

Письма в ЖЭТФ, том 16, вып. 11, стр. 588 – 592

5 декабря 1972 г.

**О КОГЕРЕНТНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ АТОМОВ,
ПРОЛЕТАЮЩИХ ЧЕРЕЗ КРИСТАЛЛ**

*В. В. Окороков, Д. Л. Толченков, И. С. Хижняков, Ю. Н. Чебруков,
Ю. Я. Лавицкий, Г. А. Иферов¹⁾, Ю. И. Жукова¹⁾*

В 1965 году было высказано предположение о существовании когерентного возбуждения ядер [1] и атомов [2] при пролете через монокристалл.

Наша статья посвящена изложению экспериментальных результатов, свидетельствующих об обнаружении этого эффекта при пролете He^+ -ионов через монокристаллическую пленку серебра.

¹⁾ Сотрудники НИИЯФ.

Физика этого явления довольно подробно рассмотрена в работе [1] и сводится она, в самом грубом приближении, к резонансному возбуждению атомов (или ядер) при совпадении частоты перехода $\nu_{\text{пер}} = (E_{\text{возб}} - E_{\text{осн}})/h$ с частотой "соударения" $\nu_0 = v_0/\sigma_0$, движущегося через кристалл атома (ядра), с атомами кристалла (v_0 - скорость частицы, σ_0 - расстояния между атомами в кристалле).

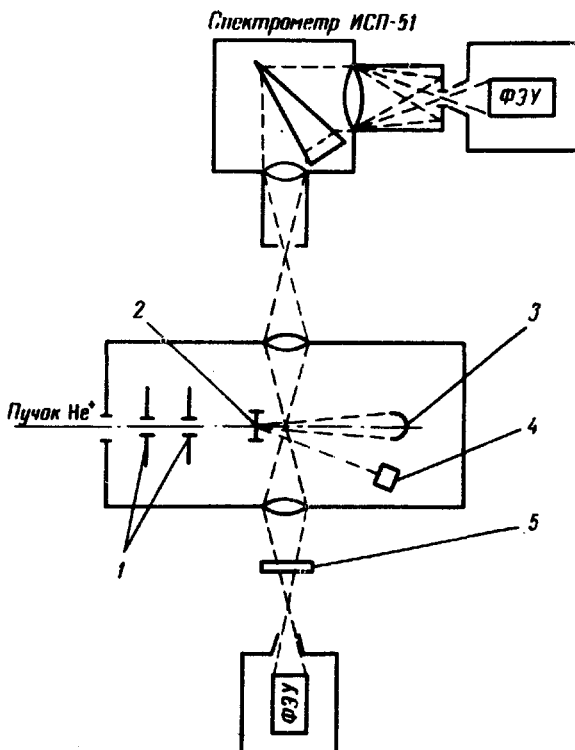


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 - диафрагмы, 2 - монокристаллическая пленка Ag, 3 - интегратор, 4 - полупроводниковый счетчик, 5 - интерференционный фильтр

Для водородоподобного атома He^+ , энергии уровней которого равны 0 эв ($n = 1$), $40,80 \text{ эв}$ ($n = 2$), $48,37 \text{ эв}$ ($n = 3$), $51,0 \text{ эв}$ ($n = 4$)..., такой резонанс при пролете через монокристаллическую пленку серебра ($\sigma_0 = 4,07 \text{ \AA}$) для перехода из основного состояния $n = 1$ в возбужденное с $n = 4$ наступает при энергии $E_{\text{He}^+} = 526 \text{ кэв}$. Тем самым, в прошедшем через монокристаллическую пленку серебра пучке He^+ -ионов наряду с ионами, возбужденными в результате различного рода некогерентных процессов (однократные соударения, подхват электронов ионами He^{++} и т. д.), должна присутствовать некоторая примесь когерентно возбужденных ($n = 1 \rightarrow n = 4$) ионов He^+ .

