

НАБЛЮДЕНИЕ НЕСОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ В АТОМНЫХ ПЕРЕХОДАХ

Л.М. Барков, М.С. Золоторев

В работе обнаружен эффект несохранения четности в атомных переходах. Измерялся поворот плоскости поляризации света на компонентах сверхтонкого расщепления линии 6477 Å висмута.

Работа по поиску эффектов несохранения четности в атомных переходах в институте ядерной физики СО АН СССР была начата в 1974 году под влиянием дискуссий с И.Б. Хриповичем. Впервые на возможность существования таких эффектов обратил внимание Я.Б. Зельдович в 1959 году [1] и с тех пор они неоднократно обсуждались в работах [2 – 6]. Аналогичные работы с другой методикой проводятся в Оксфорде и Сиэтле [7 – 12].

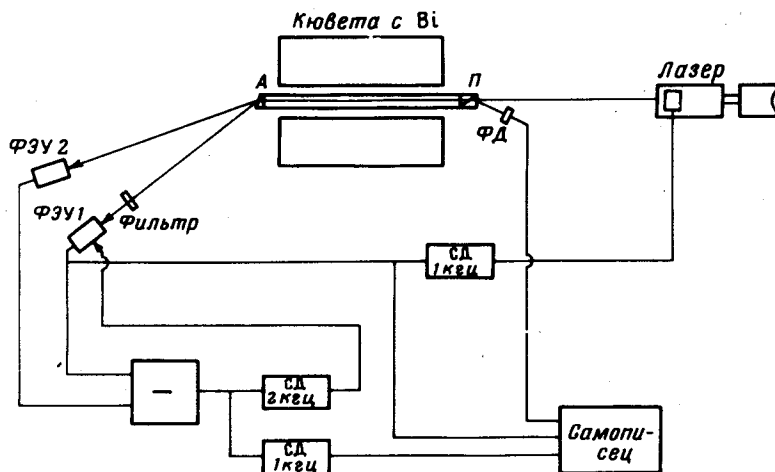


Рис. 1. Блок-схема установки

На рис. 1 приведена блок-схема нашей установки для измерения поворота плоскости поляризации света, прошедшего через пары висмута. Измерения проводятся на линии 6477 Å, соответствующей магнитно-диольному переходу. Источником света служит лазер на красителе фирмы Спектра-Физикс модель 375. В лазер был введен элемент, позволяющий работать в режиме одночастотной генерации и сканировать длину волны лазерного излучения на частоте 1 кГц. Мощность излучения в одночастотном режиме генерации 15 мвт.

Модулированный по частоте излучения свет проходит через поляризатор, кювету с парами висмута и анализатор. Поляризатор и анализатор находятся внутри вакуумного объема кюветы. Для предохранения

их от напыления и поддержания постоянного давления паров используется буферный газ гелий. Оси поляризатора и анализатора развернуты друг относительно друга на угол θ_0 . Конструкция крепления поляризатора дает возможность оперативного изменения этого угла.

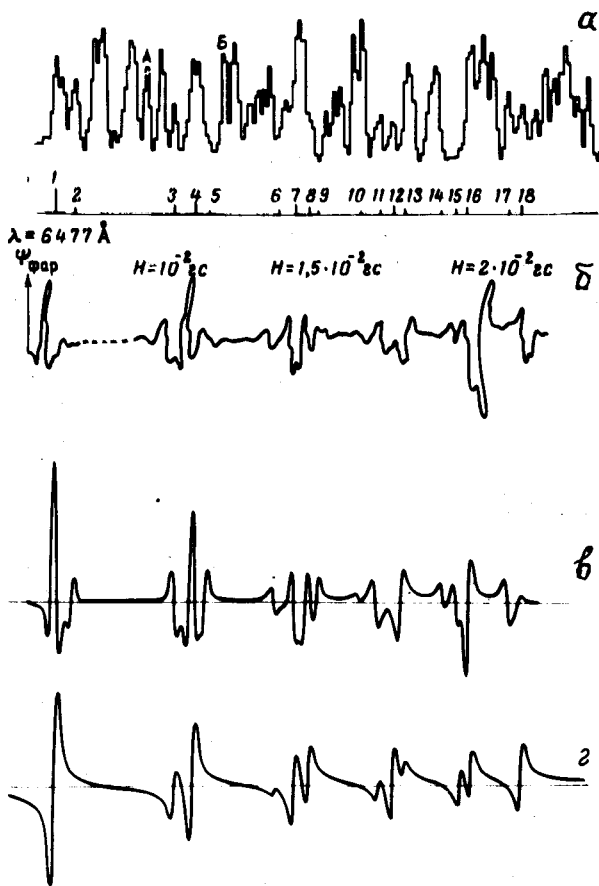


Рис.2, а – Спектр поглощения паров висмута; б – экспериментально измеряемое фарадеевское вращение на линиях сверхтонкой структуры; в – теоретическая кривая для фарадеевского вращения [13]; г – рассчитанное по модели Вайнберга – Салама вращение угла плоскости поляризации

