

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.
ЛОМОНОСОВА”

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКИ УСКОРИТЕЛЕЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ



ОТЧЁТНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ «ВВЕДЕНИЕ В ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ
НАЧАЛ ПОНИМАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНСТРУМЕНТАРИЯ GEANT4»

Тема:

«Моделирование простейшей рентгеновской трубки»

Выполнил студент 418 группы

Маракулин Андрей Павлович

Научный руководитель:

Золотов Сергей Александрович

МОСКВА 2021

Оглавление

Постановка задачи	3
Описание геометрии	3
Описание источника и используемой физики	4
Описание детектора	4
Обработка данных	5
Результаты	6
Выводы	7
Ссылки	7

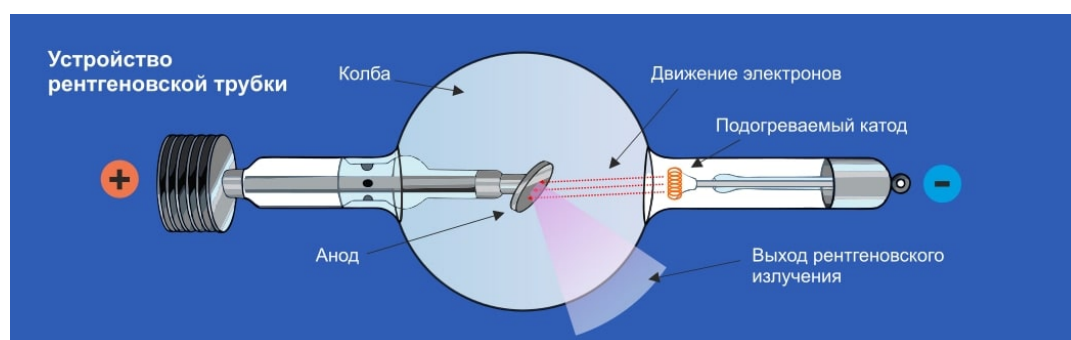


Постановка задачи

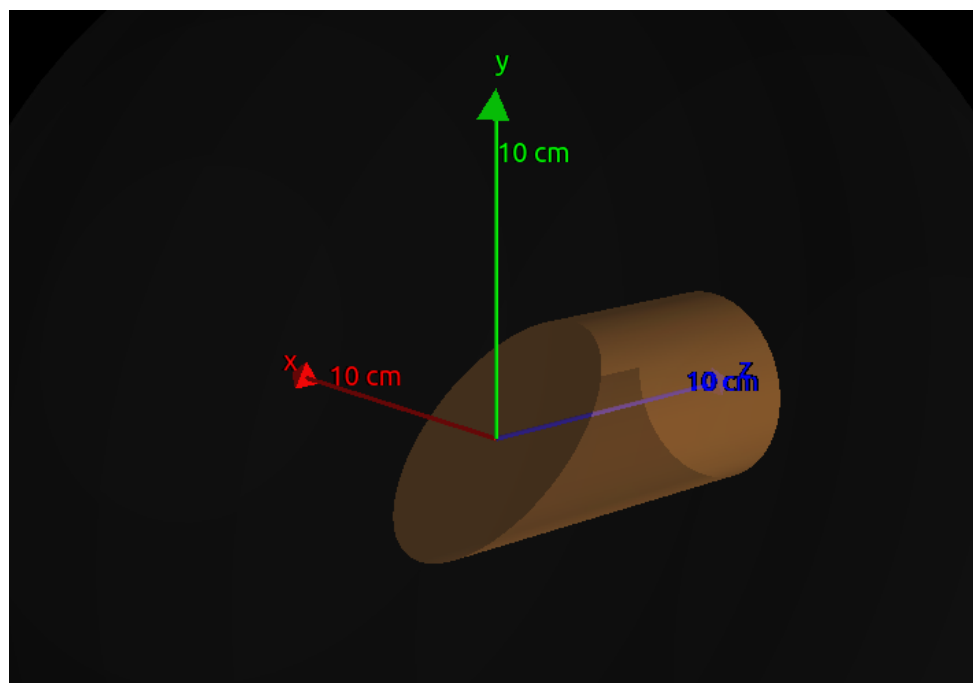
Смоделировать простейшую рентгеновскую трубку (анод Медь, энергия электронов 300 кэВ и построить диаграмму направленности рентгеновского излучения. Объем статистики 1000000 фотонов.

