

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

---

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»  
(СПбГТИ(ТУ))

---

Кафедра общей физики

Б.Б. Болотов , С.В. Хотунцова, В.Н. Скобелев, В.В. Благовещенский

ИЗУЧЕНИЕ ГАЛЬВАНОМЕТРА.  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В КАЧЕСТВЕ АМПЕРМЕТРА  
И ВОЛЬТМЕТРА

Лабораторная работа №22

Практикум

Санкт-Петербург  
2017

УДК 530/537

Болотов Б.Б., Изучение гальванометра. Использование его в качестве амперметра и вольтметра: Практикум/ Б.Б. Болотов, С.В. Хотунцова, В.Н. Скобелев, В.В. Благовещенский. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 19 с.

Практикум относится к разделу физики «Электричество и магнетизм». Рассматривается принцип работы электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы, а также приведены способы изменения пределов измерения приборов.

Студентам предлагается, используя гальванометр, собрать амперметр и вольтметр с заданными пределами измерения.

Практикум предназначен для обучающихся в бакалавриате по всем направлениям подготовки в соответствии ФГОС ВО для формирования общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с рабочей программой дисциплины «Физика»

Рис.9, табл.3, библи. Наим. 2

Рецензент:

В.П. Рубец, канд. хим. наук, доцент кафедры аналитической химии СПбГТИ(ТУ).

Издание подготовлено в рамках выполнения государственного задания по оказанию общеобразовательных услуг Минобрнауки России.

Утверждено на заседании учебно-методического совета инженерно-технологического факультета, 2017 г.

Рекомендовано к изданию РИС СПбГТИ(ТУ)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Постоянный электрический ток .....	5
2 Магнитное взаимодействие .....	6
3 Основные системы электроизмерительных приборов .....	7
4 Гальванометры магнитоэлектрической системы .....	8
5 Способы изменения пределов измерения приборов .....	11
6 Лабораторная работа № 22 «Изучение гальванометра. Использование его в качестве амперметра и вольтметра» .....	13
6.1    Цель работы .....	13
6.2    Задание 1. Определение цены деления и предела измерения гальванометра .....	13
6.2.1    Описание установки .....	13
6.2.2    Порядок выполнения работы .....	13
6.2.3    Обработка результатов измерений .....	14
6.3    Задание 2. Использование гальванометра в качестве амперметра с заданным пределом измерения.....	15
6.3.1    Описание установки .....	15
6.3.2    Порядок выполнения работы .....	16
6.3.3    Обработка результатов измерений .....	16
6.4    Задание 3. Использование гальванометра в качестве вольтметра с заданным пределом измерений.....	17
6.4.1    Описание установки .....	17
6.4.2    Порядок выполнения работы .....	17
6.4.3    Обработка результатов измерений .....	18

Вопросы для самоконтроля .....	19
Литература .....	20

## **ВВЕДЕНИЕ**

Наиболее распространенным и прямым способом измерения электрических характеристик является магнитное взаимодействие, т.е. взаимодействие контура с током с магнитным полем. В этой работе рассматриваются основные закономерности этого взаимодействия и принцип действия электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы.

Гальванометр (от фамилии учёного Луиджи Гальвани и др. -греч. μέτρον «измеряю») — высокочувствительный прибор для измерения малых постоянных и переменных электрических токов. В отличие от обычных микроамперметров шкала гальванометра может быть проградуирована не только в единицах силы тока, но и в единицах напряжения, других физических величин, или иметь условную, безразмерную градуировку, например, при использовании в качестве нуль- индикаторов.

## 1 ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

**Электрический ток** — упорядоченное движение носителей электрического заряда. *Для его существования необходимо выполнение двух условий: наличие свободных носителей заряда и наличие сил, действующих на заряд и обеспечивающих их движение.* Первое условие выполняется в проводниках, для выполнения второго в проводниках создают электрическое поле. Однако при поддержании тока в замкнутой цепи всегда имеется участок, в котором движение носителей должно происходить в направлении, противоположном действию сил электростатического поля. Перенос зарядов на таком участке может осуществляться только под действием сил неэлектростатического характера — **сторонних сил**. Устройство, в котором действуют сторонние силы, совершающие работу по переносу зарядов, называется **источником электрической энергии** (иногда называемое источником тока или напряжения). Назначение источника — поддерживать неизменной разность потенциалов на внешней по отношению к нему части электрической цепи.

Напомним основные физические величины, характеризующие ток в электрической цепи.

**Сила тока** ( $I$ ) численно равна заряду, протекающему за единицу времени через поперечное сечение проводника.

**Разность потенциалов на участке цепи 1-2** ( $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ ) численно равна работе электростатических сил по переносу единичного заряда на данном участке цепи.

