

Министерство высшего и среднего специального образования
Республики Узбекистан
Ферганский Государственный университет

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО
АТОМНОЙ ФИЗИКЕ**

Фергана – 2010

Данное методическое указание одобрено Ферганским государственным университетом, кафедрой «Физика» и предложено изданию Научным Заседанием университета в «___»_____ 2010 году

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

- 1. Б.О.АТАКУЛОВ – д.ф.-м.н. профессор**

СОСТАВИТЕЛИ:

- 1. З.ГОЗИЕВ – к.ф.-м.н., доцент**
- 2. Ш. Якубова – к. п. н. доцент преподаватель**

РЕДАКТОР:

- 1. Р.Я.РАСУЛОВ – д.ф.-м.н. профессор**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА ВОДОРОДА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ РИДБЕРГА.

Принадлежности: школьный спектроскоп, генератор для зажигания спектральных трубок, спектральная трубка с водородом, градуировочная кривая спектроскопа.

Введение.

Опытами Резерфорда (1911) было установлено, что атом любого химического элемента состоит из положительного заряженного ядра, вокруг которого расположены отрицательно заряженные электроны, так что атом в целом нейтрален. Ядро в котором сосредоточена почти вся масса атома, занимает ничтожно малую часть всего его объема. Диаметр ядра порядка 10^{-12} - 10^{-13} см при размерах атома порядка 10^{-8} см. Электроны вращаются вокруг ядра в первом приближении по круговым орбитам. Согласно модели Резерфорда атом должен излучать сплошной спектр электромагнитных волн. Однако, в действительности, атом может излучать лишь линейчатый спектр. Выход из создавшегося положения был предложен Бором (1913).

Основываясь на гипотезе Планка о квантовом характере излучения и поглощения света, Бор сформулировал законы движения электрона в атоме в виде постулатов, которые дали объяснения экспериментальным фактам.

1. Электрон в атоме может вращаться только по строго определенным – стационарным орбитам, радиус которых определяется из условия

$$P = n \frac{h}{2\pi} \quad (1)$$

Где $P = mvr$ (2)

Здесь P - момент импульса электрона, h – постоянная Планка, $n = 1, 2, 3, \dots$ – квантовые числа, определяющие принадлежность электрона к той или иной орбите. Все прочие орбиты являются «запрещенными». Таким образом, Бор постулировал, что энергия электрона в атоме может принимать лишь строго определенные значения (см. формулу б).

2. Вращаясь по стационарным орбитам, электрон не излучает.

3. Излучение происходит лишь при переходе электрона из стационарного состояния с большим значением энергии E_1 в другое стационарное состояние с меньшим значением энергии E_2 .

При этом излучается квант света, частота которого определяется из условия

$$h\nu = E_1 - E_2 \quad (3)$$

где $h\nu$ – энергия излученного кванта.

Из формулы (3) следует, что излучение происходит при переходе электрона с внешних орбит на внутренние. Если возбужденный электрон переходит с внутренних орбит на внешние, то происходит поглощение энергии.

Вычислим радиусы стационарных орбит и полную энергию электрона в водородоподобном атоме. Возводя в квадрат обе части формулы (2) и подставляя значение $mv^2 (mv^2 = ze^2 / 4\pi\epsilon_0 r^2)$, получим

$$r = \frac{4\pi\epsilon_0 P^2}{me^2 z}$$

Но из формулы (1) следует, что $P^2 = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2}$

Поэтому
$$r = \frac{e_0 n^2 h^2}{\pi m e^2 z} \quad (4)$$

Подставляя значение r в формулу ($E = -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$), получим

$$E = -\frac{Z^2 e^4 m}{8e_0^2 n^2 h^2} \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что квантовое число n определяет энергию электрона в атоме, так как остальные величины остаются постоянными. В общем случае атомная система, состоящая из ядра и одного электрона, переходя из стационарного состояния, характеризуемого квантовым числом n_i , в состояние с квантовым числом $n_j (n_i < n_j)$, испускает по третьему постулату Бора линии спектра с частотами

$$\nu_{ij} = \frac{E_j}{h} - \frac{E_i}{h} = \frac{me^4 Z^2 c}{8e_0^2 ch^3} \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2} \right) \quad (6)$$

Величина
$$R = \frac{me^4}{8e_0^2 ch^3} \quad (7)$$

Называется постоянной Ридберга. Производя замену в выражении (6),

получим
$$\nu_{ij} = R c Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2} \right) \quad (8)$$

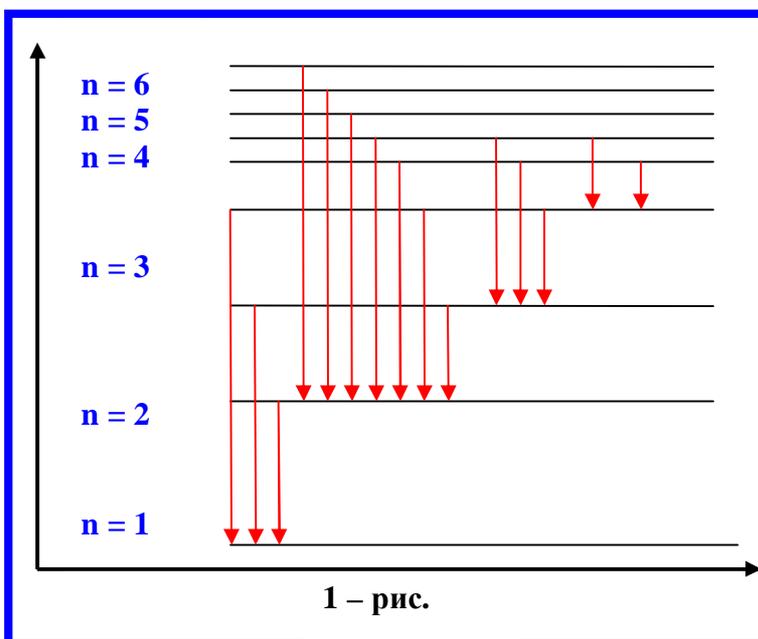
Вычисленное по формуле (7) значение постоянной Ридберга с большой точностью совпадает с экспериментальным. В разреженных газах или в парах металлов взаимодействия между отдельными атомами незначительно. Поэтому спектры таких газов состоят из отдельных спектральных линий

различных частот, так же подчиняющихся уравнению (8).

Так как $\nu_{ij} = \frac{c}{\lambda_{ij}}$, то формулу (8) можно переписать в виде

$$\frac{1}{\lambda_{ij}} = R Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2} \right) \quad (9)$$

Формула (9) является одной из наиболее точных формул физики. Из нее следует, что



1 – рис.

