

Г. П. СТАРЦЕВ

ТРЕХЛУЧЕВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АНОМАЛЬНОЙ ДИСПЕРСИИ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 15 II 1954)

Аномальная дисперсия как метод исследования используется для решения широкого круга задач прикладной и теоретической спектроскопии. Д. С. Рождественский⁽¹⁾ создал точный интерференционный метод измерения дисперсии, получивший название метода «крюков»; для практического применения этого метода им был предложен интерферометр оригинальной конструкции. В последние годы в практике интерференционных измерений нашла применение забытая схема трехлучевого интерферометра^(2, 3). В настоящей статье изложены результаты применения такого интерферометра для измерений дисперсии вблизи линий поглощения.

§ 1. Сущность трехлучевого метода заключается в следующем. Рассмотрим обычную схему наблюдения дифракции от трех равноотстоящих щелей S_2 (рис. 1 А). Дифракционная картина, наблюдаемая в фокальной плоскости объектива O_2 , может быть представлена как результат интерференции лучей, прошедших через боковые щели, с лучом, прошедшим среднюю щель. Если на пути среднего луча поместить пластинку толщины d с показателем преломления n , то вид дифракционной картины будет зависеть от разности хода $\Delta = (n - 1)d$, вносимой пластинкой. На рис. 2 показаны снимки дифракционных картин, соответствующие различным значениям разности хода Δ . На снимке 2а в промежутках между главными максимумами помещается еще по одному, едва заметному на репродукции вторичному максимуму. Внесение разности хода приводит к изменению относительной яркости этих максимумов; с увеличением разности хода яркость вторичных максимумов растет, а главных, наоборот, убывает. Яркость максимумов уравнивается, когда $\Delta = \lambda/4$ (рис. 2 б). В этом случае картина

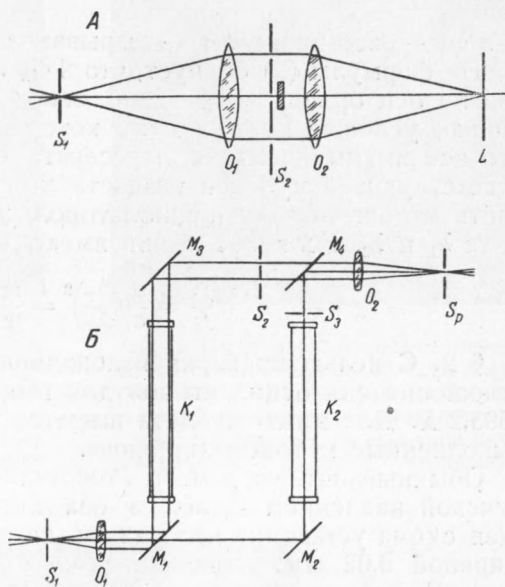


Рис. 1

получается такая же, как для двух боковых щелей. Наибольшую яркость вторичные максимумы имеют при значении $\Delta = \lambda/2$ (рис. 2 в). Дальнейшее увеличение разности хода до значения, равного λ , возвращает картину к первоначальному виду (рис. 2 а). Таким образом, отношение яркостей двух соседних полос оказывается весьма чувствительным к небольшим изменениям разности хода.

Чтобы применить трехлучевую схему к измерению дисперсии около линий поглощения, надо спроектировать изображение горизонтальных дифракционных полос на щель спектрографа. В этом случае вблизи линии поглощения, где показатель преломления быстро меняется, яркость главных и вторичных максимумов будет чередоваться. В спектре появятся отчетливые разрывы дифракционных полос, расстояние которых от линий поглощения легко измерить. Удобный способ измерений состоит в наведении нити окуляра микроскопа на точки равной яркости главных и вторичных максимумов. Для последовательного ряда таких точек разности хода равны $1/4\lambda$, $3/4\lambda$ и т. д.

Зависимость показателя преломления от длины волны около линии поглощения с длиной волны λ_i с достаточной точностью выражается формулой

$$n - 1 = \frac{a_i \lambda}{\lambda - \lambda_i}. \quad (1)$$

В этой формуле коэффициент a_i пропорционален «силе осциллятора».

Если обозначить номер «разрыва» полос через k , то разность хода, соответствующую измеряемым точкам, можно записать в виде

$$\Delta = (n - 1)d = \frac{a_i d \lambda}{\delta_{ik}} = (2k - 1) \frac{\lambda}{4} \quad (k = 1, 2, 3, \dots), \quad (2)$$

где δ_{ik} — расстояние k -го «разрыва» от линии поглощения.

Из формулы (2) следует, что $1/\delta_{ik}$ линейно зависит от k . Откладывая по оси ординат $1/\delta_{ik}$, а по оси абсцисс k , мы получим прямую линию, угловой коэффициент которой равен $\text{tg } \alpha_i = 1/a_i d$. Очевидно, что все прямые должны пересекать ось абсцисс в точке $k = 1/2$, соответствующей нулевой разности хода. Измерив угол наклона, легко найти отношение сил осцилляторов f_2/f_1 для двух линий с длинами волн λ_1 и λ_2 . Если обе линии имеют общий нижний уровень, то

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{a_2 (\lambda_1)^2}{a_1 (\lambda_2)^2} = \frac{\text{tg } \alpha_1 (\lambda_1)^2}{\text{tg } \alpha_2 (\lambda_2)^2}.$$

§ 2. С целью проверки изложенного выше метода были измерены отношения сил осцилляторов для второго дублета цезия $\lambda\lambda$ 4555,4—4593,2 Å. Для этого дублета имеются весьма тщательные измерения, выполненные методом «крюков».

