

Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего  
образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики»  
(ФГБОУ ВО «СибГУТИ»)

Кафедра физики

Разработчик: Грищенко И.В.

## **Рабочая тетрадь по лабораторным работам по физике**

Студента \_\_\_\_\_

Группы \_\_\_\_\_

Факультета \_\_\_\_\_

## **Грищенко И.В**

Физика: Рабочая тетрадь по лабораторным работам по физике (механика, электричество, магнетизм) для студентов СибГУТИ 1 курса 1 семестра/ И.В. Грищенко – Новосибирск: СибГУТИ, 2016 – 33с.

Рабочая тетрадь по лабораторным работам по физике (механика, электричество, магнетизм) предназначена для помощи студентам-первокурсникам в адаптации к требованиям Высшей школы по подготовке к выполнению лабораторных работ, для обучения оформлению отчетов по выполненным работам, для формирования умения делать выводы по результатам проведенных исследований. Рабочая тетрадь дополняет методические указания по лабораторному практикуму первого семестра под редакцией Астахова В.М. и является их непосредственным продолжением.

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
СибГУТИ**

**Работа 1.2**

***Проверка основного закона динамики вращательного движения  
на основе маятника Обербека***

Выполнил студент группы:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Проверил преподаватель:

\_\_\_\_\_

Оценка за защиту

\_\_\_\_\_ «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Новосибирск 20\_\_ г.

## Лабораторная работа 1.2

### **Проверка основного закона динамики вращательного движения на основе маятника Обербека**

Цель работы: Изучить законы вращательного движения. Определить момент инерции грузов.

#### **Краткая теория**

##### 1. Основные определения.

*Вращательным движением твердого тела называется*

---

---

---

*Основной закон динамики вращательного движения:*

Где  $\vec{M}$  - вектор момента силы,  $\vec{\alpha}$  - вектор углового ускорения тела,  
 $I$  - момент инерции тела.

*Момент силы относительно оси вращения:*

Модуль вектора момента силы:

*Момент инерции материальной точки:*

*Момент инерции тела:*

##### 2. Описание лабораторной установки

1 - шкив радиуса  $r$ , 2 – стержни крестовины, 3 – нить, 4 – блок, 5 – подвес массой  $m_n$ , 6 – груз на стержне крестовины.

### 3. Вывод рабочих формул *Проверяемый закон*

Вращение маятника вызывает сила натяжения нити. Ее находим из:

Момент силы, приложенный к маятнику, равен:

Угловое ускорение находим, используя законы кинематики:

Линейное ускорение находим из закона равноускоренного движения:

Момент инерции маятника определяем из основного закона вращательного движения:

Исходя из основного закона динамики вращательного движения, график зависимости момента силы, приложенной к маятнику, от углового ускорения должен представлять собой \_\_\_\_\_.

Поскольку момент инерции тела – величина скалярная, то момент инерции маятника с грузами равен сумме момента инерции крестовины и момента инерции грузов. Отсюда момент инерции грузов равен:

## Экспериментальные результаты

Таблица 1. Определение момента инерции крестовины

| №<br>п/п | Масса<br>подвеса<br>$m_n, \text{кг}$ | Время<br>падения<br>$t, \text{с}$ | Ускорение<br>$a, \text{м}^2/\text{с}^2$ | Угловое<br>ускорение<br>$\beta, \text{рад}/\text{с}^2$ | Момент<br>силы,<br>$M, \text{Н}\cdot\text{м}$ | Момент<br>инерции<br>$I_0, \text{кг}\cdot\text{м}^2$ | Среднее<br>значение<br>момента<br>инерции<br>$\langle I_0 \rangle,$<br>$\text{кг}\cdot\text{м}^2$ |
|----------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|---|
| 1        |                                      |                                   |   |  |   |  |   |
| 2        |                                      |                                   |   |  |   |  |   |
| 3        |                                      |                                   |   |  |   |  |   |
| 4        |                                      |                                   |   |  |   |  |   |
| 5        |                                      |                                   |   |  |   |  |   |

Радиус шкива  $r =$  , м, высота падения подвеса  $h =$  , м

Таблица 2. Определение момента инерции грузов

| №<br>п/<br>п | Расстояние<br>до оси<br>вращения,<br>$R, \text{м}$ | Время<br>падения<br>$t, \text{с}$ | Ускорение,<br>$a, \text{м}^2/\text{с}^2$ | Угловое<br>ускорение<br>$\beta, \text{рад}/\text{с}^2$ | Момент<br>силы,<br>$M, \text{Н}\cdot\text{м}$ | Момент<br>инерции<br>маятника<br>,<br>$I, \text{кг}\cdot\text{м}^2$ | Момент<br>инерции<br>грузов<br>$I_{\text{гр}}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$ |
|--------------|--|-----------------------------------|--|--|---|---|--|
| 1            |  |                                   |  |  |   |   |  |
| 2            |  |                                   |  |  |   |   |  |
| 3            |  |                                   |  |  |   |   |  |
| 4            |  |                                   |  |  |   |   |  |
| 5            |  |                                   |  |  |   |   |  |

Радиус шкива  $r =$  , м, высота падения подвеса  $h =$  , м, масса подвеса  $m_n =$  , кг.

График зависимости углового ускорения от момента силы, приложенной к маятнику.

