

Письма в ЖЭТФ, том 12, стр. 85 – 88

20 июля 1970 г.

**НАБЛЮДЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ФОТОЭФФЕКТА
И ВНУТРЕННЕЙ КОНВЕРСИИ ПРИ РЕЗОНАНСНОМ ПОГЛОЩЕНИИ
M1 ГАММА-КВАНТОВ Sn¹¹⁹**

*К.П.Чиркованов, М.В.Плотникова, Н.И.Рохлов,
Б.С.Пинель.*

Возможность интерференции между процессами фотоэффекта и внутренней конверсии при резонансном поглощении у-квантов впервые рассмотрена в работах [1, 2], где было показано, что асимметрия Ta¹⁸¹ объясняется именно этим явлением. Отмечалось, что в спектрах поглощения интерференция может наблю-

даться только в случае γ -переходов мультипольности E1, когда выражение для полного сечения поглощения σ_t имеет вид:

$$\sigma_t = \sigma_{ph} + f' \sigma_0 [(1 + \beta x) / (1 + x^2)], \quad (1)$$

где σ_{ph} – сечение фотоэффекта, f' – фактор Дебая – Валлера для ядер поглотителя, σ_0 – сечение резонансного поглощения γ -квантов, $x = 2(E - E_0)/\Gamma$ – разность между энергией γ -кванта и резонансной энергией в единицах полуширин линии спектра поглощения, β – численный коэффициент, определяющий вклад интерференционного члена в полное сечение поглощения.

Выводы теоретических расчетов были подтверждены измерениями формы спектров резонансного поглощения E1 γ -квантов Dy¹⁶¹ [3]. Дальнейшая разработка теории интерференционных явлений в ядерном γ -резонансе [4] показала, что при определенных условиях этот эффект может проявляться и для γ -переходов других мультипольностей. Для наблюдения интерференции в этом случае оказывается необходимым выделение направления вылета электронов. В частности, для γ -переходов M1 интерференционный коэффициент имеет вид:

$$\beta_{M1} = d \cos \theta, \quad (2)$$

где θ – угол между импульсами γ -кванта и электрона.

Численная величина множителя d зависит от характера электронного перехода, например, для конверсионных переходов с s-подоболочек, в частности с K-оболочки, значение d близко к нулю.

Для экспериментальной проверки предсказанных в работе [4] эффектов удобным объектом является M1 γ -переход Sn¹¹⁹. Энергия этого перехода 23,8 кэВ меньше энергии связи электронов K-оболочки, что позволяет надеяться на наличие в этом случае интерференционного эффекта заметной величины.

Из вида угловой зависимости (2) следует, что коэффициент β для M1 γ -переходов имеет противоположные знаки для электронов, вылетающих "вперед" ($0 < \theta < \pi/2$) и "назад" ($\pi/2 < \theta < \pi$) по отношению к направлению распространения γ -квантов. Таким образом, при регистрации электронов, испускаемых тонким слоем атомов поглотителя, плоскость которого перпендикулярна лучу γ -лучей, может наблюдаться интерференционная асимметрия спектра. Ее знак будет зависеть от того, осуществляется ли регистрация электронов с обращенной к источнику стороны поглотителя, или с противоположной стороны. Величина асимметрии определяется значением β , усредненным по направлениям вылета электронов "вперед" или "назад".

Для такого рода измерений удобно использовать резонансный счетчик [5]. Изготовленные нами для выполнения этой работы резонансные счетчики содержали один слой резонансного вещества – CaSnO₃, нанесенного на тонкую бериллиевую фольгу. Толщина резонансных покрытий изменялась в интервале от 0,1 до 0,7 мкм. Конструкция счетчиков позволяла производить облучение как со стороны подложки, так и со стороны резонансного слоя. В первом случае регистрировалась интенсивность счета N₁ электронов, вылетающих "вперед", во втором случае – "назад" – (N₂). Измерения проводились с источником BaSnIV₃.

Мессбауэровский спектр, измеренный с помощью резонансного счетчика, представляет собой кривую с максимумом в точке совпадения линий испускания и поглощения, причем счет γ -квантов в максимуме разованса N₀ превы-

шает уровень фона в несколько раз (рис. 1). Малый уровень счета в областях, далеких от резонанса, позволяет повысить точность определения интерференционного члена, который с ростом x убывает медленнее, чем сечение резонансного поглощения.

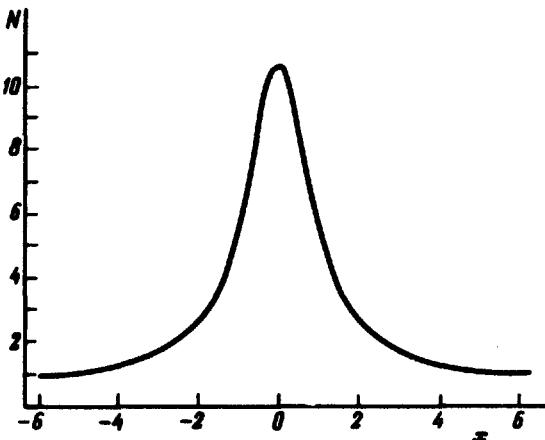


Рис. 1. Мессбауэровский спектр счетчика с резонансным покрытием $0,4 \text{ м}^2/\text{см}^2$. Здесь и на рис. 2, по горизонтальной оси отложены значения скорости источника в единицах x