При вылете из пленки возбужденные атомы He^+ будут высвечиваться. Переход $n = 4 \rightarrow n = 3$ лежит в видимой области ($\lambda = 4685 \text{ \AA}$). Его можно средствами оптической спектроскопии (спектрометр, интерференционный фильтр) легко отделить от фотонов с другой длиной волны, возникающих в результате свечения остаточного газа и стенок камеры наблюдения под действием прямого и рассеянного пучка ионов гелия.

Существование когерентного возбуждения однозначно связано с увеличением интенсивности перехода $n = 4 \rightarrow n = 3$ при энергии гелиевого пучка $\sim 526 \text{ кэВ}$ (из-за увеличения числа атомов He^+ в состоянии с $n = 4$ при этой энергии пучка).

На рис. 1 приведена схема эксперимента. Фотоны, возникающие при высвечивании пучка He^+ -ионов, возбужденных при пролете через тонкую ($1100 \pm 100 \text{ \AA}$) монокристаллическую пленку-мишень Ag , регистрируются *одновременно двумя* детекторами, настроенными на длину волны $\lambda = 4685 \text{ \AA}$ (переход $n = 4 \rightarrow n = 3$).

В I-м детекторе линия 4685 \AA выделялась щелью на выходе спектрометра ИСП-51 и ее интенсивность регистрировалась фотоумножителем ФЭУ-13.

Во II-м детекторе линия 4685 \AA выделялась интерференционным фильтром, изготовленным на эту длину волны, и также регистрировалась фотоумножителем ФЭУ-13.

Мониторирование пучка гелия, пролетевшего через серебряную пленку, производилось также двумя способами: интегратором, регистрирующим заряд прошедшего пучка, и полупроводниковым счетчиком, регистрирующим число α -частиц, рассеянных в серебряной мишени на сравнительно большой ($\sim 40 - 50^\circ$) угол.

Монокристаллическая серебряная пленка-мишень толщиной $1100 \pm 100 \text{ \AA}$ и ориентацией (100) получалась методом испарения в вакууме на каменную соль [3].

Ориентация кристаллографических осей монокристаллической пленки Ag относительно пучка осуществлялась по эффекту каналирования [4] пучка He^+ -ионов в мишени, наблюдаемого на экране из сернистого цинка, расположенного на пути прошедшего через мишень пучка.

На рис. 2 один из полученных экспериментальных графиков зависимости интенсивности линии $\lambda = 4685 \text{ \AA}$, испускаемой прошедшим через серебряную мишень пучком He^+ -ионов, от энергии падающего пучка. На этом графике приведены измерения, проведенные в довольно узком интервале энергий падающего пучка вблизи 570 кэВ , где предварительные исследования обширной энергетической области постоянно давали увеличение интенсивности линии 4685 \AA . Отметим, что энергия 570 кэВ за вычетом тормозных потерь ионов He^+ в серебряной пленке при пролете вдоль канала ($\sim 40 \text{ кэВ}$) с точностью до $10 - 15 \text{ кэВ}$ совпадает с энергией 526 кэВ , при которой следует ожидать резонансного возбуждения атомов He^+ из основного состояния в состояние с $n = 4$. Тем самым, как нам представляется, когерентное возбуждение атомов He^+ происходит лишь тогда, когда энергия *вылетающего* из

монокристаллической пленки Ag атома He^+ совпадает с "резонансной" энергией 526 кэв. Этого, по-видимому, следовало ожидать, так как если возбуждение атома He^+ происходит *внутри* мишени, это приводит к немедленной его ионизации из-за того, что вероятность ионизации возбужденного атома больше вероятности ионизации атома в основном состоянии.