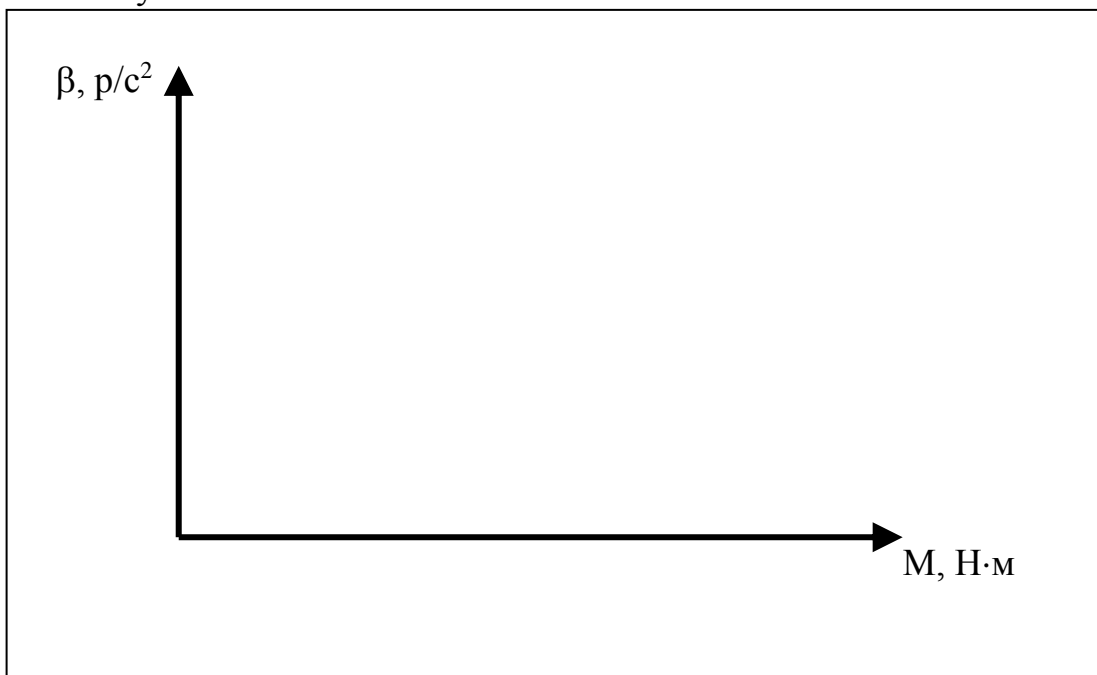
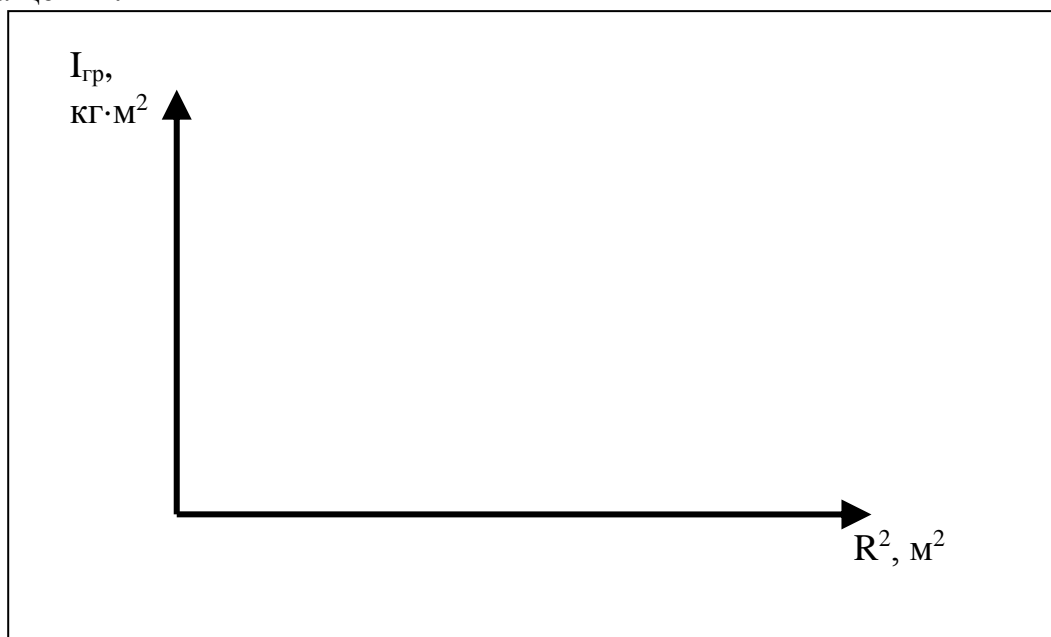


График зависимости момента инерции грузов от квадрата расстояния до оси вращения.



### Вывод

По основному закону вращательного движения определили момент инерции крестовины. Он равен \_\_\_\_\_. График зависимости момента силы, приложенной к маятнику, от углового ускорения представляет собой \_\_\_\_\_. По основному закону вращательного движения график должен был представлять

собой \_\_\_\_\_, таким образом, \_\_\_\_\_.

Значение момента инерции крестовины, определенное по графику зависимости момента силы от углового ускорения и по таблице 1, совпадают с точностью \_\_\_\_\_. Различия обусловлены \_\_\_\_\_.

График зависимости момента инерции грузов от квадрата расстояния до оси вращения представляет собой \_\_\_\_\_.

По определению момента инерции тела, такой график должен представлять собой \_\_\_\_\_, таким образом, \_\_\_\_\_.

**Защита работы.**



**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
СибГУТИ**

**Работа 3.1**

***Изучение электроизмерительных приборов***

Выполнил студент группы:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Проверил преподаватель:

\_\_\_\_\_

Оценка за защиту

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Новосибирск 20\_\_ г.

## Лабораторная работа 3.1

### ***Изучение электроизмерительных приборов***

Цель работы: Изучить основные электроизмерительные приборы, освоить методику измерения с помощью этих приборов.

#### **Краткая теория**

##### Основные характеристики используемых приборов.

В данной работе используются аналоговые вольтметры и амперметры.

*Амперметр* служит \_\_\_\_\_, включается в цепь \_\_\_\_\_, должен обладать \_\_\_\_\_ сопротивлением.

*Вольтметр* служит \_\_\_\_\_, включается в цепь \_\_\_\_\_, должен обладать \_\_\_\_\_ сопротивлением

Основные характеристики электроизмерительных приборов:

1. Система
2. Класс точности
3. Пределы измерений
4. Чувствительность

##### 1.1. Система

Магнитоэлектрическая система основана на \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Обозначается \_\_\_\_\_. Ее достоинства \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ее недостатки \_\_\_\_\_

В электромагнитной системе \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Обозначается \_\_\_\_\_. Ее достоинства \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ее недостатки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

##### 1.2. Класс точности

*Абсолютная погрешность измерения*

*Относительная погрешность измерения*

*Класс точности*

*Максимальная абсолютная погрешность прибора*

### 1.3. Чувствительность и цена деления

*Чувствительность*

*Цена деления ( два определения):*

*Значение измеряемой величины*

### 1.4. Пределы измерений

*Пределом измерений называется* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Многопредельные приборы* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Изменение предела измерений амперметра (схема шунтирования)*

*Расчет сопротивления шунта*

Изменение предела измерений вольтметра (схема подключения добавочного сопротивления)

Расчет добавочного сопротивления

Метод определения сопротивления проводника  
Используемый закон

Примерный график ВАХ

Рабочая формула для расчета среднего значения сопротивления

Относительная погрешность расчета сопротивления

## Абсолютная погрешность измерений сопротивления

### Описание лабораторной установки

1 – источник постоянного напряжения, 2 – многопредельный вольтметр, 3 – многопредельный амперметр, 4 – исследуемое сопротивление