все линии спектра могут быть объединены в серии. Серией называется совокупность линий, описываемых этой формулой, если $n_i = \text{const}$, т.е. серия возникает при переходе электрона с вышележащих орбит на орбиту с данным квантовым числом n_i , $n_j = n_i + 1, n_i + 2, \dots$

Для водорода $Z=1$ основными сериями являются: $n_i = 1$ - серия Лаймана; $n_i = 2$ – серия Бальмера; $n_i = 3$ – серия Пашена; $n_i = 4$ – серия Брэккета; $n_i = 5$ – серия Пфунда (рис.1).

Некоторые серии спектра водорода, в частности Бальмера, были получены экспериментально до создания теории Бора. Видимая часть линейчатого спектра водорода (серия Бальмера) состоит из ряда линий, наиболее яркими из которых являются следующие четыре: красная - H_α ($n_j=3$); голубая - H_β ($n_j=4$); синяя - H_γ ($n_j=5$); фиолетовая - H_δ ($n_j=6$).

Несмотря на удачное объяснение спектральных закономерностей водородоподобных атомов, теория Бора обладает рядом недостатков. В частности, она не может объяснить спектры излучения более сложных атомов и различную интенсивность спектральных линий. Эти трудности были преодолены квантовой теорией, показавшей неприменимость классических представлений к микрообъектам. Цель работы заключается в исследовании серии Бальмера в видимой области спектра водорода.

$$\frac{1}{l} = R \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2} \right) \quad (10)$$

Измерения

Устанавливают трубку с водородом против входной щели спектроскопа и получают газовый разряд в ней с помощью высококачественного генератора. Определяют деления микрометрической головки спектроскопа, соответствующие линиям $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ серии Бальмера. Для каждого значения $\gamma_\alpha, \gamma_\beta, \gamma_\gamma, \gamma_\delta$, найденного по градуировочному графику, вычисляют по формуле (10) постоянную Ридберга R для водорода и вычисляют её среднее значение.

Контрольные вопросы.

1. Планетарная модель атома.
2. Теория Бора для водорода, постулаты Бора.
3. Спектральные серии излучения водорода.
4. Квантовый характер излучения.

Литература.

1. И.В.Савельев. Курс общей физики. Т-3, М., 1979, §12-17
2. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. Курс физики, Т.Ш., М., 1972, § 133-135
3. А.В.Кортиев и др. Практикум по физике. М., 1965, задание №82

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА С ПОМОЩЬЮ ПОЛУПРОВОДИНКОВОГО СВЕТОДИОДА.

Принадлежности: полупроводниковый светодиод, двухтрубчатый спектроскоп, вольтметр, микроамперметр, выпрямитель, потенциометр, тумблер (выключатель), ручка регулятора напряжения.

Введение.

В полупроводниках возможен процесс испускания света в результате рекомбинации пары «электрон-дырка». Это явление с энергетической точки зрения является обратным явлению внутреннего фотоэффекта в полупроводниках. Если при фотоэффекте поглощения фотона с энергией $h\nu = \Delta E$ (ΔE – энергия запрещенной зоны) приводит к переходу электрона из валентной зоны в зону проводимости и образуется пара «электрон-дырка», то в результате рекомбинации электрона с дыркой при переходе электрона из зоны проводимости валентную зону может испускаться фотон энергией

$$h\nu = \Delta E \quad (1)$$

Для получения достаточного числа рекомбинирующих пар можно привести в технологический контакт образцы полупроводника с n - и p - типами проводимости. Как известно, в месте такого контакта вследствие диффузии неосновных носителей возникает p - n – переход, который является потенциальным барьером для электронов n - области и дырок p – области полупроводника.

Величина этого барьера равна примерно ΔE . Если на переходе создать при помощи внешнего источника разность потенциалов, уменьшающую потенциальный барьер (как говорят, подать прямое смещение переход), то можно увеличить вероятность прохождения электронов и дырок через p - n – переход. Если прямое смещение равно $\Delta E/e$, то электроны и дырки могут беспрепятственно проходить через область p - n -переход. В этом случае создаются благоприятные условия для рекомбинации электронно-дырочных пар в области p - n – перехода и наблюдается испускание света. Т.к. прямое смещение U таково, что $\Delta E = eU$, где e – заряд электрона, то, очевидно, энергия фотона, излучаемого полупроводниковым диодом, равна:

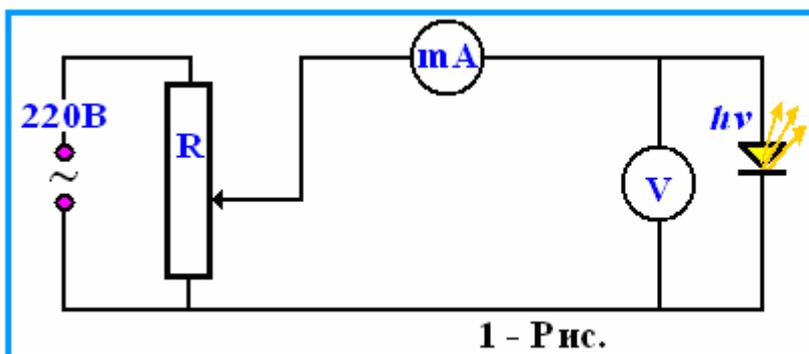
$$h\nu = eU \quad (2)$$

Определив экспериментально U , в частоту испускаемого света ν и зная заряд электрона e , можно определить постоянную Планка h :

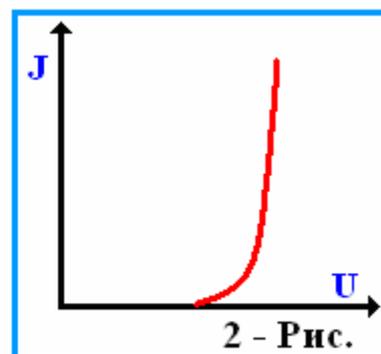
$$h = \frac{eU}{\nu} \quad (3)$$

Описание экспериментальной установки.

В работе в качестве источника света применяется полупроводниковый светодиод. Схема включения светодиода в электрическую цепь приведена на рис.1. Выпрямитель служит источником ЭДС, микроамперметр и вольтметр измеряют соответственно силу тока в диоде и напряжение на нем.



1 - Рис.



2 - Рис.

Вольтамперная характеристика светодиода приведена на рис.2.

