

ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПАРОВ Vi

Ю. В. Богданов, И. И. Сوبельман, В. Н. Сорокин, И. И. Струк

Сообщаются результаты эксперимента по поиску эффекта несохранения четности в атоме Vi на магнитном переходе $6p^3\ ^4S_{3/2} - 6p^3\ ^2D_{5/2}$, $\lambda = 648$ нм. Ожидаемый теоретический эффект в эксперименте не наблюдается.

В работе сообщается о результатах эксперимента по поиску оптической активности паров Vi , обусловленной несохраняющим четность слабым взаимодействием атомных электронов с ядром (эффект, предсказываемый моделью слабых взаимодействий Вейнберга – Салама, в дальнейшем эффект PNC – см., например [1 – 3]). Исследовался магнитный дипольный переход $\lambda = 648$ нм, $6p^3\ ^4S_{3/2} - 6p^3\ ^2D_{5/2}$, тот же, что и в работах [4] и [5, 6]. Измерения проводились на компоненте сверхтонкой структуры $F = 6 - F = 7$. Расчетный спектр поглощения – компоненты $6 - 7$ и $5 - 7$ (квадрупольный переход), а также расчетные кривые фарадеевского вращения $\phi_F(\omega)$ и ожидаемого эффекта $\phi_{\text{PNC}}(\omega)$ приводятся на рис. 1, а. Нормировка $\phi_F(\omega)$ и $\phi_{\text{PNC}}(\omega)$ соответствует следующим значениям характерных параметров: магнитное поле $H = 1,55 \cdot 10^{-4}$ Гс, оптическая толщина в максимуме поглощения $\kappa L = 1$, величина $R = \text{Im} \frac{E_1}{M_1} = -18 \cdot 10^{-8}$ – см. [7 – 10]. Здесь E_1 – матричный

элемент электрического диполя, возникающего из-за эффекта PNC, M_1 – матричный элемент магнитного диполя.

При данных значениях κL и R ожидается разность углов $\phi_{\text{PNC}} = -\kappa LR \frac{\text{Re}(\epsilon - 1)}{\text{Im} \epsilon}$, где $\epsilon(\omega)$ – диэлектрическая проницаемость в точ-

ках max и min кривой $\phi_{\text{PNC}}(\omega)$, т. е. в точках ω_- , ω_+ на рис. 1, а, равная $\Delta\phi_{\text{PNC}} \approx 18 \cdot 10^{-8}$ рад.

На рис. 1,б приводятся записи спектра поглощения (на атомный спектр наложены линии молекулярного висмута) и фарадеевского вращения $\phi_F(\omega)$ в поле $H = 2,7 \cdot 10^{-2}$ Гс.

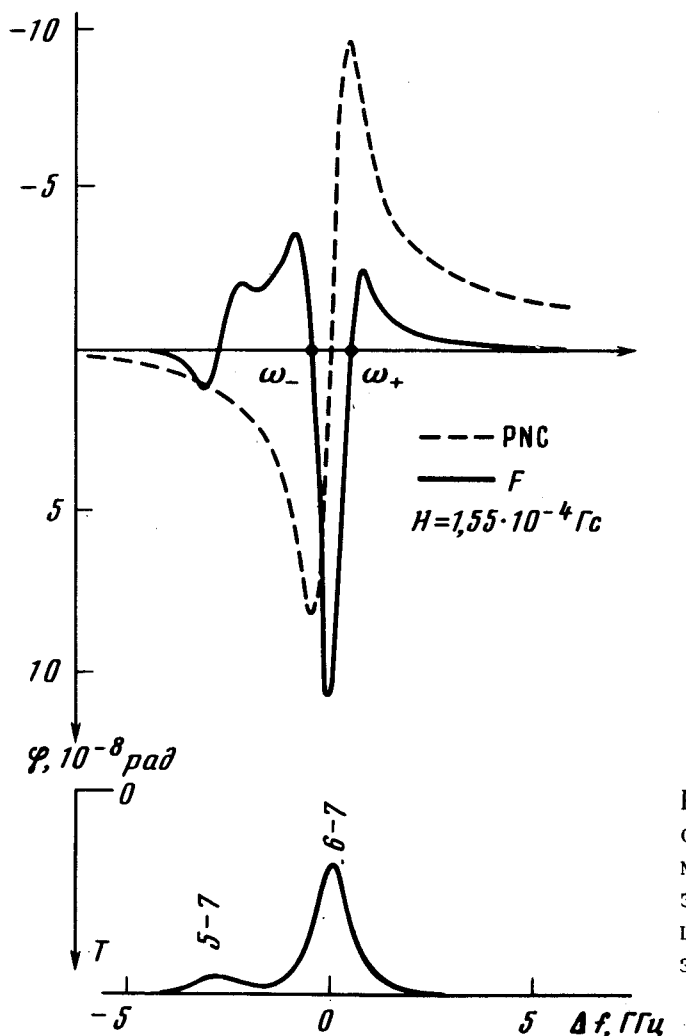


Рис. 1,а. Расчетные спектральные зависимости пропускания (внизу), фарадеевского вращения ϕ_F и ожидаемого эффекта ϕ_{PNC}