### Экспериментальные результаты

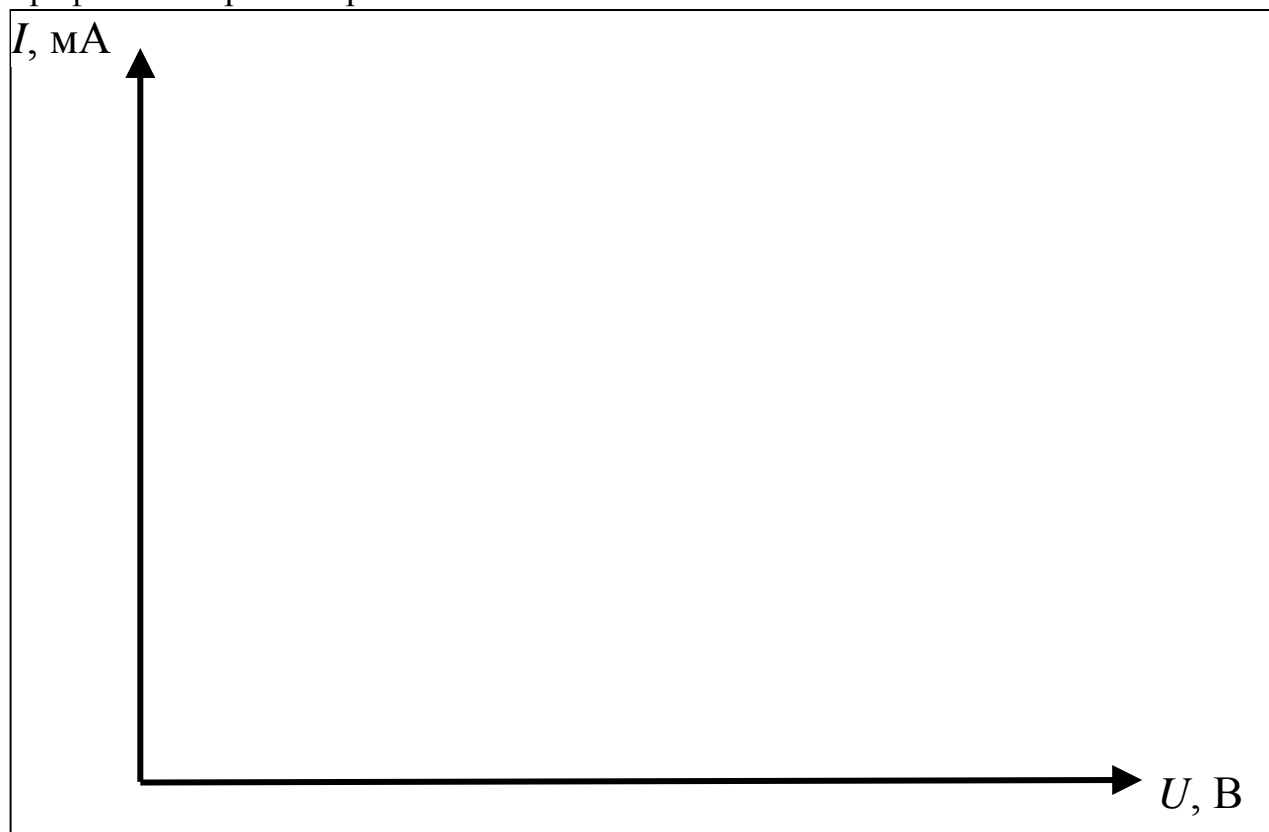
Таблица 1. Исследование электроизмерительных приборов

| №<br>п/п | Наименование<br>прибора | Система | Класс точности | Число делений<br>шкалы | Предел измерений | Цена деления | Чувствительность | Абсолютная<br>погрешность |
|----------|-------------------------|---------|----------------|------------------------|------------------|--------------|------------------|---------------------------|
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |
|          |                         |         |                |                        |                  |              |                  |                           |

Таблица 2. Определение сопротивления резистора

| №<br>п/п | $U$  | $U$ | $I$  | $I$ | $\Delta U$ ,<br>В | $\Delta I$ ,<br>мА | $tg \alpha$ ,<br>$кОм^{-1}$ | $R$ ,<br>кОм | $\delta R$ ,<br>% | $\Delta R$ ,<br>Ом |
|----------|------|-----|------|-----|-------------------|--------------------|-----------------------------|--------------|-------------------|--------------------|
|          | Дел. | В   | Дел. | мА  |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 1        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 2        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 3        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 4        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 5        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 6        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 7        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 8        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 9        |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |
| 10       |      |     |      |     |                   |                    |                             |              |                   |                    |

График ВАХ резистора



### Вывод

Определены характеристики электроизмерительных приборов

Построена ВАХ резистора, она представляет собой \_\_\_\_\_, что \_\_\_\_\_ закону Ома. Определено сопротивление резистора  $R =$  \_\_\_\_\_, с относительной погрешностью \_\_\_\_%. Измеренное значение \_\_\_\_\_ номиналу резистора.

## **Защита работы**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
СибГУТИ**

**Работа 3.2**

***Изучение характеристик электростатического поля***

Выполнил студент группы:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Проверил преподаватель:

\_\_\_\_\_

Оценка за защиту

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Новосибирск 20\_\_ г.



## Работа 3.2

### ***Изучение характеристик электростатического поля***

Цель работы: Исследовать электростатическое поле, графически изобразить сечение эквипотенциальных поверхностей и силовые линии для некоторых конфигураций поля.

#### **Краткая теория**

*Электростатическим полем называется* \_\_\_\_\_

*Силовой характеристикой электростатического поля является* \_\_\_\_\_

Единица измерения \_\_\_\_\_

Следовательно, силу, действующую на заряд со стороны электрического поля, можно рассчитать по формуле:

*Энергетической характеристикой электростатического поля является* \_\_\_\_\_

Единица измерения \_\_\_\_\_

Работа электростатического поля по перемещению точечного заряда  $q$  рассчитывается по формуле:

где  $\varphi_1$  - потенциал начальной точки положения заряда,  $\varphi_2$  - потенциал конечной точки положения заряда.

