

6/111-72

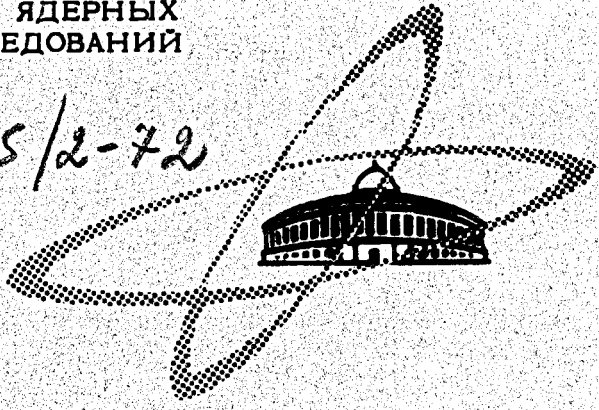
Б-865

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

715/2-72

P6 - 6229



Б. Бочев, С. А. Карамян, Т. Куцарова, Е. Наджаков,
В. Г. Субботин, Я. Ухрин, В. А. Чугреев

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ВРЕМЕН ЖИЗНИ ЯДЕРНЫХ УРОВНЕЙ
МЕТОДОМ ЭФФЕКТА ДОППЛЕРА
НА ЯДРАХ ОТДАЧИ

ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

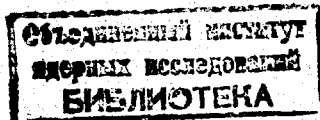
1972

Р6 - 6229

Б.Бочев, С.А.Карамян, Т.Куцарова, Е.Наджаков,
В.Г.Субботин, Я.Ухрин, В.А.Чугреев

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ВРЕМЕН ЖИЗНИ ЯДЕРНЫХ УРОВНЕЙ
МЕТОДОМ ЭФФЕКТА ДОППЛЕРА
НА ЯДРАХ ОТДАЧИ

Направлено в доклады БАН



Изучение электромагнитных переходов между ядерными состояниями является одним из наиболее эффективных методов проверки правильности используемых ядерных моделей и ядерных волновых функций.

В этом отношении существенную информацию дает экспериментальное измерение времен жизни возбужденных уровней, так как оно эквивалентно определению абсолютных вероятностей переходов. В сочетании с данными о ветвях распада и смешивании мультипольностей значение времени жизни позволяет определять матричные элементы для разных способов распада уровня.

Диапазон времен жизни ядерных состояний чрезвычайно широк и методы их измерений весьма разнообразны. В настоящей работе описана установка для измерений времен жизни в интервале 10^{-9} - 10^{-12} сек.

Метод основан на использовании эффекта доплеровского смещения γ -излучения возбужденных ядер, образованных в реакции и распадающихся на лету /1/. Данный метод получил широкое применение для изучения уровней легких ядер. В настоящее время развитие техники детектирования гамма-лучей $Ge(Li)$ детекторами с высоким энергетическим разрешением при использовании ядерных реакций с тяжелыми ионами

позволило значительно расширить область масс изучаемых ядер и измеримый диапазон времен жизни уровней. Был разработан так называемый метод "плунжера" /2-7/.

Принцип метода состоит в следующем. Возбужденные ядра, образованные в реакции, получают импульс отдачи и при использовании тонкой мишени движутся в вакууме, излучая гамма-кванты, смещенные по энергии в результате эффекта Допплера. Помещая металлический стоппер вблизи мишени, можно останавливать часть ядер отдачи до излучения. $^{68}\text{Ge}(Li)$ детектор, помещенный под углом 0° к пучку, в состоянии разрешить два гамма-пика - один соответствующий ядрам, распавшимся на лету, и второй - соответствующий ядрам, заторможенным в металлическом стоппере. Измерением относительной интенсивности этих двух пиков в зависимости от расстояния между мишенью и стоппером, можно получить кривую распада возбужденного состояния.

Экспериментальная установка

Для того чтобы эффективно использовать присущую описанному методу точность в полном диапазоне измеряемых времен жизни (10^{-9} - 10^{-12} сек), при конструировании камеры необходимо было решить следующие основные задачи: 1) ориентацию стоппера параллельно мишени с большой точностью и 2) сохранение данной ориентации на протяжении всего диапазона изменения расстояния между мишенью и стоппером. При скорости ядер отдачи, составляющей $\approx 2\%$ скорости света, этот диапазон заключен в пределах от нескольких микрон до нескольких миллиметров.

