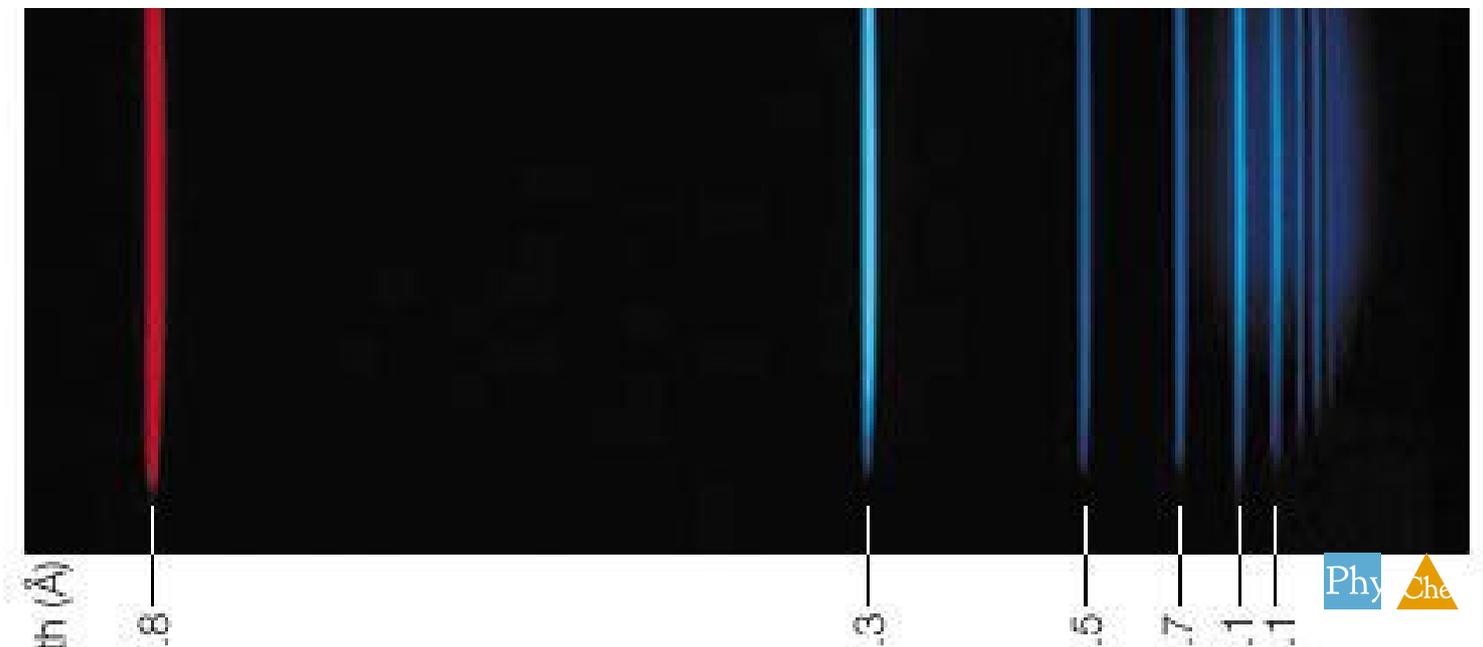


Серия Бальмера/ Определение постоянной Ридберга



Физика → Современная физика → Атомная и молекулярная физика

Химия → Физическая химия → Структура атома и его свойства



Уровень сложности

твердый



Размер группы

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут

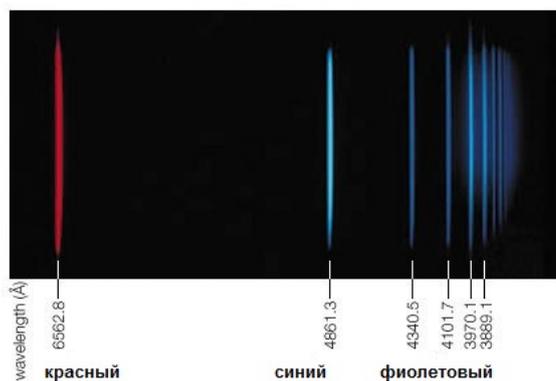
PHYWE
excellence in science



Общая информация

Описание

PHYWE
excellence in science



Спектральные линии атома водорода - серия Бальмера

Спектральные серии линий атома водорода, или особенно серия Бальмера, важны в астрономической спектроскопии для обнаружения присутствия водорода во Вселенной. Спектральные линии могут появляться, когда атомы и молекулы излучают и поглощают излучение на определенных длинах волн, в зависимости от природы объекта.

Эти спектральные линии в спектре дают астрономам информацию о физических свойствах объекта, таких как химический состав, плотность, масса, температура и так далее.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE
excellence in science

предварительные знания



Если атом поглощает достаточно энергии, его электроны будут занимать внешние орбиты, соответствующие более высоким уровням энергии, или они будут удалены из атома. Тогда говорят, что атом ионизирован. Таким образом, линии поглощения в спектре дают информацию об атоме.

