

4
A42
0



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

С.И.Аксенов, В.П.Алфименков, В.И.Лушиков, Ю.М.Останевич,
Ф.Л.Шапиро, Янь У-гуан

P-617

НАБЛЮДЕНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

γ -ЛУЧЕЙ В Zn^{67}
ЖЭТФ, 1961, т40, в1, с 88-90.

Дубна 1960 год

С.И.Аксенов^{х)}, В.П.Алфименков, В.И.Лушиков, Ю.М.Останевич,
Ф.Л.Шапиро, Янь У-гуан

P-617

НАБЛЮДЕНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ
 γ -ЛУЧЕЙ В Zn^{67}

^{х)} Физический институт им. П.Н.Лебедева АН СССР.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

919/9 48
6/616

K - захватный изотоп Ga^{67} (период полураспада $T = 78$ часов) испускает γ - кванты с энергией $E_{\gamma} = 92$ Кэв, возникающие при переходе ядра Zn^{67} из первого возбужденного состояния ($T = 9,3 \cdot 10^{-6}$ сек, относительная ширина $\frac{\Delta E}{E} = 5,3 \cdot 10^{-16}$) в основное состояние [1]. Резонансное рассеяние этих квантов на Zn^{67} , с использованием эффекта Моссбауэра [2], представляет значительный интерес, например, для изучения гравитационного красного смещения в лабораторных условиях [3,4], так как относительная ширина линии Zn^{67} на 3 порядка меньше относительной ширины γ - линии Fe^{57} , использованной в работах [5,6]. В данной работе излагаются результаты первых экспериментов, предпринятых с целью обнаружения резонансного рассеяния в Zn^{67} .

Постановка опыта

Эффект резонансного рассеяния измерялся по увеличению интенсивности фильтрованного излучения при разрушении резонанса. Источник Ga^{67} наносился на одну сторону образца предварительным облучением этой стороны протонами с энергией 6,7 Мэв. Толщина источника не превышала 0,1 мм, остальная часть образца (4-6 мм) служила фильтром (рис. 1). Разрушение резонанса производилось наложением на образец неоднородного магнитного поля с максимальной напряженностью 1500 эрстед. Магнитное поле за счет ядерного Зееман-эффекта вызывало сдвиг линии испускания по отношению к линии поглощения, причем этот сдвиг в десятки раз превосходил естественную ширину линии. Детекторами излучения служили фотоумножители ФЭУ-11Б с кристаллами NaJ толщиной 15 мм.

При описанной плохой геометрии опыта комптоновское и резонансное рассеяние квантов в детектор снижает наблюдаемый эффект в 2-3 раза против эффекта в идеальной геометрии. Мы считали, однако, что этот недостаток искупается двумя преимуществами:

а) в значительной мере исключается возможность взаимных движений источника и фильтра;

б) уменьшается опасность сдвигов линий испускания и поглощения за счет нетождественности состава и обработки источника и фильтра.

Изменение коэффициента усиления умножителя при включении магнитного поля не превышало 10^{-5} . Для исключения ошибок, вызванных дрейфом регистрирующей аппаратуры, измерения с полем и без поля чередовались каждые 20-40 сек. Интервалы времени задавались генератором частоты с кварцевой стабилизацией. После каждого выключения поля производилось размагничивание, так что остаточное поле не превышало 1 эрстеда.

Основные измерения производились при температуре $4,2^{\circ}\text{K}$ и 300°K с поликристаллическим образцом цинка, обогащенного до 33%. Для контроля измерялась также интенсивность излучения 92 Кэв, проходящего через образец естественного цинка (4,1% In^{67}). В части экспериментов регистрировалась, кроме того, интенсивность фильтрованного излучения 180 и 270 Кэв, которое не должно испытывать резонансного поглощения.