Взаимосвязь напряженности и потенциала электростатического поля:

Расчетная формула для оценки величины напряженности электростатического поля:

*Силовые линии электростатического поля – это* \_\_\_\_\_

---

---

---

*Эквипотенциальные поверхности – это* \_\_\_\_\_

---

---

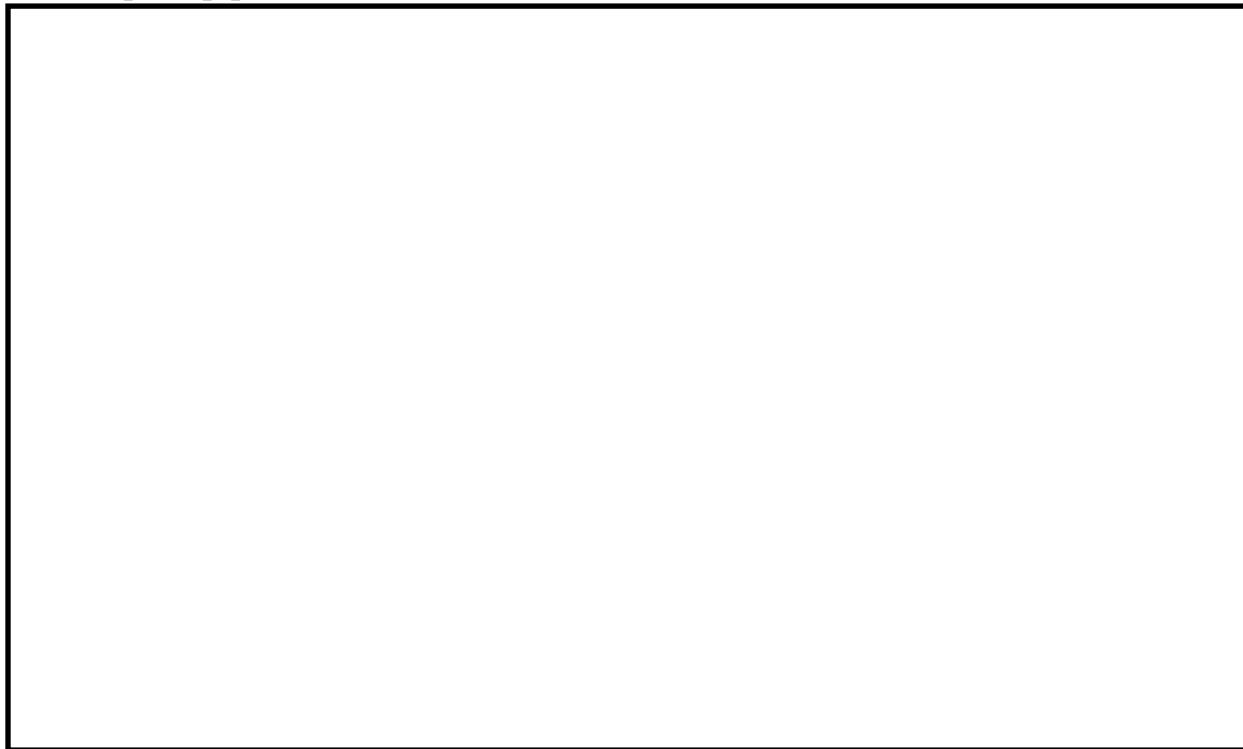
---

Силовые линии начинаются \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, заканчиваются \_\_\_\_\_,

расположены \_\_\_\_\_ по отношению к  
эквипотенциальным поверхностям и направлены в сторону \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ потенциала.