Блок-схема экспериментальной установки показана на рис. 2. Основными элементами ее оптической части являются одночастотный лазер на красителях, поляризатор и печь с парами висмута. В измерениях используется модуляционный нулевой метод, нечувствительный к изменениям интенсивности лазерного пучка. Детальные исследования возможных систематических погрешностей установки показали, что наибольшую опасность представляют изменение распределения интенсивности в световом пучке при сканировании частоты лазера и интерференция основного пучка с рассеянным светом (отражения, блики, рассеяние на дефектах оптических элементов). Оба эти эффекта могут давать дополнительный вклад в ϕ того же масштаба (нескольких единиц на 10^{-7} рад), что и искомый эффект ϕ_{PNC} , причем с частотной зависимостью того же типа, что и $\phi_{\text{PNC}}(\omega)$.

Для уменьшения этих погрешностей были приняты следующие меры. Между лазером и поляриметром был установлен одномодовый световод, обеспечивающий стабильное распределение интенсивности на выходе независимо от перераспределения интенсивности в лазерном пучке.

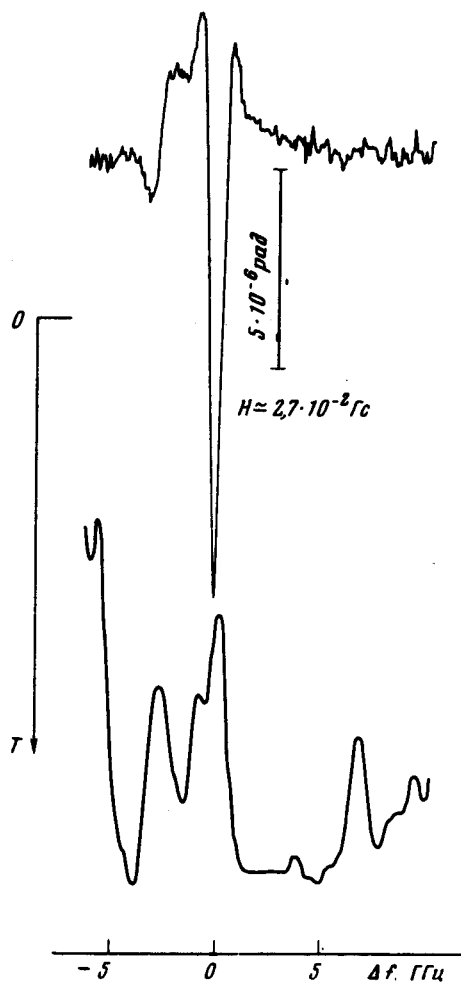


Рис. 1, б. Запись спектра пропускания (внизу) и фарадеевского вращения паров висмута

Мощность пучка в поляриметре при этом составляла 0,6 мВт. Поверхности оптических элементов в измерительной части установки были просветлены на длину волны $\lambda = 648$ нм и скошены таким образом, чтобы не было ни одной пары параллельных плоскостей. Кроме того, поляризатор и анализатор были установлены на пьезокерамиках, что позволяло модулировать длину поляриметра и контролировать наличие в нем интерференционных эффектов. Модулятор был помещен в термостате, что позволяло или надежно стабилизировать его длину, или, наоборот, модулировать за счет температурного расширения.

