

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙЧАТЫХ СПЕКТРОВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

(Задания № 19, 20, 27)

КУЙБЫШЕВ 1978

УДК 535.16(083.96)

Составители:

ст. преп. каф. физики *Л. А. Башкирцева,*
Н. Г. Горчакова, А. Н. Пещенко

Под редакцией доц. А. И. Федосова

Утверждена на редакционно-издательском
совете института 9.01.76 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙЧАТЫХ СПЕКТРОВ

Лабораторная работа
Задания № 19, 20, 27

Редактор И. М. Чулкова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Л. М. Соколова

Сдано в набор 17.06.77 г. Подписано к печати 29.03.78 г.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага тип № 2. Усл. п. л. 2.3.
Уч.-изд. л. 2.4. Тираж 2000 экз. Заказ № 933. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. академика С. П. Королева,
Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Типография УЭЗ КуАИ, Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.

Свет, испускаемый любым источником, имеет сложный спектральный состав, т. е. содержит излучения различных длин волн. Совокупность монохроматических составляющих световых колебаний называется спектром.

Как известно, раскаленные твердые и жидкие тела дают свет, при разложении которого получается сплошной спектр, имеющий вид цветной полосы с непрерывным переходом одного спектрального цвета в другой.

Если свет от источника, дающего сплошной спектр, направить сквозь исследуемую среду на прибор, служащий для исследования спектра, то в этом случае на фоне сплошного спектра будут видны темные линии, по расположению которых можно судить о том, какое вещество поглотило свет. Такие спектры называются спектрами поглощения.

Полосатые спектры испускаются возбужденными молекулами газа. В молекулярных спектрах большое число отдельных линий образуют характерные скопления, в каждом из которых линии у одного края располагаются очень тесно. Спектр имеет вид отдельных полос, четких с одного края и размытых с другого.

Светящиеся газы и пары дают свет, при разложении которого получается спектр, состоящий из отдельных линий. Такие спектры называются линейчатыми.

Наиболее простой линейчатый спектр имеет атомарный водород, имеющий один электрон. По мере увеличения числа электронов спектры атомов усложняются.

Расположение линий в спектрах подчиняется определенным закономерностям, которые вначале были установлены эмпирически. В 1913 году Нильс Бор на основе квантовой гипотезы Планка и планетарной модели атома Резерфорда дал (в форме постулатов) теоретическое объяснение происхождению спектров и спектральным закономерностям.

Представления Бора о строении атома сводятся к следующему: атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого по стационарным орбитам движутся электроны. Число электронов в атоме равно порядковому номеру Z элемента в таблице Менделеева. Отрицательный заряд всех электронов в атоме равен по величине положительному заряду ядра.

Первый постулат: в атоме существует ряд дискретных стационарных состояний, которым соответствуют определенные значения энергии атома: E_1, E_2, E_3, \dots . В стационарном состоянии атом не излучает и не поглощает энергию.

Второй постулат: испускание и поглощение энергии происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое. При этом испускается или поглощается определенная порция — квант энергии $\hbar\omega$, равная разности энергий двух стационарных состояний атома:

$$\hbar\omega = E_n - E_k, \quad (1)$$

где $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h — постоянная Планка);

ω — частота поглощаемых или испускаемых электромагнитных волн.

Третий постулат: момент импульса $mv_k r_k$ электрона на стационарной орбите кратен величине \hbar :

$$mv_k r_k = k\hbar, \quad (2)$$

где m — масса электрона;

v_k — скорость электрона на k -й стационарной орбите;

r_k — радиус этой орбиты;

k — целое число.

Рассмотрим атом водорода. Для упрощения расчетов предположим, что электрон вращается по круговой орбите, масса ядра велика по сравнению с массой электрона и ядро неподвижно.

Центростремительная сила, удерживающая электрон на k -й стационарной орбите, создается силой кулоновского притяжения к ядру:

$$\frac{mv_k^2}{r_k} = \frac{ze^2}{r_k^2},$$

где e — заряд электрона.

Отсюда $mv_k^2 r_k = ze^2$.

Сопоставляя это уравнение с уравнением (2), получаем выражение скорости электрона на k -й стационарной орбите:

$$v_k = \frac{ze^2}{k\hbar} \quad (3)$$

Полная энергия электрона на k -й стационарной орбите складывается из кинетической и потенциальной энергии электрона:

$$E_k = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \frac{mv_k^2}{2} + \left(-\frac{ze^2}{r_k}\right) = -\frac{mv_k^2}{2} \quad (4)$$

$$E_k = -\frac{mZ^2e^4}{2k^2\hbar^2}$$

Схема энергетических уровней, определяемых (4), дана на рис. 1.

