

# Лабораторная работа 2.4

## Закон Мозли

Нехаев Александр, гр. 654

1 ноября 2018 г.

### Содержание

1. Теоретическое введение	1
2. Ход работы	2
2.1. Измерение спектров . . . . .	2
2.2. Обработка данных . . . . .	2

**Цель работы:** измерить спектры характеристического излучения атомов для набора химических элементов. Определить рентгеновские термы измеренных спектральных пиков излучения. Проверить закон Мозли. Определить рентгеновские термы измеренных спектральных пиков излучения. Проверить закон Мозли. Определить элементный состав контрольного образца.

**В работе используются:** рентгеновский спектрометр «Спектроскан Макс-G», включающий в себя рентгеновский источник излучения, специально вогнутый кристалл LiF, гониометр, газовый детектор рентгеновских квантов и компьютер, а также образцы чистых химических элементов.

### 1. Теоретическое введение

При переходе электрона с оболочки одного слоя на другой слой атом излучает рентгеновский квант, такое излучение называют характеристическим излучением. Энергия кванта такого излучения приближенно может быть записана в виде:

$$\hbar\omega_{12} = E_{n_2} - E_{n_1} = -Ry \left( \frac{(Z - \sigma_{n_2, l_2})^2}{n_2^2} - \frac{(Z - \sigma_{n_1, l_1})^2}{n_1^2} \right) \quad (1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – главные квантовые числа конечного и начального состояний электрона. Эта формула является приближённой, причем входящие в нее параметры экранировки заряда ядра  $\sigma_{n_2, l_2}$  и  $\sigma_{n_1, l_1}$  могут заметно отличаться друг от друга. Это связано с тем, что для электрона, расположенного на заданной электронной оболочке, эффективно экранируют заряд ядра только те электроны, которые располагаются на оболочках меньшего или такого же радиуса. Поэтому для электрона на первой оболочке параметр экранировки составляет величину около единицы (есть еще только один электрон на той же оболочке), а вот для электрона на второй оболочке параметр экранировки будет иметь значение около

7. (Два электрона на первой оболочке и ещё 5 на второй.) Для упрощения формулу (1) можно переписать в виде:

$$\hbar\omega = Ry \cdot (Z - \sigma)^2 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right). \quad (2)$$

Это выражение также как и формула (1), является приближенным, но оно отражает основное свойство спектральных линий характеристического излучения: квадратичную зависимость частоты излучения от заряда ядра  $Z$  –

## 2. Ход работы

### 2.1. Измерение спектров

В лабораторной работе предлагается определить длины волн характеристического излучения следующих элементов:  $^{22}\text{Ti}$ ,  $^{23}\text{V}$ ,  $^{24}\text{Cr}$ ,  $^{25}\text{Mn}$ ,  $^{26}\text{Fe}$ ,  $^{28}\text{Ni}$ ,  $^{29}\text{Cu}$ ,  $^{41}\text{Nb}$ ,  $^{42}\text{Mo}$ ,  $^{47}\text{Ag}$ .

Работать будем с наиболее яркими спектральными линиями:  $K_{\alpha_{1,2}}$ ,  $K_{\beta_{1,3}}$ ,  $L_{\alpha_1}$ ,  $L_{\beta_1}$ .

### 2.2. Обработка данных

- 1) Приведем изображения измеренных спектров:
- 2) На основе измеренных данных составим таблицу:

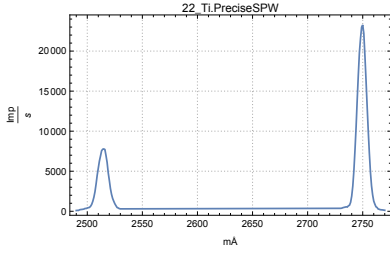


Рис. 1: Спектр титана

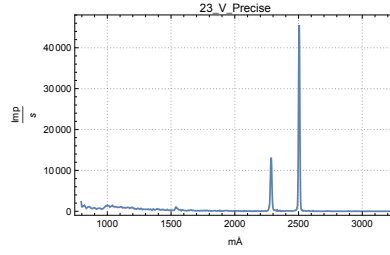


Рис. 2: Спектр ванадия

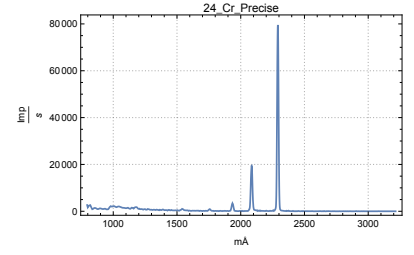


Рис. 3: Спектр хрома

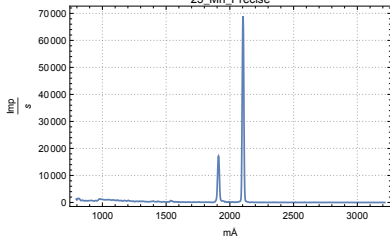


Рис. 4: Спектр марганца

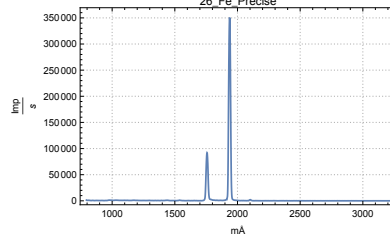


Рис. 5: Спектр железа

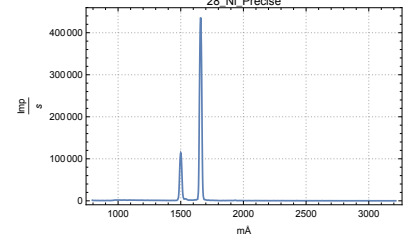


Рис. 6: Спектр никеля

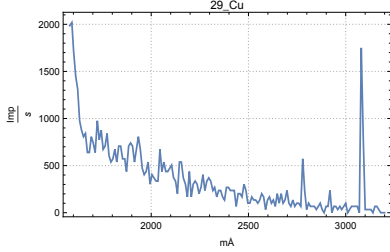


Рис. 7: Спектр меди

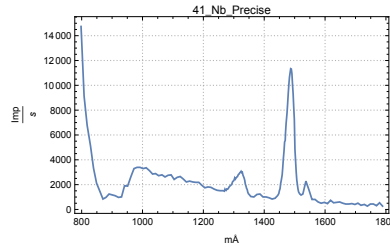


Рис. 8: Спектр ниобия

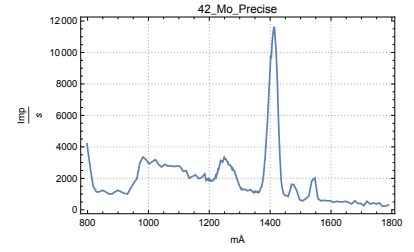


Рис. 9: Спектр молибдена

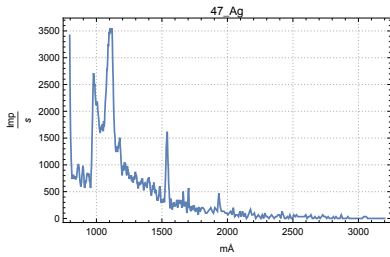


Рис. 10: Спектр серебра

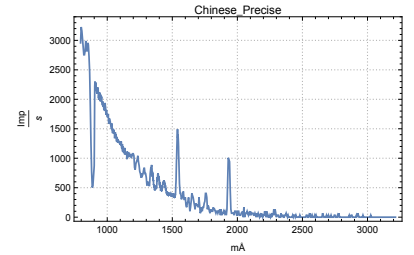


Рис. 11: Спектр китайской монетки

Таблица 1: Экспериментальные данные

Элемент	Z	$\lambda_{K\alpha}$	$\lambda_{K\beta}$	$E_{K\alpha}$	$E_{K\beta}$	$\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{Ry}}$	$\sqrt{\frac{E_{K\beta}}{Ry}}$
Ti	22	2749.9 mÅ	2514.9 mÅ	4508.53 eV	4929.82 eV	18.2036	19.0351
V	23	2505 mÅ	2285 mÅ	4949.3 eV	5425.82 eV	19.0727	19.9697
Cr	24	2291.1 mÅ	2086 mÅ	5411.37 eV	5943.43 eV	19.9431	20.9006
Mn	25	2104 mÅ	1911. mÅ	5892.59 eV	6487.7 eV	20.811	21.8366
Fe	26	1937 mÅ	1757 mÅ	6400.62 eV	7056.35 eV	21.6896	22.7735
Ni	28	1658 mÅ	1500.1 mÅ	7477.68 eV	8264.78 eV	23.4435	24.6465
Cu	29	1540 mÅ	1390 mÅ	8050.65 eV	8919.42 eV	24.3251	25.604
Ag	47	560 mÅ	500 mÅ	22139.3 eV	24796.eV	40.3387	42.6904
Mo	42	711 mÅ	632 mÅ	17437.4 eV	19617.1 eV	35.7998	37.9714
Nb	41	748 mÅ	666 mÅ	16574.9 eV	18615.6 eV	34.9032	36.9895

- 3) Для всех спектральных линий построим на одном графике зависимости величины  $\sqrt{\frac{E}{Ry}}$  от атомного номера  $Z$ .