Пример расположения эквипотенциальных линий и силовых линий

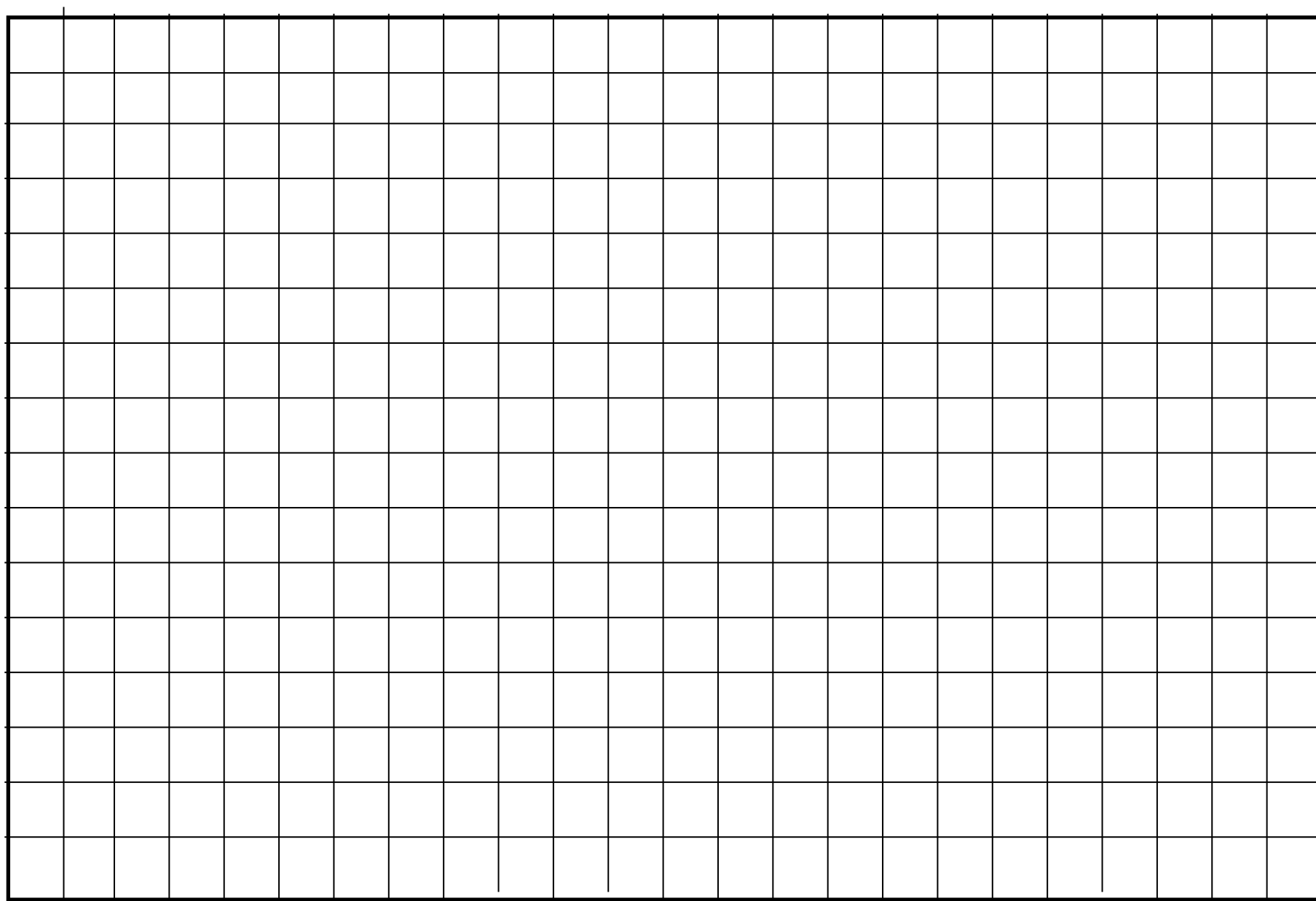


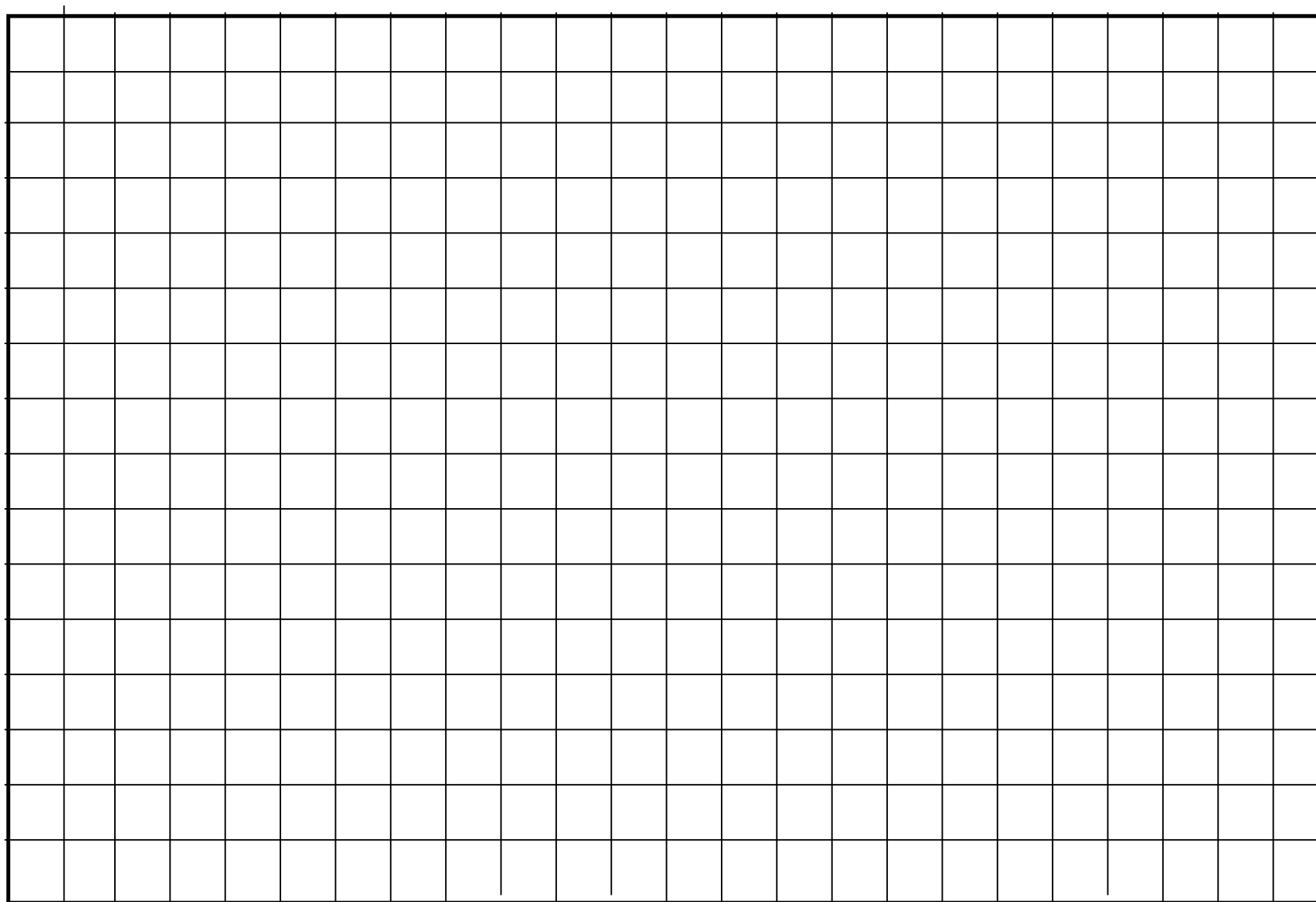
## **Описание лабораторной установки**

1 – Ванна с электролитом, 2 – первый электрод  $\mathcal{E}_1$ , 3 – второй электрод  $\mathcal{E}_2$ , 4 – источник постоянного низковольтного напряжения, 5 – зонд, 6 – вольтметр.

## **Экспериментальные результаты**

Расчеты величины напряженности электрического поля в заданных точках





## Вывод из работы

Исследовано электростатическое поле, созданное двумя электродами: \_\_\_\_\_ формы и \_\_\_\_\_ формы. Графически изображены сечения эквипотенциальных поверхностей с шагом 1 В от \_\_\_\_\_ В до \_\_\_\_\_ В. Видно, что вблизи электродов эквипотенциальные линии \_\_\_\_\_, что позволяет сделать вывод о том, что металлические электроды являются эквипотенциальными поверхностями. Внутри замкнутого проводника потенциал \_\_\_\_\_, откуда следует, что электростатическое поле внутри замкнутого проводника \_\_\_\_\_. Построены силовые линии электростатического поля, произведены оценки величины напряженности поля в трех точках. Полученные результаты говорят о том, что в областях, где силовые линии расположены гуще, величина напряженности поля \_\_\_\_\_, что соответствует теоретическим ожиданиям.

## Защита работы

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
СибГУТИ**

**Работа 3.3**

***Определение работы выхода электронов из металла***

Выполнил студент группы:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Проверил преподаватель:

\_\_\_\_\_

Оценка за защиту

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Новосибирск 20\_\_ г.

## Работа 3.3

### Определение работы выхода электронов из металла

Цель работы: Исследовать вольт – амперные характеристики вакуумного диода, определить работу выхода электронов из вольфрама.

#### Краткая теория

Работу выхода электронов из металла определяем при помощи явления \_\_\_\_\_ эмиссии.

*Термоэлектронной эмиссией называется* \_\_\_\_\_.

#### 1. Модель свободных электронов в металле.

Кристаллическая структура металла образована \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_,  
расположенными в строгом порядке. Валентные электроны металла принадлежат всему кристаллу в целом и могут \_\_\_\_\_.

Суммарный положительный заряд кристаллической решетки равен суммарному \_\_\_\_\_ заряду свободных электронов и в целом металл является электрически нейтральным.