При переходе электрона с орбиты n на орбиту k излучается согласно (1) квант энергии

$$\hbar\omega = E_n - E_k = -\frac{mZ^2e^4}{2\hbar} \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right),$$

откуда частота спектральной линии, излучаемая атомной системой, состоящей из ядра и одного электрона

$$\omega = \frac{me^4}{2\hbar^3} Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right).$$

В спектроскопии принято характеризовать спектральные линии не частотой, а величиной, обратной длине волны, тогда

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\omega}{2\pi c} = \frac{me^4}{4\pi\hbar^3c} Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad (5)$$

где $R = \frac{me^4}{4\pi\hbar^3c}$ — постоянная Ридберга.

Для водорода $z=1$ и формула (5) принимает вид:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad (6)$$

и является формулой Бальмера-Ритца.

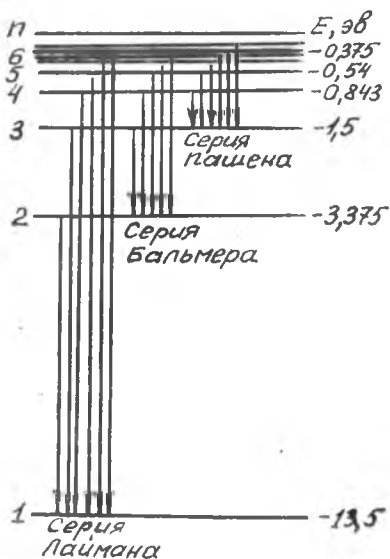


Рис. 1

Полагая в формуле (4) $k=1$, получаем наименьшее значение энергии атома водорода, а при $k=\infty$ наибольшее значение энергии возбужденного атома водорода. Излучение энергии происходит при переходе электрона с высших энергетических уровней на низшие.

Переходы с высших уровней на уровень $k=1$ соответствуют излучению линий серии Лаймана:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n} \right),$$

где $n=2, 3, 4, \dots$

Переходы с высших уровней на уровень $k=2$ соответствуют излучению линий серии Бальмера:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (7)$$

где $n=3, 4, 5, \dots$

Переходы с высших уровней на уровень $k=3$ соответствуют излучению серии Пашена:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где $n=4, 5, 6, \dots$

При переходе электрона с низших уровней энергии на высшие происходит поглощение света атомом и атом возбуждается.

Различный вид спектров является следствием того, что атомы каждого элемента имеют свою систему энергетических уровней. Кроме того, в квантовой механике доказывается, что возможны только такие переходы, которые разрешены, так называемым, правилом отбора. Таким образом, все химические элементы характеризуются определенными линейчатыми спектрами, которые отличаются друг от друга как числом линий, так и длинами волн (частотами) этих линий.

По расположению линий в спектре можно судить о веществе источника излучения (или, в случае спектра поглощения, поглощающей среды). На этом принципе основан один из важнейших методов исследования вещества — спектральный анализ. Спектральный анализ подразделяется на качественный и количественный.

Качественный спектральный анализ может проводиться с двойной целью: обнаружить в пробе все ее составные части или только один определенный элемент. В обоих случаях приходится рассматривать полный спектр излучения. Присутст-

вие в спектре линий данного элемента указывает на наличие его в анализируемом веществе.

Если учесть, что дуговые и искровые спектры металлов содержат по несколько сотен и даже тысяч спектральных линий, то можно опасаться, что при сложном составе пробы, т. е. при наложении большего числа многолинейчатых спектров окажется невозможным в них разобраться.

Однако это не так. С уменьшением количества данного элемента в пробе видимый спектр его упрощается: более слабые спектральные линии становятся на общем фоне незаметными, и при малых процентных содержаниях наблюдаются только 4—5 наиболее интенсивные линии. Эти линии называются «последними», так как они исчезают в спектре при уменьшении концентрации последними.

К числу последних линий принадлежат, например, желтые линии натрия, которые еще заметны при его концентрациях в пробе порядка $10^{-5}\%$. В настоящее время имеются таблицы последних линий для всех элементов.

Таким образом, при исследовании пробы на наличие в ней искомого элемента нет надобности рассматривать спектр по всей его длине и отыскивать все линии данного элемента. Достаточно найти 3—4 последние линии, местонахождение которых точно известно. Проведение качественного спектрального анализа облегчается этим во много раз.

