

Определение длины волны H_α , H_β и H_γ от серии Балмера водорода

Объекты экспериментов

- Наблюдение линий спектра атомного водорода с помощью решетки с высокой разрешающей способностью.
- Измерение длины волны H_α , H_β и H_γ от серии Балмера.
- Определение постоянной Ридберга R_∞ .

Основные принципы

В видимой области эмиссионный спектр атомного водорода имеет линии H_α , H_β и H_γ . Эти линии принадлежат полному ряду, простирающемуся в ультрафиолетовый диапазон. В 1885 Балмер заявил следующую эмпирическую формулу для частот этого ряда:

$$\nu = R_\infty \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right), m: 3, 4, 5, \dots \quad (I)$$

$R_\infty = 3.2899 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$: постоянная Ридберга

Позже формула Балмера была объяснена в рамках модели Атома Бора (см. Рис. 1).

В эксперименте эмиссионный спектр возбужден посредством лампы Балмера, которая заполнена водяным паром. Молекулы воды разделяются электрическим разрядом во возбужденному атому водорода и гидроксильную группу. Длины волны H_α , H_β и H_γ определяются с помощью решетки с высокой разрешающей способностью. В первом порядке решетки, отношения между длиной волны и углом наблюдения

$$\lambda = d \cdot \sin \vartheta \quad (II).$$

d : постоянная решетки

Измеренные значения сравняются с частотами, вычисленными согласно формуле (I) Балмера.

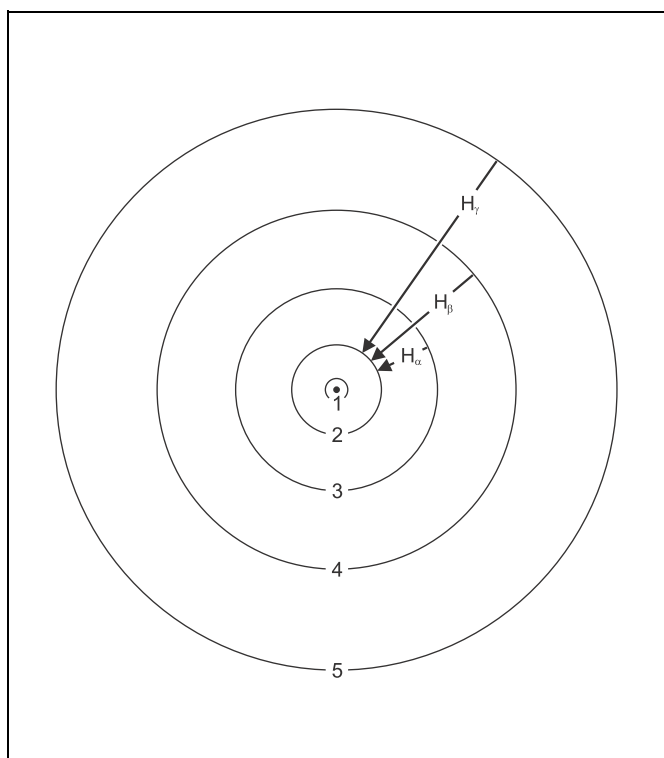


Рис. 1 Модель Бора Атома водорода с переходами от серии Балмера (схематическая схема).