Схема установки показана на рис. 1. Пучок заряженных частиц входит в камеру после прохождения через тормозящие фольги и систему диафрагм, обеспечивающую его попадание в центр мишени, и поглощается в металлическом стоппере. Мишень (обычно фольга диаметром 10 мм и толщиной $\leq 1 \text{ мг/см}^2$) укрепляется на решетке из висмута, которая встав-

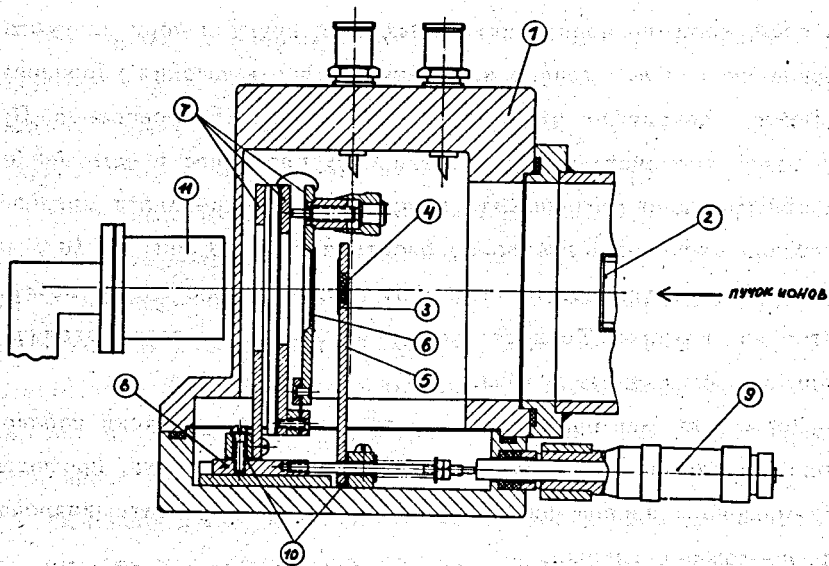


Рис. 1. Схема установки для измерений времен жизни. 1) камера, 2) диафрагмы, 3) мишень, 4) решетка из Bi , 5) держатель мишени, 6) стопер (Bi), 7) механизмы для ориентации стопера, 8) скользящая платформа, 9) микрометр, 10) изоляторы, 11) $Ge(Li)$ - детектор.

лена в держатель. Ядра отдачи, выбиваемые из мишени, останавливаются стоппером, который покрыт слоем висмута. Использование висмута позволяет существенно понизить гамма-фон кулоновского возбуждения ядер стоппера и держателя мишени. Ориентация плоскости стоппера параллельно мишени осуществляется при помощи устройства (аналогичного по функции гониометру), которое обеспечивает вращение стоппера вокруг двух осей, взаимно перпендикулярных друг другу и перпендикулярных направлению пучка. Стоппер и механизмы его вращения укреплены на платформе, скользящей от отшлифованной плоскости основания. При помощи этого устройства производится поступательное перемещение стоппера относительно мишени. Эта конструкция обеспечивает сохранение ориентации стоппера в диапазоне расстояний от 10 мкм до 10 мм. Платформа перемещается при помощи микрометрического винта, который находится вне камеры. Точность установки измеряемого расстояния по микрометру составляет 5 мкм.

Держатель мишени и пластина стоппера электрически изолированы от корпуса камеры, что позволяет определять ток пучка, прошедшего через мишень и поглощенного держателем мишени, и оптимизировать условия прохождения пучка.

Гамма-лучи регистрируются под углом 0° к направлению пучка плоско-параллельным $Ge(Li)$ детектором с активным объемом $0,9 \text{ см}^3$. Детектор был изготовлен в Исследовательском институте *EFKI*, Будапешт. Первый каскад предусилителя смонтирован внутри камеры криостата на базе охлаждаемого полевого транзистора. Энергетическое разрешение для перехода $\gamma - 122 \text{ кэВ}$ ^{57}Co составляет 1,2 кэВ и для $\gamma - 662 \text{ кэВ}$ ^{137}Cs - 1,7 кэВ. Это разрешение практически не изменяется в условиях работы на пучке. Сигнал от предусилителя подается на усилитель, после этого на второй усилитель с формирователем, далее на восстановитель постоянной составляющей и на 4096-канальный амплитудный

анализатор. Для уменьшения активационного фона была использована система блокировки амплитудного преобразователя импульсом модулятора высокочастотного генератора циклотрона на время между импульсами пучка.