Количественный спектральный анализ. Наблюдая спектр вещества, можно установить состав последнего по присутствию определенных спектральных линий. Кроме того, по яркости спектральных линий можно оценить количественное содержание интересующих примесей в исследуемом веществе. Чем больше содержание примеси в испытуемом образце, тем интенсивнее линии этой примеси в спектре. Но проведение анализа по абсолютным значениям интенсивности линий является ненадежным, так как интенсивность зависит не только от процентного содержания данного элемента в образце, но и от других причин, например, от условий возбуждения спектра. Поэтому оценку интенсивности спектральной линии производят путем сравнения ее с другими спектральными линиями, интенсивности которых приняты за условный стандарт.

Таким образом, о концентрации искомой примеси мы судим по отношению интенсивностей двух линий: примеси и сравнения. Описанный метод оценки содержания искомой примеси является в настоящее время общепринятым в количест-

венном спектральном анализе и носит название метода гомологических пар или метода внутренних стандартов.

Обычно таким стандартом, т. е. линией сравнения, является спектральная линия основы сплава. Например, для стали линиями сравнения являются линии железа, для латуни и бронзы — линии меди, для дюралюминия — линии алюминия и т. д. Однако в некоторых случаях бывает необходимо ввести в спектр другой стандарт, например, в спектр алюминиевого сплава — линии сравнения железа (взяв железный постоянный электрод), так как спектр алюминия беден линиями.

Для определения количественного содержания искомой примеси сравниваемые линии нужно внимательно рассмотреть и затем оценить интенсивность линии определяемого элемента относительно линии сравнения.

1. Линии определяемого вещества и линия сравнения имеют равные интенсивности. В этом случае оценку будем обозначать знаком равенства; при этом перед знаком равенства будем ставить условное обозначение спектральной линии определяемого элемента, а после знака — условное обозначение спектральной линии сравнения. Чтобы привести таблицы оценок к наиболее простому виду, сравниваемые спектральные линии будем обозначать условными цифрами (а не длинами волн), приводя, конечно, расшифровку этих обозначений. Например, запись оценки интенсивностей $1=4$ при определении магния в алюминиевых сплавах означает, что спектральная линия магния с длиной волны $5183,62 \text{ \AA}$ равна по интенсивности линии железа с длиной волны $5168,90 \text{ \AA}$. ($\text{\AA} = 10^{-8} \text{ см}$).

Запись $1=4$ говорит о том, что интенсивность первой линии ($5183,62 \text{ \AA}$) равна интенсивности четвертой линии ($5168,90 \text{ \AA}$).

2. Линия определяемого элемента слабее по интенсивности, чем линия сравнения. Такую оценку будем обозначать знаком $<$ (меньше). Знак $<$ указывает на интенсивность линии, стоящей справа ($1 < 4$).

3. Линия определяемого элемента сильнее по интенсивности, чем линия сравнения. Такую оценку будем обозначать знаком $>$ (больше).

4. Линия определяемого элемента близка по интенсивности к линии сравнения, но либо сильнее, либо слабее ее; в этих случаях будем пользоваться соответственно значками \geq и \leq .

5. Линия определяемого элемента либо значительно слабее по интенсивности, либо значительно сильнее линии сравнения, в этих случаях будем употреблять соответственно знаки \gg и \ll .

Во всех иных случаях оценки интенсивностей будут описываться словами. Например, линия 2 видна при редких вспышках и т. д.

Основными характерными особенностями спектрального анализа как аналитического являются: чувствительность, быстрота, универсальность и возможность ограничиваться для проведения анализа чрезвычайно малыми количествами вещества.

Спектральный анализ с успехом применяется для решения многих производственных задач в металлургии, машиностроении, геологической разведке и т. д.

Исключительное значение имеют спектрально-аналитические методы исследования в астрофизике и вообще при изучении недоступных объектов. В этих областях наряду с анализом по спектрам испускания применяются также и анализы по спектрам поглощения.

Задание № 27

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ РИДБЕРГА

Приборы и принадлежности: универсальный монохроматор УМ-2, ртутная лампа, разрядная водородная трубка.

Описание прибора

В данной работе для измерения длин волн применяется универсальный монохроматор УМ-2 (рис. 2).

