Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LI, вып. 3, 1970 г.

ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

А. И. Николаева, С. И. Синельщикова

Если свет от источника сплошного спектра пропустить через интерферометр, а систему получающихся при этом горизонтальных интерференционных полос спроектировать на вертикально расположенную щель спектрографа, то каждая интерференционная полоса будет развернута в спектр [1]. При введении в одно из плеч интерферометра исследуемого вещества в виде плоско-параллельного и однородного столба паров длиной l интерференционные полосы сместятся на величину, пропорциональную разности хода, и в фокальной плоскости спектрографа появится кривая дисперсии исследуемого вещества. Если убрать вещество из одного плеча интерферометра, а в другое ввести плоско-параллельную стеклянную пластинку, то полосы будут наклоняться в сторону, противоположную наклону полос, вызванному дисперсией паров.

При одновременном введении пластинки и столба паров у линий поглощения образуются максимумы и минимумы, названные Д. С. Рождественским крюками [1]. Для вершины крюка производная по длине волны от разности хода между интерферирующими лучами

$$\frac{\partial}{\partial\lambda}\left(\frac{n-1}{\lambda}l-\frac{n'-1}{\lambda}l'\right)=0, \qquad (1)$$

где n и n' — соответственно, показатель преломления слоя паров и пластинки; l и l' — толщина, соответственно, слоя паров и пластинки, λ — длина волны.

Зависимость показателя преломления паров и газов малой плотности от длины волны вблизи линий поглощения выражается формулой Зелльмейера

$$(n-1)=\sum \frac{a_j}{\lambda-\lambda_j}, \qquad (2)$$

где $a_j=\frac{e^2\lambda^3_j N_j f_j}{4\pi mc^2}$ (N_j — заселенности нижних энергетических уровней, соответствующих линиям поглощения; f_j — соответствующие тем же линиям силы осцилляторов; e, m, c — физические константы).

Подставив равенство (2) в формулу (1), получим, что длины волн, соответствующие крюкам, должны удовлетворять уравнению

$$\sum \frac{\beta_j}{(\lambda-\lambda_j)^2}=1, \qquad (3)$$

где

$$\beta_j=\frac{e^2\lambda_j^3}{4\pi mc^2 K(\lambda)} N_j f_j l;$$

$$K(\lambda)=\left[\frac{n'-1}{\lambda}-\frac{\partial}{\partial\lambda}(n'-1)\right]l'+\frac{n-1}{\lambda}l. \qquad (4)$$

Величина $K(\lambda)$ определяется толщиной и показателем преломления пластинки, введенной для образования крюков.

Последнее слагаемое в формуле (4) составляет, как показывает расчет, несколько сотых долей процента от всей суммы и поэтому им можно пренебречь.

Для одиночной линии из уравнения (3) следует, что коэффициент $\beta=\Delta^2$, где Δ — $^1/_2$ расстояния между вершинами крюков. Отсюда

$$Nfl=\frac{4\pi mc^2K(\lambda)}{e^2\lambda^3}\Delta^2. \qquad (5)$$

Силу осциллятора f можно вычислить из формулы (5), в которой $Nl=\frac{P(T)\,l}{kT}$, где $P(T)$ — уравнение исследуемых насыщенных паров; k — постоянная Больцмана; T — температура паров.

Таким образом, метод крюков сводит определение числа f к измерению расстояний на интерферограмме. Для случая

дублета в расчетную формулу вводится множитель β_i, учитывающий взаимное влияние близких друг к другу линий,

$$\beta_1 = \Delta_1^2\left\{1 - \frac{\beta_2}{2}\left[\frac{1}{(\varepsilon_1 + \Delta_1)^2} + \frac{1}{(\varepsilon_1 - \Delta_1)^2}\right]\right\},$$

$$\beta_2 = \Delta_2^2\left\{1 - \frac{\beta_1}{2}\left[\frac{1}{\varepsilon_1 + \Delta_2)^2} + \left[\frac{1}{(\varepsilon_1 - \Delta_2)^2}\right]\right]\right\},$$

где Δ_1 и Δ_2 — расстояния между крюками, соответственно, для линий дублета λ_1 и λ_2; $\varepsilon_1 = \lambda_1 - \lambda_2$.

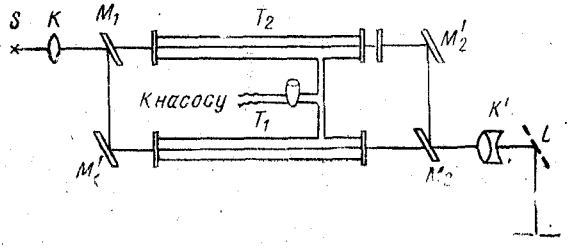


Рис. 1. Общая схема установки

Оптическая часть установки для определения сил осцилляторов (рис. 1) состоит из интерферометра, спектрографа и источника сплошного спектра. В работе использовался интерферометр Рождественского, изготовленный в механических мастерских Горного института. Пучки света в нем разводятся на 30 *см*. Зеркала M_1' и M_2' представляют собой плоско-параллельные до $^1/_{10}$ полосы стеклянные пластинки, покрытые непрозрачным слоем алюминия. Интерферометр скрещен со спектрографом и установлен на массивной стальной балке, опирающейся на станину спектрографа ДФС-8 с плоской дифракционной решеткой, позволяющей проводить исследования в области спектра от 2000 до 10000 Å. Линейная дисперсия прибора около 3 Å/*мм* в спектре первого порядка. Его дифракционная решетка имеет 1200 штрихов на 1 *мм*.