Увеличение прямого тока через светодиод наступает как раз при равенстве прямого смещения на р-п – переходе диода величине потенциального барьера $\frac{\Delta E}{e}$

При дальнейшем незначительном увеличении смещения на светодиоде сила тока резко возрастает. Пропорционально силе тока увеличивается и мощность излучения через поверхность светодиода. Конструктивно светодиод и вся электрическая схема смонтированы на панели. В процессе эксперимента определяется величина прямого смещения на светодиоде, частота света, излучаемого светодиодом и по формуле (3) определяется постоянной Планка h .

Измерения и обработка результатов

1. Установка подключается к цепи и с помощью потенциометра до излучения светового диода снимается ВАХ.
2. Спектроскоп направляют на светодиод. Микрометрическим винтом поверните зрительную трубу спектрографа так, чтобы в поле зрения появилась красная спектральная линия. Совместите изображения вертикальной нити с этой спектральной линией и запишите показание микрометра.
3. Затем определяется длина волны соответствующая излучению светового диода с помощью графика лабораторной работы №22 из выражения $u = \frac{c}{\lambda}$ вычисляется u .
4. По формуле (3) определяется постоянная Планка.
5. Вычисляется относительная погрешность из данных взятых из опыта $h_{\text{опыт}}$

и таблицы $h_{\text{таб}}$ по формуле:

$$d = \frac{h_{\text{опыт}} - h_{\text{таб}}}{h_{\text{опыт}}} \cdot 100\%$$

Вопросы

1. Принцип работы полупроводникового диода.
2. Как происходит излучение света в полупроводниках?
3. Рассмотрите явления излучения света в полупроводниках с точки зрения законов сохранения энергии и импульса.
4. Что такое внутренний фотоэффект?
5. Где применяются полупроводниковые светодиоды?
6. Расскажите порядок выполнения работы.

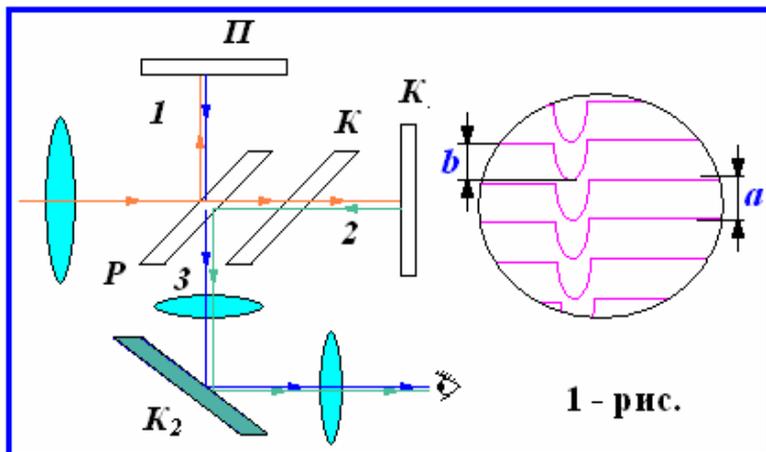
Литература.

1. Е.М.Гершензон и др. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М.: Просвещение, 1981
2. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников. –М.: Советское радио
3. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. –М: Советское радио.
4. Е.М. Гершензон , Н.Н. Малова Лабораторный практикум по общей физики. -М.: Просвещение, 1985

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ЧИСТОТЫ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ЛИННИКА

Для изучения чистоты обрабатываемых поверхностей и измерения глубины неровностей на них Линником был предложен



микроинтерферометр, оптическая схема которого изображена на рис 1 а. Пучок лучей света 1 падает на полупрозрачную стеклянную пластинку Р и разделяется ею на два, один из которых 2 падает на исследуемую поверхность П, а второй 3- на гладкое эталонное зеркало З₁.

После отражения эти лучи вновь соединяются на пластинке Р и выходят из интерферометра вертикально вниз 4. Образующаяся в результате интерференции картина рассматривается в окуляр Ок. Для удобства наблюдения направление интерферирующих лучей изменяется зеркальцем З₂. Луч 2 проходит пластину Р дважды (вверх и вниз). Для этого чтобы устранить возникающую при этом дополнительную разность хода на пути горизонтального луча 3, устанавливается стеклянная пластинка К параллельно Р такой же толщины. Следует учесть, что на рисунке показан только ход центральных лучей от источника. Разность хода в этой схеме, а следовательно, и вид интерференционной картины обусловлена неравностью плечей интерферометра и зависит от поверхностей П и З₁ и от углов, которые образуют падающие лучи с этими поверхностями. Если исследуемая поверхность обработана с высокой степенью точности, то интерференционная картина будет состоять из системы светлых и темных полос. Темным полосам (минимумам) соответствует разность хода лучей, равная $0, \frac{1}{2}l, \frac{3}{2}l, \frac{5}{2}l$ и т.д., светлым (максимумам) $l, 2l, 3l, \frac{l}{2}$ то, так как свет проходит борозду дважды, возникает добавочная разность хода, равная l и интерференционная полоса искривится и достигнет полосы, соответствующей минимуму следующего порядка (рис 1.б). Аналогично искривятся все интерференционные полосы, перпендикулярные борозде. В этом случае наблюдаемая величина искривления будет равна расстоянию между полосами a . Если величина искривления равна N_a , то глубина борозды $d = N \frac{l}{2}$ Величина N может быть найдена как отношение величины

искривления b полос к расстоянию между полосами. Тогда $d = \frac{b l}{a 2}$

Порядок выполнения работы

1. Измерения проводятся на интерференционном микроскопе МИИ – 5 (рис.2), предназначенном для визуального измерения неровностей от 1 до 0,03 мк.
2. Образец устанавливается исследуемой поверхностью вниз на предметном столике 1 и включает осветитель.
3. Поворачивают рукоятку 2, так, чтобы указатель стоял вертикально и вращением микроскопического винта фокусируют прибор на исследуемую поверхность.
4. Поворачивая рукоятку 2 так, чтобы указатель стоял горизонтально, включают объективную головку. В этом случае при наблюдении в окуляр видны интерференционные полосы. Вращением винта 3 устанавливают микроскоп на наиболее резкое изображение полос. Тогда в поле зрения видны одновременно интерференционная картина и исследуемая поверхность.
5. Вращая столик, добиваются того, чтобы следы обработки (борозды) были перпендикулярны интерференционным полосам. Винтовой окулярный микрометр 4 следует установить на тубусе микроскопа до упора и развернуть его так, чтобы одна из нитей перекрестия была направлена вдоль интерференционных полос. При работе в белом свете (интерференционная картина окрашена) все измерения производят по двум соседним черным полосам. При этом λ принимают равным 0,55 мк. Измерения состоят из двух операций: а) измерения расстояния между полосами $\alpha = N_1 - N_2$, где N_1 и N_2 – отсчеты по окулярному микрометру при совмещении нити перекрестия с двумя соседними полосами.
6. Измерения величины искривления полос $b = N_3 - N_4$, где N_3 – отсчет по окулярному микрометру при совмещении нити окулярного микрометра с одной из полос, N_4 – отсчет при совмещении нити с той же полосой в месте изгиба.
7. Глубина борозд в микронах вычисляется по формуле
$$d = 0.27 \frac{N_3 - N_4}{N_1 - N_2}$$

Контрольные вопросы.

