

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

И.Н. АНИСИНА, Е.В. ВОЛКОВ, Т.И. ПИСКАРЕВА

# ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №17

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2006

УДК 535.421 (075)  
ББК 22.34 я 73  
А 67

Рецензент

доктор физико - математических наук, профессор Н.А.Манаков  
кандидат технических наук, доцент Ф.А. Казачкова

**А67**      **Анисина И.Н.**  
**Изучение термоэлектронной эмиссии и определение удельного**  
**заряда электрона [Текст]: методические указания к**  
**лабораторной работе. / И.Н. Анисина, Е.В. Волков, Т.И.**  
**Пискарева - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. - 6с.**

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению термоэлектронной эмиссии и определения удельного заряда электрона. Работа включает теоретическое изложение материала, описание методики проведения опыта и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Общая физика» для студентов всех специальностей.

ББК 22.34 я 73

© Анисина И.Н.,  
Волков Е.В.,  
Пискарева Т.И., 2006  
© ГОУ ОГУ, 2006

## Содержание

1 Лабораторная работа № 17. Изучение термоэлектронной эмиссии и определение удельного заряда электрона.....	4
1.1 Цель работы.....	4
1.2 Теоретические сведения.....	4
1.3 Экспериментальная часть.....	5
1.4 Контрольные вопросы.....	7
Список использованных источников.....	7

# 1 Лабораторная работа № 17. Изучение термоэлектронной эмиссии и определение удельного заряда электрона

## 1.1 Цель работы

1.1.1 Уяснить теоретическое рассмотрение термоэлектронной эмиссии.

1.1.2 Основываясь на законе «трех вторых», определить удельный заряд электрона.

## 1.2 Теоретические сведения

Свободные электроны при обычных температурах практически не покидают металл. Следовательно, в поверхностном слое металла должно быть задерживающее электрическое поле, препятствующее выходу электронов из металла в окружающий вакуум. Работа, которую нужно затратить для удаления электрона из металла, называется **работой выхода**.

Работа выхода зависит от химической природы металлов и от чистоты их поверхности.

Если сообщить электронам в металлах энергию, необходимую для преодоления работы выхода, то часть электронов может покинуть металл, в результате чего наблюдается **электронная эмиссия** – испускание электронов поверхностью твердого тела и жидкости.

**Термоэлектронная эмиссия** – это испускание электронов нагретыми металлами. С повышением температуры число электронов, кинетическая энергия теплового движения которых больше работы выхода, растет. Исследования закономерностей термоэлектронной эмиссии можно провести с помощью вакуумного диода, представляющего собой баллон, содержащий два электрода: катод К и анод А. Если диод включить в цепь, как показано на рисунке 1, то при накаливании катода и подаче на анод положительного напряжения в анодной цепи диода возникнет ток. Если поменять полярность батареи  $B_A$ , то ток прекращается, как бы сильно катод не накаливали. Следовательно, катод испускает электроны.

Если поддерживать температуру накаленного катода постоянной и снять зависимость анодного тока  $I_A$  от анодного напряжения  $U_A$  – вольт амперную

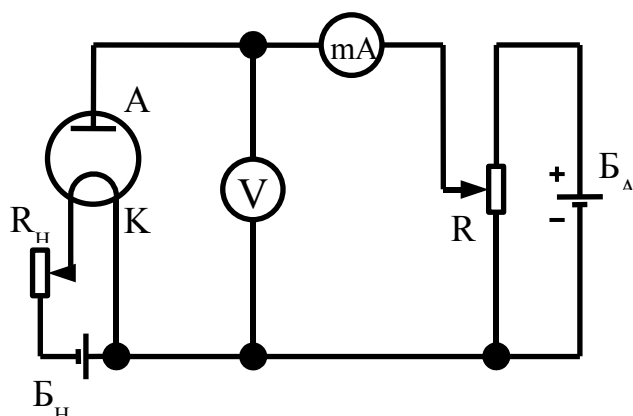


Рисунок 1

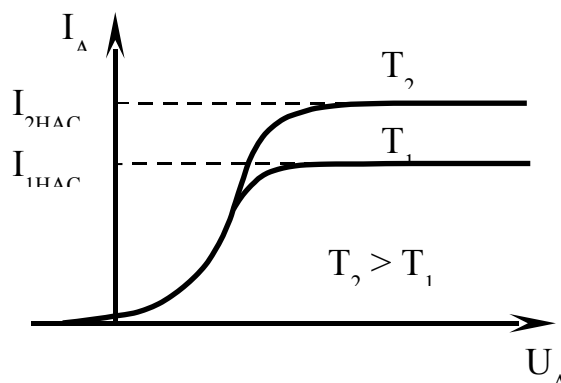


Рисунок 2

характеристику (рисунок 2), то оказывается, что она не является линейной, т.е. для вакуумного диода закон Ома не выполняется. Зависимость термоэлектронного тока  $I_A$  от анодного напряжения  $U_A$  в области малых положительных значений напряжения описывается законом **трех вторых**:

$$I_A = aU^{3/2}, \quad (1)$$

где  $a$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от формы и размеров электродов, а также их взаимного расположения.