Измерения проводились следующим образом. В сравнительно большом магнитном поле $H \approx 0,1$ Гс, когда фарадеевское вращение $\phi_F \gg \phi_{\text{PNC}}$, прописывалась кривая $\phi_F(\omega)$ и находились точки ω_+ , ω_- , в которых

вращение остается неизменным при изменении знака поля — нулевые точки функции $\phi_F(\omega)$ на рис. 1, а. Точки ω_+ , ω_- совпадают с \min и $\max \phi_{PNC}(\omega)$. В условиях эксперимента $|\omega_+ - \omega_-| = 1,0$ ГГц. Затем результирующее магнитное поле доводилось до значений $H \sim 10^{-4}$ Гс, когда $\phi_F \sim \phi_{PNC}$ и проводились измерения вращения ϕ в точках ω_+ , ω_- и максимуме поглощения ω_0 . Один цикл измерений проводится в следующей последовательности. Лазер настраивается на частоту ω_0 и

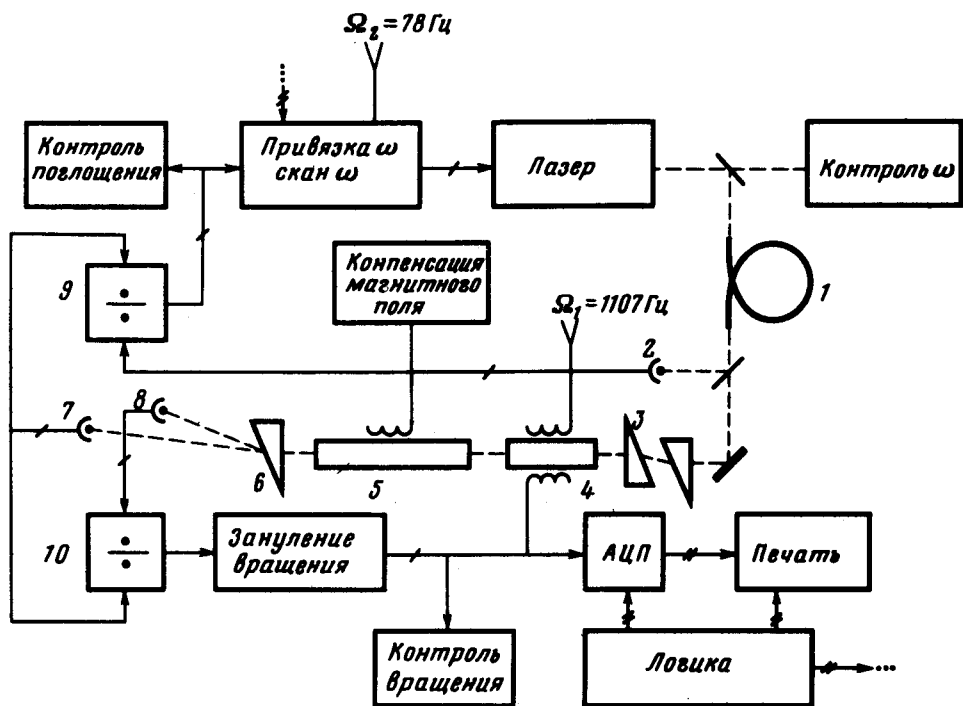


Рис. 2. Функциональная блок-схема спектрополяриметра: 1 — световод; 2 — опорный фотодиод канала поглощения; 3, 6 — кристаллические поляризатор и анализатор; 4 — ячейка Фарадея; 5 — печь с парами висмута; 7 и 8 — опорный фотодиод и ФЭУ канала вращения; 9, 10 — аналоговые делители

сигнал вращения копится в течение времени $T/2$, затем частота лазера перестраивается в точку ω_- , сигнал копится время T , потом снова в точку ω_0 , сигнал копится время $T/2$ и, наконец, сигнал копится время T в точке ω_+ ; $T = 5$ сек. Вся эта процедура повторяется автоматически 50 раз — одна серия из 50 циклов, общее время 30 мин. В каждом цикле на печать выводятся разности $(\phi_0 - \phi_+)$ и $(\phi_0 - \phi_-)$. По ним определяется разность $\phi_- - \phi_+$, т. е. искомый эффект $\Delta\phi_{PNC}$. Всего выполнено шесть серий измерений. Для контроля аппаратуры эти серии чередовались с контрольными сериями (по 50 циклов), при пониженной температуре печи — поглощение в максимуме $[1 - \exp(-\kappa L)]$ снижалось в 8 — 10 раз. Конструкция печи позволяет переходить от одного режима к другому в течение нескольких минут. Величина κL определялась по поглощению, а также фарадеевскому вращению в достаточно большом и, следовательно, надежно определяемом магнитном поле. Эксперимент

проводился при $\kappa L = 0,55 \pm 0,05$. После пяти основных серий измерений была проведена проверка величины κL по фарадеевскому вращению, а также точности привязки частоты лазера к точкам ω_- , ω_+ .

