**минобрнауки России**

**Санкт-Петербугский государственный электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» Им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра физики**

**Физика**

**Лабораторная работа № 11 по теме**

**«Исследование закономерностей теплового излучения нагретого тела»**

**Вариант 13**

Выполнил: студент гр. №3586 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сидоров Антон Дмитриевич

Проверила: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Посредник Олеся Валерьевна

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вопросы | | Даты коллоквиума | Итог |
| **7** | **15** |
|  |  |  |  |
|  |
|  |
|  |
|  |

Санкт-Петербург

2024

**Содержание**

[1 Общие положения 3](#_Toc184077169)

[1.1 Цель работы 3](#_Toc184077170)

[1.2 Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка) 3](#_Toc184077171)

[2 Основные теоретические положения 5](#_Toc184077172)

[2.1 Электронный парамагнитный резонанс 5](#_Toc184077173)

[2.2 Исследуемые закономерности 8](#_Toc184077174)

[2.3 Ответы на контрольные вопросы 10](#_Toc184077175)

[2.3.1 Вопрос 1 – Вопрос 7 10](#_Toc184077176)

[2.3.2 Вопрос 2 – Вопрос 15 10](#_Toc184077177)

[3 Указания к работе 12](#_Toc184077178)

[3.1 Указания по подготовке к работе 12](#_Toc184077179)

[3.2 Указания выполнению наблюдений 13](#_Toc184077180)

[3.3 Указания по обработке результатов 13](#_Toc184077181)

[3.4 Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка) 14](#_Toc184077182)

[4 Результаты работы 15](#_Toc184077183)

[4.1 Наблюдения и расчёты 15](#_Toc184077184)

[4.2 Расчёты и погрешности 15](#_Toc184077185)

[5 Вопросы на защиту 17](#_Toc184077186)

[5.1 Все законы теплового излучения (ТИ) 17](#_Toc184077187)

[5.1.1 Правило Прево (1809) 17](#_Toc184077188)

[5.1.2 Закон Кирхгофа 17](#_Toc184077189)

[5.1.3 Закон Стефана-Больцмана 17](#_Toc184077190)

[5.1.4 Первый закон Вина (Закон смещения Вина) 18](#_Toc184077191)

[5.1.5 Второй закон Вина 19](#_Toc184077192)

[5.1.6 Формула Релея-Джинса 20](#_Toc184077193)

[5.1.7 Формула Планка. Гипотеза Планка 20](#_Toc184077194)

[5.2 Постулаты Бора 21](#_Toc184077195)

[5.2.1 1-ый постулат 21](#_Toc184077196)

[5.2.2 2-ой постулат 21](#_Toc184077197)

[5.2.3 Уравнение движения электрона 22](#_Toc184077198)

[5.3 №47 IdzTeplovoeIzluchenie2 22](#_Toc184077199)

[6 Вывод 23](#_Toc184077200)

# **Общие положения**

В данном разделе описаны общие положения, связанные с заданием.

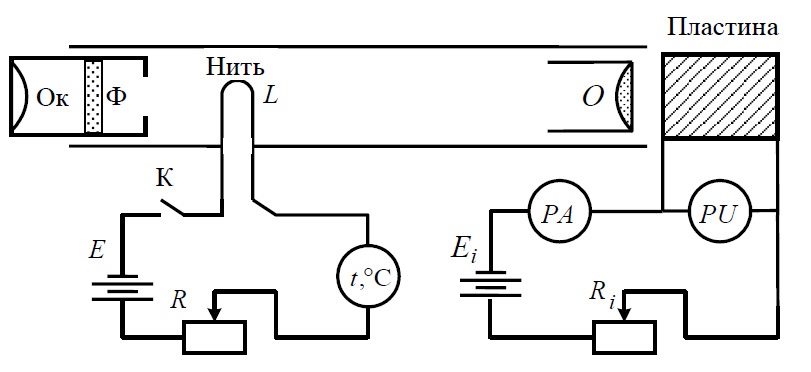
## **Цель работы**

Цель данной работы является экспериментальное исследование зависимости мощности теплового излучения от температуры; проверка закона Стефана–Больцмана.