1. Объясните возникновение интерференционной картины в виде темных и светлых полос.
2. Какова роль пластинки К?
3. Как при работе с данным микроинтерферометром повысить точность измерений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА

§ 1. Характер теплового излучения. Поток световой энергии, падающий на поверхность непрозрачного тела, частично отражается, частично входит внутрь тела и поглощается. Поглощенная телом энергия преобразуется в иные формы энергии, чаще всего в тепловую. Поэтому тела, поглощающие лучи, нагреваются. Тело, нагретое до температуры большей, чем температура окружающей среды, отдает тепло в виде излучения электромагнитных волн, различных длин (непрерывные спектр). Такое излучение называется тепловым (температурным). Всякое излучение сопровождается потерей энергии и происходит либо за счет внутренней энергии, либо за счет получения энергии извне.

§ 2. Основные характеристики излучения. Тепловое излучение тел может быть охарактеризовано двумя основными величинами:

1. Интегральной интенсивностью излучения J , которая представляет собой полную энергию $E_{\text{изл}}$, излучаемую в единицу времени единицей поверхностей во всем интервале длин волн $J = \frac{E_{\text{изл}}}{S}$ (1)
2. Монохроматической (дифференциальной) интенсивностью излучения J_λ , которая представляет собой энергию $dE_{\lambda\text{изл}}$, излучаемую в единицу времени единицей поверхности тела в узком интервале длин волн

$$(\lambda, \lambda+d\lambda) J_\lambda = \frac{dE_{\lambda\text{изл}}}{d\lambda S} \quad (2).$$

Иногда эту величину называют лучеиспускательной способностью. Из определений вытекает связь между интегральной и монохроматической

интенсивностями излучения $J = \int_0^\infty J_\lambda d\lambda$ (3)

Пусть из всей падающей на тело энергии $E_{\lambda\text{пад}}$ монохроматического света в интервале длин волн $(\lambda, \lambda+d\lambda)$ часть энергии поглощается телом $E_{\lambda\text{погл}}$, часть энергии отражается $E_{\lambda\text{отр}}$. На основании закона сохранения энергии

$$E_{\lambda\text{пад}} = E_{\lambda\text{погл}} + E_{\lambda\text{отр}} \quad (4)$$

Разделив левую и правую часть равенства на $E_{\lambda\text{пад}}$, получим

$$\frac{E_{\lambda\text{погл}}}{E_{\lambda\text{пад}}} + \frac{E_{\lambda\text{отр}}}{E_{\lambda\text{пад}}} = 1 \quad (5)$$

Величина $\frac{E_{\lambda\text{погл}}}{E_{\lambda\text{пад}}} = a(\lambda, T)$

Называется поглощательной способностью тела. Поглощательная способность тела есть безразмерная величина, показывающая, какую долю падающего излучения в интервале длин волн $(\lambda, \lambda+d\lambda)$ тело поглощает.

Величина $\frac{E_{\lambda\text{отр}}}{E_{\lambda\text{пад}}} = r(\lambda, T)$

Называется отражательной способностью. Отражательная способность есть безразмерная величина, показывающая, какую долю падающего его излучения в интервале $(\lambda, \lambda+d\lambda)$ тело отражает.

Тело, поглощающее всю падающую на него энергию, называется абсолютно черным. Для абсолютно черных тел $E_{\lambda_{отр}}=0$ и $\alpha(\lambda, T) = 1$. В природе не существует тел, совпадающих по своим свойствам с абсолютно черными. Тела, покрытые сажей или платиновой чернью, приближаются по своим свойствам к абсолютно черным лишь в ограниченном интервале длин волн.

§3. Законы теплового излучения. Предположим, что в теплообмене участвуют тела, образующие замкнутую систему, окруженную адиабатической оболочкой, т.е. такой, что теплообмен системы с внешней средой отсутствует. Тогда через некоторое время эти тела придут в состояние равновесия, т.е. примут одинаковую температуру. Но это не означает, что излучение внутри системы прекратится. Если состояние равновесия достигнуто, то в любой момент времени для каждой длины волны излучаемая энергия равна поглощенной. Исходя из II принципа термодинамики, Кирхгоф показал, что условие теплового равновесия заключается в следующем. Отношение монохроматической интенсивности излучения к поглощательной способности есть величина постоянная для всех тел при данной температуре и для данной длины волны (закон Кирхгофа)

$$\frac{J_1(I, T)}{a(I, T)} = e(I, T) \quad (6)$$

Следовательно, тело поглощающее какие-либо лучи, будет их же и излучать и наоборот. Величина $e(I, T)$ не зависит от природы тела и является функцией лишь длины волны и температуры. Так как для абсолютно черного тела $a(I, T) = 1$, то

$$J_1(I, T) = e(I, T)$$

Таким образом, величина $e(I, T)$ есть монохроматическая интенсивность излучения абсолютно черного тела. Для остальных тел при

$$a < 1 \quad J_1 = a(I, T)e(I, T)$$

Основываясь на гипотезе о квантовой природе излучения, Планк методами статистической физики показал, что

$$e(I, T) = \frac{2phc^2}{I^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{RT}} - 1}$$

Где h – постоянная Планка, R – постоянная Больцмана, c – скорость света.

На основании формул (3) и (6) интегральную интенсивность излучения абсолютно черного тела можно получить интегрированием Планка по всему

длин волн

$$J(T) = \int_0^{\infty} e(I, T) dI = \frac{2p^5 R^4}{15c^2 h^3} \cdot T^4$$

Или

$$J(T) = \sigma T^4 \quad (7)$$

Итак, полная энергия, излучаемая абсолютно черным телом в 1 сек пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры (закон Стефана-Больцмана). Постоянная Стефана – Больцмана σ была определена

опытным путем. В системе СГС она выражается в $\frac{\text{эрг}}{\text{см}^2 \text{сек град}^4}$. Пользуясь известным значением σ , Планк впервые определил постоянную h (постоянная Планка).