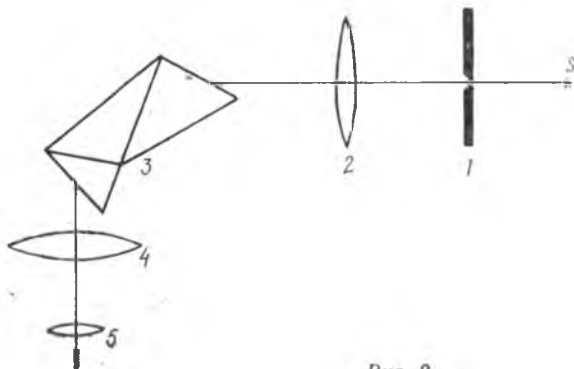


Рис. 2

Монохроматор УМ-2 представляет собой спектральный прибор, выделяющий очень узкие участки спектра. Он может быть использован для различных спектральных исследова-

ний, в частности, для измерения интенсивностей спектральных линий и для проведения абсорбционного анализа.

Монохроматор состоит из входной щели 1 и объектива 2 (см. рис. 2), образующих коллиматор. Из коллиматора выходит пучок параллельных лучей, падающих затем на дисперсионную призму Аббе 3 постоянного отклонения. Призма сделана на тройной для того, чтобы увеличить разрешающую способность прибора.

Пройдя дисперсионную призму, лучи света попадают в объектив 4 выходной трубы монохроматора, который собирает их в фокальной плоскости окуляра 5. В фокальной плоскости объектива зрительной трубы имеется указатель.

Ширину входной щели можно изменять от 0 до 4 мм, вращая барабанчик, на котором имеется шкала с ценой деления, равной 0,01 мм.

Призма постоянного отклонения установлена на столике, который соединен с поворотным механизмом, связанным с измерительным барабаном.

На измерительном барабане поворотного механизма приведены относительные деления — градусы поворота самого барабана. Отсчет читается против индекса, скользящего по спиральной канавке барабана (цена деления барабана 2°).

Порядок выполнения работы

1. Построение градуировочного графика:

выбрать ширину щели коллиматора так, чтобы интенсивность спектральных линий была достаточна для их визуального наблюдения. Чем меньше ширина щели, тем уже спектральные линии, тем точнее отсчеты по шкале барабана;

научиться делать отсчеты по шкале барабана быстро и без ошибок;

включить ртутную лампу не более, чем на 5–7 минут. При помощи линзы направить свет от лампы на щель коллиматора

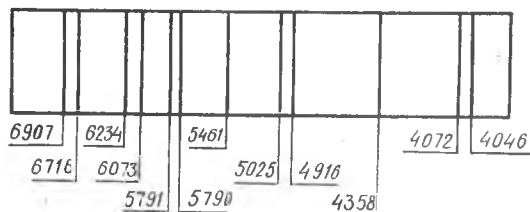


Рис. 3

и сфокусировать изображение светящегося столба лампы; в зрительную трубу рассмотреть спектр. Вращением барабана добиться совпадения стрелки указателя последовательно с линиями спектра, для которых приведены длины волн на рис. 3. Положение каждой линии определить по показаниям на шкале барабана и записать в табл. 1;

Таблица 1

Цвет линий	Отсчет по барабану, φ	λ Å
Темно-красная яркая		6907
Темно-красная слабая		6716
Красная яркая		6123
Желтый дублет		5791
		5790
Зеленая яркая		5461
Голубая яркая		4916
Темно-синяя яркая		4358
Фиолетовая яркая		4078
Фиолетовая слабая		4047

пользуясь таблицей длин волн линий паров ртути, построить градуировочный график $\lambda = f(\varphi)$, откладывая по оси абсцисс деления шкалы барабана, а по оси ординат соответствующие им длины волн. За начало координат при этом можно взять $\lambda = 4000 \text{ Å}$ и соответствующий этой длине волны угол.

2. Определение постоянной Ридберга:

установить перед щелью монохроматора разрядную водородную трубку и зажечь ее;

просмотреть линейчатый спектр испускания водорода — линии серии Бальмера (7). Пользуясь градуировочной кривой, измерить длины волн красной ($n=3$), голубой ($n=4$) и фиолетовой ($n=5$) спектральных водородных линий;

для каждого значения длины волны λ по формуле

$$R = \frac{1}{\lambda \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n^2} \right)}$$

вычислить постоянную Ридберга;

оценить относительную и абсолютную погрешности постоянной Ридберга R по формулам:

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100\% = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \cdot 100\%;$$

$$\Delta R = R \frac{\varepsilon_R}{100\%},$$

где $\Delta \lambda = \left(\frac{d\lambda}{d\varphi} \right) \Delta \varphi$,

$\left(\frac{d\lambda}{d\varphi} \right)$ — определить как тангенс угла наклона касательной к градуировочной кривой $\lambda = f(\varphi)$ в точке, где определяется λ ;

абсолютная погрешность $\Delta \varphi$ равна половине наименьшего деления шкалы барабана.