## **Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка)**

Схема экспериментальной установки представлена на рисунок 1. В фокусе объектива зрительной трубы пирометра расположена нить , изогнутая в форме полуокружности. Через окуляр и красный светофильтр наблюдатель видит среднюю часть нити на фоне поверхности тела, температуру которого требуется определить. С помощью потенциометра осуществляется регулировка тока в нити и яркости ее свечения. После включения кнопкой нагрева нити, ток, проходящий через нить пирометра, регулируют до тех пор, пока она не становится невидимой на фоне пластины.

Оптический пирометр прокалиброван по абсолютно черному телу. Шкала амперметра, измеряющего силу тока в нити, оцифрована в градусах по шкале Цельсия и определяет температуру нити (абсолютно черного тела).



1. Схема экспериментальной установки

Электрическая схема нагрева пластины содержит источник тока, амперметр для измерения силы тока в пластине, величина которого регулируется потенциометром , и вольтметр для определения падения напряжения на пластине*.*

# **Основные теоретические положения**

В данном разделе представлены теоретические сведения для выполнения работы.

## **Электронный парамагнитный резонанс**

*Тепловое излучение* (ТИ) представляет собой явление генерации электро-магнитных волн нагретым телом. Основу эффекта составляют процессы преобразования тепловой энергии макроскопической системы (нагретого тела) в энергию электромагнитного поля. Все остальные виды излучения, возбуждаемые за счет видов энергии, отличных от тепловой, называют *люминесценцией*.

ТИ является *изотропным*, то есть вероятности испускания излучения разных длин волн или частот и поляризаций в разных направлениях равновероятны (одинаковы).

ТИ имеет сплошной спектр, т. е. его спектральные энергетические (характеристики) светимости и (см. далее), зависящие от частот или длин волн излучения, изменяются непрерывно, без скачков.

ТИ – это единственный вид излучения в природе, которое является *равновесным*, то есть находится в термодинамическом или тепловом равновесии с излучающим его телом. *Тепловое равновесие* означает, излучающее тело и поле излучения имеют одинаковую температуру.

В качестве меры преобразования энергии используется мощность  
 , где – количество энергии, которое за время преобразуется из одного вида в другой. В связи с тем, что излучение электромагнитных волн происходит с поверхности тела, а мощность теплового излучения пропорционально площади поверхности , в качестве характеристики используют *интегральную энергетическую светимость* тела ( )

(1)

Правая часть равенства (1) задает суммарную плотность потока энергии электромагнитных волн всех частот, испускаемой поверхностью нагретого тела.

Для характеристики зависимости светимости нагретого тела от частоты вводятся спектральные энергетические светимости и тела.

, (2)  
где – суммарная плотность потока энергии, переносимой волнами, частоты которых находятся в узком интервале или .

Наряду с излучением может происходить и обратное преобразование энергии: энергия электромагнитного излучения поглощается веществом, т. е. трансформируется в тепловую энергию макроскопической системы. Мерой обратного преобразования энергии служит *спектральная поглощательная способность* , определяемая следующим образом:

(3)  
где – поток энергии, который поглощается телом, – величина падающего потока в интервале частот .

Тело, которое полностью поглощает энергию электромагнитных волн (), называют *абсолютно черным телом* (АЧТ). Если поглощательная способность в некоторой области частот меньше единицы () и не зависит от частоты, то в этой области спектра тело считается *серым.*

Излучение и поглощение веществом электромагнитных волн представляют собой формы проявления способности частиц вещества (атомов, молекул) к взаимодействию с электромагнитным полем. Оба эффекта сосуществуют неразрывно. Это утверждение составляет основу *закона Кирхгофа: для любого тела отношение спектральной энергетической светимости* к его *поглощательной способности* *есть величина постоянная, равная спектральной энергетической светимости АЧТ,* для которого

(4)

Вином на основе законов термодинамики была доказана следующая теорема: спектральная энергетическая светимость АЧТ пропорциональна частоте излучения и обратно пропорциональна его температуре , совпадающей с температурой излучающего тела:

До построения Планком теории теплового излучения были также экспериментально открыты следующие законы теплового излучения

, , (5)

Выражение для интегральной энергетической светимости АЧТ – это закон Стефана-Больцмана, постоянная Стефана- Больцмана,  
 – выражение для длины волны , соответствующей положению максимума спектральной энергетической светимости АЧТ называется *первым законом Вина* или *законом смещения Вина*, а выражение для – *вторым законом Вина*, и – первая и вторая постоянные Вина.

