

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Изучение пространственной неоднородности светособирания детектора реакторных антинейтрино iDREAM

Подготовил

Студент группы М20-115

Растимешин А.А.

Руководитель НИРС:

к.ф.- м.н. Е.А. Литвинович

Москва 2020

Постановка задачи

- В лаборатории физики нейтрино НИЦ КИ ведутся лабораторные испытания детектора реакторных антинейтрино iDREAM, который подготавливается к вывозу на Калининскую АЭС, где будет проводиться эксперимент по мониторингу работы ядерного реактора с помощью нейтринного излучения.
- Из-за конструктивных особенностей данный детектор обладает неоднородностью светособирания.
- Исследования неоднородности светособирания детектора iDREAM уже проводились. Тем не менее, к настоящему моменту конструкция детектора претерпела изменения – с целью улучшения неоднородности светособирания на дно детектора было установлено светоотражающее покрытие.
- Целью данной работы было изучение неоднородности светособирания в новых условиях, а также исследование зависимости энергетического разрешения от выделившейся в детекторе энергии с новыми калибровочными источниками

Применение антинейтринного излучения от ядерного реактора.

Какие задачи можно решать с помощью антинейтринного излучения?

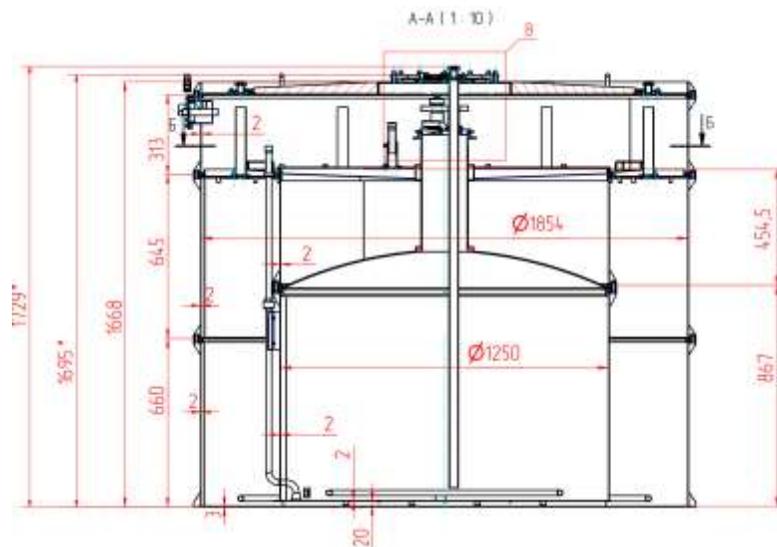
1. Выявление несанкционированных режимов работы реактора, в т.ч. наработку оружейного плутония
2. Дистанционный контроль энерговыработки реакторов
3. Мониторинг отработавшего ядерного топлива