Научный принцип



В этом эксперименте с помощью дифракционной решетки исследуются спектральные линии водорода и ртути. Для определения постоянной решетки используются известные спектральные линии ртути. Измеряются длины волн видимых линий водорода (серия Бальмера).

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

Цель обучения



Узнать о спектральной серии атома водорода (серии Бальмера) с длинами волн, заданными постоянной Ридберга

Задачи



1. Определите постоянную дифракционной решетки с помощью известных спектральных линий ртути.
2. Определите видимые линии водорода (серия Бальмера), постоянную Ридберга и энергетические уровни.

Инструкции по технике безопасности

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Трубки с водородом и ртутью питаются от высокого напряжения, и сильно нагреваются. Не прикасайтесь к трубкам, особенно возле концов, где находятся электрические контакты.

Теория (1/6)

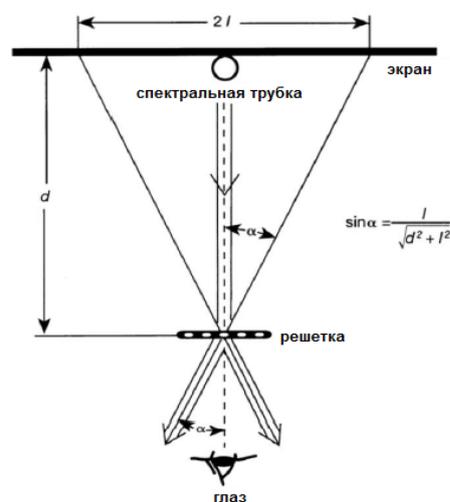
Дифракционная решетка

Если свет с длиной волны λ падает на решетку с постоянной g , он дифрагирует. Максимумы интенсивности возникают, когда угол дифракции α удовлетворяет следующему условию:

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin \alpha ; n = 0, 1, 2, \dots$$

Свет собирается глазом на сетчатке, поэтому источник света виден в цвете наблюдаемой спектральной линии на шкале в продолжении световых лучей. Для дифракции n -го порядка из геометрических построений выводится следующее соотношение:

$$n \cdot \lambda = g \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}} \right)$$



Дифракция на решетке

Теория (2/6)

Спектр водорода

Из-за ионизации в спектральной трубке молекула водорода H_2 при столкновении преобразуется в атомарный водород. Электроны из атомов Н в результате столкновений с электронами переходят на более высокие энергетические уровни.

Когда они возвращаются на более низкие энергетические уровни, атомы излучают свет с частотой f , определяемой разностью энергий соответствующих состояний

$$E = h \cdot f ,$$

где h - постоянная Планка.

Теория (3/6)

Применяя модель атома Бора, энергия... E_n разрешенной электронной орбиты определяется как:

$$E_n = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^2 n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

где $\epsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-34} \text{Ф/м}$ - константа электрического поля, $e = 1.6021 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$ - заряд электрона и $m_e = 9.1091 \cdot 10^{-31} \text{кг}$ - масса электрона в покое.

Поэтому излучаемый свет может иметь следующие частоты:

$$f_{nm} = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad n, m = 1, 2, 3, \dots$$

Теория (4/6)

Если волновое число $N = I - 1$ используется вместо частоты f , то заменив λ получаем следующее уравнение: $N = R_{th} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$

где $R_{th} = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^3 c} = 1.097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$. Здесь R_{th} - постоянная Ридберга, которая следует из модели атома Бора.

При $m \rightarrow \infty$ получаем пределы ряда. Таким образом, соответствующая энергия является энергией ионизации (или энергией связи) для электрона на n -й разрешенной орбите. Энергию связи можно рассчитать с помощью уравнения: $E_n = -R_{th} \cdot h \cdot c \cdot \frac{1}{n^2}$,

где $c = 2.99795 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ $h = 6.6256 \cdot 10^{-34} \text{ Джс} = 4.13567 \cdot 10^{-15} \text{ эВс}$

Основное состояние обнаруживается на уровне 13,6 эВ.