Из закона Стефана – Больцмана следует, что количество теплоты, передаваемое единицей поверхности абсолютно черного тела, находящегося при температуре T_1 в окружающую среду, имеющую температуру T_2 , если среду можно рассматривать как абсолютно черное тело, равно

$$J = J_1 - J_2 = s(T_1^4 - T_2^4) \quad (8)$$

Излучение всех остальных тел подчиняется такой же закономерности, их излучение для каждой длины волны в $a(l, T)$ раз меньше, чем для абсолютно черного тела. Полное излучение $J = A\sigma T^4$ (9)

Из функции Планка можно сделать вывод о распределении излучения по длинам волн. Максимум интенсивности излучения определяется из условия

$$\frac{de(l, T)}{dl} = 0$$

Что приводит к выражениям $l_m = \frac{C}{T}$ и $J_{lm} = C_1 T^5$ (законы Вина) (10)

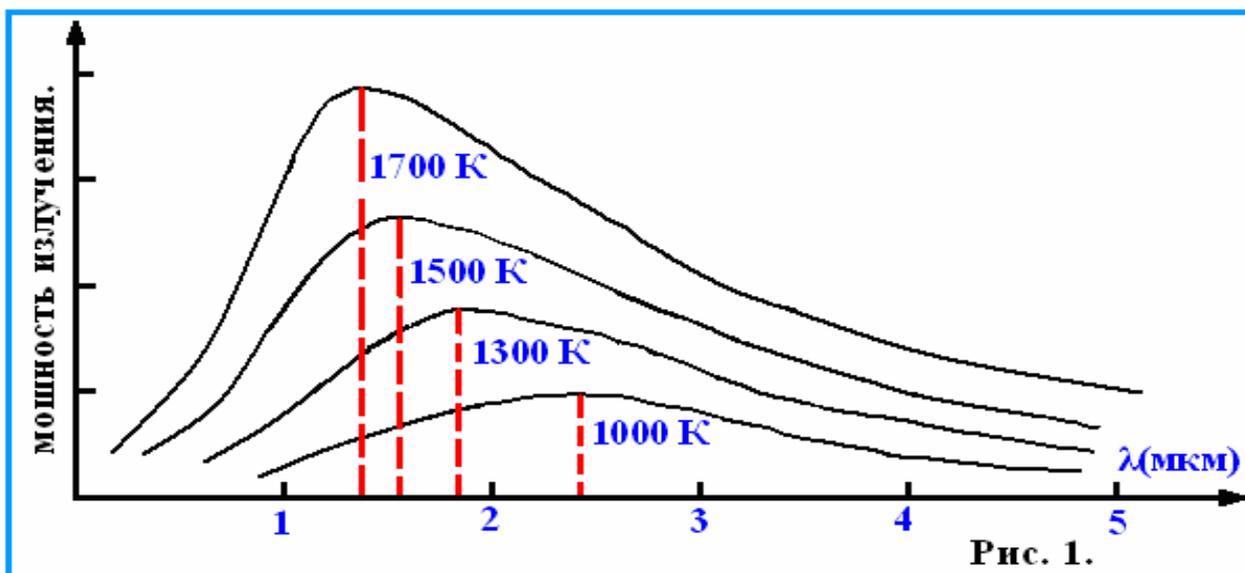
Где C и C_1 – численные постоянные.

Иными словами, длина волны, на которую приходится максимум интенсивности излучения, обратно пропорционально температуре. Максимум излучения с увеличением температуры смещается в сторону коротких длин волн (1-й закон Вина).

Максимальная интенсивность излучения пропорциональна пятой степени абсолютной температуры (2-й закон Вина). Графически законы Стефана – Больцмана и Вина представлены на рис. 1

§ 4. Экспериментальная часть. Целью данной является определение постоянной в законе Стефана – Больцмана путем изучения нечерного тела – никелевой пластинки. Схема работы приведена на рис. 2.

Никелевую пластинку включают во вторичную обмотку трансформатора. Энергия, подводимая к 1см^2 излучающей поверхности $J = \frac{IU}{2S}$ (11)



Где I – сила тока во вторичной цепи, U – падение напряжение на никелевой пластинке (I и U определяются по показаниям приборов), $2S$ – поверхность пластинки (пластинка излучает в обе стороны).

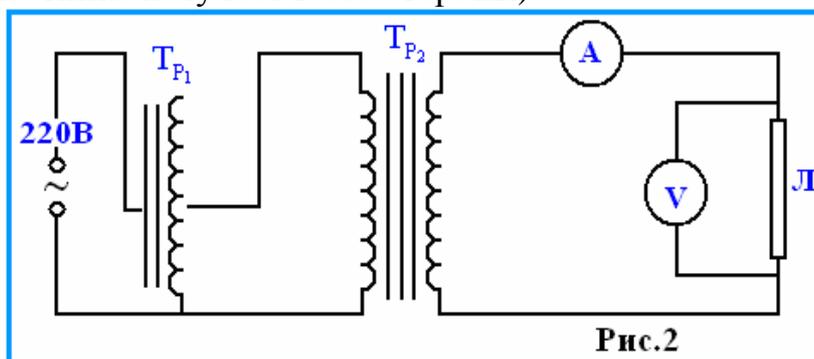
Сравнивая выражения (8) и (11), получим:

$$s = \frac{IU}{2aS(T_1^4 - T_2^4)} \quad (12)$$

Где T_2 - температура окружающей среды.

Для окиси никеля в интервале температур

800-1400⁰С, $a=0,85$. Температура раскаленной пластинки измеряется оптическим пирометром. Определение температуры сводится к сравнению цвета и интенсивности излучения раскаленной пластинки с цветом и интенсивностью проградуированного эталона – нити лампочки. Схема пирометра изображена на рис.3.



С помощью линзы l_1 , получаем изображение поверхности, температуру которой необходимо измерить, в плоскости нити лампочки. Линза l_2 служит для увеличения полученного изображения и устанавливается по глазу наблюдателя. При пользовании пирометром сравнения яркости происходит в ограниченной области спектра. Для получения монохроматического луча в трубе окуляра помещена светофильтры. При измерениях температур в интервале **700-750⁰С** светофильтрами не пользуются, в интервале **800-1200⁰С** пользуются красным светофильтром f_1 ($\lambda=6600\text{Å}$), в интервале **1400-2000⁰С** дымчатым светофильтром f_2 .