Кроме металлического In были исследованы упорядоченный сплав меди и естественного цинка (β' - латунь, 50% Cu , 50% In) и сплав $\text{Cu} = 1,5\% \text{In}$, обогащенного до 71% In^{67} . Латунь и сплав $\text{Cu}-\text{In}$ в пределах статистической точности измерений, составляющей соответственно $2,2 \cdot 10^{-2}\%$ и $7,5 \cdot 10^{-2}\%$ эффекта резонансного поглощения не обнаружили.

Результаты измерений с металлическим цинком приведены в таблице 1.

Обсуждение результатов

Как видно из таблицы, интенсивность излучения с $E_{\gamma} = 92$ Кэв, фильтрованного через обогащенный цинк, при температуре $4,2^{\circ}\text{K}$ возрастает при наложении магнитного поля на величину $\delta = (2,58 \pm 0,84) \cdot 10^{-2}\%$. Знак изменения соответствует наличию эффекта Моссбауэра в цинке, а его величина в 3 раза превосходит среднеквадратичную случайную ошибку измерений. В то же время ни в одном из 7 контрольных измерений δ не выходит за среднеквадратичную ошибку.

При расчете эффекта Моссбауэра в цинке нельзя пользоваться приближением Дебая, так как дебаевская температура цинка сильно зависит от абсолютной температуры [7]. М.В. Казарновский, исходя из экспериментальных данных о теплоемкости In , нашел, что для явления Моссбауэра эффективная дебаевская температура цинка равна 213°K [8]. Используя эту цифру, учитывая квадрупольное расщеп-

ление уровней Zn^{67} в гексагональной кристаллической решетке Zn и вводя фактор $1/2 - 1/3$ на "разбавление" эффекта из-за плохой геометрии опыта, получаем ожидаемую величину эффекта δ ожид. = $(6-9) \cdot 10^{-2}\%$. δ ожид. в несколько раз больше наблюдаемой величины δ , что может объясняться уширением или сдвигом линии Моссбауэра или неправильным положением части атомов Ga^{67} в решетке цинка.

Недавно Паунд и Ребка сообщили о неудачной попытке обнаружения резонансного поглощения в естественном Zn в пределах точности измерения $0,1\%$ [9]. Очевидно, этот результат согласуется с нашими данными, поскольку даже в обогащенном цинке эффект в 4 раза меньше погрешности опытов [9].

Малая величина эффекта резонансного поглощения в Zn затрудняет его дальнейшее исследование или использование по методу пропускания. В настоящее время готовятся эксперименты по регистрации рассеянного резонансного излучения Zn^{67} , причем для лучшего отделения от нерезонансного фона предполагается использовать детекторы с лучшим энергетическим разрешением (пропорциональные ксеноновые счетчики) и применить модуляцию падающего на рассеиватель пучка γ -квантов с помощью вращающегося прерывателя. Такая модуляция технически осуществима ввиду сравнительно большого среднего времени жизни изомерного уровня Zn^{67} .

Наряду с этим следует рассмотреть возможность увеличения относительного выхода линии Моссбауэра за счет введения Zn^{67} в вещества с большим атомным весом. Используя классическую теорию эффекта Моссбауэра [10], можно усмотреть, что в случае малой примеси относительная площадь линии Моссбауэра определяется не массой атома излучателя, а массой атома растворителя и, конечно, дебаевской температурой растворителя.

В заключение авторы благодарят И.Я.Барита, А.Г.Зельдовича, Я.Б.Зельдовича и М.И.Подгорещкого за полезные обсуждения, Е.Я.Пикельнер, В.А.Отрошенко и А.И.Секирина за помощь в измерениях. Облучение образцов производилось на циклотроне НИИЯФ МГУ. Авторы пользуются случаем выразить глубокую благодарность С.С.Васильеву, Г.В.Кошеляеву, А.Ф.Тулинову и персоналу циклотрона.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 сентября 1960 года.

