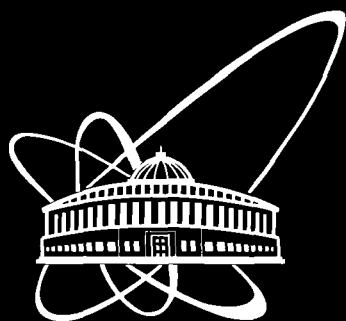




XJ0300106



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6-2002-159

В. Г. Калинин, Ж. К. Саматов, А. А. Солнышкин,
Ж. Сэрээтэр, Н. А. Лебедев, В. Г. Чумин, Я. С. Ибрахим

КАЛИБРОВКА β -СПЕКТРОМЕТРА ТИПА
«МИНИ-АПЕЛЬСИН» ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ
С ПОМОЩЬЮ β^- -СПЕКТРА ^{90}Sr

2002

Бета-спектрометр с Si(Li)-детектором электронов и магнитным фильтром типа «мини-апельсин» [1] имеет определенные преимущества:

- эффективность регистрации электронов на выбранном участке увеличивается в 5-10 раз,
- исключается регистрация позитронов,
- уменьшается загрузка детектора электронами малых энергий и х-лучами.

Для калибровки β -спектрометра типа «мини-апельсин» по энергии и эффективности обычно используются долгоживущие радиоактивные источники ^{152}Eu ($T_{1/2}=13,5$ лет) и ^{207}Bi ($T_{1/2}=31,8$ лет). Энергии и интенсивности линий конверсионных электронов при распаде этих нуклидов измерены с высокой точностью [2,3]. Однако при калибровке β -спектрометра типа «мини-апельсин» по эффективности в области энергий больше 500 кэВ возникают трудности. ^{207}Bi имеет малое число линий конверсионных электронов (три γ -перехода 569,7, 1063,6 и 1770,2 кэВ). При распаде ^{152}Eu в области 500 ÷ 1400 кэВ возникает несколько линий конверсионных электронов, но линии лежат на сплошном β -спектре и имеют малую интенсивность. В связи с этим использование непрерывного β -спектра от радиоактивного источника ^{90}Sr (28,5 лет) для калибровки β -спектрометра типа «мини-апельсин» оказывается привлекательным.

Целью настоящей работы является разработка конкретной процедуры калибровки β -спектрометра по эффективности с использованием β -источника ^{90}Sr .

С этой целью на β -спектрометре типа «мини-апельсин» с магнитами и без них в одной и той же геометрии измерялись спектры ^{90}Sr и ^{207}Bi . Источник ^{90}Sr был изготовлен выпариванием препарата ^{90}Sr . Его толщина была несколько микрограмм на 1 см². Поскольку в измерениях с магнитами и без них был использован один и тот же источник, его толщина для решения поставленной

задачи была несущественна. Для измерения спектра конверсионных электронов ^{207}Bi использовался тонкий источник. Разрешение Si(Li)-детектора для линии K1063 ^{207}Bi было 2,2 кэВ. Размеры источников ^{207}Bi и ^{90}Sr были одинаковыми (ϕ 5 мм).

Эффективность регистрации электронов β -спектрометром типа «мини-апельсин» (трансмиссия) в случае регистрации одиночной электронной линии определяется выражением

$$T = \frac{N}{N_0} (1 - k_0) \cdot \Omega_0, \quad (1)$$

где N_a - площадь пика в спектре, измеренном с магнитами,

N_0 - площадь пика, измеренного без магнитов,

k_0 - доля рассеянных от детектора электронов в измерениях без магнитов,

Ω_0 - телесный угол, выделяемый детектором, в измерениях без магнитов.

В случае измерений непрерывного β^- -спектра, как в измерениях с магнитами, так и в измерениях без магнитов, следует учитывать рассеяние электронов от детектора. Измеренное количество электронов определенной энергии (счет импульсов в канале K), равное $N_m(K)$, есть сумма числа электронов этой энергии, падающих на детектор $N_i(K)$ с учетом рассеяния - $N_i(K) (1-k)$, и числа электронов более высоких энергий, испытавших рассеяние и зарегистрированных в канале K, $N_{sc}(K)$:

$$N_m(K) = N_i(K) (1-k) + N_{sc}(K).$$

Отсюда число падающих на детектор электронов равно

$$N_i(K) = \frac{N_m(K) - N_{sc}(K)}{1 - k}. \quad (2)$$

Как и в работе [4], сделаем следующие упрощающие предположения:

- в измерениях без магнитов (угол падения электронов на детектор $-\pi/2$) доля рассеянных электронов k_0 не зависит от энергии,
- в измерениях с магнитами средний угол падения электронов на детектор изменяется и доля обратнорассеянных электронов k зависит от энергии. В интервале энергий электронов от 0 до энергии E_0 , которая соответствует максимуму β -спектра ^{90}Sr , эта доля линейно убывает от k_a до k_0 и после E_0 постоянна и равна k_0 ,
- рассеянные от детектора электроны с начальной энергией E (канал K) распределяются равномерно между всеми каналами меньшей энергии (от канала $K-1$ до $K=0$).