Выражение (1) было получено русским физиком С.А. Богуславским и американским физиком Ленгмюром. Оно читается так: анодный ток пропорционален анодному напряжению в степени три вторых.

Закон трех вторых выполняется при следующих допущениях:

- 1) начальные скорости электронов, испущенных катодом, настолько малы, что их можно считать равными нулю;
- 2) анодный ток далек от насыщения.

При увеличении анодного напряжения ток возрастает до некоторого максимального значения  $I_{НАС}$  называемого **током насыщения**. Это означает, что почти все электроны, покидающие катод, достигают анода, поэтому дальнейшее увеличение напряженности поля не может привести к увеличению термоэлектронного тока. На рисунке 2 представлены вольт-амперные характеристики для двух температур катода  $T_1$  и  $T_2$ , причем  $T_2 > T_1$

### 1.3 Экспериментальная часть

**Задание 1.** Проверка закона трех вторых.

Данная работа выполняется на установке, электрическая схема которой представлена на рисунке 1. С помощью данной установки необходимо убедиться в выполнимости закона трех вторых.

1. Снимите вольт-амперную характеристику вакуумной лампы 1Ц11П (диод прямого накала) и результаты измерений  $I_A$  и  $U_A$  внесите в таблицу 1.
2. Постройте график зависимости  $I_A = f(U_A)$ .

Таблица 1 – Результаты измерений

$I_A, \text{А}$								
$U_A, \text{В}$								
$U_A^{3/2}, \text{В}^{3/2}$								

3. Постройте график зависимости  $I_A$  от  $U_A^{3/2}$ . При наличии прямопропорциональной зависимости закон трех вторых выполняется.

**Задание 2.** Определение удельного заряда электрона  $\frac{e}{m}$ , где  $e$  – численное значение заряда электрона,  $m$  его масса.

Из графика зависимости  $I_A = f(U_A^{3/2})$  найдите  $tga$ , как угловой коэффициент наклона графика к оси абсцисс:

$$tga = \frac{\Delta I}{\Delta(U^{3/2})} \left( \frac{Kл}{B^{3/2} \cdot c} \right), \quad (2)$$

для малых  $a$   $tga \approx a$ .

Теоретически доказано [4], что коэффициент пропорциональности  $a$ , связывающий  $I_A$  с  $U_A$ , может быть представлен как

$$a = b \sqrt{\frac{e}{m}}, \quad (3)$$

где  $b$  – коэффициент пропорциональности, зависящий только от формы, геометрических размеров и расстояния между электродами.

Из уравнения (3) выразим удельный заряд электрона  $\frac{e}{m}$ :

$$\frac{e}{m} = \frac{a^2}{b^2} = \alpha a^2 \quad (4)$$

где введено обозначение  $\alpha = \frac{1}{b^2}$  – коэффициент, зависящий от геометрических размеров электродов лампы и расстояния между ними. Для вакуумного диода 1Ц11П можно принять, что  $\alpha = (1,24 \pm 0,09) \cdot 10^{21} \text{ (В}^3 \cdot \text{с}^2 / \text{кг} \cdot \text{Кл)}$ .

Используя выражение (4), можно рассчитать  $\frac{\Delta(\frac{e}{m})}{\frac{e}{m}}$  по формуле

$$\frac{\Delta(\frac{e}{m})}{\frac{e}{m}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta \alpha}{\alpha}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2} \quad (5)$$

Пренебрегая величиной  $\frac{\Delta \alpha}{\alpha}$  ввиду ее малости, можно записать

$$\frac{\Delta(\frac{e}{m})}{\frac{e}{m}} = 2 \frac{\Delta a}{a} \quad (6)$$

Приняв величину  $\frac{\Delta a}{a}$  равной 5 %, найдите ошибку  $\Delta\left(\frac{e}{m}\right)$  и запишите результат в виде

$$\frac{e}{m} = \frac{\bar{e}}{m} \pm \Delta\left(\frac{e}{m}\right).$$

Сравните полученное значение  $\frac{e}{m}$  с известным из литературы значением удельного заряда электрона, равным примерно  $(1,76 \pm 0,01) \cdot 10^{11}$  Кл/кг. Сделайте общий вывод по работе.

#### 1.4 Контрольные вопросы

1.4.1 Поясните цель и порядок выполнения работы. Какие выводы вами сделаны по полученным результатам?

1.4.2 Термоэлектронная эмиссия, Расскажите подробно об этом виде эмиссии.

1.4.3 Закон Ленгмюра – Богуславского. При каких условиях он выполняется?

1.4.4 Поясните метод определения удельного заряда электрона в данной работе.

#### Список использованных источников

1 **Савельев, И.В.** Курс общей физики [Текст]: учебное пособие. - В 3т. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. - М.: Наука, 1988. - 496 с.

2 **Трофимова, Т.И.** Курс физики [Текст]: учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова. - М.: Высш. шк., 2001. - 542 с.

3 **Детлаф, А.А., Яворский, Б.М.** Курс физики [Текст]: учебное пособие для вузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. - М.: Высш. шк., 1989. - 608 с.

4 **Сивухин, Д.В.** Общий курс физики [Текст]: учебное пособие. - В 5т. Т.3. Электричество / Д.В. Сивухин. - М.: Наука, 1977. - 687 с.