Методические эксперименты

Для проверки работы аппаратуры были измерены времена жизни ротационных уровней полосы основного состояния ^{160}Er , которые определялись раньше /6/. Использовалась реакция $^{124}\text{Sn}(^{40}\text{Ar}, 4n)^{160}\text{Er}$ на выведенном пучке циклотрона ЛЯР У-300. Толщина мишени из металлического олова составляла 1 мг/см^2 . На рис. 2 показано несколько спектров гамма-лучей для разных расстояний между мишенью и стоппером, с помощью которых можно проследить изменение интенсивностей несмещенного и смещенного пиков для ряда переходов между ротационными уровнями ^{160}Er . Из разницы энергий нескольких пар пиков с учетом поправки на конечные размеры детектора была определена средняя скорость ядер отдачи - $0,018 \text{ с}$.

Основной целью описанного эксперимента являлась проверка работы аппаратуры и определение ее возможностей в отношении точности получения данных о времени жизни уровней. Сравнение спектров, показанных на рис. 2, с данными работы /6/ свидетельствует о том, что точность в определении отношений площадей смещенного и несмещенного пика, достигнутая нами, не хуже, чем в работе /6/.

На рис. 3а дается зависимость доли интенсивности несмещенного пика $(R = J_0 / J_0 + J_s)$ от расстояния для переходов $4^+ \rightarrow 2^+$; $6^+ \rightarrow 4^+$; $8^+ \rightarrow 6^+$, на рис. 3б - кривая распада для перехода $2^+ \rightarrow 0^+$. Сплошными линиями на рис. 3а представлены данные Даймонда /6/, полученные путем подробного измерения этих зависимостей с небольшим шагом по расстоянию. Точки есть экспериментальные результаты настоящей работы.

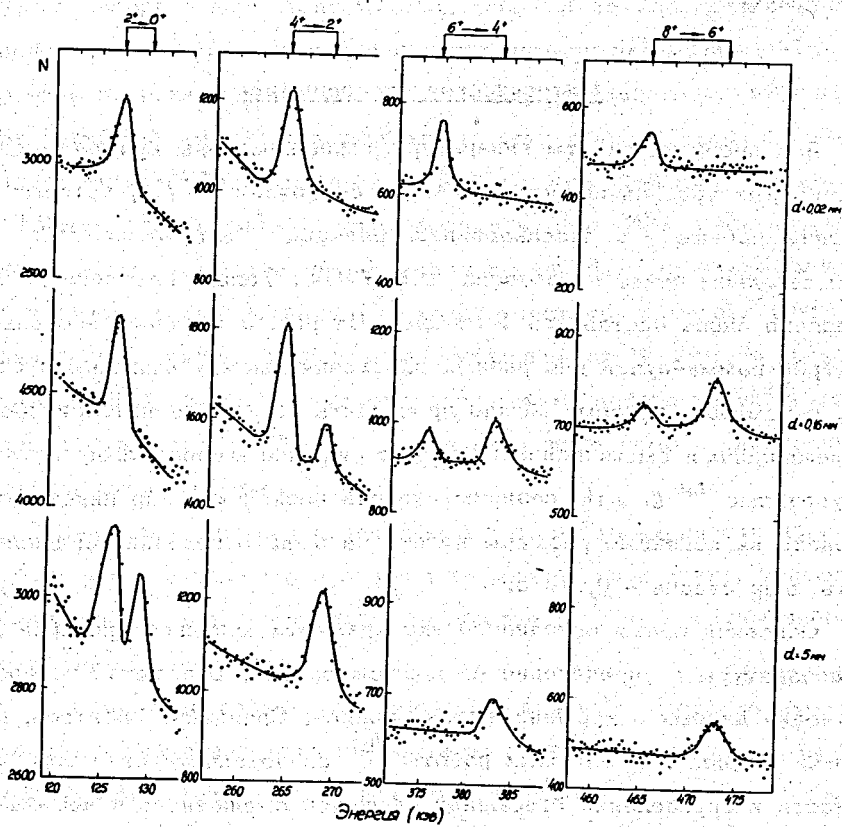


Рис. 2. Спектры гамма-лучей для переходов между ротационными уровнями в ^{160}Er при разных расстояниях между мишенью и стоппером.

Видно, что наши результаты лежат в пределах точности эксперимента на соответствующих кривых. Отсюда ясно, что при обработке наших результатов мы должны получить значения времен жизни, весьма близкие к результатам /6/.