В рамках своей теории теплового излучения Планк получил следующее выражение для спектральной энергетической светимости АЧТ, которое при использовании теоремы Вина принимает вид

, (6)

В функции Планка – скорость света,   
 и – постоянные Планка, – постоянная Больцмана,  
 и – постоянные.

## **Исследуемые закономерности**

В состав экспериментальной установки входит нагретая до высокой () температуры тонкая металлическая пластина с площадью поверхности . Пластина относится к числу серых тел, поглощательная способность которой равна . В процессе эксперимента измеряются мощность Джоуля-Ленца , выделяемая в пластине, переходящая в мощность теплового излучения пластины . В условиях теплового равновесия . Для измерения температуры пластины в работе используется неконтактный термометр (оптический пирометр).

Через окуляр зрительной трубы пирометра наблюдатель видит (рисунок 2, *а*) светящуюся нить (основная часть пирометра) на фоне светящейся поверхности исследуемого тела. Увеличение силы тока в нити пирометра приводит к возрастанию ее температуры и яркости свечения. При определенной яркости нить становится невидимой (рисунок 2, *б*) на фоне светящейся поверхности. Если бы оба тела (нить и пластина) являлись бы абсолютно черными телами, то одинаковая яркость их свечения свидетельствовала бы о равенстве их температур. В экспериментальной же установке нить пирометра является эквивалентом абсолютно черного тела (АЧТ), а нагреваемая пластина относится к классу серых тел. Поэтому при одинаковой яркости черного и серого тел их температуры и будут различны.

Изображение выглядит как зарисовка, диаграмма, линия, белый

Автоматически созданное описание

1. Видимое изображение нагретой нити 2 на фоне светящейся поверхности исследуемого тела при разной (*а*) и одинаковой (*б*) светимости тел

Оптический пирометр проградуирован по температуре АЧТ и в опыте мы измеряем температуру нити. Чтобы найти связь этой температуры с температурой пластины надо написать условие одинаковости яркостей черного и серого тел, которое в узком частотном интервале или в узком интервале длин волн имеет вид , и согласно (10.6) эквивалентно следующей цепочке

, , (7)

Откуда получаем связь между истинной температурой тела (пластины) и температурой АЧТ (нити), регистрируемой пирометром)

(8)

В эту формулу входит длина волны излучения, пропускаемого светофильтром пирометра, равная для желтого светофильтра и для красного. Температура тела, определяемая по (8) называется *яркостной температурой*.

Согласно теоретическому прогнозу, мощность излучения даётся соотношением , где , а теоретическое значение показателя степени температуры . Проверить правильность этого закона можно разными способами.

Создав выборку параметра , можно по найденному выборочным методом значению определить постоянную Стефана-Больцмана .

Обозначив в теоретической зависимости , и , приходим к уравнению , где , , . Определив в нём с помощью метода наименьших квадратов (МНК) коэффициент , можно найти постоянную Стефана-Больцмана , где  
 , .

Прологарифмируем исходную теоретическую зависимость: . Создав выборку параметра ,   
, можно найти по ней коэффициент , а по нему постоянную Стефана-Больцмана , где , .

Теоретическое значение коэффициент .

Обозначив в прологарифмированной теоретической зависимости   
, , , , приходим к зависимости ,  
 , , коэффициенты , а по коэффициенту можно определить постоянную Стефана-Больцмана , где , .

Алгоритмы обработки данных по МНК приведены в приложении к пособию. В данной работе для нахождения Стефана-Больцмана выбран первый подход.

## **Ответы на контрольные вопросы**

В данном подразделе представлены ответы на контрольные вопросы.

### **Вопрос 1 – Вопрос 7**

Дайте определение спектральной поглощательной способности тела.