Описание геометрии

Устройство рентгеновской трубки представляет из себя вакуумную колбу в которой расположены катод, испускающий электроны и анод, при взаимодействии с которым образуются гамма кванты.



Математическая модель задачи представляет из себя медный круглый катод и источник электронов без физического объекта.

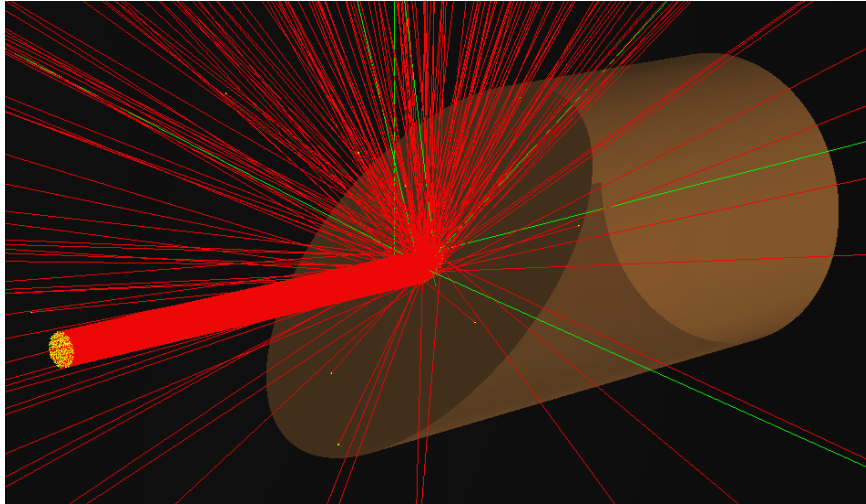


Параметры анода: материал: медь (G4_Cu), радиус $R = 30$ мм, угол среза $\alpha = 45^\circ$, длина от основания до центра среза $L = 90$ мм



Описание источника и используемой физики

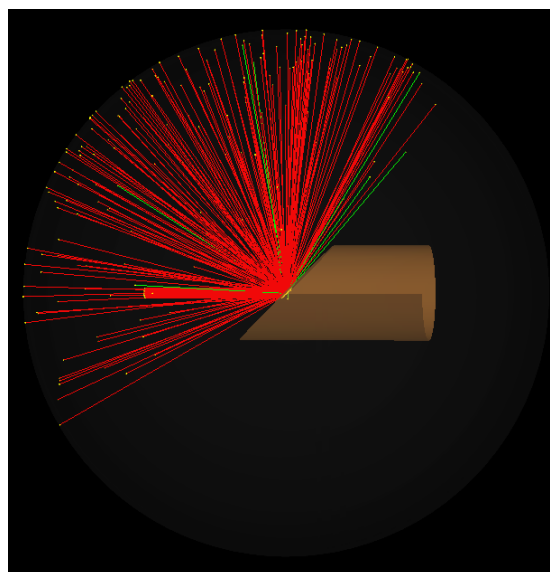
Источник электронов имеет форму круга радиусом $r = 2$ мм, расположен на оси z , испускает электроны энергией 300 кэВ по оси z в сторону анода.



Используемая физика: QBVC_LIV, хорошо согласуется в области энергий ниже 1 ГэВ для широкого спектра частиц.