Теория (5/6)

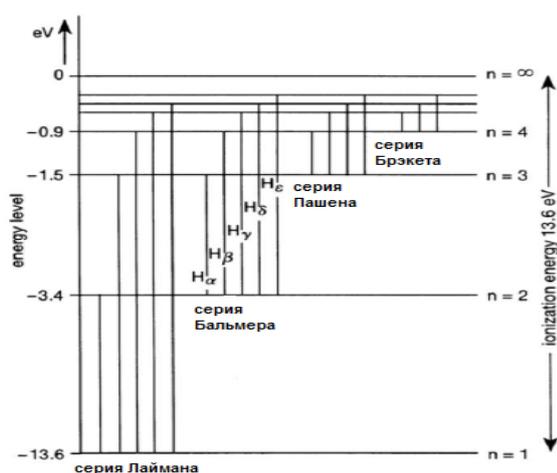


Схема уровней энергии атома H

n	Серия	Спектральный диапазон
n = 1	серия Лаймана	Ультрафиолетовый
n = 2	серия Бальмера	Ультрафиолетовый до инфракрасного
n = 3	серия Пашена	Инфракрасный
n = 4	серия Брэкета	Инфракрасный
n = 5	серия Пфунда	Инфракрасный

Теория (6/6)

Примечание:

- Если комната достаточно затемнена, рядом со спектром атома водорода может наблюдаться спектр полосы молекулы водорода H_2 . Многочисленные линии, которые очень близки друг к другу, обусловлены колебаниями молекулы.
- H_σ - линия находится на границе видимого спектрального диапазона и слишком слаба, чтобы ее можно было наблюдать простыми методами.
- Изучение более сложных атомов требует знания квантовой механики. В этом случае энергии состояний определяются собственными значениями гамильтониана атома. Для атомов, подобных водороду, расчеты дают те же результаты, что и модель атома Бора.

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Спектральная трубка, водород	06665-01	1
2	Спектральная трубка, ртуть	06664-01	1
3	PHYWE Источник питания, высоковольтный пост. ток: 0... ± 10 кВ, 2 мА	13673-93	1
4	Держатели для спектральных трубок, 1 пара	06674-00	1
5	Крышка трубки для спектральных трубок	06675-00	1
6	Держатель для дисков, 5x5 см	08041-00	1
7	Дифракционная решетка, 600 линий/мм	08546-00	1
8	Штыри с изоляцией	06020-00	2
9	Треножник	02002-55	1
10	Цилиндрическая опора expert	02004-00	1
11	Штативный держатель, диаметр от 1-500 мм	02003-00	1

PHYWE
excellence in science



Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE
excellence in science



Экспериментальная установка

В качестве источника излучения используются водородные или ртутные спектральные трубки, подключенные к высоковольтному источнику питания. Источник питания настраивается примерно на 5 кВ. Шкала крепится прямо за спектральной трубкой, чтобы минимизировать ошибки параллакса.

Дифракционная решетка устанавливается примерно на 50 см и на той же высоте, что и спектральная трубка. Решетка выравнивается так, чтобы она была параллельна шкале. Через решетку наблюдается светящаяся капиллярная трубка. Комната затемняется так, чтобы можно было прочитать шкалу.

Выполнение работы

PHYWE
excellence in science

Считывается расстояние $2I$ между спектральными линиями одного и того же цвета в правом и левом спектрах первого порядка через решетку. Расстояние между решеткой и глазом должно быть настолько маленьким, чтобы обе линии были видны одновременно, не двигая головой.

Также измеряется расстояние d между шкалой и решеткой. В спектре Hg отчетливо видны три линии.

Постоянная решетки определяется с помощью длин волн.

Постоянная Ридберга и, следовательно, уровни энергии в водороде определяются по измеренным длинам волн с помощью формулы Бальмера.



Решетка и спектральная трубка

Оценка (1/3)

PHYWE
excellence in science

Цвет	λ , нм	$2I$, мм	g , мкм
жёлтый	578.0	330	1.680
зелёный	546.1	311	1.672
голубой	434.8	244	1.661

$$\bar{g} = 1.671 \text{ мм}$$

Определение постоянной решетки по длинам волн спектра Hg

Дифракционная решетка

Среднее значение, полученное в результате трех измерений постоянной решетки g , определяется с помощью длин волн спектра Hg

Оценка (2/3)

Спектр водорода

Постоянная Ридберга и, следовательно, уровни энергии в водороде определяются по измеренным длинам волн с помощью формулы Бальмера.

Расстояние $d = 450$ мм

Сравните экспериментальные длины волн с табличными величинами.

Линия	$2I$, мм	λ_{exp} , нм	λ_{lit} , нм	R_{exp} , 10^7 м^{-1}
H_α	384	656	656.28	-
H_β	275	489	486.13	1.093
H_γ	243	436	434.05	1.092
H_σ	-	-	410.17	-

$$\overline{R_{exp}} = 1.094 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

Измерения для спектра H

Оценка (3/3)

Какой переход соответствует серии Бальмара?

Со 2-й по 1-ю орбиту

С 3-й по 2-ю орбиту

С 4-й по 3-ю орбиту

Проверить

Какие спектральные линии находятся в видимой области?

H_β

H_σ

H_γ

H_α

Проверить

Слайд

Оценка/Всего

Слайд 18: Многочисленные задачи

0/5

Общий балл



 Показать решения

 Вспомнить