Величина k_a определяет долю рассеянных электронов при измерениях с магнитами. Средний угол падения электронов на детектор рассчитывается исходя из взаимного расположения источника, магнита и детектора, а значения k_a определяются из зависимости k от угла падения по формуле, приведенной в работе [5].

Пусть канал с номером K_f соответствует граничной энергии ^{90}Sr ($E_{gp}=2,28$ МэВ). Тогда количество рассеянных электронов в канале K_n можно определить так:

$$N_{scf}(K_n) = \sum_{K=K_n+1}^{K_f} N_i(K) \cdot \frac{k(K)}{K-1}.$$

Подставляя $N_i(K)$ из (2), получаем для измерений с магнитами:

$$N_{scf}(K_n) = \sum_{K=K_n+1}^{K_f} \frac{N_{m0}(K) - N_{sc0}(K)}{K-1} \cdot \frac{k(K)}{1-k(K)}. \quad (3)$$

В случае измерений без магнитов можно получить аналогичное выражение:

$$N_{sc0}(K_n) = \sum_{K=K_n+1}^{K_f} \frac{N_{m0}(K) - N_{sc0}(K)}{K-1} \cdot \frac{k_0}{1-k_0}. \quad (4)$$

Таким образом выражения (3) и (4) определяют вклады рассеянных электронов $N_{sc}(K)$ для каждого канала K . Вычисленные значения вкладов рассеянных электронов $N_{sca}(K_n)$ и $N_{sco}(K_n)$ поканально вычитаются из соответствующих измеренных спектров, и отношение полученных спектров после вычитания дает относительную эффективность (трансмиссию) спектрометра типа «мини-апельсин».

Программа экстраполирует спектры ^{90}Sr , снятые спектрометром с магнитами так, чтобы отношения числа импульсов в спектре, снятом с магнитами, к числу импульсов в спектре, снятом без магнитов, совпадали с соответствующими значениями отношений, полученными для линий конверсионных электронов ^{207}Bi . При этом параметры K_a , K_0 и E_0 варьируются.

Зависимости эффективности регистрации электронов от энергии, полученные с помощью спектрометра с магнитными сборками 8А и 6А, представлены на рис. 1 и 2 соответственно. На рисунках указаны расстояния от центральной плоскости магнитного фильтра до детектора (f) и источника (g), а также значения K_a , K_0 и E_0 , обеспечивающие лучшее согласие. Точки кривой эффективности отражают значения эффективностей для линий ЭВК источника ^{207}Bi .

Таким образом, разработана методика определения эффективности β -спектрометра с магнитным фильтром типа «мини-апельсин» в области энергии электронов от 0,5 до 2,0 МэВ с точностью ~10 %.

Авторы благодарят профессора К.Я.Громова за полезные обсуждения и ценные замечания в ходе выполнения работы, доктора В.А.Морозова и О.Чулуунбаатара за большую помощь при обработке результатов измерений.

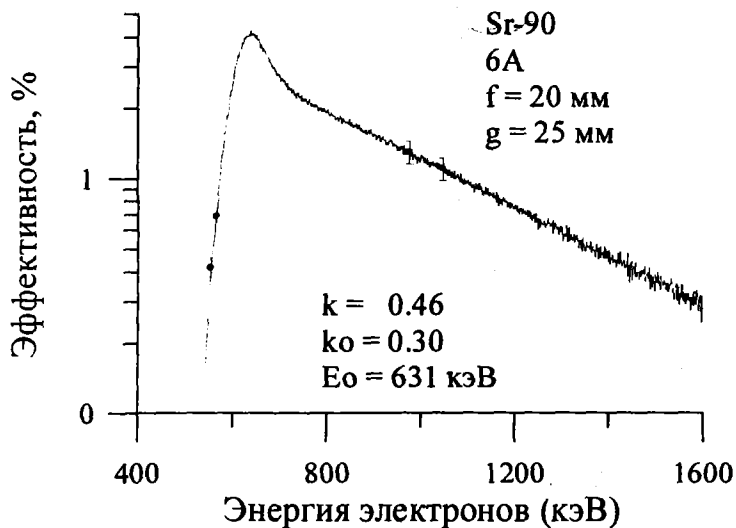


Рис.1. Эффективность регистрации электронов β -спектрометра с магнитной сборкой 6А

