

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Название области
«Название университета»
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра название

ОТЧЕТ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ:

Научно-исследовательская работа

Название НИР

Выполнил:

студент группы 0000

Иванов Иван Иванович

Руководитель:

нс Организации, Иванович И. И.

Рекомендуемая оценка:

г. Город, 2024 г.

Содержание

	Стр.
Введение	3
1 Литературный обзор	4
1.1 Взаимодействие фотонов с веществом	4
1.1.1 Фотоэффект	4
1.1.2 Эффект Комптона	5
1.1.3 Образование электрон-позитронной пары	5
2 Материалы и методы исследования	6
2.1 Рентгеновская установка	6
3 Результаты	7
Заключение	8
Список литературы	9

Введение

Здесь и далее приведено **примерное содержание НИР**. Показана примерная структура НИР и использование основных L^AT_EXкоманд для генерации рисунков, таблиц, формул и т. д.

Рентгеновская установка предназначена для облучения клеточных культур в соответствии с задаваемыми значениями дозы и/или времени облучения. Проводится моделирование различных режимов работы установки с последующим сравнением полученных результатов с результатами эксперимента, проведенного с использованием радиохромных пленок.

Альтернативой прямым экспериментальным измерениям выступает моделирование методом Монте-Карло (МК), которое позволяет упростить процесс получения необходимых параметров без существенных потерь в точности. К МК программам относятся: MCNP [1], FLUKA [2; 3], PHITS [4], GEANT4 [5].

В данной работе при помощи Монте-Карло кода FLUKA определяются значения поглощенной дозы и кермы, а также исследуется явление электронного равновесия.

1 Литературный обзор

1.1 Взаимодействие фотонов с веществом

Фотонное излучение, проходя через вещество, частично или полностью передает ему свою энергию. Это в основном происходит посредством 3 основных типов взаимодействий: фотоэффекта, эффекта Комптона и образования электрон-позитронных пар. На Рис. 1 показаны линейные коэффициенты ослабления в зависимости от энергии для данных процессов.

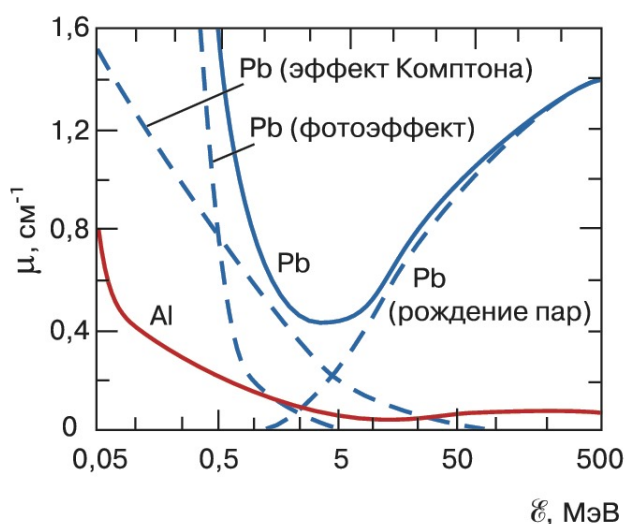


Рис. 1: Линейные коэффициенты ослабления для фотоэффекта, эффекта Комптона и образования электрон-позитронных пар от энергии γ -квантов

1.1.1 Фотоэффект

Данный эффект заключается в поглощении атомом падающего на него фотона с энергией $\varepsilon = \hbar\omega$ с последующим испусканием одного из связанных на i -й оболочке электронов. Из законов сохранения энергии и импульса следует, что фотоэффект не может происходить на свободном электроне. Фотоэффект возможен на любой электронной оболочке, однако электроны K -оболочки испускаются с большей вероятностью, по сравнению с более отдаленными от ядра оболочками.

Энергия вылетевшего электрона определяется как разность энергии налетающего фотона и энергии связи электрона i -ой оболочки с ядром:

$$E_e = \varepsilon - A \quad (1)$$

1.1.2 Эффект Комптона

Суть данного процесса заключается в изменении энергии фотона при его упругом столкновении с электроном. В результате соударения фотон теряет часть своей энергии и, как следствие, длина его волны увеличивается. Процесс происходит на свободных или слабосвязанных электронах в присутствии третьего тела для удовлетворения законов сохранения энергии и импульса. Изменение энергии фотона при эффекте Комптона описывается следующей формулой:

$$E_{\gamma'} = \frac{E_{\gamma}}{1 + (E_{\gamma}/m_e c^2)(1 - \cos \theta)}, \quad (2)$$

где E_{γ} — энергия падающего кванта, $E_{\gamma'}$ — энергия рассеянного кванта, θ — угол рассеяния.

1.1.3 Образование электрон-позитронной пары

Образование электрон-позитронной пары является результатом взаимодействия фотона с электромагнитным полем атома вблизи ядра. Данный процесс возможен только для тех фотонов, чья энергия превышает порог образования электрона и позитрона:

$$h\nu_{\text{порог}} = 2m_0 c^2 = 1.022 \text{ МэВ}, \quad (3)$$

где $\nu_{\text{порог}}$ — частота падающего фотона, m_0 — масса покоя электрона.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Рентгеновская установка

В данной работе интерес представляют дозиметрические характеристики излучения рентгеновской трубки установки CellRad (см. Рис. 2). Характеристики определялись путем моделирования. Основные параметры установки приведены в Таблице 1.



Рис. 2: Установка CellRad фирмы Precision (слева), тип рентгеновской трубки (справа)

Макс. напряжение, кВ	Угол наклона анода, °	Материал мишени	Внешняя фильтрация
130	20	W	0.5 мм Al

Таблица 1: Параметры рентгеновской трубки установки CellRad

Для расчета поглощенной дозы необходимо:

1. Найти распределение флюенса по глубине проникновения в среду/материал.
2. Найти взвешенный по энергии флюенс.
3. Найти значения массового коэффициента для всех соответствующих значений флюенса.
4. Определить керму по формуле для каждого слоя.
5. Определить глубину, на которой наблюдается электронное равновесие. С этой глубины можно считать, что поглощенная доза равна керме.

3 Результаты

В данном разделе представлены результаты, которые заключаются в следующем ...

Заключение

Изучена литература по физике взаимодействия γ -квантов с веществом. Освоена методика расчета дозиметрических величин на основе рентгеновского спектра в Монте-Карло программе транспорта ионизирующего излучения в веществе FLUKA. Изучено явление электронного равновесия, а также связь между поглощенной дозой излучения и кермой.

Список литературы

1. Monte Carlo N-Particle Transport Code (MCNP) [Electronic Resource]. — URL: <https://mcnp.lanl.gov>.
2. FLUKA: a multi-particle transport code [Text] / A. Ferrari [et al.]. — Geneva : CERN, 10/2005. — Work supported by Department of Energy contract DE-AC02-76SF00515, INFN/TC_05/11, SLAC-R-773.
3. The FLUKA Code: Developments and Challenges for High Energy and Medical Applications [Text] / T. T. Böhlen [et al.] // Nuclear Data Sheets. — 2014. — Vol. 120. — P. 211–214. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0090375214005018>.
4. Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02 [Text] / T. Sato [et al.] // Journal of Nuclear Science and Technology. — 2018. — June. — Vol. 55, no. 6. — P. 684–690. — URL: <https://doi.org/10.1080/00223131.2017.1419890>.
5. Geant4 — a simulation toolkit [Text] / S. Agostinelli [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. — 2003. — Vol. 506, no. 3. — P. 250–303. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900203013688>.