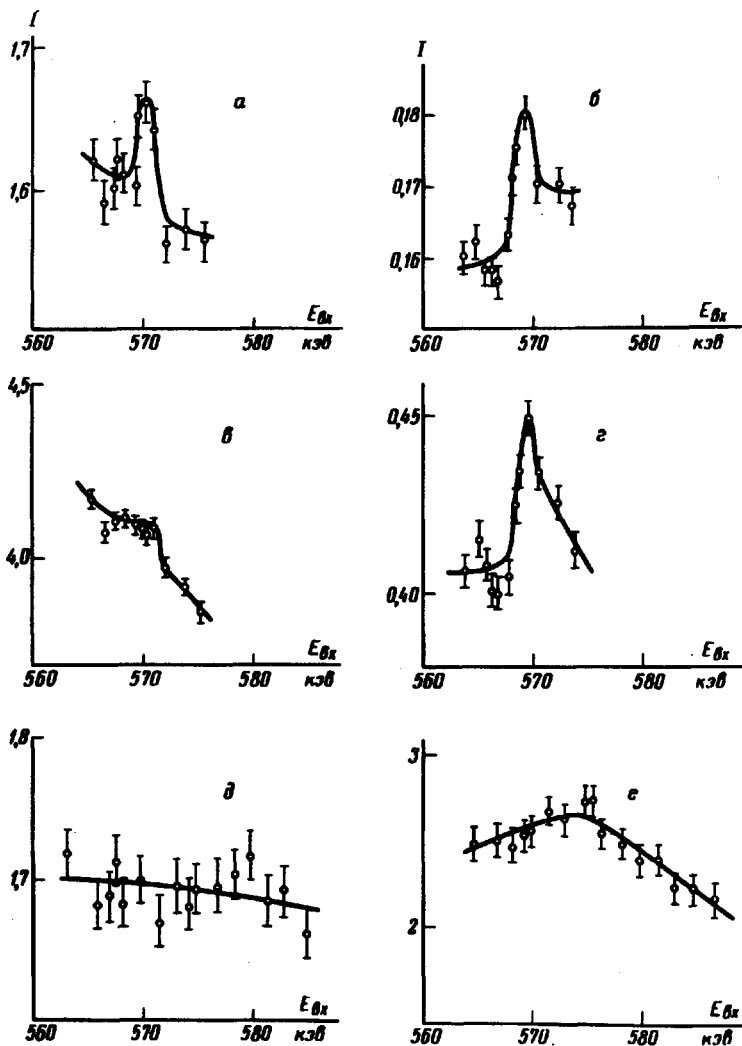


Рис. 2. Зависимость интенсивности свечения пучка ионов He^+ , пролетевших через монокристаллическую пленку серебра, от энергии ионов He^+ : а – счет детектора I (ИСП-51), монитор-интегратор, б – счет детектора I (ИСП-51), монитор-полупроводниковый счетчик, в – счет детектора II (интерференционный фильтр), монитор-интегратор, г – счет детектора II (интерференционный фильтр), монитор-полупроводниковый счетчик, д – счет детектора I (ИСП-51), монитор-интегратор. Нормаль к поверхности, серебра под углом $\alpha = 5^\circ$, относительно пучка He^+ , е – счет детектора I (ИСП-51), монитор-полупроводниковый счетчик угол $\alpha = 5^\circ$,

Наблюдаемый всплеск интенсивности не может быть объяснен какими-либо эффектами взаимодействия пучка с поверхностью серебряной пленки, так как поворот плоскости пленки на небольшой угол ($3 - 5^\circ$) (отсутствие каналирования пучка!) приводит к исчезновению эффекта (рис. 2).

Авторы благодарны И.В.Чувилу и С.Я.Никитину за поддержку, которую они оказывали на разных этапах этой работы. Мы благодарим В.В.Владимирского и Л.Л.Гольдина за их интерес к нашей работе и поддержку, без которой представленный этап работы вряд ли был бы выполнен. За помощь при проведении работы мы благодарны И.И.Митрофанову, З.В.Мамаевой, В.И.Лисовскому, Р.П.Юдинцову, А.А.Половникову, Ю.Г.Петрову, А.П.Зотову, А.А.Павлову.

Институт теоретической и
экспериментальной физики

Поступила в редакцию
20 октября 1972 г.

Литература

- [1] В.В.Окороков. ЯФ, 2, 1009, 1965.
 - [2] В.В.Окороков. Письма в ЖЭТФ, 2, 175, 1965.
 - [3] Pashley. Phil. Mag., 4, 324, 1959.
 - [4] А.Ф.Тулинов. УФН, 87, 585, 1965.
-