Кристаллическая структура из положительных ионов создает электрическое поле с \_\_\_\_\_ потенциалом  $\phi_k$ .  
Потенциальная энергия свободных электронов отрицательна и равна

График потенциальной энергии свободных электронов в металле

Энергия Ферми  $W_F$  - \_\_\_\_\_

Работа выхода электрона из металла  $A_B$  - \_\_\_\_\_

При нагреве металла электроны получают дополнительную \_\_\_\_\_, которая может превышать \_\_\_\_\_



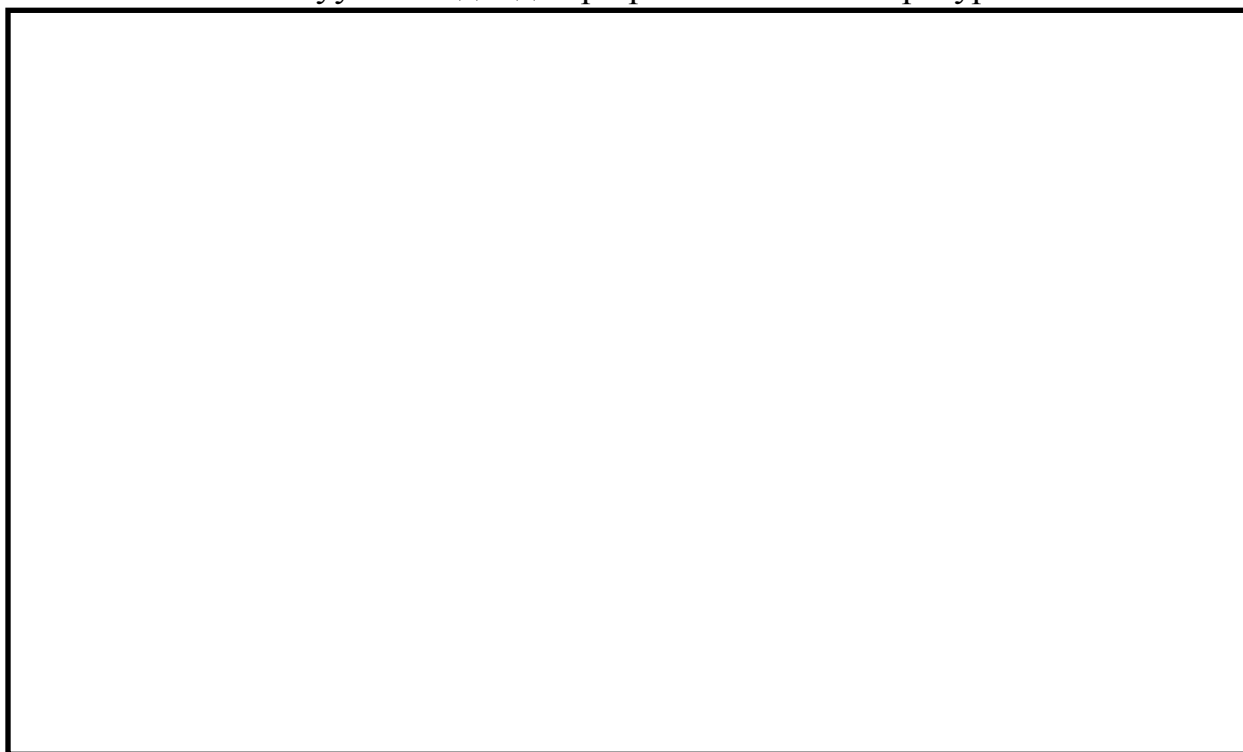
\_\_\_\_\_. При этом возникает явление \_\_\_\_\_.

## 2. ВАХ вакуумного диода.

Диод представляет собой вакуумированный стеклянный баллон с впаянными электродами. Катодом служит спираль накала, расположенная по оси цилиндра – анода. При прохождении тока по нити накала нить накала \_\_\_\_\_ и за счет термоэлектронной эмиссии вокруг нее возникает \_\_\_\_\_, имеющее \_\_\_\_\_ заряд. При потенциале анода, равном нулю по отношению к потенциалу катода, большинство электронов остаются в пределах электронного облака, но некоторые электроны все же достигают анода, и в анодной цепи имеется слабый \_\_\_\_\_ ток \_\_\_\_\_.

При подаче на анод положительного, по сравнению с потенциалом катода, потенциала, для электронов возникает \_\_\_\_\_ электрическое поле. Электроны начинают двигаться от катода к аноду. Ток в анодной цепи становится заметным. Сила анодного тока зависит от \_\_\_\_\_.

Типичные ВАХ вакуумного диода при различных температурах



ВАХ вакуумного диода нелинейна, что обусловлено \_\_\_\_\_.

В режиме, далеком от насыщения, ВАХ подчиняется закону \_\_\_\_\_.

При достаточно большом положительном потенциале анода пространственный заряд (электронное облако) \_\_\_\_\_, все эмитированные электроны \_\_\_\_\_. Ток анода при этом называется током \_\_\_\_\_.

### 3. Вывод рабочей формулы.

Температурная зависимость тока насыщения описывается формулой \_\_\_\_\_

Где  $V$  - \_\_\_\_\_,  $T$  - \_\_\_\_\_,  $A$  - \_\_\_\_\_,  $k$  - \_\_\_\_\_.

Чтобы определить температуру нити накала, воспользуемся формулой:

Откуда температура нити накала равна

Сопротивление нити накала можно определить, измерив \_\_\_\_\_ с помощью вольтметра и \_\_\_\_\_ с помощью амперметра.

Соответственно, в формуле Ричардсона – Дэшмана имеем две неизвестных величины: \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_.

Чтобы избавиться от \_\_\_\_\_, измерим ток насыщения при разных температурах накала и запишем отношение этих токов:

Логарифмируем полученную формулу и выражаем из нее работу выхода.

Поскольку в условиях нашего эксперимента температуры  $T_1$  и  $T_2$  близки, то логарифм их отношения примерно равен нулю. Получаем формулу для расчета величины работы выхода электронов из металла, выраженную в электрон-вольтах:

Рабочая формула для расчета сопротивления катода

### Описание лабораторной установки

1 - радиолампа – диод прямого накала, 2 – анод, 3 – катод, 4 – амперметр для измерения силы анодного тока, 5 – вольтметр для измерения потенциала анода по отношению к потенциалу катода, 6 - регулируемый источник постоянного напряжения анодной цепи, 7 – амперметр, измеряющий силу тока накала, 8 – вольтметр, измеряющий напряжение накала, 9 – добавочное сопротивление  $r$ , 10 - регулируемый источник низковольтного напряжения в цепи накала.