Все результаты измерений и вычислений занести в табл. 2.

Таблица 2

Деления шкалы барабана, φ	λ Å	n	$\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}$	R см ⁻¹	$\Delta \lambda$ Å	ε_R	ΔR , см ⁻¹
		3					
		4					
		5					

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите строение атома по теории Бора.
2. Сформулируйте постулаты Бора.
3. Выведите формулу Бальмера-Ритца.
4. Объясните природу линейчатых спектров.
5. Какой спектр испускают раскаленные пары и газы?
6. Какими свойствами отличаются видимый участок спектра электромагнитного излучения от других его частей?
7. Начертите оптическую схему монохроматора УМ-2 и объясните принцип его действия.
8. Почему в монохроматоре применяется тройная призма Аббе?
9. В опыте в качестве источника света берется узкая щель. Почему?

ЛИТЕРАТУРА

- Савельев И. В. Курс общей физики, т. 3, М., «Наука», 1971, § 59, 63.
 Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики, т. 3, М., «Наука», 1965, § 44.
 Корсунский М. И. Оптика, строение атома, атомное ядро. М., 1967, § 6, 7, 11, 12.

Задание № 19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИН СВЕТОВЫХ ВОЛН МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Приборы и принадлежности: универсальный монохроматор УМ-2, ртутная лампа, линза $F=110$ см, неоновая лампочка, блок питания.

Порядок выполнения задания

Для проведения спектрального анализа в работе используется универсальный монохроматор УМ-2 (см. рис. 2).

1. Построение градуировочного графика (порядок выполнения этой работы смотри в задании № 27).

2. Измерение длин волн в спектре неона:

подключить неоновую лампочку к источнику напряжения; получить на щели коллиматора при помощи линзы четкое изображение светящейся части лампочки;

просмотреть весь спектр, а затем, последовательно помещая над стрелкой указателя определенные (произвольные) линии, сделать отсчеты по барабану и записать в таблицу;

определить длины волн в спектре неона по градуировочному графику.

Таблица

Вещество	Цвет линий в спектре ртути	Показания по шкале барабана, φ	Длина волны, λ , Å
Ртуть	1. Темно-красная яркая		6907
	2. Темно-красная слабая		6716
	3. Красная яркая		6123
	4. Интенсивный желтый дублет		5791 5790
	5. Зеленая яркая		5461
	6. Голубая яркая		4916
	7. Темно-синяя яркая		4358
	8. Фиолетовая яркая		4078
	9. Фиолетовая яркая		4047

	Цвет линий в спектре неона	Показания по шкале барабана, φ	Длина волны λ , Å
Неон			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Начертите оптическую схему монохроматора УМ-2 и объясните принцип его действия.
2. Почему в монохроматоре применяется тройная призма Аббе?
3. В опыте в качестве источника света берется узкая щель. Почему?
4. Перечислите методы спектрального анализа.
5. Какими свойствами отличается видимый участок спектра электромагнитного излучения от других его частей?
6. Какой спектр испускают раскаленные пары и газы?
7. Какая разница между сплошным и линейчатым спектром?
8. Объясните природу линейчатых спектров.
9. Какая разница между спектром испускания и спектром поглощения?
10. В чем заключается принцип обращаемости спектральных линий?

ЛИТЕРАТУРА

- Зисман Г. А., Годес О. М. Курс общей физики, т. 3, М., «Наука», 1968, § 50—52.
 Ландсберг Г. С. Оптика, М., Гостехиздат, 1957, § 198.
 Савельев И. В. Курс общей физики, т. 3, М., «Наука», 1968, § 43, 59.

ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СПЛАВОВ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ

Приборы и принадлежности: стилоскоп СЛП-1, образец.

Цель работы — полуколичественный анализ сплавов на алюминиевой основе. Полуколичественным анализом называется количественный анализ на несколько элементов, входящих в данный сплав, т. е. неполный количественный анализ сплава.

Описание прибора

Переносной стилоскоп СЛП-1 служит для визуального качественного анализа всех наиболее распространенных легированных сталей и цветных сплавов. В случае необходимости стилоскоп можно использовать как стационарный, закрепив его на подставке, как в данной работе. Анализ могут быть подвергнуты детали любой конфигурации и формы без их разбора.

Между двумя электродами, один из которых исследуемый образец, а другой — постоянный (стальной стержень стилоскопа), с помощью генератора ЛГД-1 зажигают дугу или искру.