Описание детектора

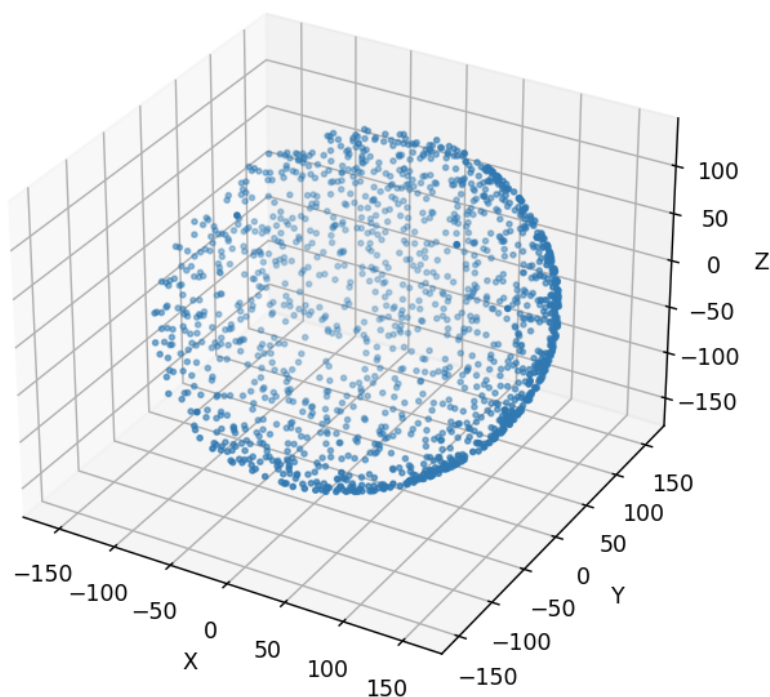
В качестве детектора выбрана сферическая область вне источника и анода. Регистрируется последний шаг в вакуумной полый сфере с внешним радиусом $R_{\text{дет}} = 160$ мм, и внутренним радиусом $R'_{\text{дет}} = 150$ мм. Регистрируются названия частиц, координаты, вектор их скорости и энергия. Данные записываются в единый кортеж.



Обработка данных

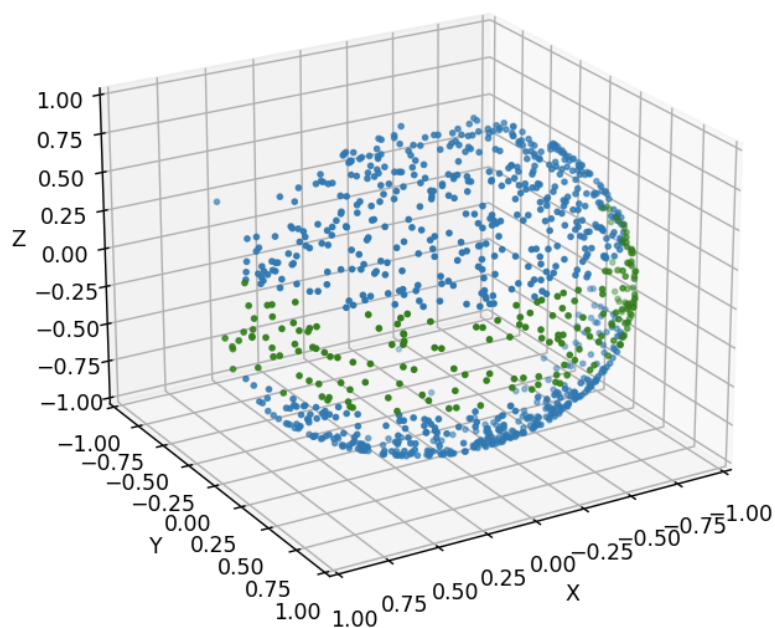
Данные о частицах записываются в csv-файлы и обрабатываются с помощью ЯП Python в среде Jupyter Notebook.

1. На первом шаге данные преобразуются в формат DataFrame для удобства работы.
2. В детектор попадают около 40% электронов от числа выпущенных катодом и 0,7% образовавшихся гамма квантов. Объем статистики: 1 миллиард катодных электронов.
3. Далее отбираются только гамма-кванты, поскольку только они для нас интересны. Объем гамма-квантов при 1 миллиарде испущенных электронов: 7 миллионов.
4. Отобразим координаты регистрации гамма-квантов (1500 точек):



5. Поскольку виден основной вектор направленности, который направлен под углом 45° , то для удобства построения диаграмм стоит повернуть распределение на 45° чтобы вектор направленности был сонаправлен с одной из осей.
6. Далее построим диаграмму направленности в плоскости ZY, для этого выберем небольшой поясной слой