### Экспериментальные результаты

#### Постоянные величины

Сопротивление при нуле градусов Цельсия  $R_0 =$  , Ом

Температурный коэффициент сопротивления  $\alpha =$  ,  $K^{-1}$

Добавочное сопротивление  $r =$  , Ом.

Постоянная Больцмана (в эВ/К):  $\frac{k}{e} = 8,62 \cdot 10^{-5}$ ,  $\frac{эВ}{К}$

Таблица 1. Справочная таблица «Работа выхода электронов из некоторых металлов»

| Металл           | Работа выхода, эВ | Металл           | Работа выхода, эВ |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Цезий            | 1,9               | Калий            | 2,0               |
| Натрий           | 2,3               | Вольфрам         | 4,5               |
| Вольфрам + Цезий | 1,6               | Вольфрам + торий | 2,6               |
| Алюминий         | 3,7               | Никель           | 4,8               |
| Платина          | 6,3               | Цинк             | 4,0               |

Таблица 2. Результаты измерений

| Напряжение накала $U_{H1} =$ , В<br>Ток накала $I_{H1} =$ , мА |                              |                        | Напряжение накала $U_{H2} =$ , В<br>Ток накала $I_{H2} =$ , мА |                              |                        |
|--|------------------------------|------------------------|--|------------------------------|------------------------|
| № п/п  | Анодное напряжение $U_A$ , В | Анодный ток $I_A$ , мА | № п/п  | Анодное напряжение $U_A$ , В | Анодный ток $I_A$ , мА |
| 1  |                              |                        | 1  |                              |                        |
| 2  |                              |                        | 2  |                              |                        |
| 3  |                              |                        | 3  |                              |                        |
| 4  |                              |                        | 4  |                              |                        |
| 5  |                              |                        | 5  |                              |                        |
| 6  |                              |                        | 6  |                              |                        |
| 7  |                              |                        | 7  |                              |                        |
| 8  |                              |                        | 8  |                              |                        |
| 9  |                              |                        | 9  |                              |                        |
| 10   |                              |                        | 10   |                              |                        |
| 11   |                              |                        | 11   |                              |                        |

Таблица 3. Результаты расчетов

|                 |  |
|-----------------|--|
| $R_1$ , Ом      |  |
| $R_2$ , Ом      |  |
| $T_1$ , К       |  |
| $T_2$ , К       |  |
| $I_{нас1}$ , мА |  |
| $I_{нас2}$ , мА |  |

Расчет работы выхода электронов из металла

$A_B =$

## Экспериментальные ВАХ диода при двух температурах катода

### **Вывод**

Получены ВАХ вакуумного диода при двух температурах катода. Видно, что при увеличении температуры катода ток насыщения анода \_\_\_\_\_

Определена работа выхода электронов из материала катода. Она равна  $A_B =$  \_\_\_\_\_, эВ, что соответствует металлу \_\_\_\_\_.  
В данной лампе катод изготовлен из вольфрама. Полученное значение работы выхода \_\_\_\_\_.

**Защита работы.**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
СибГУТИ**

**Работа 4.1**

***Определение удельного заряда электрона методом магнетрона***

Выполнил студент группы:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Проверил преподаватель:

\_\_\_\_\_

Оценка за защиту

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Новосибирск 20\_\_ г.

## Лабораторная работа 4.1

### Определение удельного заряда электрона методом магнетрона

Цель работы: Познакомиться с законами движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, определить удельный заряд электрона с помощью цилиндрического магнетрона.

#### Краткая теория

##### 1. Основные определения

Магнетроном называется \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

Магнетрон применяется для \_\_\_\_\_.

Магнетрон представляет собой радиолампу – \_\_\_\_\_.

Радиолампа помещена во внешнее магнитное поле, создаваемое соленоидом с током. При протекании тока в цепи накала в результате термоэлектронной эмиссии с катода в лампе образуются свободные электроны. Эмитированные катодом электроны под действием электрического поля движутся к аноду, и в анодной цепи возникает электрический ток. Постоянный ток в обмотке соленоида создает магнитное поле, искривляющее траекторию движения электронов.

Схема строения магнетрона.

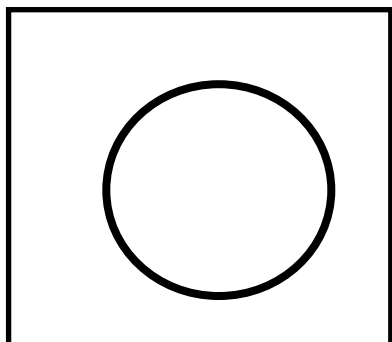


1 – катод, 2 – анод,  
3 – обмотка соленоида,  
4 – накал

Рис. 1



Направление силовых линий электрического и магнитного полей в магнетроне



1 – катод, 2 – анод, 3 – линии напряженности электрического поля, 4 – линии индукции магнитного поля.

Рис. 2

## 2. Силы, действующие на электрон в магнетроне.

Второй закон Ньютона для движения электрона в магнетроне:

Где  $r$  – радиус – вектор,  $m$  – масса электрона,  $e$  – абсолютная величина заряда электрона,  $v$  – скорость электрона,  $E$  – напряженность электрического поля,  $B$  – индукция магнитного поля.

На электрон со стороны электрического поля действует сила  $F_E = \dots$ , направленная  $\dots$ .

Со стороны магнитного поля действует сила  $F_M = \dots$ , направленная  $\dots$  скорости электрона.

Электрическая сила совершает работу, которая  $\dots$ .

Закон  $\dots$ :

Где  $U_a$  – анодное напряжение лампы.

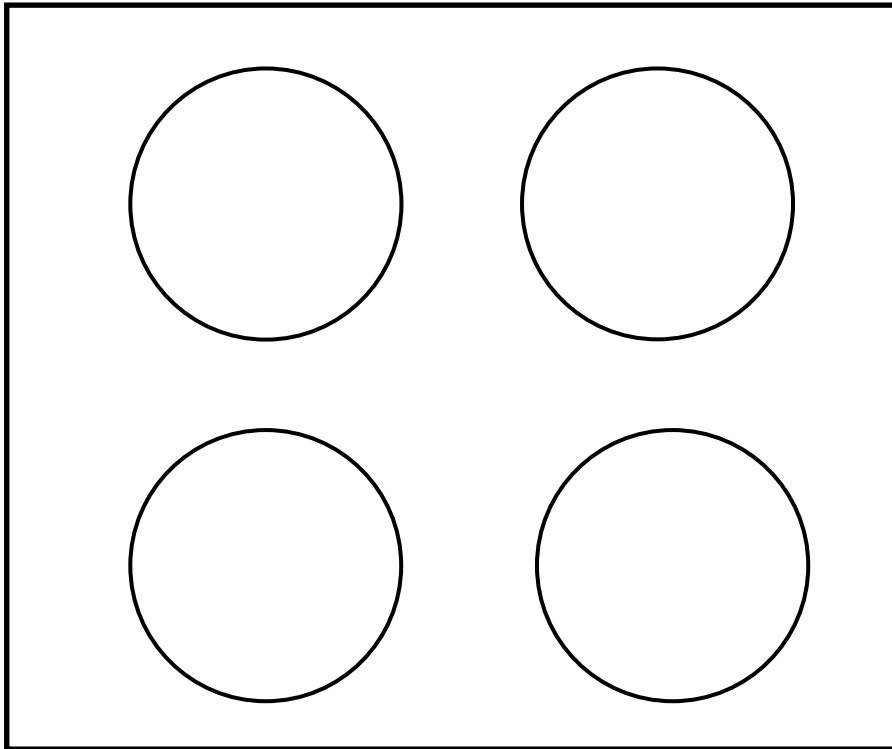
Магнитная сила  $F_M$  не совершает работу, а  $\dots$ .