После анализатора выходят два луча света с ортогональными поляризациями. Угол между осью анализатора и поляризацией света равен $\theta = \theta_0 + \psi$, где ψ – угол поворота плоскости поляризации парами висмута. Ожидаемая величина $\psi \sim 10^{-7} \text{ рад}$, θ_0 выбирался равным $\sim 10^{-3} \text{ рад}$. Таким образом интенсивность света в одном из каналов равна

$$I \approx I_0 \theta^2 \approx I_0 \theta_0^2 (1 + 2\psi/\theta_0),$$

а в другом канале равна $I_0 \cos^2 \theta \approx I_0$. Так как ожидаемый эффект пропорционален реальной части показателя преломления, то при сканировании длины волны излучения лазера относительно центра линии поглощения, в первом канале интенсивность света должна содержать первую гармонику частоты сканирования.

Два сигнала с фотодетекторов подаются на схему вычитания и синхронно детектируются по первой гармонике частоты сканирования. Для поддержания равенства уровней вычитаемых сигналов используется обратная связь по второй гармонике частоты сканирования.

Обратная связь по первой гармонике в сигнале канала с большей интенсивностью света используется для поддержания правильного положения сканирования относительно линии поглощения паров висмута.

Кювета с парами висмута расположена внутри двойного магнитного экрана. Среднее магнитное поле вдоль оси пучка света составляет $2 \cdot 10^{-5}$ эс. Кювета позволяет работать до температур 1500°K . При этих температурах парциальные давления паров атомарного и молекулярного висмута приблизительно одинаковы и колебательно-вращательный спектр молекул накладывается на линии поглощения сверхтонкой структуры, изучаемой атомарной линией.

На рис. 2, а приведен спектр линии поглощения паров висмута. Шаг гистограммы соответствует расстоянию между соседними продольными модами резонатора лазера и равен $400 \text{ м}\mu$. Измерения фарадеевского вращения плоскости поляризации света, показанные на рис 2, б, и их сравнение с теоретическими расчетами [13] (см. рис.2, в)¹⁾ позволили однозначно идентифицировать сверхтонкую структуру линии 6477 \AA атомарного висмута. Результаты этих измерений согласуются также с результатами, полученными в Оксфорде (П.Сандарс, частное сообщение).

Измерения поворота плоскости поляризации проводились на линиях: 1, 3, 7, 10, 12, А, Б. Результаты измерений приведены в таблице изме-

Линия	$F \rightarrow F'$	$\psi_{\text{эксп}} \cdot 10^8$	$\psi_{\text{теор}} \cdot 10^8$
1	6 - 7	$-11,8 \pm 5,5$	- 12,2
3	6 - 6	$-4,7 \pm 2,2$	- 3,1
7	5 - 5	$-3,6 \pm 4,0$	- 4,2
10	6 - 4	$0,0 \pm 1,8$	+ 0,1
12	4 - 4	$-11,3 \pm 3,2$	-4,2
А	-	$+11,9 \pm 11,9$	+0,1
Б	-	$+6,6 \pm 2,8$	+0,1

¹⁾Приведенные на рис. 2 расчетные кривые были любезно предоставлены В.И.Новиковым и О.П.Сушковым.

рения проводились при полном давлении паров висмута 24 мм рт. ст. и эффективной длине кюветы порядка 30 см. Амплитуда сканирования соответствовала одной – двум доплеровским ширинам. Значения углов поворота, приведенные в таблице, определялись как $\partial\psi/\partial\omega \Delta\omega$, где $\Delta\omega > 0$ – амплитуда сканирования. Используется принятое в оптике определение, при котором положительным считается вращение по часовой стрелке с точки зрения наблюдателя, смотрящего в источник. Приведенные в таблице теоретические значения угла поворота плоскости поляризации света для модели Вайнберга основаны на результатах работы [14].

Как видно из таблицы, на всех рабочих линиях 1, 3, 7, 12 наблюдается поворот плоскости поляризации. Средний угол поворота на этих линиях равен $\overline{\psi}_{\text{эксп}} = (-6,7 \pm 1,6) \cdot 10^{-8}$ рад, в то время как средний угол поворота на контрольных линиях 10, А, Б равен $(+2,1 \pm 1,5) \cdot 10^{-8}$ рад.