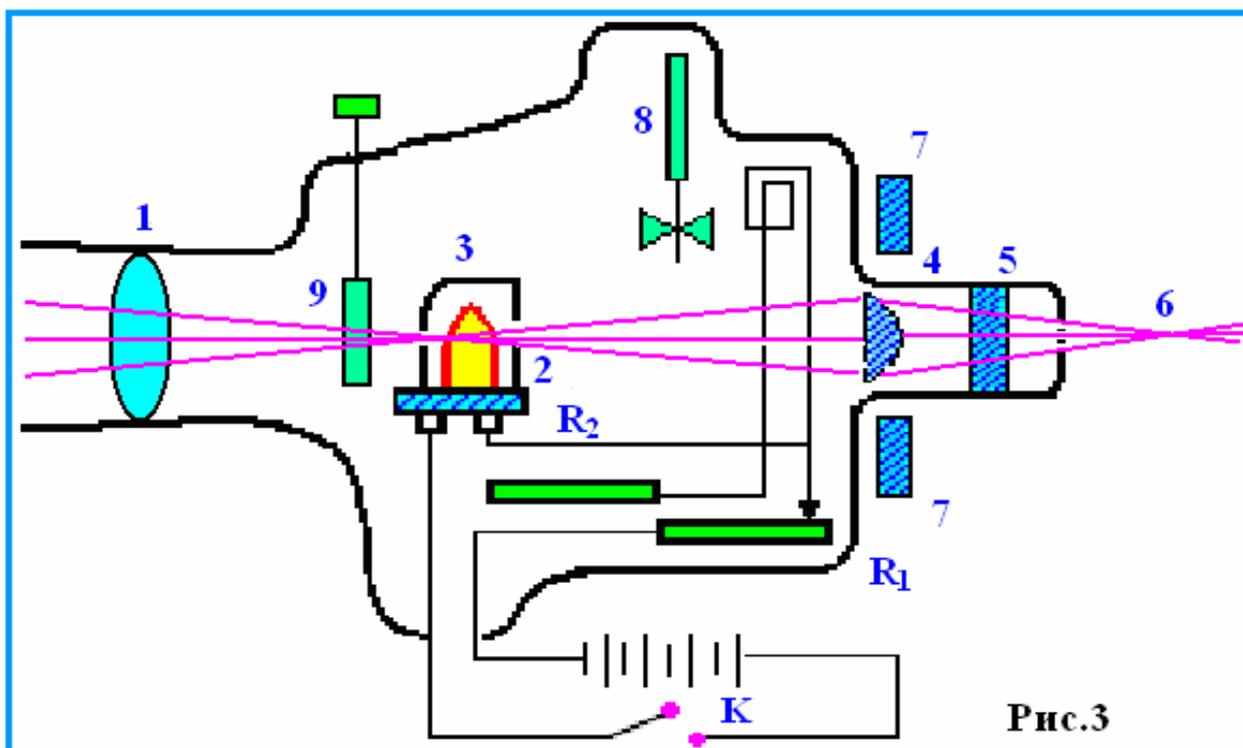


Рис.3

Если излучаемое тело не является черным, то пирометр показывает температуру T такого черного тела, яркость которого одинаково с яркостью данного тела. Величина T называется яркостная температурой данного тела. Если a близко к единице, то яркостная и истинная температура тела практически совпадают. С помощью реостата изменяют силу тока, протекающего через лампочку (источником тока служит аккумулятор E , э.д.с которого $2-2,4\text{В}$), и добиваются того, чтобы верхняя часть нити лампочки исчезла на фоне исследуемого объекта. После этого по показанию гальванометра определяют температуру.

Измерения.

Закрепляют пластинку 1 между контактами 2 прибора (рис.4) и включают его. Вращая рукоятку 3 автотрансформатора, доводят пластинку до раскаленного состояния. При помощи пирометра определяют ее температуру, записывают показания вольтметра и амперметра. Измеряют S , I , U , T_1 , T_2 и определяют σ .

Дополнительное задание

1. Воспользовавшись полученным значением σ , вычислить постоянную Планка h .
2. Выведите соотношения между яркостной и истинной температурой, пользуясь формулой Планка.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение основным характеристикам излучения.
2. Идеально отражающее и абсолютно черное тело получают одинаковые количества световой энергии. Каково различие в отдаваемых энергиях и в механизме отдачи энергии?
3. Выведите закон Стефана – Больцмана.

4. Каким образом из графика $J_\lambda=f(\lambda)$ определить интегральную интенсивность излучения J ?
5. Объясните физический смысл постоянной σ .
6. Чем обусловлены пределы измерения оптического пирометра?

Литература.

5. Е.М.Гершензон и др. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М.: Просвещение, 1981
6. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников. –М.: Советское радио
7. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. –М: Советское радио.
8. Е.М. Гершензон , Н.Н. Малова Лабораторный практикум по общей физики. -М.: Просвещение, 1985

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ГРАДУИРОВКА СПЕКТРОСКОПА

Принадлежности: спектроскоп, ртутная лампа.

Как известно, раскаленные твердые и жидкие тела, а так же газы большой плотности, независимо от их состава испускают полосатые и линейчатые спектры. Полосатые спектры испускаются возбужденными молекулами газа, линейчатые – атомами. Обычно полосатые спектры испускаются не очень разряженными, а линейчатые – очень разряженными газами (парами). Все металлы в газообразном состоянии также дают линейчатые спектры. Каждый химический элемент испускает типичный для него спектр. Для анализа спектров служат спектральные приборы.

Спектроскопом называется прибор, служащий для пространственного разделения лучей различных длин волн, причем, наблюдения полученного спектра в целом или отдельных спектральных линий производится визуально.

Спектрографом называется прибор, предназначенный для получения спектрограмм, т.е. фотографического изображения спектра.

Оптическая схема простейшего спектроскопа дан на рис1. Основной частью спектроскопа является призма P , которая разлагает в спектр пучок параллельных лучей монохроматического света. Левая часть прибора – коллиматорная труба – состоит из узкой щели S_1 и линзы L_1 ; назначение коллиматора - давать параллельный пучок света, падающий на призму. Для этого щель располагается в главной фокальной плоскости линзы L_1 . Так как лучи разной длины волны отклоняются призмой на разные углы (дисперсия), то из призмы параллельные пучки различных направлений. С помощью второй линзы L_2 параллельные пучки собираются в различных точках ее фокальной плоскости. В результате на экран (или на фотопластинку) проектируется ряд изображений входной щели. Если источник света излучает волны всевозможных длин (например, лампочка накаливания), то все изображения входной щели в различных лучах на экране непосредственно примыкают друг к другу, т.е. получается сплошной спектр. При излучении же источником света волн лишь определенных длин (например, разрядные газовые трубки) изображения входной щели окажутся пространственно разделенными, и в результате получится линейчатый спектр.