*Поглощательная способность (коэффициент поглощения)* – отношение поглощённой доли спектра энергии к падающей для единичного интервала частот (безразмерная величина):

(9)

### **Вопрос 2 – Вопрос 15**

Запишите и объясните формулу Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.

Формула Релея-Джинса:

(10)

(11)

Данная формула работает для . Для работает формула Вина:

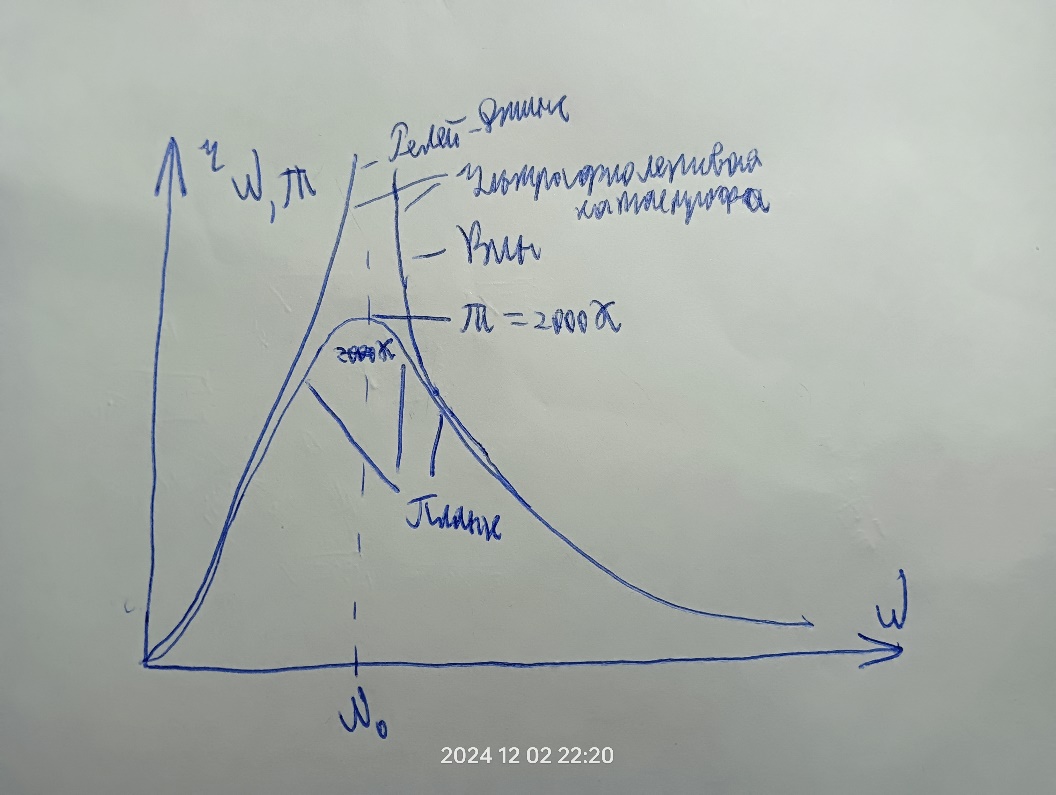
(12)

Для – *Ультрафиолетовая катастрофа* – парадокс классической физики, состоящий в том, что полная мощность теплового излучения любого нагретого тела, согласно закону Рэлея – Джинса, должна быть бесконечной. Название парадокс получил из-за того, что спектральная плотность энергии излучения должна была неограниченно расти по мере сокращения длины волны. Решением данной проблемы была формула Планка.

Формула Планка:

(13)

График представлен на рисунке 3.



1. График

# **Указания к работе**

В данном разделе представлены указания для подготовки к работе, проведения работы и обработки результатов эксперимента.