Междуэлектродный промежуток заполняется при этом светящимися парами материала электродов. Свет, излучаемый парами, попадает на стилоскоп. Оптическая схема его показана на рис. 4.

Пройдя через защитные стекла 1 и 2, свет направляется призмой 3 на конденсор 4, который концентрирует его на щель 5 стилоскопа. Прошедший через щель свет попадает на объектив 6, который превращает пучок лучей, расходящийся от щели, в параллельный и направляет его на диспергирующие призмы 7 и 8, где происходит разложение света в спектр. Большой катет призмы 8 посеребрен; отражаясь от него, лучи вновь проходят в обратном направлении призмы 8 и 7, чем достигается увеличение дисперсии прибора. Дисперсия стилоскопа СЛП-1 такова, что он допускает раздельное наблюдение в окуляре пары спектральных линий $\lambda = 5191,46 \text{ \AA}$ и $\lambda = 5192,35 \text{ \AA}$.

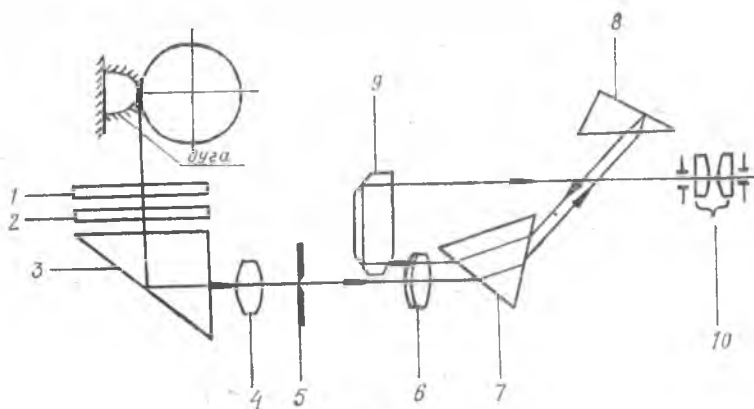


Рис. 4

Пройдя в обратном направлении объектив 6, пучок лучей превращается в сходящийся и попадает в призму 9, которая направляет его через промежуток между призмами 7 и 8 в окуляр 10.

Стилоскоп состоит из головки и спектрального аппарата. В корпусе головки 1 (рис. 5) находятся защитные стекла 1, 2, призма 3 и конденсор 4 (см. рис. 4). На конце головки крепится съемная переходная планка 2 (рис. 5), несущая три

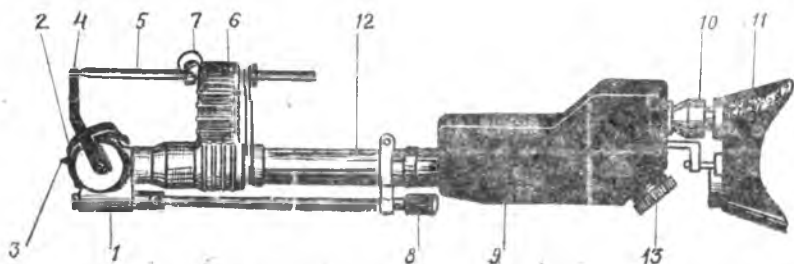


Рис. 5

вольфрамовых контакта 3. Последние служат для упора электрода в зачищенное место исследуемого образца и подводки к образцу одного из полюсов электрической сети. На головке же имеется откидной шаблон 4, предназначенный для фиксации положения постоянного стержневого электрода 5.

Головка изолируется от остальной части прибора изолятором 6. Винт 7 закрепляет стержневой электрод. Необходимый при работе разворот призмы 3 осуществляется маховичком 8 (см. рис. 4).

Спектральный аппарат (призмы 7, 8, 9 и объектив 6) закреплён в корпус 9. На корпусе укреплен окуляр 10, на котором закреплён резиновый наглазник и налобник 11.

Головка с изолятором подсоединены к корпусу трубкой 12, в которой помещена оправа со щелью.

На корпусе же смонтирован маховичок 13 со шкалой. Вращение его приводит к повороту призмы 8 (см. рис. 4), вследствие чего спектр в поле зрения окуляра перемещается.

К стилоскопу прикладывается дисперсионная кривая, связывающая длину волны спектральных линий с отсчетом по шкале маховичка 13. Это позволяет выводить в поле зрения окуляра маховичком 13 нужный участок спектра.

Снизу к корпусу крепится ручка, к которой подводятся провода от генератора ПГД-1. На ручке смонтирована кнопка-выключатель генератора. Генератор включен, если кнопка нажата.