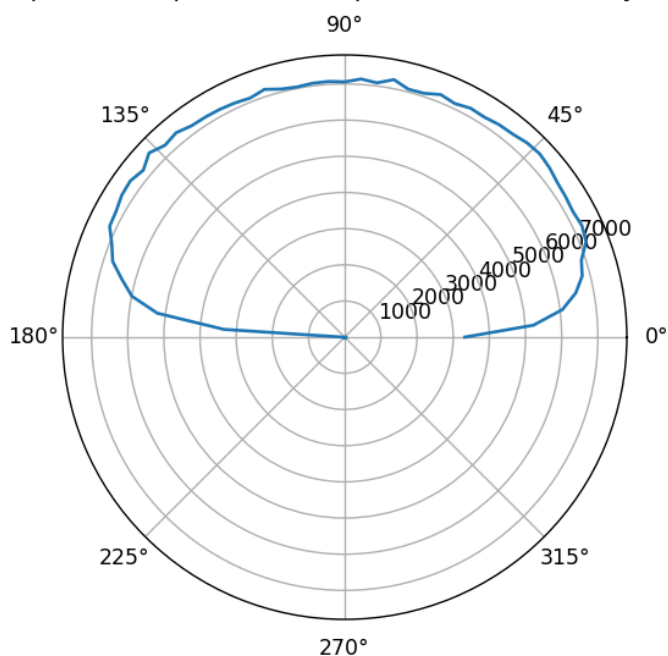




Результаты

Диаграмма направленности: суть задачи. Была выбрана двумерная гистограмма в полярных координатах. Выбор обусловлен нахождением статьи, в которой та же диаграмма выводится теоретически. [\[1\]](#)

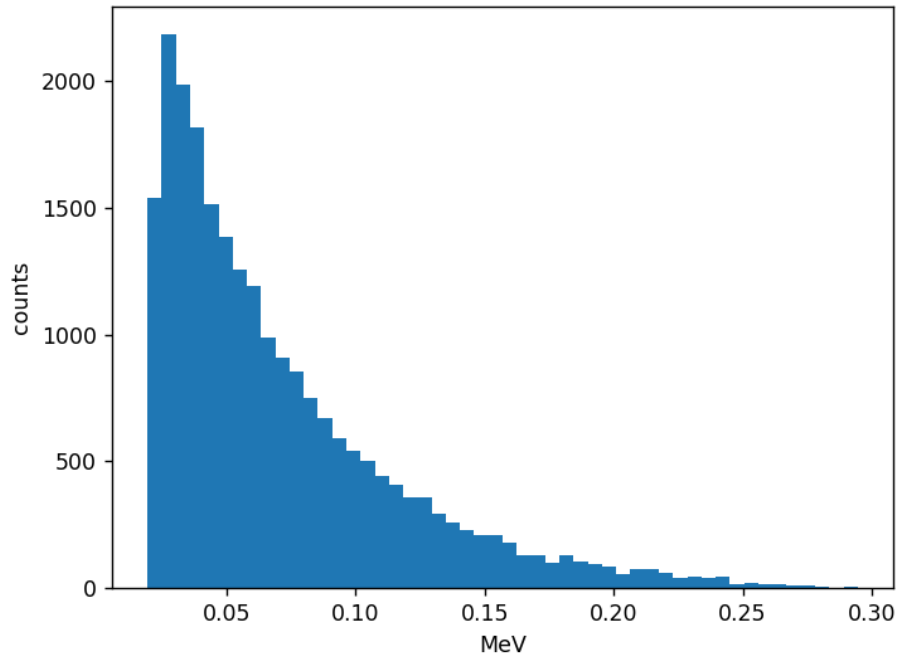
Диаграмма направленности рентгеновского излучения.



Дополнительные результаты:



Диаграмма распределения энергий гамма-квантов в поясном секторе



Выводы

Результаты согласуются с теоретическими расчетами и могут быть использованы для проектирования рентгеновских трубок. Дальнейшее развитие работы может быть продолжено в направлении разностороннего исследования распределений при различных энергиях испускаемых электронов, а также проектировании оптимального окна для испускания рентгеновского излучения. Код работы является открытым и воспроизводимым [2]

Ссылки

[1] Расчёт диаграммы направленности рентгеновской трубки.

<https://studfile.net/preview/387072/page:4/>

[2] Репозиторий с кодом для моделирования и обработки:

https://github.com/Annndruha/Geant4/blob/v5.0.0/xray_tube