Получены следующие результаты. Усреднение по всем шести основным сериям (300 циклов) дает

$$\Delta\phi_{\text{PNC}} = \phi_- - \phi_+ = (-0,22 \pm 1,0) \cdot 10^{-8} \text{ рад.} \quad (1)$$

Для каждой из серий в единицах 10^{-8} рад

$$\Delta\phi_{\text{PNC}} = (-1,52 \pm 2,1); (+5,41 \pm 3,5); (-0,16 \pm 2,4); (-1,96 \pm 2);$$

$$(-6,76 \pm 2,6); (+3,70 \pm 2,4) \quad (2)$$

Для контрольных пяти серий (241 цикл при пониженной температуре)

$$\Delta\phi'_{\text{PNC}} = (-1,19 \pm 1) \cdot 10^{-8} \text{ рад.} \quad (3)$$

Результаты всех этих измерений приводятся на рис. 3.

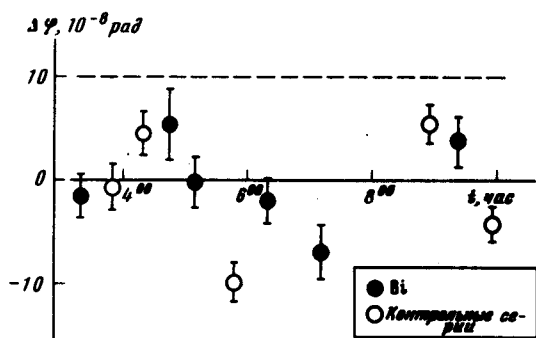


Рис. 3. Результаты измерений $\Delta\phi_{\text{PNC}}$ для отдельных серий. Вертикальными отрезками указано удвоенное стандартное отклонение для среднего

Согласно (1), разброс $\Delta\phi_{\text{PNC}}$ по отдельным сериям, существенно превышает среднеквадратичную ошибку в (1) и характеризует, по-видимому, меняющиеся с течением времени аппаратурные погрешности.

В условиях эксперимента $\kappa L = 0,55$. Поэтому при указанном выше значении $R = -18 \cdot 10^{-8}$ ожидаемое теоретическое значение эффекта PNC несколько меньше чем на рис. 1, а и составляет $\Delta\phi_{\text{PNC}} = 10^{-7}$ рад.

Как видно, в проведенных измерениях ожидаемый эффект не наблюдается. Это согласуется с результатами первых работ по оптической активности паров Bi [4, 11]¹⁾ и противоречит результатам работы [5, 6], в которой наблюдался эффект, предсказываемый теорией.

Выражаем глубокую благодарность Н.Г. Басову и М.А. Маркову за поддержку работы, П. Бэйрду, предоставившему нам для сопоставления

¹⁾ Следует отметить, что авторы работы [4, 11] не считают, что все возможные систематические ошибки были исключены.

калибровок измерений расчеты функций $\phi_F(\omega)$ и $\phi_{PNC}(\omega)$ и Е.М.Диано-
ву, предоставившему в наше распоряжение одномодовый световод.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
16 января 1980 г.

Литература

- [1] M.Bouchiat, C.Bouchiat. *Phys. Lett.*, **48B**, 111, 1974.
 - [2] А.Н.Москалев, Р.М.Рындин, И.Б.Хриплович. *УФН*, **118**, 409, 1976.
 - [3] В.А.Алексеев, Б.Я.Зельдович, И.И.Собельман. *УФН*, **118**, 385, 1976.
 - [4] P.Baird, M.Brimicombe, R.Hunt, G.Roberts, P.Sandars, D.Stacey. *Phys Rev. Lett.*, **39**, 798, 1977.
 - [5] Л.М.Барков, М.С.Золоторев. *Письма в ЖЭТФ*, **27**, 379, 1978.
 - [6] L.Barkov, I.Kriplovich, M.Zolotorev. *Comments on Atomic and Molecular Physics VIII*, 79, 1979.
 - [7] M.Brimicombe, C.Loving, P.Sandars, *J. Phys.*, **9B**, L237, 1976.
 - [8] В.Н.Новиков, О.П.Сушков, И.Б.Хриплович. *ЖЭТФ*, **71**, 1665, 1976.
 - [9] M.Harris, C.Loving, P.Sandars. *J. Phys.*, **11B**, L749, 1978.
 - [10] Д.В.Саакян, И.И.Собельман, Е.А.Юков. *Письма в ЖЭТФ*, **29**, 258, 1979.
 - [11] L.Lewis, J.Hollister, D.Soreide, E.Lindahl, E.Fortson. *Phys. Rev. Lett.*, **39**, 795, 1977.
-