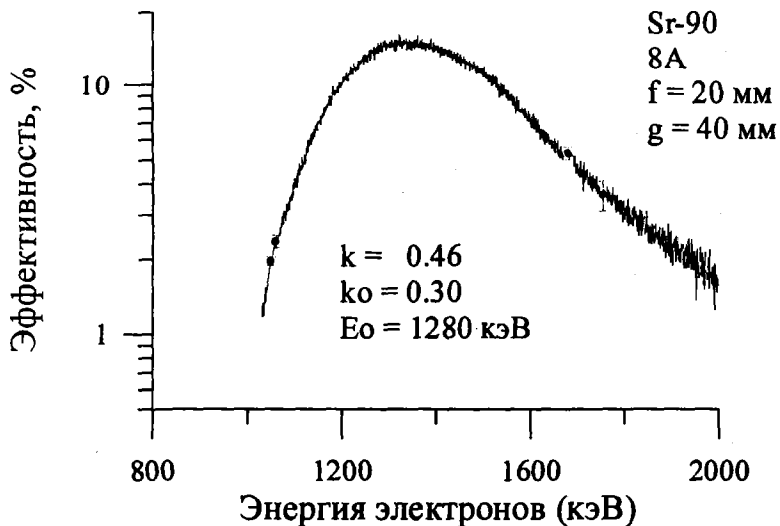


Рис.2. Эффективность регистрации электронов β -спектрометра с магнитной сборкой 8 А

Литература:

1. В.М.Горожанкин, К.Я.Громов, В.Г.Калинников и др.
Бета-спектрометр с магнитным фильтром типа «мини-апельсин».
Техника ядерного эксперимента №3, 1997, с. 8-13.
2. W.H.Trzaska. Recommended data on selected gamma-ray and conversion electron calibration sources.
Nucl. Instr. & Meth. A297(1990), 223-229.
3. J. Goswamy et al. Precision measurements of conversion electrons in ^{125}Sb , ^{152}Eu and ^{160}Tb decays. Appl.Radiat. Isot. Vol.42, No.11, pp.1025-1032, 1991.
4. K. Farzin, K.Uebelgunn and H. von Buttlar.
Experimental determination of the transmission of a mini-orange β -spectrometer.
Nucl. Instr. & Meth. in Physics Research. A240 (1985), 329 -332.
5. W.Neumann, L.Kleemann, J.Eberth et al. Details of conversion electron spectroscopy with mini-orange spectrometers.
Nucl. Instr. & Meth. 164 (1979), 539-545.

Получено 5 июля 2002 г.

**Издательский отдел
Объединенного института ядерных исследований
предлагает Вам приобрести перечисленные ниже книги:**

Индекс книги	Название книги
E2-2000-226	Труды V международного рабочего совещания «Физика тяжелых кварков». Дубна, 2000, 154 с. (на англ. яз.)
D9-2000-238	Труды международной школы молодых ученых «Проблемы ускорения заряженных частиц». Дубна, 1999, 240 с. (на русском и англ. яз.)
E1,2-2000-244	Труды международного совещания «Физика больших множественностей». Дубна, 2000, 204 с. (на англ. яз.)
E2-2000-248	Труды II международного симпозиума «Физика и детекторы на ЛНС». Дубна, 2000, 3 тома (на англ. яз.)
D1-2000-279	Труды XVII международного совещания «Коллаборация EMU 01 и перспективы использования фотозмульсий в экспериментах на пучках релятивистских ядер нуклотрона». Дубна, 1999, 244 с. (на русском и англ. яз.)
E1,2-2000-282	Труды международного совещания «Актуальные проблемы астрофизики». Дубна, 2000, 406 с. (на англ. яз.)
D19-2001-5	Труды международной конференции «Современные проблемы радиобиологии и эволюции». Дубна, 2000, 493 с. (на русском и англ. яз.)
E10-2001-11	Труды 2 международного совещания «Системы сбора данных в экспериментах на нейтронных источниках». Дубна, 2000, 341 с. (на англ. яз.)
E1,2-2001-76	Труды международного совещания «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ». Словакия, Стара Лесна, 2000, 328 с. (на англ. яз.)
E3-2001-192	Труды IX Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами. Дубна, 2001, 500 с. (на англ. яз.)
E14-2001-215	Труды II германо-российского совещания пользователей реактора ИБР-2. Нейтронные исследования в области физики конденсированного состояния на реакторе ИБР-2. Дубна, 2001, 102 с. (на англ. яз.)
D9-2001-271	Труды II международного рабочего совещания «Синхротронный источник ОИЯИ: перспективы исследований». Дубна, 2001, 157 с. (на русском и англ. яз.)
E5,11-2001-279	Труды международного совещания «Компьютерная алгебра и ее приложения в физике». Дубна, 2001, 359 с. (на англ. яз.)
E1,2-2001-290	Труды международного совещания «Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ». Дубна, 2001, 2 тома: 300 с. и 275 с. (на англ. яз.)
E1,2-2001-291	Труды XV международного семинара по проблемам физики высоких энергий. «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика». Дубна, 2000, 2 тома: 391 с. и 382 с. (на англ. яз.)