## **Указания по подготовке к работе**

Указания по подготовке к работе:

1. Занести в протокол эксперимента таблицы по форме 1–2.
2. Вывести в подготовке работе все формулы погрешностей функций в таблицах 1–2.
3. Зависимость мощности излучения от температуры . (, )

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Размерность** | **1** | **2** | **3** |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цвет светофильтра** | Жёлтый | | | | | Красный | | | |
|  |  | 600 | | | | 665 | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Погрешности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

## **Указания выполнению наблюдений**

Указания по выполнению работы:

1. . Вращением рукоятки потенциометра установить силу тока  
    в пластине. Установить диапазон измерения температуры и соответ- ствующий ему желтый светофильтр.
2. Включить накал нити с помощью кнопки , которая в процессе измерений должна находиться в замкнутом положении. Регулируя силу тока в нити, добиться исчезновения видимого ее изображения на фоне светящейся поверхности пластины. Результаты измерений температуры нити , силы тока в пластине , и напряжения на ней записать в таблицу 1.
3. . Повторить цикл измерений (см. п. 1) при других значениях силы тока *I* в пластине (от до с шагом ). Всего будет 8 измерений. При превышении температуры диапазон измерения переключить на и установить красный светофильтр. И снова произвести измерения температуры нити, изменяя силу тока с шагом. Результаты совместных измерений физических величин , , а также цвет светофильтра записать в таблицу 1.
4. . Измерение температуры по п. 2 произвести два раза: в режиме увеличения и в режиме уменьшения силы тока в нити. Результаты измерений температуры , силы тока в пластине и напряжения на ней записать в таблицу 1

## **Указания по обработке результатов**

Указания по обработке эксперимента:

1. Заполнить таблицу 1 и найти по ней выборочным методом коэффициент . Сопоставить найденное значение с его теоретическим значением .
2. Используя найденное значение , найти по таблице 2 методом переноса погрешностей постоянную Стефана-Больцмана и сопоставить её найденное значение с табличным . (, )

## **Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка)**

Схема экспериментальной установки представлена на рисунок 1. В фокусе объектива зрительной трубы пирометра расположена нить , изогнутая в форме полуокружности. Через окуляр и красный светофильтр наблюдатель видит среднюю часть нити на фоне поверхности тела, температуру которого требуется определить. С помощью потенциометра осуществляется регулировка тока в нити и яркости ее свечения. После включения кнопкой нагрева нити, ток, проходящий через нить пирометра, регулируют до тех пор, пока она не становится невидимой на фоне пластины.

Оптический пирометр прокалиброван по абсолютно черному телу. Шкала амперметра, измеряющего силу тока в нити, оцифрована в градусах по шкале Цельсия и определяет температуру нити (абсолютно черного тела).

Изображение выглядит как диаграмма, Технический чертеж, План, линия

Автоматически созданное описание

1. Схема экспериментальной установки

Электрическая схема нагрева пластины содержит источник тока, амперметр для измерения силы тока в пластине, величина которого регулируется потенциометром , и вольтметр для определения падения напряжения на пластине*.*

# **Результаты работы**

В данном разделе указаны результаты работы и сведения о них.

Все рассчёты сделаны в Excel.

## **Наблюдения и расчёты**

Результаты наблюдений и расчёты представлены в печатном протоколе.

## **Расчёты и погрешности**

Расчёт погрешности представлен в таблице 3.

1. Погрешности

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** |  |  | **^2** |  | **Промах** | **Промах** |
| **1** | 5,36 | 1,65 | 2,73 | 0,30 | ЛОЖЬ | Нет |
| **2** | 3,71 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | ЛОЖЬ | Нет |
| **3** | 3,49 | -0,22 | 0,05 | 0,15 | ЛОЖЬ | Нет |
| **4** | 1,29 | -2,42 | 5,85 | 0,05 | ЛОЖЬ | Нет |
| **5** | 0,99 | -2,73 | 7,43 | 0,04 | ЛОЖЬ | Нет |
| **6** | 1,26 | -2,45 | 5,99 | 0,05 | ЛОЖЬ | Нет |
| **7** | 4,15 | 0,43 | 0,19 | 0,18 | ЛОЖЬ | Нет |
| **8** | 3,71 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | ЛОЖЬ | Нет |
| **9** | 4,24 | 0,53 | 0,28 | 0,24 | ЛОЖЬ | Нет |
|  | 3,13 |  |  | 0,15 |  |  |
| **N** | 9 |  |  |  | 1,37 |  |
| **N-1** | 8 |  |  |  | 1,38 |  |
| **S** | 1,68 |  |  |  | 3,13 |  |
|  | 2,11 |  |  |  |  |  |
|  | 2,306 |  |  |  | 43,92% |  |

