. слайд 8), но слои расположены в обратном порядке





Предварительные результаты

- Однослойный аэрогель с $n(400) = 1.0514$ и толщиной 40 мм (см. слайд 5)





- Реализация многоанодного ФЭУ с возможностью гибкого задания (из макроса) геометрических размеров активной и неактивной области пикселя.
- Реализация магнитного поля – поперечного и продольного для моделирования условий в баррельной и торцевой частях FARICH
- Написания первой версии реконструкции, определение наполнения таблиц для параметризации в Aurora



Вопросы для обсуждения (вместо заключения)

- Сейчас для описания ФЭУ используется только значение квантовой эффективности $QE(\lambda)$, предоставленное фирмой изготовителем. Прочие параметры, в предположении что все они уже определены в $QE(\lambda)$, задаются идеальными: коэффициент отражения равен ноль, индекс преломления – единица. Есть сомнения в правильности данной постановки – предложения принимаются с благодарностью.
- В 10 версии Geant4 стало возможным реализация многопоточности, что позволяет в разы уменьшить машинное время на моделирование. Я попробовал реализовать многопоточность, но в итоге получил нестабильно работающий код – при задании более 2 потоков гарантированно происходит утечка памяти с последующим вылетом. С другой стороны никто не отменял возможность одновременно запускать несколько заданий на счетных кластерах (например в НГУ) и в этой парадигме можно спокойно пренебречь многопоточностью.