Список приборов

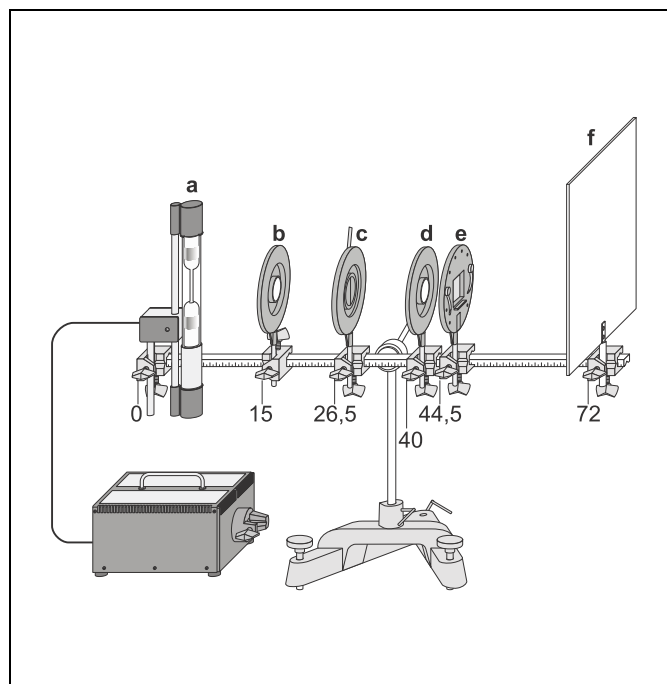
1 Лампа Балмера.	451 13
1 Источник питания для лампы Балмера.	451 14
1 копия решетки Роуланда	471 23
1 держатель с пружинными скрепками	460 22
1 линза, $f = + 50 \text{ mm}$	460 02
1 линза, $f = + 100 \text{ mm}$	460 03
1 корректируемый разрез.	460 14
1 полупрозрачный экран	441 53
1 оптическая скамья.	460 43
1 штатив, V-формы, 28 cm	300 01
6 мультизажим Leybold	30101
1 стальная рулетка, 2 m	311 77

Установка

Примечание:

Спектральные линии могут наблюдаться только в полностью затемненной комнате.

Экспериментальная установка показана на Рис. 2 и 3.

**Техника безопасности**

Блок питания генерирует опасные напряжения контакта, доступные в контактах держателя, даже пока лампа Балмера не была смонтирована.

- Не соединяйте блок питания, пока лампа Балмера еще не была смонтирована.

Монтаж:

- Если необходимо, смонтируйте лампу Балмера в держателе, как объяснено в листе инструкции.
- Установите маленькую оптическую скамью и закрепите мультизажимы Leybold как показано на Рис. 2. Второй мультизажим должен быть повернут на 180° .
- Смонтируйте держателя с лампой Балмера на оптической скамье, соедините блок питания с электросетью и включите его.
- Смонтируйте две линзы, корректируемый разрез и держателя с пружинными скрепками, и выровняйте их по высоте.
- Смонтируйте полупрозрачный экран как показано на Рис. 3.

Точная настройка:

- Выровняйте лампу Балмера с оптической осью путем превращения держателя в мультизажиме Leybold и вертикальным смещением.
- Переместите линзу, $f = 50 \text{ mm}$, параллельно и ортогонально к оптической оси, пока лампа Балмера не будет резко изображена на корректируемом разрезе.
- Получите изображение разреза на полупрозрачном экране, путем перемещения линзы, $f = 100 \text{ mm}$.

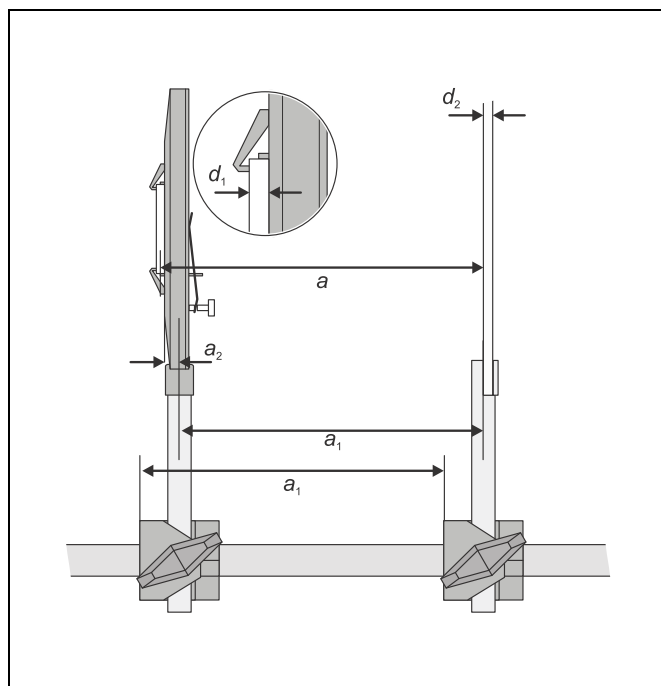


Рис. 2. Экспериментальная установка для изучения серии Балмера атома водорода (числа указывают позиции левых краев мультизажимов на оптической скамье).

