МОДЕЛИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛА LYSO В GEANT4

SIMULATION OF LYSO CRYSTAL IN GEANT4

Кобей Абылай, магистр, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (государственный университет «Дубна») кафедра: Ядерная физика, Московская область, г.Дубна

Kobey Abylay, Master, State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region "University" Dubna "(State University" Dubna ") Department: Nuclear Physics, Moscow Region, Dubna

Аннотация

Статья посвящена моделированию оптических параметров кристалла LYSO. В статье дано определение кристаллам LYSO. Моделирование проводилось в программной среде Geant4. Проведен запуск модели, в результате чего был проведен анализ. Получены значения кинетических энергий падающих фотонов на плоскость кристалла. Также построена гистограмма с зависимостью количества поглощенных фотонов от угла между направлением фотона и плоскостью кристалла LYSO.

Annotation

The article is devoted to the modeling of the optical parameters of the LYSO crystal The article describes parameters of the LYSO crystals. Simulation was carried out in the Geant4 software environment. The model was run as a result of which the analysis was carried out. The values of the kinetic energies of incident photons on the crystal plane are obtained. A histogram is also drawn with the dependence of the number of

absorbed photons on the angle between the direction of the photon and the plane of the LYSO crystal.

Ключевые слова: кристаллы LYSO, моделирование кристаллов, Geant 4, оптический параметр.

Keywords: LYSO crystals, crystal modeling, Geant 4, optical parameter.

Введение

Кристалл LYSO [1] представляет собой сцинтилляционный кристалл на основе лютеция, легированный церием, который предлагает несколько преимуществ по сравнению со многими распространенными сцинтилляционными материалами.

Основным преимуществом данных кристаллов над остальными является высокая плотность-7,15 г/см^3 и световыход, сам кристалл обладает коротким временем затухания (45нс) и хорошими характеристиками радиационной стойкости.

Коэффициент неоднородности, % см$^{-1}$	1.44 ± 0.03
Коэффициент потерь световыхода, % см$^{-1}$	1.82 ± 0.05
Энергетическое разрешение, %	8.85 ± 0.06
Относительный световыход, в мв	158.5 ± 2.5

Таблица 1. Средние значения и стандартные отклонения оптических параметров LYSO кристаллов. [2]

Данные кристаллы имеют широкое применение в разных областях науки и медицины. В связи с этим существует необходимость наличие готовой модели кристалла которая в свою очередь значительно упрощает работу при проектировании установок. Цель данной статьи — это моделирование кристалла LYSO и его параметров в Geant4.

Моделирование кристалла LYSO в Geant4

Программная среда Geant4[3] представляет собой набор инструментов (классов) для визуализации прохождения частиц через вещество. Работа с данной средой происходит в несколько шагов:

1) Задание источника налетающих частиц (**PrimaryGenerator**):

В данном разделе задается налетающая частица с ее характеристиками;

2) построение модели детектора(**DetectorConstruction**):

Построение мира и самого детектора.

3) Сеанс(**Run**):

В данном шаге происходит набор статистики, в котором не меняются условия проведения эксперимента.

5) анализ(**Analysis**):

Производится анализ данных путем построения гистограмм.

Представлен классом **G4Analysis**;

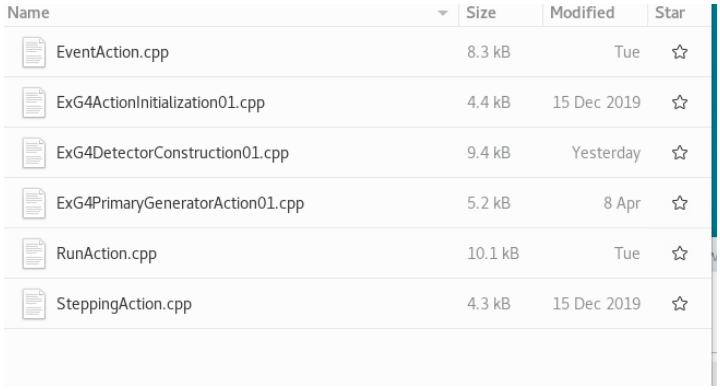


Рис.1. Пример написанных файлов.