Расчёт погрешности представлен в таблице 4

1. Погрешности

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **b** |  | **^2** |  | **Промах** | **Промах** |
| **1** | -28,25 | 0,69 | 0,48 | 0,06 | ЛОЖЬ | Нет |
| **2** | -28,62 | 0,32 | 0,10 | 0,05 | ЛОЖЬ | Нет |
| **3** | -28,68 | 0,26 | 0,07 | 0,04 | ЛОЖЬ | Нет |
| **4** | -29,68 | -0,73 | 0,54 | 0,04 | ЛОЖЬ | Нет |
| **5** | -29,95 | -1,00 | 1,01 | 0,04 | ЛОЖЬ | Нет |
| **6** | -29,70 | -0,75 | 0,57 | 0,04 | ЛОЖЬ | Нет |
| **7** | -28,51 | 0,43 | 0,19 | 0,04 | ЛОЖЬ | Нет |
| **8** | -28,62 | 0,32 | 0,10 | 0,05 | ЛОЖЬ | Нет |
| **9** | -28,49 | 0,46 | 0,21 | 0,06 | ЛОЖЬ | Нет |
|  | -28,95 | 28,95 |  | 0,05 |  |  |
| **N** | 9 |  |  |  | 0,52 |  |
| **N-1** | 8 |  |  |  | 0,52 |  |
| **S** | 0,64 |  |  |  | -28,95 |  |
|  | 2,11 |  |  |  | -28,9±0,5 |  |
|  | 2,306 |  |  |  | 1,81% |  |

Итого:

**,**  (14)

, (15)

# **Вопросы на защиту**

В данном разделе представлены ответы на вопросы, заданные на защиту.

## **Все законы теплового излучения (ТИ)**

В данном подразделе представлены все законы теплового излучения.

### **Правило Прево (1809)**

Если 2 тела поглощают разные энергии, то и излучение, испускаемые этими телами, тоже должны быть разными.

### **Закон Кирхгофа**

Отношение излучательной и поглощательной способностей тела не зависят от природы тела, то есть отношение:

(14)  
– есть универсальная для всех тел функция частоты и температуры.

Доказательство закона Кирхгофа связано со вторым началом термодинамики, по которому тепловое равновесие, установившееся в изолированной системе, невозможно нарушить обменом тепла между частями системы.

### **Закон Стефана-Больцмана**

Для реальных тел *закон Стефана-Больцмана* выполняется лишь *качественно*, то есть с ростом температуры энергетические светимости всех тел увеличиваются.

Закон Стефана-Больцмана:

(15)

– постоянная Стефана-Больцмана.

Доказательства:

Получим для реальных тел зависимость *излучательности от температуры*, используя закон Кирхгофа и Стефана-Больцмана.

(16)

(17)

Коэффициент – *интегральная поглощательная способность* тела

Значения в общем случае зависящие от температуры, известны для многих технически важных материалов.

Для реальных нечёрных тел можно ввести понятие *эффективной радиационной температуры* , которая определяется как температура абсолютно чёрного тела, имеющего *такую же излучательность*, что и реальное тело. Действительно, для реального тела

(18)

Отсюда находим, что

(19)

Так как , то и

(20)

*Радиационную температуру* сильно нагретых раскалённых тел можно определить с помощью *радиационного пирометра*.

### **Первый закон Вина (Закон смещения Вина)**

В 1893 году немецкий физик Вильгельм Вин теоретически рассмотрел термодинамический процесс сжатия излучения, исключённого в полости с идеально зеркальными стенками.

С учётом изменения частоты излучения за счёт эффекта Доплера при отражении от движущегося зеркала Вин пришёл в выводу, что спектральная плотность излучаемости АЧТ должна иметь вид:\

(21)  
здесь – некоторая функция, конкретный вид которой термодинамическими методами установить нельзя.