Упражнение № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МАГНИЯ В СПЛАВАХ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ

Порядок выполнения упражнения

1. Зачистить наждачной бумагой или напильником на исследуемом образце площадку размером 2×2 см². На расстоянии 8 см от ее края зачистить вторую площадку размером 1×1 см².

2. Установить образец в держателе стилоскопа так, чтобы контакт 3 (см. рис. 5) на конце головки коснулся меньшей из зачищенных площадок, а постоянный электрод 5 оказался бы против середины большой площадки. Перемещая электрод 5 рукояткой регулятора, установить величину дугового промежутка между исследуемым образцом и электродом 1—2 мм.

3. Переключатель генератора ПГД-1 поставить в положение «дуга». Включить генератор в сеть, при этом должна загореться красная сигнальная лампа на генераторе.

4. Нажать кнопку-выключатель на ручке стилоскопа. При этом должна загореться дуга. Наблюдать за спектром. Если яркость спектра недостаточна, то разворотом призмы 3, вра-

щая маховичок 8 (см. рис. 5), добиться требуемой яркости спектра. Если недостаточно резкость линий, то вращением накатанного кольца окуляра 10 добиться максимально резкого изображения спектральных линий. Выключить стилоскоп.

5. Определить по дисперсионной кривой деление шкалы маховичка 13, которому соответствует линия 1 магния ($\lambda_1 = 5183,62 \text{ \AA}$), и установить это деление шкалы против риски. При этом в поле зрения окуляра окажется нужный участок спектра, содержащий основные (последние) линии магния 1 и 2 с длинами волн соответственно $\lambda_1 = 5183,62 \text{ \AA}$ и $\lambda_2 = 5172,70 \text{ \AA}$ и линии сравнения, условные обозначения и длины волн которых указаны в табл. 1.

Таблица 1

Линии магния		Линии сравнения	
Длина волны, \AA	Условные обозначения	Длина волны, \AA	Условные обозначения
5183,62	1	5187,90	3
5172,70	2	5168,90	4
		5171,60	5
		5159,05	6
		5167,49	7

6. Внимательно изучить фотографию-спектрограмму с выделенным участком спектра магния Mg (рис. 6).

7. Нажать кнопку-включатель стилоскопа. Убедиться, что наблюдаемый участок спектра схож со спектрограммой Mg. Найти линию 1 и совместить ее маховичком 13 с визирной линией окуляра, если окажется, что линия 1 несколько смещена относительно визира.

8. Через 20—30 с после включения дуги произвести сравнение интенсивности линии 1 с интенсивностями других линий

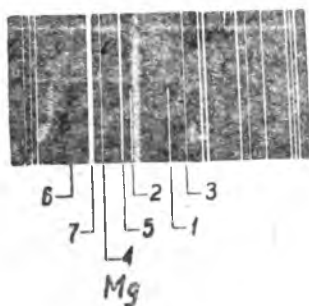


Рис. 6

сравнения 2, 3, 4, 5, 6, 7 (эти линии на спектраграмме Mg помечены соответствующими цифрами).

9. Аналогично сравнить интенсивность линии 2 с линиями 1, 3, 4, 5, 6, 7. Результаты сравнения записать в табл. 2.

10. Сравнить результаты наблюдений, помещенные в табл. 2, с результатами табл. 3. По совпавшим результатам определить процентное содержание Mg в образце.

Таблица 2

№ образца	Оценка интенсивностей спектральных линий	Содержание магния, %

Таблица 3

Содержание магния, %	Оценки интенсивностей спектральных линий
0,01	$1 \leq 4$ $1 > 3$, линия не видна
0,05	$1 = 4$ линия 2 не видна при редких вспышках
0,08	$1 = 6$ линия 2 не видна при частых вспышках
0,1	$1 = 5$ $2 = 4$
0,2	$2 = 5$
0,5	$2 > 5$ $1 \leq 7$
1,0	$1 = 7$
2,0	$2 = 7$

Упражнение № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МАРГАНЦА В СПЛАВАХ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ

Присутствие марганца Mn в сплаве устанавливается по наличию линии 1 ($\lambda = 4823,52 \text{ \AA}$) (рис. 7). Упр. 2 выполняется аналогично упр. 1. Условные обозначения линий и оценки интенсивностей приведены в табл. 4 и 5. Результаты сравнения записать в табл. 6.