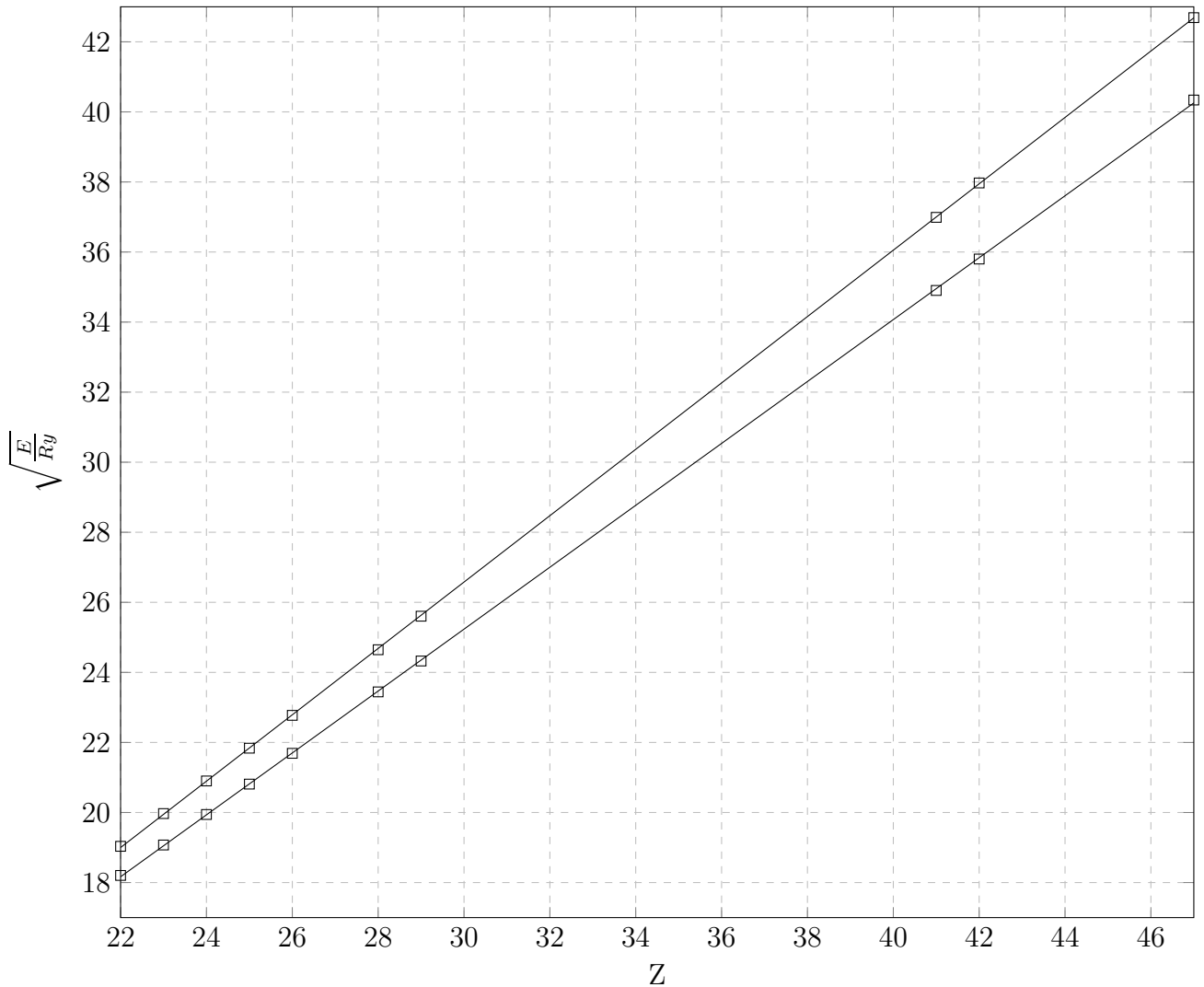


Рис. 12: График зависимости  $\sqrt{\frac{E_K}{Ry}}$  от  $Z$

Параметры аппроксимации:

$$y = (-1.27391 \pm 0.04955) + (0.883614 \pm 0.001553)x$$

$$y = (-1.84261 \pm 0.029109) + (0.947373 \pm 0.000912)x$$

- 4) Используя формулу и полученные графики зависимости, определим постоянные  $\sigma$  и  $\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

$$\sqrt{\frac{E}{Ry}} = (Z - \sigma) \sqrt{\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)} = Z \sqrt{\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)} - \sigma \sqrt{\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)} = Zb + a$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)}$$

$$\sigma = -\frac{a}{b}$$

Таким образом получили константы экранирования:

$$\sigma_{K_\alpha} = 1.44171$$

$$\sigma_{K_\beta} = 1.94497$$