Переходя в этой формуле Вина от частоты к длине волны, в соответствии с правилом перехода получим:

(22)

В функции температура входит в виде произведения . Это позволяет предсказать некоторые особенности функции (Она достигает максимума на длине волны , которая при изменении температуры тела изменяется так, чтобы выполнялось условие .

Таким образом, В.Вин сформулировал закон теплового излучения – закон Вина.

, (23)  
где – постоянная Вина.

Согласно закону, длина волны , на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности АЧТ, обратно пропорционально его абсолютной температуре.

Закон смещения Вина показывает, что при повышении температуры АЧТ положение максимума его спектральной плотности излучаемости смещается в область коротких длин волн.

Для реальных тел закон Вина выполняется лишь качественно. С ростом температуры любого тела длина волны, вблизи которой тело излучает больше всего энергии, также смещается в сторону коротких длин волн.

Это смещение, однако, уже не описывается формулой , которую для излучения реальных тел можно использовать только в качестве оценочной.

Окончательно Вин получил:

, (24)  
где и – постоянные, которые Вин не расшифровал.

### **Второй закон Вина**

Из анализа своей функции Вин пришёл к выводу, что максимальное значение спектральной плотности излучательности АЧТ пропорционально температуре в пятой степени:

, (25)  
где .

, (26)

### **Формула Релея-Джинса**

Английские физики Релей (Стретт) Джон Уильям и Джинс Джеймс Ховпуд рассмотрели равновесное излучение в замкнутой плоскости с зеркальными стенками как совокупность стоячих электромагнитных волн (осцилляторов), применили к ТИ методы статистической физики, воспользовались классическим законом равномерного распределения энергии по степеням свободы.

На каждую степень свободы приходится энергия равная , где – постоянная Больцмана, равная .

В 1905 году Джинс уточнил расчёты Релея и окончательно получил:

(27)  
– формула Релея-Джинса.

(28)

### **Формула Планка. Гипотеза Планка**

Гипотеза Планка:

Свет излучается и поглощается определёнными порциями (квантами энергии ), причём энергия каждой такой порции определяется формулой

(29)

*–* постоянная Планка

Формула Планка:

(30)

(31)

(32)

(33)

*Абсолютно чёрное тело* (сокращённо *АЧТ*) — физическое тело, которое при любой температуре поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах.

## **Постулаты Бора**

Атом следует описывать, как «пирамиду», стационарных энергетических состояний. Пребывая в одном из энергетических состояний, атом не излучает энергию.

При переходах между стационарными состояниями атом поглощает или излучает квант энергии. При поглощении энергии атом переходит в состояние с более высокой энергией.

### **1-ый постулат**

Электроны движутся только по определённым (стационарным) орбитам. При этом не происходит излучения энергии.

Условие для стационарных орбит:   
из всех орбит электрона возможны только тех, для которых момент импульса электрона, равен целому кратному постоянной Планка:

(34)  
 – главное квантовое число.

### **2-ой постулат**

Излучение или поглощении энергии в виде кванта энергии происходит лишь при переходе электрона из одного стационарного состояния в другое. Световой квант равен разности энергий тех стационарных состояний, между которыми совершается квантовый скачок электрона:

(35)  
– правило частот Бора. – номера состояний.

Второй постулат противоречит электродинамике Максвелла, т.к. частота излучённого света свидетельствует не об особенностях движения электрона, а лишь об изменении энергии атома.

### **Уравнение движения электрона**

Уравнение движения электрона получим из равенства центробежной силе кулоновской силе:

(36)

(37)

Отсюда найдём *радиус стационарных орбит*:

(38)

## **№47 IdzTeplovoeIzluchenie2**

Истинная температура вольфрамовой пластинки . Яркостная температура той же пластинки, измеренная оптическим пирометром с применением фильтра, пропускающего излучение с длиной волны , . Вычислить коэффициент излучения поверхности пластинки для данной длины волны и температуры.

**Дано**

, , .

**Найти:**

**Решение:**

.

, , , **, ,**

, .

**Ответ:** .

# **Вывод**

В ходе выполнения данной работы были исследованы зависимости температуры от силы тока в пластине и напряжения, а также была вычислена постоянная Больцмана.

Результаты расчётов и вычислений представлены в печатном протоколе.