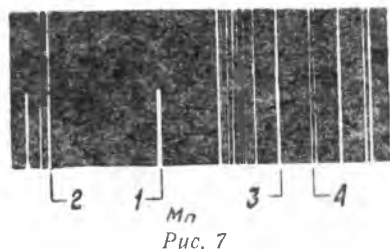


Таблица 4

Линии марганца		Линии сравнения	
$\lambda \text{ \AA}$	условные обозначения	$\lambda \text{ \AA}$	условные обозначения
4823,52	1	4789,65	2
		4858,75	3
		4871,32	4

Таблица 5

Содержание марганца, %	Оценка интенсивностей спектральных линий
0,2	$1 > 2$ $1 \leq 3$
0,5	$1 = 3$
1,0	$1 \geq 3$ $1 \leq 4$
2,0	$1 = 4$

Таблица 6

№ образца	Оценка интенсивностей спектральных линий	Содержание марганца, %

Упражнение № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕМНИЯ В СПЛАВАХ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ

Определение кремния проводят по группе Si_1 и Si_2 (рис. 8 и 9), возбуждая спектр дугой переменного тока при искровом режиме.

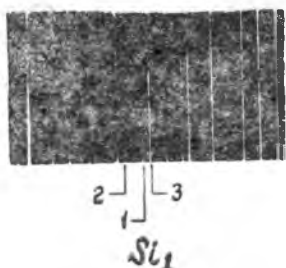


Рис. 8

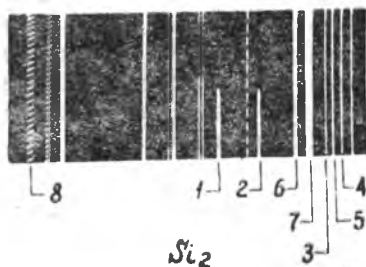


Рис. 9

В табл. 7 и 8 приведены условные обозначения спектральных линий и оценки интенсивностей их при различном содержании кремния. Порядок выполнения такой же, как и в упр. № 1, только переключатель генератора ПГД надо поставить в положение «Искра». Результаты наблюдений занести в табл. 9.

Таблица 7

Линии кремния		Линии сравнения	
длина волны $\lambda, \text{Å}$	условные обозначения	длина волны $\lambda, \text{Å}$	условные обозначения
Первая группа линий Si_1			
3905,53	1	3902,95	2
		3903,9	3
Вторая группа линий Si_2			
6347,01	1 _a	6408,03	3
6371,09	2	6421,35	4
		6411,66	5
		6393,66	6
		6400,02	7
		6243,36	8

Таблица 8

Содержание кремния, %	№ группы	Оценка интенсивностей спектральных линий
0,15—0,2	Si ₂	1 << 3; 1—едва видна; 2 — не видна
0,2 —0,3	Si ₂	1 < 3; 1 — видна; 2 — едва видна
0,4 —0,5	Si ₂	1=3
0,7	Si ₂	1=4 2 ≤ 3
1,0	Si ₂	1=5 2 < 4
1,0	Si ₁	1=3
1,3	Si ₂	1=6 2=4
1,7	Si ₂	1 < 7 2 < 6
2,0 —2,5	Si ₂	1 < 7 2=6
4,0 —4,5	Si ₂	1=7 2 ≥ 6
6,0 —7,0	Si ₂	1=8
8,0—10,0	Si ₂	1=8 2=7
15	Si ₂	1 > 8 2 > 7
20	Si ₂	2=8
20	Si ₁	1 > 2
30	Si ₁	1 >> 2

Таблица 9

№ образца	№ группы	Оценка интенсивностей спектральных линий	Содержание кремния, %

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что можно узнать о сплаве при изучении яркости его спектральных линий?
2. В чем преимущество спектрального анализа по сравнению с химическим?
3. Какие линии спектра называют последними?
4. Начертите оптическую схему стилоскопа СЛП-1.
5. В чем заключается смысл метода гомологических пар?
6. Почему дисперсионный (призматический) спектр чаще применяют для изучения состава коротковолнового излучения, а в случае длинноволнового излучения целесообразнее пользоваться дифракционным спектром?
7. В каком случае количественный анализ называют полуколичественным?
8. Какую роль играет дисперсионная кривая, прилагаемая к стилоскопу?
9. В каком агрегатном состоянии находится вещество, спектр которого наблюдаете с помощью стилоскопа?
10. Каковы закономерности качественного и количественного спектрального анализа?

ЛИТЕРАТУРА

- Корсунский М. И. Оптика. Строение атома. Атомное ядро. М., «Наука», 1967, гл. II, § 8.
- Ландсберг Г. С. Оптика. М., Гостехиздат, 1947, § 193.