

Работа 5.5.5

Компьютерная сцинтилляционная γ - спектрометрия

Работу выполнил Матренин Василий Б01-008

Цель работы: Исследовать сцинтилляционные гамма-спектрометры на основе неорганического кристалла NaI(Tl)

1 Теория

Основной задачей спектрометрических измерений является определение энергии и интенсивности дискретных гамма-линий от различных гамма-источников и их идентификация.

1.1 Процессы взаимодействия гамма-излучения с веществом

1. Фотоэффект

Электрону передается вся энергия гамма-кванта. При этом электрону сообщается кинетическая энергия:

$$T_e = E_\gamma - I_i \quad (1)$$

Где E_γ - энергия гамма-кванта, I_i - потенциал ионизации i -той оболочки атома.

2. Эффект Комптона

Происходит упругое рассеяние фотона на свободном электроне. Максимальная энергия образующихся комптоновских электронов соответствует рассеянию гамма-квантов на 180° и равна:

$$E_{max} = \frac{\hbar\omega}{1 + \frac{mc^2}{2\hbar\omega}} \quad (2)$$

3. Процесс образования электрон-позитронных пар

При достаточно высокой энергии гамма-квантов наряду с фотоэффектом и эффектом Комптона будет происходить образование электрон-позитронных пар.

Вся энергия электрона останется в детекторе. Вся кинетическая энергия позитрона так же останется в детекторе. Затем позитрон аннигилирует с электроном среды. В результате чего образуются 2 гамма-кванта. Далее возможны 3 варианта развития событий:

- (а) Оба гамма-кванта остаются в детекторе. В спектре появляется пик $E = E_\gamma$.
- (б) Один гамма-квант покидает детектор. В спектре появляется пик, соответствующий энергии $E = E_\gamma - E_0$, где $E_0 = mc^2 = 511$ кЭв
- (с) Оба гамма-кванта покидают детектор. В спектре появляется пик, соответствующий энергии $E = E_\gamma - 2E_0$, где $E_0 = mc^2 = 511$ кЭв

Помимо этих процессов, добавляются экспонента, связанная с наличием фона, пик характеристического излучения (возникающий при взаимодействии гамма-квантов с окружающим веществом). А также пик обратного рассеяния, образующийся при энергии квантов $E_\gamma \gg mc^2$ в результате рассеяния гамма-квантов на большие углы на конструктивных элементах детектора и защиты и последующего фотоэффекта в сцинтилляторе.

Положение пика обратного рассеяния определяется по формуле:

$$E_{обр} = \frac{E}{1 + \frac{2E}{mc^2}} \quad (3)$$

Где E - энергия фотопика.

1.2 Энергетическое разрешение спектрометра

Даже при поглощении частиц с одинаковой энергией, амплитуда импульса на выходе фотоприемника сцинтиляционного детектора меняется от события к событию.

Энергетическим разрешением спектрометра называется величина:

$$R_i = \frac{\Delta E_i}{E_i} \quad (4)$$

Где ΔE_i - ширина пика полного поглощения, измеренная на половине высоты. Из распределения Пуассона получаем:

$$R_i = \frac{const}{\sqrt{E_i}} \quad (5)$$

1.3 Схема установки

Схема установки представлена на рисунке 1.

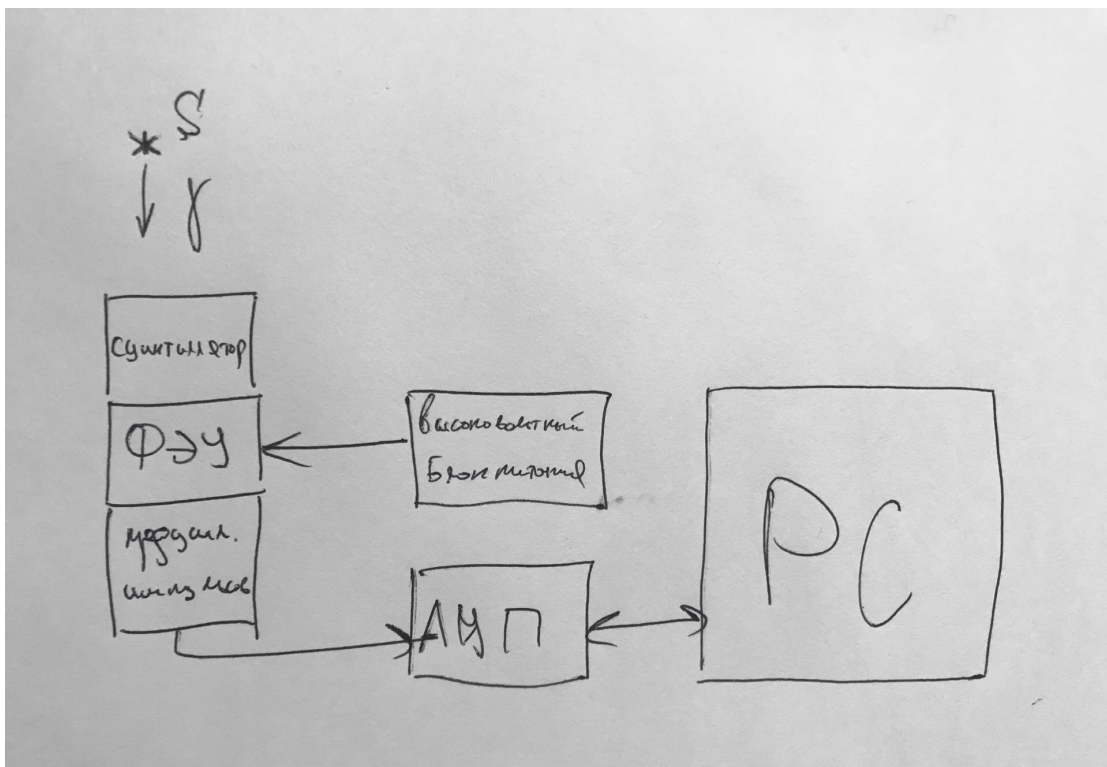


Рис 1. Схема установки

2 Ход работы

3 Вывод