Эта сила является центростремительной:

Где  $R$  – радиус кривизны траектории движения электрона.

## 3. Вывод рабочей формулы

Траектории движения электрона в магнетроне при различных значениях величины магнитной индукции.



1 – катод, 2 – анод,  
3 – траектории движения электронов.

- а)  $V=0$
- б)  $V < V_{кр}$
- в)  $V = V_{кр}$
- г)  $V > V_{кр}$

Рис. 3

В случае, когда величина магнитной индукции равна критической, то радиус кривизны траектории движения электрона примерно равен половине радиуса анода.

Анодный ток при этом прекращается. Величину скорости получим из закона сохранения энергии

$$V =$$

Отсюда удельный заряд электрона  $\frac{e}{m} =$

Индукция магнитного поля, создаваемого соленоидом, равна:

Расчетная формула для удельного заряда электрона:

### Зависимость силы тока анода от силы тока соленоида

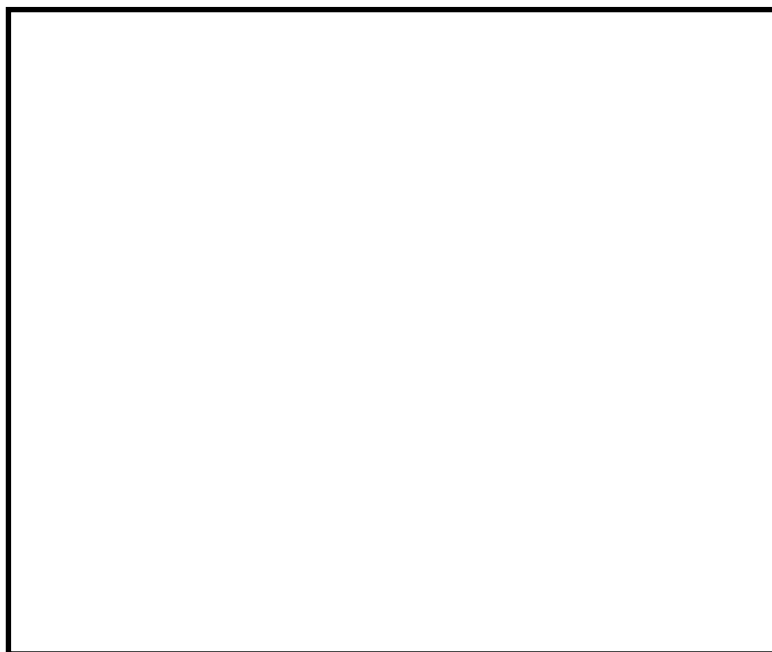


1 – теоретическая  
зависимость,  
2 –  
экспериментальная  
зависимость.

Рис. 4

Критическое значение тока соленоида соответствует максимальной скорости изменения анодного тока.

График зависимости производной от анодного тока по току соленоида



от величины тока  
соленоида.  
Ось тока соленоида  
разбивается на

---

части  $\Delta I_c$ , по графику  $I_a$  от  
 $I_c$  находится интервал  $\Delta I_a$   
для каждого промежутка  
 $\Delta I_c$ , рассчитывается  $\Delta I_a / \Delta I_c$ .  
Полученные значения  
производной  
откладываются в середине  
каждого участка  $I_c$ .

Рис. 5

## Описание лабораторной установки

Магнетрон представляет собой соленоид с помещенной внутри радиолампой 1Ц11П.

1 – магнетрон, 2 – анод, 3 – катод, 4 – соленоид, 5 – источник напряжения в цепи анода, 6 – миллиамперметр, измеряющий силу анодного тока, 7 – вольтметр, измеряющий анодное напряжение, 8 – источник напряжения в цепи соленоида, 9 – миллиамперметр, измеряющий силу тока соленоида, 10 – клеммы подключения накала.

## Экспериментальные результаты

### Постоянные величины

Длина соленоида  $l =$  , м

Число витков соленоида  $N =$

Радиус анода  $R_a =$  , м

Магнитная постоянная  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м

Анодное напряжение  $U_a =$  , В

Таблица измерений

| № п/п | $I_c$ , мА | $I_a$ , мА | $\Delta I_a$ , мА | $\Delta I_a / \Delta I_c$ |
|-------|------------|------------|-------------------|---------------------------|
| 1     |            |            |                   |                           |
| 2     |            |            |                   |                           |
| 3     |            |            |                   |                           |
| 4     |            |            |                   |                           |
| 5     |            |            |                   |                           |
| 6     |            |            |                   |                           |
| 7     |            |            |                   |                           |
| 8     |            |            |                   |                           |
| 9     |            |            |                   |                           |
| 10    |            |            |                   |                           |
| 11    |            |            |                   |                           |

Интервал  $\Delta I_c =$  , мА

График зависимости силы тока анода от силы тока соленоида

График зависимости производной  $\Delta I_a / \Delta I_c$  от силы тока соленоида

Расчет величины удельного заряда электрона.

Критическое значение силы тока соленоида  $I_{c\text{ кр}} =$  \_\_\_\_\_, А

$$\frac{e}{m} =$$

Теоретическое значение  $\frac{e}{m} =$  \_\_\_\_\_, кл/кг

### **Вывод**

Полученное экспериментально значение величины \_\_\_\_\_,  
равное \_\_\_\_\_ кл/кг, с точностью до ошибки измерений,  
составляющей \_\_\_\_\_, совпадает (не совпадает) с  
теоретическим значением данной величины, равным \_\_\_\_\_  
кл/кг.

### **Защита работы**