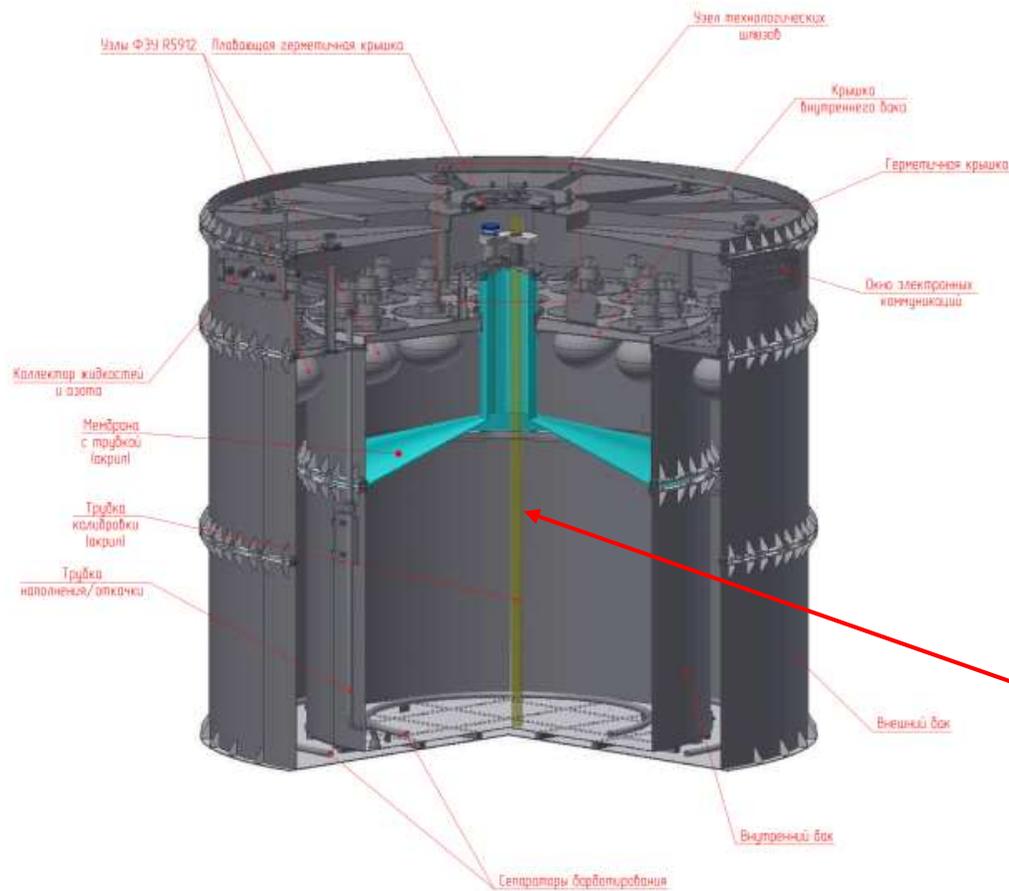
Реакция обратного бета-распада

При регистрации антинейтрино используется метод задержанных совпадений: сначала регистрируется позитрон, после чего регистрируется нейтрон. По энергии позитрона восстанавливается энергия антинейтрино, регистрация нейтрона служит подтверждением того, что произошёл обратный бета-распад.

Устройство детектора iDREAM



Проведение измерений

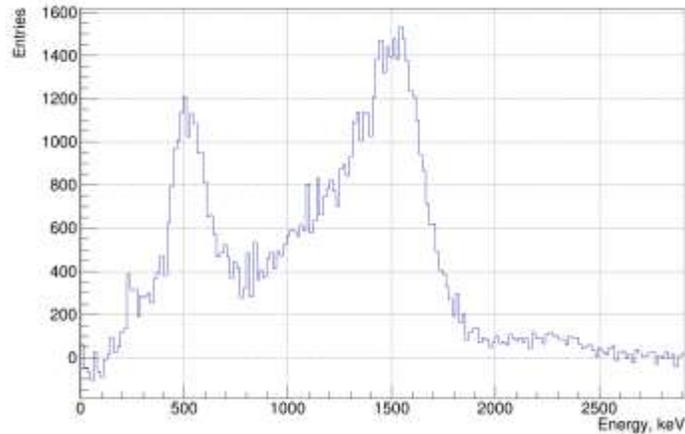


Источники гамма-квантов:

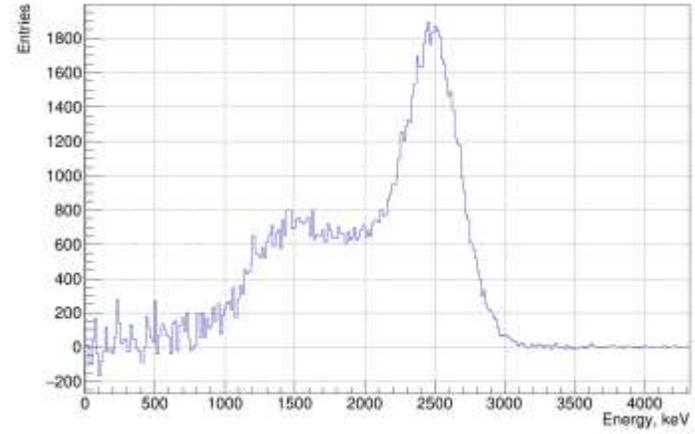
1. ^{207}Bi ($E_{\gamma 1} = 570$ кэВ, $E_{\gamma 2} = 1633$ кэВ)
2. ^{22}Na ($E_{\gamma} = 2 \times 511$ кэВ + 1274 кэВ = 2296 кэВ)
3. ^{60}Co ($E_{\gamma} = 1173$ кэВ + 1332 кэВ = 2505 кэВ)
4. ^{65}Zn ($E_{\gamma} = 1115$ кэВ)