Обычный интерферометр Рождественского был превращен в трехлучевой введением щелей в оба интерферирующих пучка. Оптическая схема установки изображена на рис. 1 Б. Горизонтальная щель S_1 шириной 0,02 мм устанавливалась в фокусе объектива O_1 . Средняя щель S_3 и боковые щели S_2 имели ширину 0,5 мм; расстояние между боковыми щелями было равно 2,5 мм. В одно плечо вводилась нагрываемая печкой кювета K_2 с парами исследуемого металла; во втором плече помещалась точно такая же компенсационная кювета K_1 . Объектив O_2 проектировал интерференционные полосы на щель трехпризмного стеклянного спектрографа большой дисперсии. Щель S_1 освещалась криптоновой дугой высокого давления.

Предварительно интерферометр юстировался так, чтобы на щели спектрографа получалась широкая белая полоса нулевого порядка. После этого в пучки вводились щели S_2 и S_3 , причем луч, прошед-

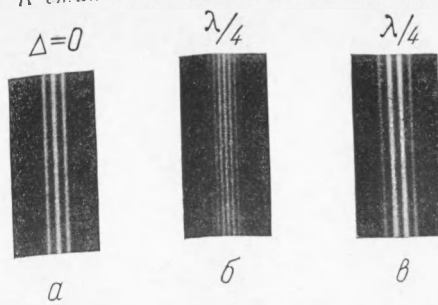


Рис. 2

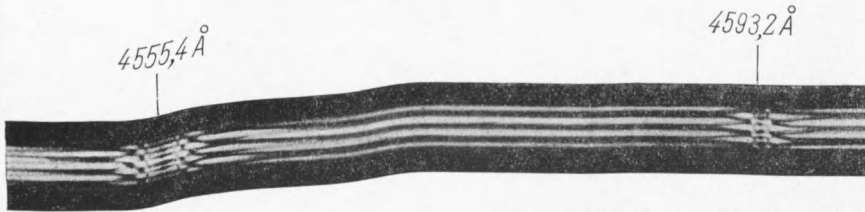


Рис. 3

К статье Е. Д. Лозачева, стр. 1353

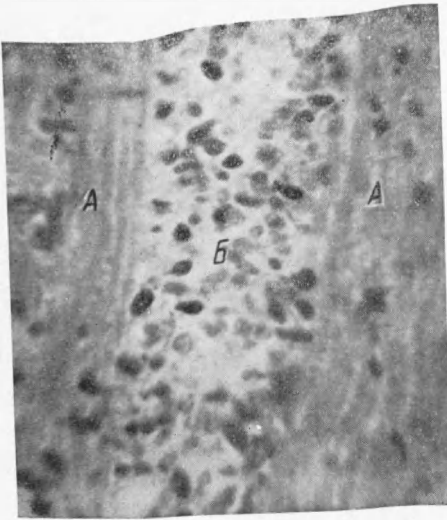


Рис. 1. Сагиттальный разрез шейки *B. punctatus* Rud. А — продольные мускульные волокна; Б — мозговой слой паренхимы, включающий большое количество амебоцитарных клеточных элементов. Микрофото. Окраска железным гематоксилином. $\times 620$

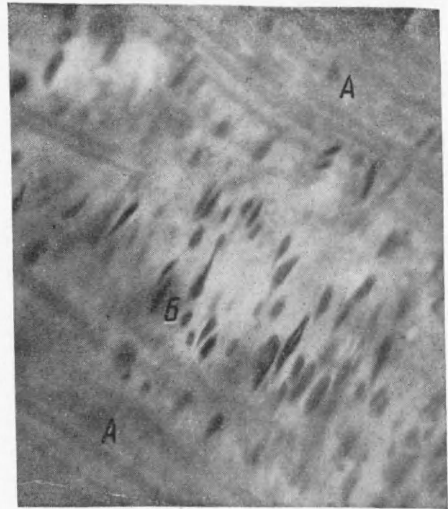


Рис. 2. Сагиттальный разрез стробилы *B. punctatus* Rud. в области первых члеников. А — продольные мускульные волокна; Б — мозговой слой паренхимы с миобластами веретеновидной формы. Микрофото. Окраска эозин-азуром. $\times 630$

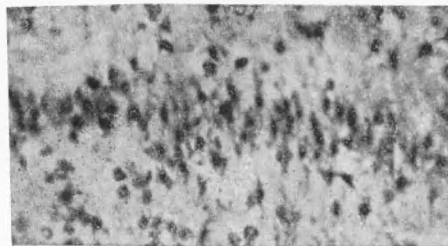


Рис. 3. Поперечный разрез мозгового слоя паренхимы членика *T. saginatus*. Центральную часть занимает слой миобластов dorso-ventральных мышечных волокон. Микрофото. Окраска железным гематоксилином. $\times 280$

ший через S_3 , устанавливался посередине относительно боковых лучей, выделенных щелями S_2 .