Источником света служит киноламна, тело накала которой имеет прямолинейную форму. Свет от источника S падает на линзу K с фокусным расстоянием $F = 75$ *мм*. Линза дает параллельный пучок света, направляемый далее в интерферометр.

Кварц-флюоритовый ахромат K' ($F=75$ *мм*) проектирует горизонтальные интерференционные полосы с помощью зеркала L на щель спектрографа. Кювета с насыщенными парами натрия помещена внутрь эвакуированной трубки T_1, закрытой на концах плоско-параллельными окошками и введенной в одну из ветвей интерферометра. В другую ветвь введена трубка T_2, но уже без кюветы, для компенсации разности хода, вносимой окошками трубки T_1, и для исключения влияния конвекционных потоков воздуха. Разность хода, вносимую окошками кюветы, компенсируют пластинками, помещаемыми в другое плечо интерферометра.

Для образования крюков использовалась флюоритовая пластинка. Величина $K(\lambda)$ для флюорита вычислялась по формуле (5), в которую подставлялась $n'=f(\lambda)$ для флюорита. Плотность насыщенных паров натрия определялась температурой наиболее холодной части кюветы — ее средней части.

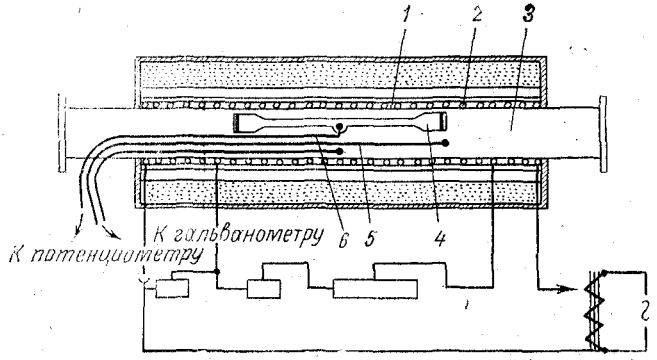


Рис. 2. Схема установки для получения однородного столба паров натрия:

1—обмотка из нихромовой проволоки; *2*—фарфоровая трубка; *3*—кварцевая трубка; *4*—кювета; *5*—хромель-копелевая дифференциальная термопара для определения перегрева окошек кюветы; *6*—платина—платинародиевая термопара, градуированная с точностью до десятых долей градуса, для измерения температуры в середине кюветы

Кювета имела диаметр 20 *мм* и длину 150 *мм*, к середине ее припаивался отросток с перетяжкой (рис. 2), необходимый для присоединения кюветы к вакуумной системе. В кювету помещались десятые доли грамма химически чистого вещества. Кювета откачивалась форвакуумным насосом до давле-

ния остаточных газов порядка 10^{-3} *мм рт. ст.*, при этом она прогревалась, обезгаживалась и при работающем насосе отпаивалась от вакуумной системы.

Печь для нагревания обеспечивала необходимый перегрев окошек кюветы по сравнению с ее серединой. На обмотку печи подавалось напряжение 40—180 *в* от автотрансформатора. При достижении необходимой температуры ток снижался, печь выдерживалась до наступления теплового равновесия и затем при постоянной температуре середины печи и при градиенте температуры, приблизительно равным 0,07 *град/см* вдоль печи от середины к ее концам, выполнялось фотографирование крюков.

Термоэдс измерялась потенциометром ППТВ-1, температура свободных концов термопары — ртутным термометром с ценой деления 0,05°. Выводы всех термопар присоединялись к зеркальному гальванометру с чувствительностью по току $C=1{,}2\cdot10^{-9}$ *а/мм/м* и сопротивлением $R_г=70$ *ом*. Этот же гальванометр использовался в качестве нуль-прибора в схеме потенциометра. Смещение светового зайчика на 30 *мм* соответствовало разности температур между центральным и боковым спаями в 1°.

Предварительные результаты измерений получены по интерферограммам крюков, снятым (13 снимков) при различных температурах насыщенных паров натрия в интервале 455—560° К. Расстояния Δ_1 и Δ_2 измерялись на компараторе ИЗА-2. Для вычисления упругости насыщенных паров натрия использовано уравнение, установленное А. Н. Несмеяновым [2]. Нами получены следующие значения сил осцилляторов: $f_{D1}=0{,}36\pm0{,}05$; $f_{D2}=0{,}69\pm0{,}09$; $f_D=1{,}0\pm0{,}1$. Здесь и далее указана средняя погрешность отдельного измерения. Силы осцилляторов дублета натрия определялись методом крюков также Г. С. Кватером [1], $f_D=1{,}237$, и К. Форбрихом [4], $f_D=1{,}02$. Упругость паров натрия рассчитана ими по формуле Е. Тиле [5]. Наши результаты, пересчитанные по этому уравнению, дают $f_D=1{,}1\pm0{,}1$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кватер Г. С. Аномальная дисперсия в парах натрия и таллия. Автореф. докт. диссертации. Изд. ЛГУ, 1946.

2. Несмеянов А. Н. Давление пара химических элементов. Изд-во АН СССР, 1961.

3. Рождественский Д. С. Работы по аномальной дисперсии в парах металлов. Изд-во АН СССР, 1912.

4. Forbrich C. A., Marlow W. C., Berschader D., Phys. Rev., v. 150, 1968.

5. Tiele E. Ann. Phys., Bd. 14, 1932.