Трубка для ввода источников излучения

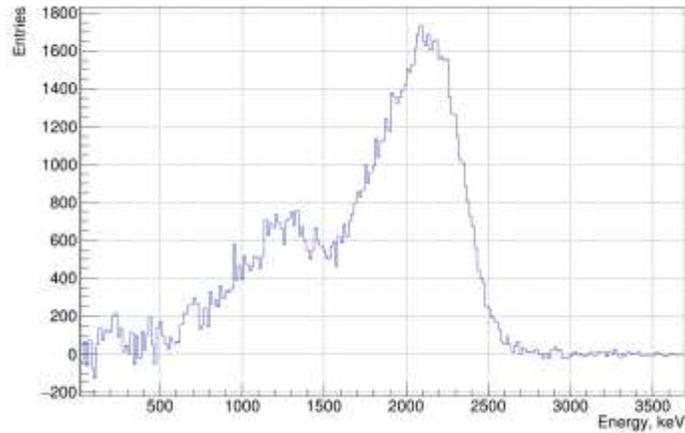
Исследование неоднородности светособираения



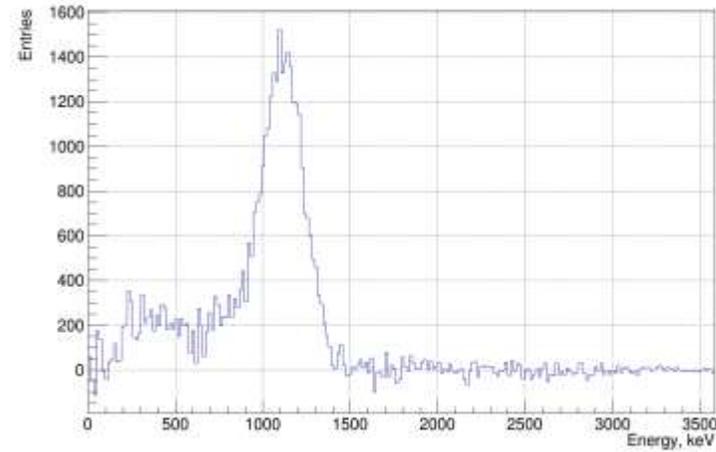
Bi-207



Co-60



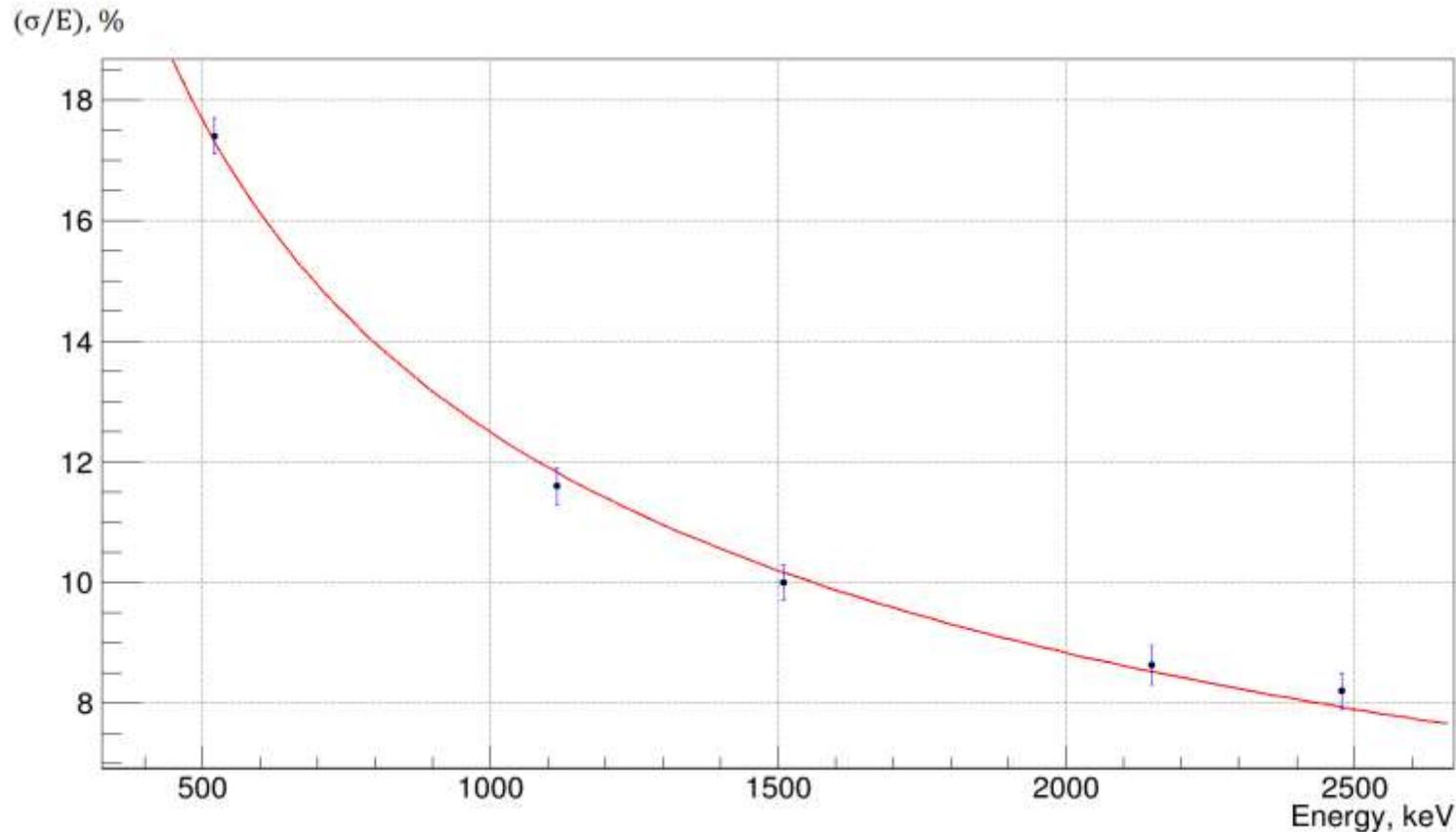
Na-22



Zn-65

Измеренные энергетические спектры излучения в центре мишени.

Вычисление энергетического разрешения детектора на 1 МэВ выделившейся энергии



Зависимость энергетического разрешения $(\sigma/E, \%)$ детектора от энергии частицы в центре мишени