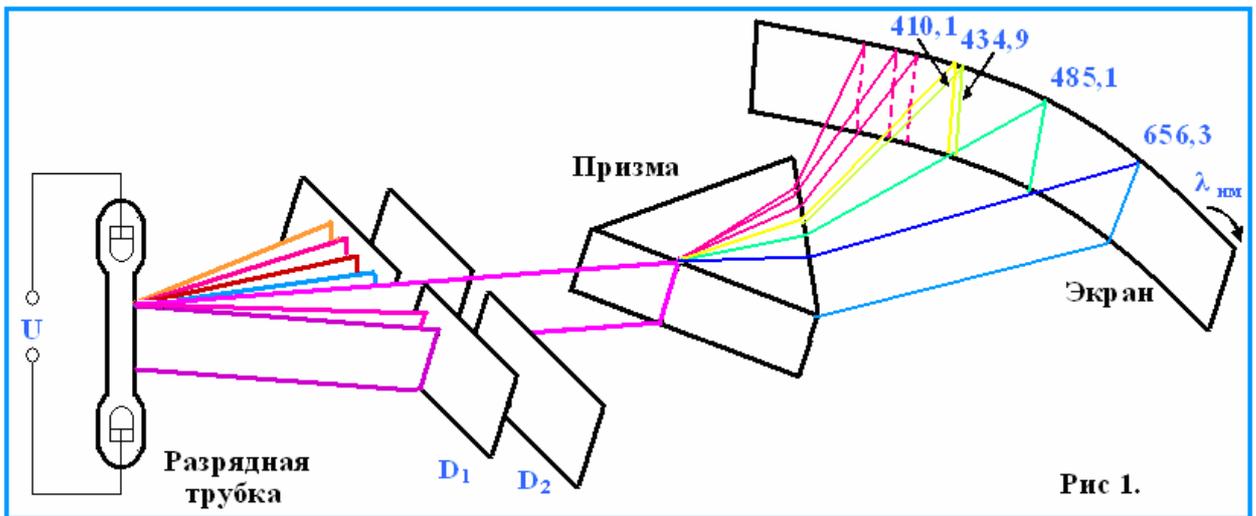
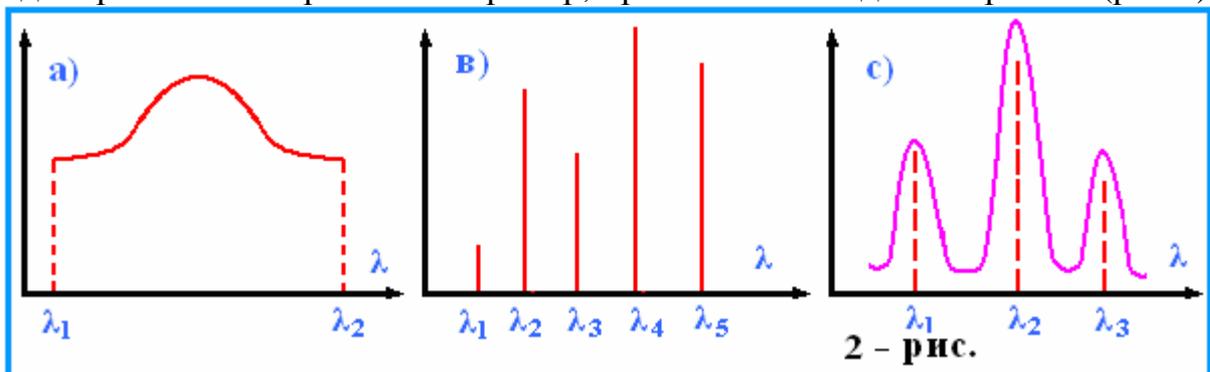


Рис 1.

В фокальной плоскости линзы L_2 в спектроскопе устанавливается окуляр для визуального наблюдения, в спектрографе – вместо него фотографическая пластинка. Если в плоскости UU установить щель S_2 , то сквозь нее будет проходить узкий монохроматический пучок. При вращении призмы вокруг оси, перпендикулярной плоскости чертежа, весь спектр будет смещаться в плоскости UU и щель S_2 , будет выделять практически различные лучи. Такой прибор, служащий для выделения монохроматического пучка, называется монохроматором. Если изображение щели S_1 , наблюдается с помощью окуляра в виде отдельной монохроматической линии, то монохроматор превращается в спектроскоп. Поскольку в спектроскопах поворот призмы осуществляется при помощи барабана с делениями, то каждому положению барабана соответствует определенная длина волны выходящего света. Градуировочный график спектроскопа выражает зависимость между длиной волны выходящего светового пучка и делениями барабана. Часто в монохроматорах свет проходит последовательно через две призмы; вторая призма служит для растягивания спектра в длину, благодаря чему достигается большая монохроматичность выходящего света. Такой монохроматор называется двойным; в отличие от него монохроматоры с одной призмой называется одинарным. Универсальный прибор, применяемый в данной работе (рис.2), в



2 - рис.

зависимости от практической необходимости может быть использован в качестве спектрографа, монохроматора или спектроскопа.

Цель работы заключается в градуировке прибора по известным длинам волн линейчатого спектра ртути.

Порядок выполнения работы.

1. Работа производится с атомарным спектром испускания паров ртути. Источником света является осветитель ОИ-18 с ртутной лампой сверхвысокого давления СВД-120.
2. Включают ртутную лампу и добиваются четкой видимости спектральных линий
3. Устанавливают барабан В в крайнее положение; затем, медленно вращая его, следят за перемещением в поле зрения спектра и, когда первая красная линия подойдет к правому краю выходной щели, записывают длину волны λ этой линии и показание n на шкале барабана В.
4. Вращают барабан В до совмещения следующей линии с правым краем выходной щели и производят аналогичную запись и т.д., пока не будет пройден весь спектр. При этом вращением кремальеры каждый раз добиваются резкости линий.
5. Строят градуировочный график спектрографа, для чего по оси абсцисс откладывает n , а по оси ординат λ . Этот график используется в последующих работах для определения длин волн, излучаемых различными элементами (водородом, медью и т.д.).