В работе использовалась установка с постоянной скоростью v , на которой в одном измерении определялся счет $N(+v)$ и $N(-v)$ в двух точках спектра, симметричных относительно нулевой скорости. взаимное расположение источника и счетчика периодически менялось для определения N_1 и N_2 . Так как максимум поглощения для данной резонансной пары находится вблизи нулевой скорости (по нашим данным сдвиг спектра CaS^{61} , составляет $+0,018 \text{ м}/\text{сек}$), то величина $\Delta N(v) = [N(+v) - N(-v)]/N_c$ содержит удвоенный интерференционный член. Двойная разность $\Delta_v^- = \Delta N_1(v) - \Delta N_2(v)$ характеризует изменение симметрии спектра при обращении направления вылета электронов. Численную величину Δ_v^- в основном определяет интерференционный член, который входит сюда с коэффициентом 4. Из величины Δ_v^- было найдено значение асимметричной составляющей спектра, изменяющей знак асимметрии при обращении направления вылета электронов. На рис. 2 приведены экспериментальные точки, представляющие интенсивность этой составляющей, взятую по отношению к интенсивности поглощения v -квантов в максимуме резонанса. На этом графике сплошная кривая демонстрирует энергетическую зависимость интерференционного члена $\beta x/(1+x^2)$ при $\beta = 2, 10^{-3}$. Положение экспериментальных точек хорошо согласуется с ходом этой кривой. Наблюдаемая асимметрия соответствует коэффициенту $\beta = (2 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$.

Для проверки полученных результатов была проведена серия контрольных измерений с резонансными счетчиками, содержащими два обращенных навстречу друг другу резонансных слоя. В таких счетчиках число электронов, вылетающих "влево" и "назад" по отношению к направлению v -квантов, примерно одинаково для любых взаимных расположений счетчика и источника и интерференционная асимметрия спектра должна отсутствовать, что и было показано экспериментально (светлые точки на рис. 2).

Следует отметить, что наблюдавшаяся асимметрия спектра несколько занижена из-за наличия обратного рассеяния электронов. Оценка влияния обратного рассеяния [6] показывает, что это ослабление достигает величины 30–50%. С учетом этого факта для интерференционного коэффициента усредненного по направлениям вылета электронов "влево" ($0 \leq \theta \leq \pi/2$) следует принять значение $\beta = + (3 \pm 1) \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, можно считать установленным, что интерференция внутренней конверсии и фотоэффекта имеет место и в случае M1 γ -переходов, а свойства этого явления соответствуют предсказанным в работе [4].

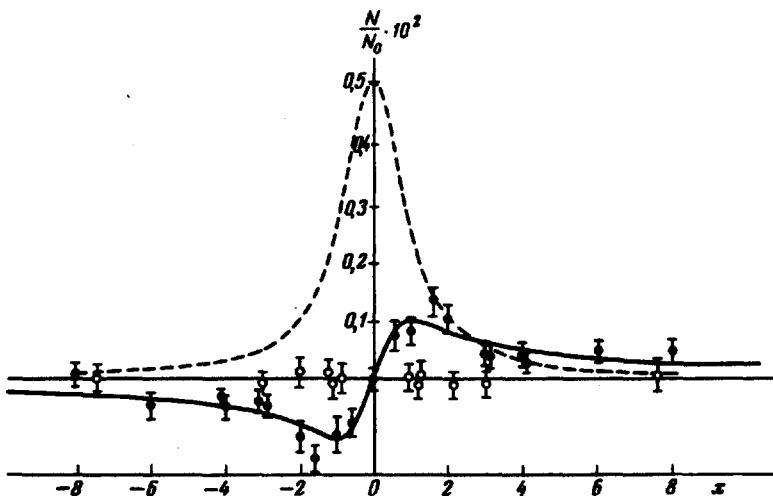


Рис. 2. Относительная интенсивность асимметричной компоненты спектра поглощения, соответствующая отбору электронов, вылетающих "вперед" (темные точки). Сплошная кривая — интерференционный член $\beta x / (1 + x^2)$ ($\beta = 2 \cdot 10^{-3}$). Пунктир — сечение разонансного поглощения $1 / (1 + x^2)$ (в масштабе 1:200). Светлые точки — контрольная серия измерений.

Авторы выражают большую признательность Ю.Кагану и А.Афанасьеву за сообщение результатов расчетов [4] до их опубликования.

Научно-исследовательский институт
ядерной физики
Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
10 июня 1970 г.

Литература

- [1] Ю.М.Каган, А.М.Афанасьев, В.К.Войтовецкий. Письма в ЖЭТФ, 9, 155, 1969.
- [2] G.T.Trammel, J.P.Hannan. Phys. Rev., 180, 337, 1969.
- [3] В.Д.Горобченко, И.И.Лукащевич, В.В.Скляревский, Н.И.Филиппов. Письма в ЖЭТФ, 9, 237, 1969.
- [4] A.Afanas'ev, Ju Kydan. Phys. Lett., 431, 38, 1970.
- [5] М.В.Плотникова, К.Н.Митрофанов, В.С.Шпинель. Письма в ЖЭТФ, 3, 323, 1966.
- [6] Г.Кноп, В.Пауль. Альфа-бета и гамма-спектроскопия под ред. К.Зигбана, вып. 1, Атомиздат, М., 1969.