Моделирование кристалла проводилось в несколько этапов:

1) Была построена физическая модель кристалла размером 20x20x120 мм^3 (**Рис 2**);

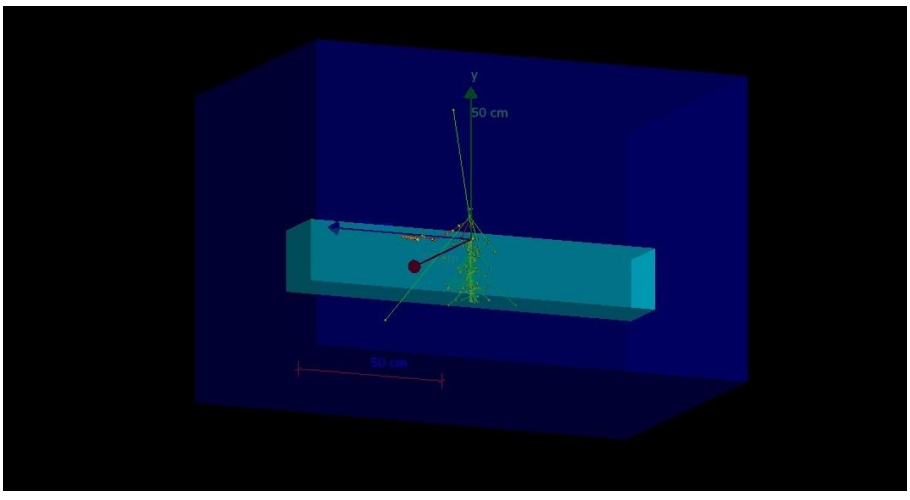


Рис.2. Моделирование работы установки с кристаллом LYSO.

2) Для проверки работоспособности модели был проведен запуск модели с пластиковым сцинтиллятором;

«G4Material* det_mat = nist->FindOrBuildMaterial("G4_Plastic");»

3) В DetectorConstruction был добавлен новый материал

«G4Material* det_mat = nist->FindOrBuildMaterial("LYSO");»

Данные по кристаллу были взяты из Saint-Gobain LYSO[1] и записаны в виде, приведенном на (**Рис 3**)

```
void ExG4DetectorConstruction01::DefineMaterials()
{
  G4NistManager* man = G4NistManager::Instance();

  G4bool isotopes = false;

  G4Element*  O = man->FindOrBuildElement("O" , isotopes);
  G4Element* Si = man->FindOrBuildElement("Si", isotopes);
  G4Element* Lu = man->FindOrBuildElement("Lu", isotopes);
  G4Element* Ce = man->FindOrBuildElement("Ce", isotopes);
  G4Element*  Y = man->FindOrBuildElement("Y" , isotopes);

  G4Material* LYSO = new G4Material("LYSO", 7.4*g/cm3, 5);
  LYSO->AddElement(Lu, 71.43*perCent);
  LYSO->AddElement(Y, 4.03*perCent);
  LYSO->AddElement(Si, 6.37*perCent);
  LYSO->AddElement(O, 18.14*perCent);
  LYSO->AddElement(Ce, 0.02*perCent);
}
```

Рис.3. Запись кода с указанием характеристик кристалла.

Было проведено моделирование оптических параметров кристалла, а именно поглощение фотонов с энергией 1275 кэВ (данная энергия соответствует энергии гамма-излучения изотопа Na-22, часто использующегося при калибровке аппаратуры) [6] на кристалле LYSO. Полученные данные были записаны в ROOT[4] файл и составлены гистограммы на **рис. 4 и 5**. Так же нарисована гистограмма зависимости количества поглощенных фотонов от угла между направлением фотона и плоскости кристалла LYSO. На **рисунке 5** видно, что “счет” фотонов кристаллом лучше всего проходит в районе 90 градусов, что с хорошей точностью совпадает с результатами измерений. [5]