В этой установке было сфотографировано несколько серий снимков дисперсии в парах цезия*. У широко расставленного дублета цезия (см. рис. 3) измерялись расстояния между соответствующими разрывами полос по разные стороны от линии поглощения, так как места разрывов более отчетливы, чем линия поглощения. Кроме того при этом способе измерений устраняется ошибка от смещения нулевой полосы интерферометра, приводящая к асимметричному расположению разрывов по отношению к линии поглощения. Смещение нулевой полосы вносит постоянную разности хода, которая складывается с разностью хода, внесенной парами, по одну сторону от линии и вычитается по другую сторону. Это и приводит к асимметрии. Следствием ее является то, что прямые линии, построенные по формуле (2), уже не будут пересекать ось абсцисс в точке $k = 1/2$. Из графиков, представленных на рис. 4, видно, что все прямые пересекаются в одной точке $k = 1/2$, т. е. влияние смещения нулевой полосы устранено.

Расстояния разрывов δ_{ik} от линий поглощения, выраженные в ангстремах, сведены в табл. 1. Соответствующие точки нанесены на рис. 4.

Из отношения тангенсов углов наклона прямых определялось f_2/f_1 для исследуемого дублета. Среднее значение отношения сил осцилляторов, подсчитанное из 10 снимков, оказалось равным $f_2/f_1 = 4,22 \pm 0,03$. Для этого дублета Д. С. Рождественский⁽¹⁾ получил значение $4,07 \pm 0,05$. В. К. Прокофьев и Г. Штандель⁽⁵⁾ приводят значение, равное $4,25 \pm 0,06$. Таким образом, наши измерения находятся в весьма хорошем согласии с измерениями, проведенными методом «крюков».

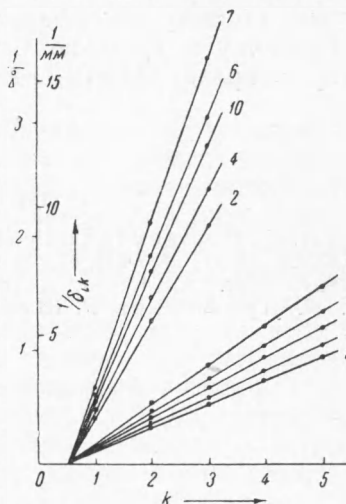


Рис. 4

Таблица 1

№ снимка	$\lambda_2 = 4555,4 \text{ \AA}$				$\lambda_1 = 4593,2 \text{ \AA}$		
	δ_{22}	δ_{23}	δ_{24}	δ_{25}	δ_{11}	δ_{12}	δ_{13}
2	3,29	1,97	1,38	1,05	2,85	0,75	0,49
4	2,84	1,73	1,20	0,95	2,12	0,68	0,43
6	2,16	1,34	0,96	0,75	1,66	0,52	0,34
7	1,79	1,17	0,85	0,65	1,50	0,50	0,28
10	2,46	1,46	1,04	0,83	1,80	0,59	0,35

Интересно отметить, что нанесенные на графиках точки (табл. 1) подходят к линиям поглощения на расстояния до $0,3 \text{ \AA}$. Сохранение прямолинейности графиков свидетельствует об отсутствии систематических ошибок в измерениях на столь близких расстояниях от линии поглощения.

Между тем, измерение слабых линий методом «крюков» осложняется тем, что на близких расстояниях крюка от линии вследствие

* В обработке снимков принимала участие Е. Е. Березина.

асимметрии формы крюка появляется систематическая погрешность (^{4,5}). Уменьшить асимметрию можно только увеличением толщины компенсационной пластинки, а это ведет к снижению чувствительности метода. Если предположить, что для точных измерений на расстояниях 0,2—0,3 Å требуется компенсационная пластинка толщиной 10—20 мм, то несложный подсчет показывает, что требуемая в этом случае дисперсия паров будет примерно на порядок превосходить наименьшее значение, измеримое трехлучевым методом.

Наконец, следует еще отметить, что весьма простой трехлучевой интерферометр для исследования аномальной дисперсии можно построить по типу интерферометра Рэлея с тремя щелями.

Приношу искреннюю благодарность проф. В. К. Прокофьеву за интерес, проявленный к настоящей работе, и ценные замечания.

Поступило
9 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Рождественский, Аномальная дисперсия в парах металлов, Изд. АН СССР, 1951. ² УФН, 47, № 1, 146, 1952. ³ V. Väisälä, Ann. Univ. Fennicae Aboensis, Ser. A, 1, No. 2 (1923). ⁴ Г. С. Кватер, ЖЭТФ, 12, 374, 1942. ⁵ В. К. Прокофьев, Г. Штандель, ЖЭТФ, 4, 359 (1934).