лампа Балмера.
b- линза отображения $f = 50 \text{ mm}$
c -корректируемый разрез
d -линза отображения $f = 100 \text{ mm}$
e -решетка
f -экран

Рис. 3. Рисунок решетки Роуланда и полупрозрачного экрана

Выполнение эксперимента

- Переместите копию решетки Роуланда в путь луча.
- Затемните комнату эксперимента полностью и наблюдайте полупрозрачный экран
- Сузьте корректируемый разрез, пока отдельные линии не будут видимы на экране.
- Если необходимо, блокируйте нежелательный свет от лампы Балмера с пластиной маскирования, сделанной из картона.
- Отметьте позиции линий и нулевого порядка на экране.
- Измерьте расстояния b между строками и нулевым порядком на экране.
- Определите расстояние между решеткой Роуланда и полупрозрачным экраном (см. Рис. 3).

Примеры измерения

Расстояние решетки a :

мультизажим 1 - мультизажим 2:	$a_1 = 275 \text{ mm}$
середина ручки - край держателя:	$a_2 = 5 \text{ mm}$
решетка Роуланда:	$d_1 = 2.5 \text{ mm}$
полупрозрачный экран:	$d_2 = 3 \text{ mm}$

Расстояния линий:

Таблица 1: Расстояния b между строками и нулевым порядком (период дифракционной решетки $g = 600 \text{ nm}^{-1}$)

	$\frac{b}{\text{mm}}$	
Цвет	левый	правый
красный	121	123
бирюза	89	87
синий	78	76

Оценка

Постоянная решетки $d = \frac{1}{g} = 1.67 \mu\text{m}$

Расстояние решетки (Рис 3.)

$$a = a_1 + a_2 + \frac{d_1}{2} + d_2 = 284 \text{ mm}$$

Из рис. 4 следует $\sin \vartheta = (b)/(\alpha^2 + \beta^2)^{1/2}$

Вместе с (II) это даёт $\lambda = d \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ or

$$\nu = \frac{c}{d} \cdot \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b} \text{ соответственно.}$$

c : скорость света в вакууме

Таблица 2: длины волны и частоты наблюдаемых линий.

Цвет	Линии	$\frac{\lambda}{\text{nm}}$	$\frac{\nu}{\text{THz}}$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$
красный	H_α	658	456	0.1389
бирюза	H_β	493	608	0.1875
синий	H_γ	436	688	0.2100

В таблице 2 приведены длины волны и частоты линий H_α , H_β и H_γ , определенные в эксперименте. На рис. 5 показана

показана зависимость частоты от выражения $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$

наклон прямой линии проходящей через начало координат, $R = 3.27 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$. Это значение находится в превосходном согласии со значением постоянной Ридберга, указанного в литературе (см. выше).

Результаты

Частоты серии Балмера водорода, данные формулой Балмера, сразу же вытекают от модели Атома Бора.

Рис. 4. Первый порядок дифракции на решетке.

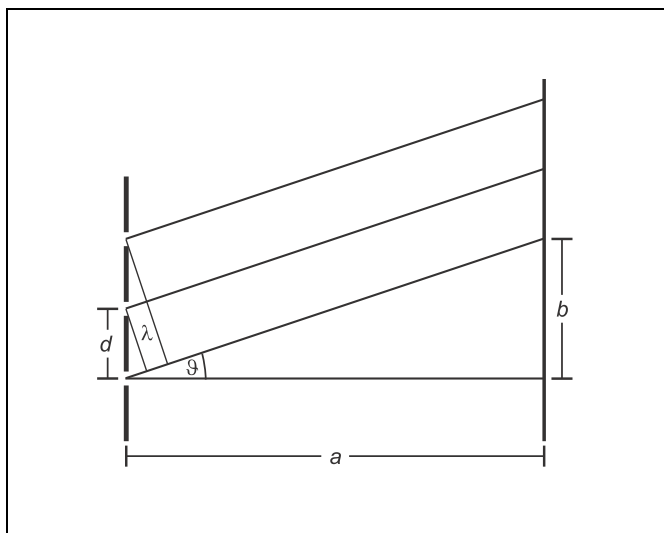


Рис. 5. Частоты ν как функция $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$