$$\delta(E) \sim \frac{1}{\sqrt{E}}$$

$$\delta(E) = a \cdot \frac{1}{\sqrt{E(\text{кэВ})}} (\%)$$

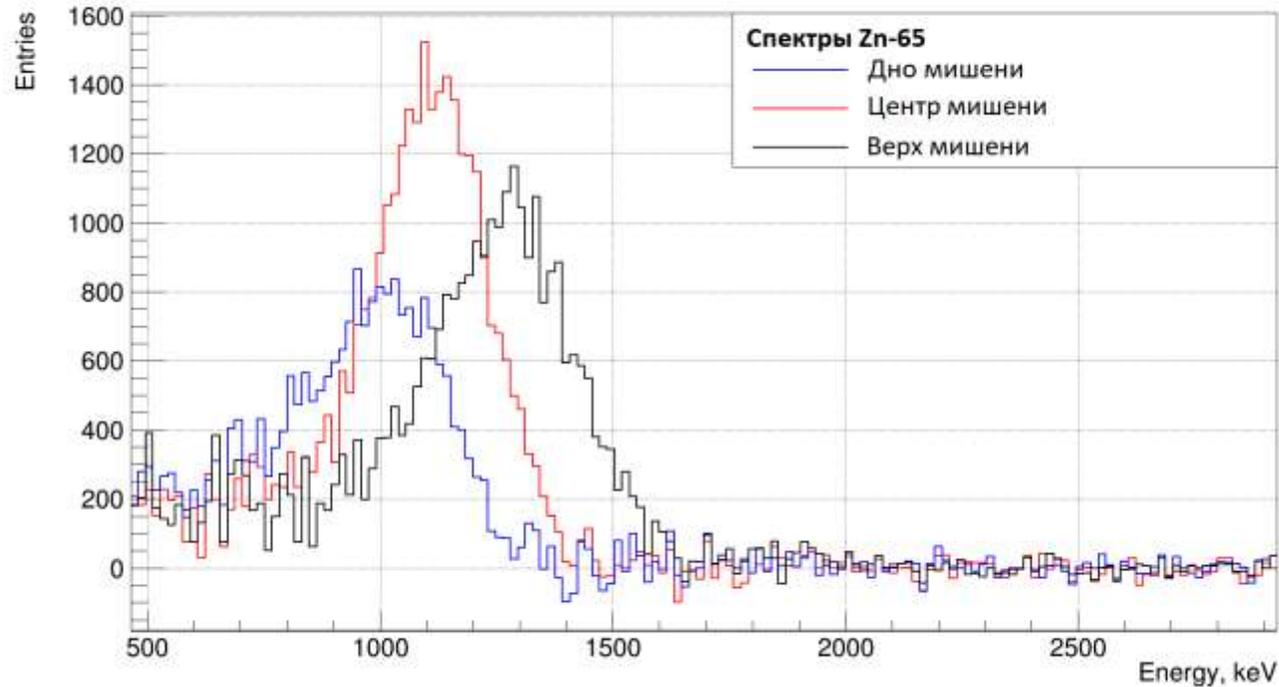
$$a = (3.95 \pm 0.05) \cdot 10^2 \sqrt{\text{кэВ}} \cdot \%$$

$$\Rightarrow \delta(E) = 395 \cdot \frac{1}{\sqrt{E(\text{кэВ})}} (\%)$$

$(\sigma/E) = (12.50 \pm 0.15) \%$
на энергии 1 МэВ

FWHM = $(30.0 \pm 0.4)\%$

Исследование неоднородности светособирания



Энергии, измеренные на дне, в центре и под крышкой мишени составили (1017.0 ± 1.2) кэВ, (1114.2 ± 1.1) кэВ и (1278.6 ± 0.8) кэВ.

Зная эти величины, находим неоднородность светособирания: $(-9.5\%, +15\%)$

Неоднородность светособирания детектора iDREAM на примере источника Zn-65. Синим показан спектр на дне мишени, красным в центре, черным показан спектр сверху под крышкой мишени.

Заключение

- Проведена калибровка детектора iDREAM источниками гамма-квантов ^{22}Na , ^{60}Co , ^{65}Zn и ^{207}Bi
- Определена неоднородность светособирания детектора, которая составила (- 9.5%, +15%) относительно геометрического центра детектора – после установки светоотражающего покрытия на дно детектора неоднородность улучшилась в полтора раза.
- Исследована зависимость относительного энергетического разрешения от регистрируемой энергии для детектора iDREAM, найдена функция, описывающая данную зависимость:

$$\delta(E) = 395 \cdot \frac{1}{\sqrt{E(\text{кэВ})}} (\%)$$

- Вычислено энергетическое разрешение на 1 МэВ выделившейся в детекторе энергии:
(σ/E) = (12.50 ± 0.15) %, FWHM = (30.0 ± 0.4)%