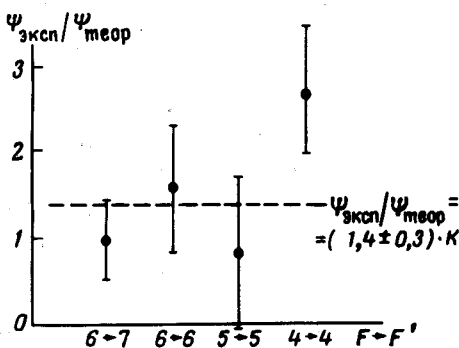


Рис.3. Отношение экспериментально измеренных углов вращения плоскости поляризации к рассчитанным по модели Вайнберга – Салама

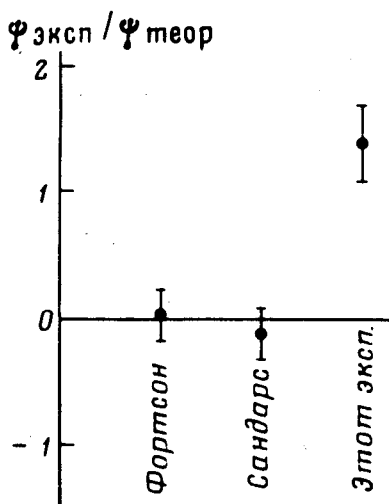


Рис.4. Сравнение результатов данной работы (при $k = 1$) с результатами работ [11, 12]

На рис.3 приведено отношение экспериментально измеренного угла поворота плоскости поляризации света к предсказанному для модели Вайнберга – Салама. Среднее значение этого отношения

$$\overline{\psi}_{\text{эксп}} / \psi_{\text{В-С}} = (+1,4 \pm 0,3) k .$$

Множитель k введен из-за неточного знания оптической длины паров висмута, а также некоторой неопределенности взаимного расположения мод резонатора и контуров линий поглощений. По нашим оценкам этот множитель лежит в интервале от 0,5 до 1,5.

На рис. 4 приведено сравнение результатов этой работы при $k = 1$ с результатами, полученными в Сизтле и Оксфорде. Полученные результаты свидетельствуют о существовании несохранения четности в атомных переходах и не противоречат предсказаниям модели Вайнберга — Салама.

Авторы искренне благодарны покойному Г.И.Будкеру за поддержку этой работы, А.Н.Скринскому, В.А.Сидорову, И.И.Гуревичу за постоянный интерес к работе, И.Б.Хриповичу за многочисленные обсуждения всех этапов этой работы, В.П.Черепанову, Э.А.Куперу и А.А.Литвинову за изготовление и наладку электроники, В.М.Хореву, В.С.Мельникову и И.Ф.Легостаеву за помощь в конструировании и изготовлении установки.

Институт ядерной физики
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
14 февраля 1978 г.

Литература

- [1] Я.Б.Зельдович. ЖЭТФ, **36**, 964, 1959.
- [2] M.S.Bouchiat, C.C.Bouchiat. Phys. Lett., **48B**, 111, 1974.
- [3] А.Н.Москалев. Письма в ЖЭТФ, **19**, 229, 1975.
- [4] И.Б.Хрипович. Письма в ЖЭТФ, **20**, 686, 1974.
- [5] P.G.H.Sandars. Atomic Physics IV, Plenum Press, New York, 1975.
- [6] D.C.Soreide, E.N.Fortson. Bull. Am. Phys. Soc., **20**, 491, 1975.
- [7] D.C.Soreide, D.E.Roberts, E.G.Lindahl, L.L.Lewis, G.R.Apperson, E.N.Fortson. Phys. Rev. Lett., **36**, 352, 1976.
- [8] E.N.Fortson. Invited talk at the V Intern. Conf. on Atomic Physics. Berkeley, 1976.
- [9] P.E.Baird, M.W.Brimicombe, G.J.Roberts, P.G.H.Sandars, D.N.Stacey. Invited talk at V Intern. Conf. on Atomic Physics. Berkeley, 1976.
- [10] P.E.Baird et. al., E.N.Fortson et. al. Nature, **264**, 528, 1976.
- [11] L.L.Lewis, J.H.Hollister, D.C.Soreide, E.G.Lindahl, E.N.Fortson. Phys. Rev. Lett., **39**, 795, 1977.
- [12] P.E.Baird, M.W.Brimicombe, R.G.Hunt, G.J.Roberts, P.G.H.Sandars, D.N.Stacey. Phys. Rev. Lett., **39**, 798, 1977.
- [13] В.Н.Новиков, О.П.Сушков, И.Б.Хрипович. Оптика и спектроскопия, **43**, 621, 1977.
- [14] В.Н.Новиков, О.П.Сушков, И.Б.Хрипович. ЖЭТФ, **71**, 1665, 1976.