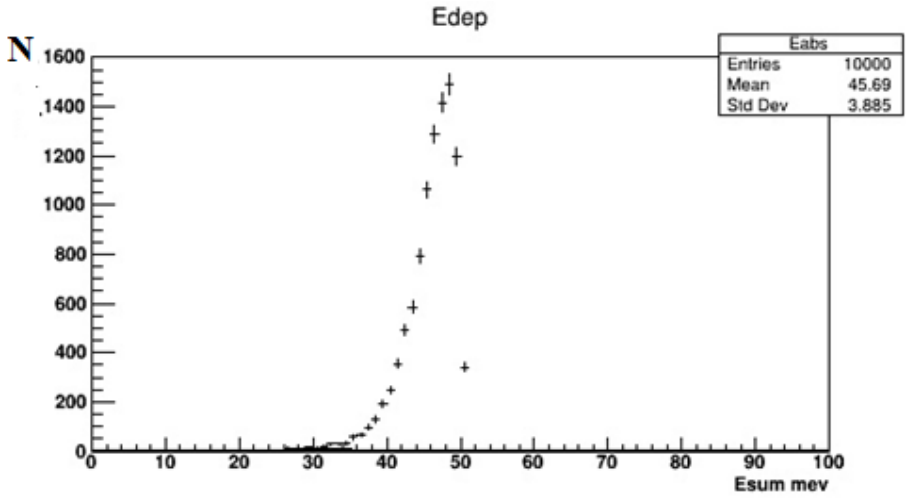
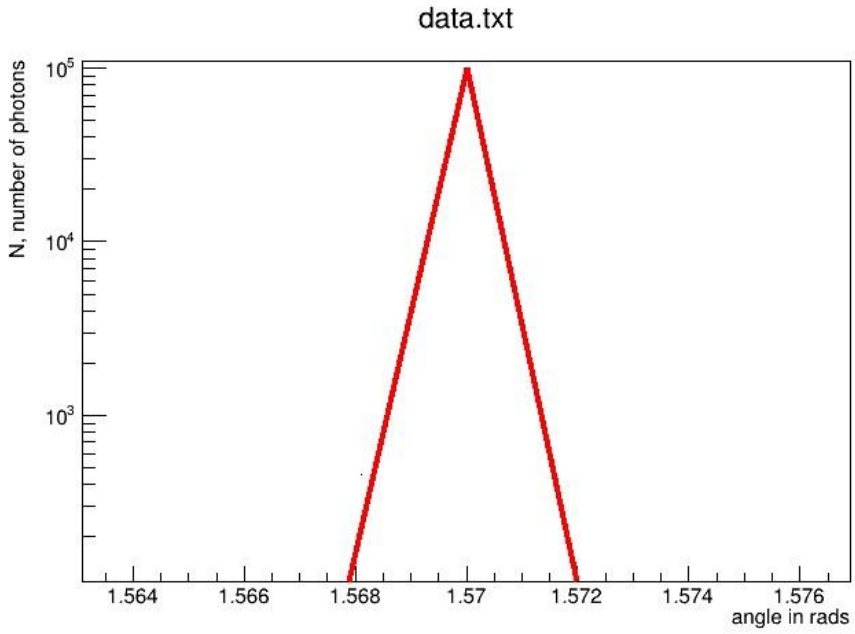


Рис.4. Энергия, поглощенная кристаллом LYSO для 10000 фотонов. Распределение поглощения энергии кристаллом LYSO для 10000 фотонов. По горизонтальной оси - энергия, поглощенная кристаллом, а по вертикальной оси – N (число событий).

Рис.5.



Зависимость количества поглощенных фотонов от угла между направлением фотона и плоскости кристалла LYSO.

Модель воспроизводит оптические параметры кристалла с хорошей точностью. Что позволяет использовать ее для моделирования и построения калориметров, томографов и других решений, где высокая тормозная способность, высокая пропускная способность и отличное время имеют решающее значение.

Заключение

Была осуществлена работа с справочными данными. Проведено моделирование в программной среде Geant4. Был произведен запуск модели в результате которого были проведен анализ. Полученные результаты могут использоваться при построении моделей калориметров и других установок.

Литература

1. Ce L.Y.S. LYSO Scintillation Material. P. 17–18.
2. Kalinnikov V., Velicheva E. Investigation of LYSO and GSO crystals and simulation of the calorimeter for comet experiment // Phys. Part. Nucl. Lett. 2014. Vol. 11, № 3. P. 259–268.
3. Geant4 Collaboration. Geant4 Installation Guide Documentation. 2019.
4. Cern.root. User’s Guide May 2018. 2018. № May.
5. http://nuweb0.jinr.ru/~duginov/stand
6. https://www.webelements.com/lutetium/crystal_structure.html

Literature

1. Ce L.Y.S. LYSO Scintillation Material. P. 17–18.
2. Kalinnikov V., Velicheva E. Investigation of LYSO and GSO crystals and simulation of the calorimeter for comet experiment // Phys. Part. Nucl. Lett. 2014. Vol. 11, № 3. P. 259–268.
3. Geant4 Collaboration. Geant4 Installation Guide Documentation. 2019.
4. Cern.root. User’s Guide May 2018. 2018. № May.
5. http://nuweb0.jinr.ru/~duginov/stand
6. https://www.webelements.com/lutetium/crystal_structure.html