- Д9-2002-23 Труды IV научного семинара памяти В. П. Саранцева. Дубна, 2001, 263 с. (на русском и англ. яз.)
- Д10,11,-2002-28 Труды XVIII Международного симпозиума по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'2001). Болгария, Варна, 2001, 261 с. (на русском и англ. яз.)
- E1,2-2002-45 Труды совещания «Физика очень больших множественностей». Дубна, 2001, 191 с. (на англ. яз.)
- E2-2002-48 Труды XVI международного совещания «Суперсимметрии и квантовые симметрии». Польша, 2001, 276 с. (на англ. яз.)
- E4-2002-66 Труды семинара «Перспективы в изучении структуры ядра и ядерных реакций». Дубна, 2002, 112 с. (на англ. яз.)
- E2-2002-70 Труды XXIII Международного коллоквиума по теоретико-групповым методам в физике. Дубна, 2000, 2 тома: 667 с. (на англ. яз.)
- E15-2002-84 Труды V международного рабочего совещания «Применение лазеров в исследованиях ядер. Перспективы развития лазерных методов исследования ядерной материи». Познань, Польша, 2001, 353 с. (на англ. яз.)
- E18-2002-88 Труды международной летней школы «Ядерно-физические методы и ускорители в биологии и медицине». Дубна, 2001, 221 с. (на англ. яз.)
- Д19-2002-95 Труды II международного симпозиума и II Сисакьяновские чтения «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии». Дубна, 2001, 2 тома: 249 с. (на русском и англ. яз.)
- E2-2002-103 Труды IX рабочего совещания по физике спина при высоких энергиях. Дубна, 2001, 389 с. (на англ. яз.)
- E7,17-2002-135 Труды VI рабочего совещания «Теория нуклеаций и ее применение». Дубна, 2000–2002, 513 с. (на англ. яз.)
- E1,2-2002-166 Труды международной школы-семинара «Актуальные проблемы физики частиц». Гомель, 2001, 2 тома: 328 с. и 292 с. (на англ. яз.)
-

За дополнительной информацией просим обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу:

141980, г. Дубна, Московская обл.,
ул. Жолио-Кюри, 6.
Объединенный институт ядерных исследований,
издательский отдел.
E-mail: publish@pds.jinr.dubna.su

Калинников В. Г. и др.

P6-2002-159

Калибровка β -спектрометра типа «мини-апельсин» по эффективности с помощью β^- -спектра ^{90}Sr

Разработана конкретная методика калибровки β -спектрометра типа «мини-апельсин» по эффективности с помощью непрерывного β^- -спектра ^{90}Sr и спектра конверсионных электронов ^{207}Bi в области энергий электронов от 500 до 2200 кэВ. В экспериментах были использованы магнитные сборки 6А и 8А. Точность определения эффективностей равна 5–10 %.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2002

Перевод авторов

Kalinnikov V. G. et al.

P6-2002-159

Efficiency Calibration of a Mini-Orange Type β -Spectrometer by the β^- -Spectrum of ^{90}Sr

A specific method for efficiency calibration of a mini-orange type β -spectrometer by means of the continuous β^- -spectrum of ^{90}Sr and the conversion electron spectrum of ^{207}Bi in the energy range from 500 to 2200 keV has been elaborated. In the experiment typical SmCo_5 magnets (6A and 8A) were used. An accuracy of efficiency determination was 5–10 %.

The investigation has been performed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2002

Корректор *Е. В. Сабеева*

ЛР № 020579 от 23.06.97.

Подписано в печать 23.07.2002.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,38. Уч.-изд. л. 0,32. Тираж 310 экз. Заказ № 53439.

**Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.**