Т а б л и ц а I

Относительное изменение интенсивности фильтрованного излучения при наложении магнитного поля, δ , % · 10⁻²

№ серии измерений	300°K			
	4°K	обогащенный Zn	естественный Zn	естественный Zn
	$E_{\Gamma} = 92$ КэВ	$E_{\Gamma} = 180$ КэВ	$E_{\Gamma} = 92$ КэВ	$E_{\Gamma} = 180$ КэВ
I	4,48±2,69	-1,36±2,85	0,84±1,40	-1,74±1,61
II	2,74±1,65	-0,75±1,83	0,63±0,84	0,70±0,89
III	2,22±1,04	-0,67±1,32	0,09±1,18	0,26±0,79
среднее	2,58±0,84	-0,67±1,32	0,68±0,73	0,26±0,79

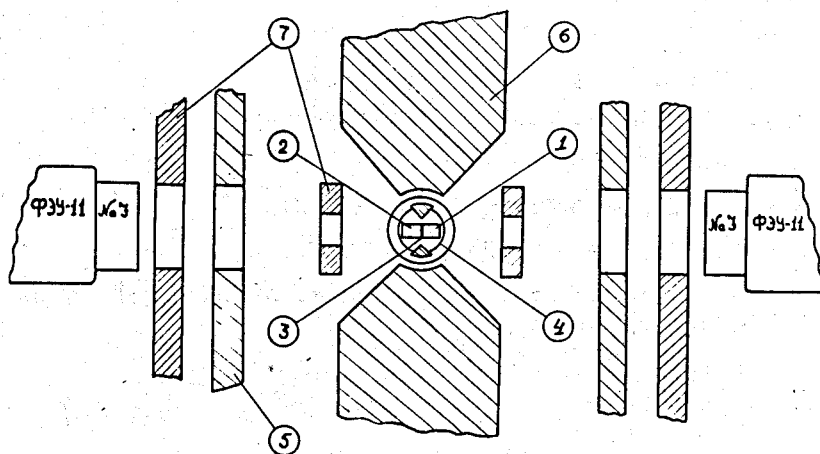


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1. Образец из обогащенного Zn . 2. Образец из естественного Zn .
3. Сторона обогащенного образца, облученная на циклотроне.
4. Экран при $t^{\circ} = 80^{\circ}K$ с полюсными наконечниками из железа "Армко".
5. Магнитный экран, железо. 6. Полюса электромагнита.
7. Свинцовые коллиматоры.

Образцы 1 и 2 припаяны ко дну сосуда с жидким гелием. Фотоумножители окружены экраном из пермаллоя толщиной 5 мм.

Л и т е р а т у р а

1. Б.С.Джелепов и Л.К.Пекер "Схемы распада радиоактивных ядер", 1958г. Издательство Академии наук СССР.
2. R.L.Mossbauer. Zs.Phys. 151, 124 (1958). Zs. Naturforsch. 14a, 211 (1959)
3. И.Я.Барит, М.И.Подгорецкий, Ф.Л.Шапиро. ЖЭТФ, 38, 301 (1960).
4. R.V.Pound, G.A.Rebka, Jr. Phys.Rev.Lett. 3, 439 (1959).
5. R.V.Pound, G.A.Rebka, Jr.Phys.Rev.Lett. 4, 337 (1960).
6. T.E.Cranshaw, I.P.Schiffer, A.B.Whitehead. Phys.Rev.Lett. 4, 163 (1960).
7. Handbuch der Phys. v.7 /1956/.
8. М.В.Казарновский. ЖЭТФ, 38, 1652 (1960).
9. R.V.Pound, G.A.Rebka, Jr. Phys.Rev.Lett. 4, 397 (1960).
10. Ф.Л.Шапиро "Элементарная теория эффекта Моссбауэра". Издание ФИАН им. П.Н.Лебедева, Москва, 1960 г.
11. P.P.Craig, D.E.Nagle, D.R.Cochran, Jr. Phys.Rev.Lett. 4, 561 (1960).
12. D.E.Nagle, P.P.Craig, W.E.Keller, Nature 186, 707 (1960).

Примечание при корректуре.

В недавно появившихся работах [11, 12] сообщается о наблюдении резонансного поглощения γ -лучей $^{92}\text{Kev Zn}^{67}$ с источником и фильтром в виде окиси цинка