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается явления дисперсии?
2. Объясните устройство спектральных аппаратов?
3. Почему при переходе от одной спектральной линии к другой нужно каждый раз фокусировать выходную линзу?

Литература.

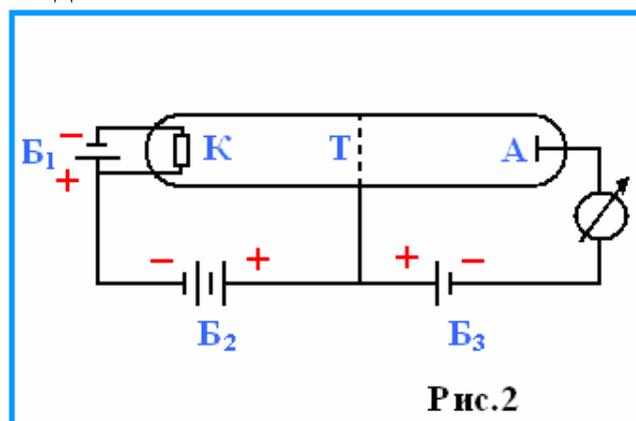
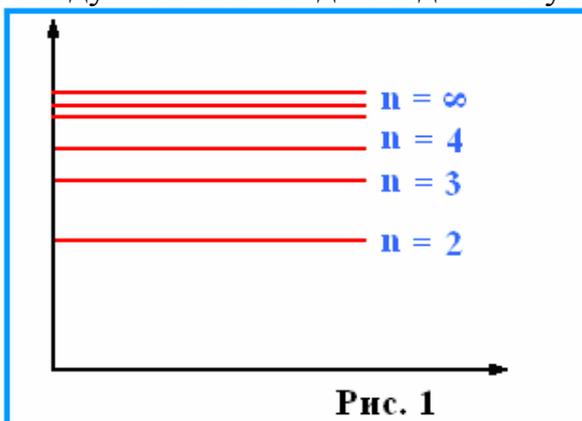
9. Е.М.Гершензон и др. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М.: Просвещение, 1981
- 10.Стильбанс Л.С. Физика полупроводников. –М.: Советское радио
- 11.Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. –М: Советское радио.
- 12.Е.М. Гершензон , Н.Н. Малова Лабораторный практикум по общей физики. -М.: Просвещение, 1985

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ОПЫТЫ ФРАНКА – ГЕРЦА.

Принадлежности: тиратрон, гальванометр, вольтметр, реостаты, источники тока, электрическая печь.

Согласно теории Бора атом может излучать и поглощать энергию только определенными порциями, переходя при этом из одного стационарного состояния в другое. Получив энергию, атом возбуждается, что соответствует переходу электрона на более высокий энергетический уровень, а затем вновь возвращается в нормальное состояние, отдавая энергию в виде излучения. Энергия в строго определенных количествах может быть сообщена атому путем бомбардировки его электронами. Если энергия электронов меньше определенного значения, то столкновение с атомами происходит упруго и электрон изменяет лишь направление своего движения. При увеличении энергии происходит неупругое столкновение, часть энергии электрона затрачивается на возбуждение атома. Экспериментальным доказательством этого утверждения могут служить опыты Франка – Герца. Рассмотрим схему, изображенную на рис. 1. между катодом и сеткой тиратрона (трехэлектродной лампы, наполненной парами ртути) приложена разность потенциалов U , ускоряющая электроны, вылетающие из катода. Величина U может изменяться потенциометром R и измеряться вольтметром V . Разность потенциалов между сеткой и анодом создается батареей B_3 , причем потенциал анода ниже потенциала сетки. При отсутствии неупругих столкновений электроны ускоряются на всем протяжении между катодом и сеткой и, достигнув последней, приобретают максимальную кинетическую энергию при данном значении $U: \frac{mu^2}{2} = eU$.

Этой энергии оказывается достаточно, чтобы преодолеть тормозящее поле между сеткой и анодом и достигнуть анода.



Тогда гальванометр покажет наличие тока I . При увеличении ускоряющей разности потенциалов до значения U_1 , электроны долетев до сетки, приобретают энергию необходимую для возбуждения находящихся у сетки атомов ртути. Вследствие неупругих столкновений электроны теряют свою энергию и не достигают анода. Ток в цепи гальванометра начинает падать. Напряжение U_1 , при котором энергия электронов становится

достаточной для перевода атома в первое возбужденное состояние называется первым потенциалом возбуждения. При дальнейшем увеличении U энергия, нужная для перевода атома ртути в возбужденное состояние приобретает не меньшее расстояние от сетки, например, в точке M . электрон, потеряв энергию, вновь разгоняется в пространстве между M и C , так как на него продолжает действовать ускоряющее поле, и может достигнуть анода. Ток I в цепи гальванометра возрастает. Продолжая увеличивать напряжение U до значения $U_2=2U_1$ можно добиться, чтобы электрон после неупругого столкновения в некоторой точке M , приобрел энергию достаточную для второго неупругого столкновения у сетки C .

Наряду с этим существуют электроны с энергией $\frac{mu^2}{2} = 2eU_1$, которые испытывают столкновение лишь у самой сетки, так как концентрация атомов ртути мала. Такие электроны переведут атомы во второе возбужденное состояние. Ток I снова будет уменьшаться. Напряжение $U_2=2U_1$ называется вторым потенциалом возбуждения. Таким образом, по мере возрастания ускоряющего потенциала кривая зависимости $I=f(U)$ будет иметь ряд максимумов и минимумов (рис.2).

Порядок выполнения работы

1. Определить первый потенциал возбуждения атомов ртути.
2. Плотность паров ртути внутри тиратрона может регулироваться с помощью электрической печи.
3. Вычислите частоту света, испускаемого атомами ртути при переходе из первого возбужденного в нормальное состояние.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте основные положения теории Бора.
2. Электрон, сталкиваясь упруго с атомами ртути, несколько раз изменил направление своего движения. Изменится ли величина его скорости у сетки?
3. Для чего анод имеет более низкий потенциал, чем сетка?
4. Как определить первый потенциал возбуждения, если гальванометр отсутствует?
5. Объясните характер кривой $I=f(U)$.
6. В данной работе не принимались во внимание тепловая скорость электронов. При каких температурах катода это допустимо?

Литература.

13. Е.М. Гершензон и др. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М.: Просвещение, 1981
14. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников. –М.: Советское радио
15. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. –М.: Советское радио.
16. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малова Лабораторный практикум по общей физики. -М.: Просвещение, 1985