В таблице 1 представлены полученные нами значения периодов полураспада для уровней ротационной полосы ^{160}Er в сравнении с результатами /6/. Наблюдается хорошее согласие для всех переходов. Более низкая точность наших результатов связана только с отсутствием большого числа экспериментальных точек на кривых распада для каждого перехода. При проведении более подробных измерений возможно достичь точности $\approx 5\%$ для значений времен жизни уровней.

Таблица 1

Времена жизни уровней ротационной полосы ^{160}Er

Переход	E_{γ} (кэВ)	$\tau_{1/2}$ (10^{-12} сек)	
		Наши данные	Данные /6/
2 \rightarrow 0	126,2	910 ± 140	919 ± 46
4 \rightarrow 2	264,3	37 ± 6	$34,5 \pm 1,7$
6 \rightarrow 4	376,3	$5,9 \pm 1,2$	$5,39 \pm 0,47$
8 \rightarrow 6	464,6	$2,4 \pm 0,5$	$2,16 \pm 0,47$
10 \rightarrow 8	532,1	-	$1,24 \pm 0,47$

Из проделанных экспериментов можно сделать вывод о возможности проведения с помощью указанной аппаратуры измерений времен жизни уровней в диапазоне ($10^{-9} - 10^{-12}$) сек для целого ряда нейтрондефицитных изотопов, которые могут быть получены в реакциях составного ядра с тяжелыми частицами такими, как ^{40}Ar , ^{32}S , ^{31}P .

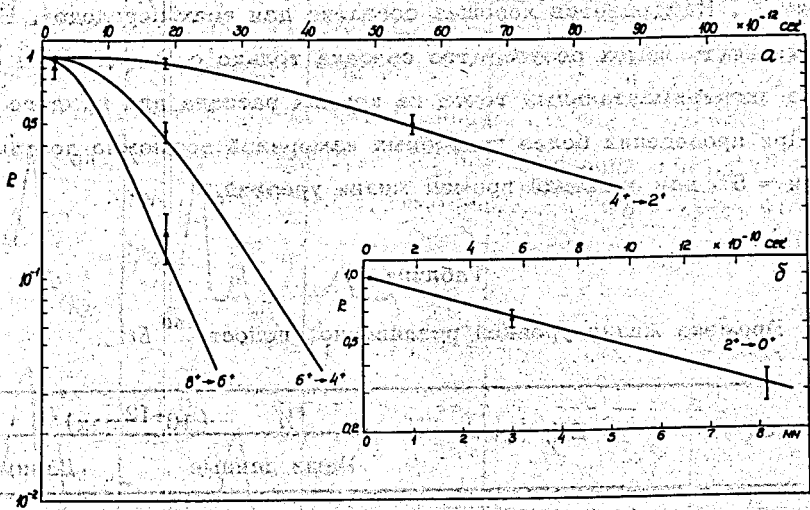


Рис. 3. Кривые распада: а) для переходов $4^+ \rightarrow 2^+$, $6^+ \rightarrow 4^+$ и $8^+ \rightarrow 6^+$; б) для перехода $2^+ \rightarrow 0^+$. Сплошными линиями представлены данные работы [6]. Точки - экспериментальные результаты настоящей работы.

Авторы выражают глубокую благодарность академику Г.Н.Флерову за постановку задачи, постоянный интерес и поддержку, Ю.Ц.Оганесяну за полезные обсуждения. Мы благодарим С.Илиева за помощь при проведении экспериментов, Ц.Венкову и Р.Калпакчиеву за участие в обработке результатов, Б.А.Загера и группу эксплуатации циклотрона У-300 за обеспечение четкой работы ускорителя.

Л и т е р а т у р а

1. S.Devons, G.Manning, D.St.-P.Bunbury. Proc.Phys.Soc. (London), A68, 18 (1955).
2. T.K.Alexander and K.W.Allen. Can.J.Phys., 43, 1563 (1965).
3. T.K.Alexander, K.W.Allen and D.C.Healey. Phys.Letters, 20, 402 (1965).
4. P.G.Bizetti, A.M.Bizetti-Sona, S.Kalbitzer and B.Pohv. Z.Physik 201, 295 (1967).
5. K.W.Jones, A.Z.Schwarzechild, E.K.Warburton and D.BFossan. Phys.Rev. 178, 1773 (1969).
6. R.M.Diamond, F.S.Stephens, W.H.Kelly and D.Ward. Phys.Rev.Letters, 22, 546 (1969).
7. R.M.Diamond, F.S.Stephens, K.Nakai and R.Nordhagen. Phys.Rev., C3, 344 (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел
14 января 1972 года