**Электродвижущая сила или ЭДС** ( $\mathcal{E}$ ) численно равна работе сторонних сил по переносу единичного заряда. Эта величина используется для характеристики источников электрической энергии.

**Напряжение** ( $U$ ) суммарная работа электростатических и сторонних сил по переносу единичного заряда.

На участках цепи, на которых не действуют сторонние силы (отсутствует ЭДС) напряжение равно разности потенциалов. Для такого участка цепи справедлив **закон Ома**: Сила тока прямо пропорциональна напряжению

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где  $R$  — характеристика данного участка цепи, называемая **сопротивлением**.

Для замкнутой цепи сила тока определяется *законом Ома для полной цепи*:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad (2)$$

где  $r$  — внутреннее сопротивление источника тока,  $R$  — полное сопротивление внешней части цепи.

Согласно *закону Джоуля-Ленца* тепловая мощность, выделяемая в цепи:

$$P = I^2 R.$$

## 2 МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Движущиеся электрические заряды (и токи) создают в окружающем пространстве магнитное поле. Это поле проявляется в действии его на другие движущиеся заряды или токи. Силовой характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции  $\vec{B}$ . Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле называется *силой Ампера*. На элемент проводника  $d\vec{\ell}$ , по которому протекает ток  $I$ , действует сила  $d\vec{F}$ , равная

$$d\vec{F} = I \cdot d\vec{\ell} \times \vec{B}. \quad (3)$$

Величина вектора  $d\vec{\ell}$  равна длине элемента, а направление совпадает с направлением протекания тока. Направление силы  $d\vec{F}$  можно определить по правилу левой руки — см. рисунок 1. (Вспомните это правило!)

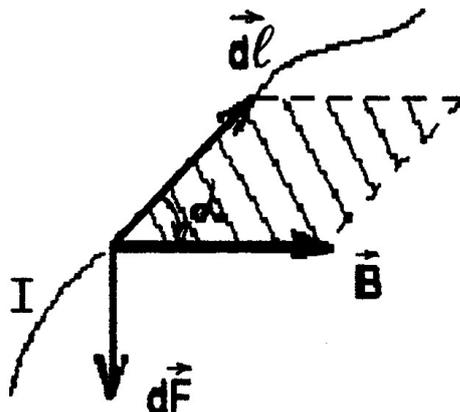


Рисунок 1 – К определению направления силы Ампера

Суммарное действие сил на контур с током в магнитном поле приводит к возникновению вращающего механического момента  $\vec{M}$ , который стремится повернуть контур так, чтобы его поверхность стала бы перпендикулярна силовым линиям магнитного поля (см. рисунок 2).

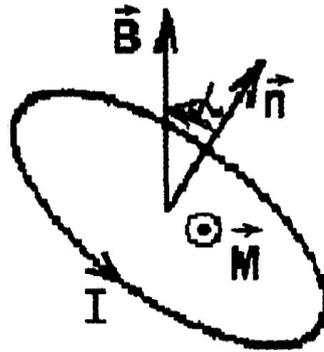


Рисунок 2 – Ориентирующее действие поля на контур с током

Величина момента  $M$  равна:

$$\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B} \quad (3)$$

$$M = I \cdot B \cdot S \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

где  $\vec{P}_m = I \cdot \vec{S}$  — магнитный момент контура с током площадью  $S$ , совпадающий по направлению с вектором положительной нормали к контуру,  $\alpha$  — угол между нормалью и вектором магнитной индукции.

### 3 ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

На взаимодействии контура с электрическим током и магнитного поля основан принцип действия большинства электроизмерительных приборов — приборов для измерения токов, напряжений и других физических величин, им пропорциональных. Наиболее распространены приборы трех систем: магнитоэлектрической, электромагнитной и электродинамической.

В приборах *магнитоэлектрической системы* используется взаимодействие проводника с током с магнитным полем постоянного магнита. Это приборы для постоянного тока, имеющие высокую точность, чувствительность и линейную шкалу. Используются в качестве гальванометров, амперметров для измерения тока от микроамперов до килоамперов, вольтметров на напряжения от мВ до кВ, омметров и

мегаомметров, а также для измерения других физических величин.

Приборы *электромагнитной системы* основаны на взаимодействии магнитного поля измеряемого тока с одним или несколькими ферромагнитными сердечниками. Приборы предназначены для измерения постоянных и, главным образом, переменных токов и напряжений. Имеют нелинейную шкалу и не очень высокую чувствительность.

Приборы *электродинамической системы* основаны на магнитном взаимодействии двух контуров, по которым протекает измеряемый ток. Это наиболее точные приборы для измерения действующих значений силы тока и напряжения в цепях переменного и постоянного тока. Приборы этой системы также используются для измерения мощности (ваттметры).

#### 4 ГАЛЬВАНОМЕТРЫ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Электроизмерительные приборы, служащие для измерения очень слабых электрических токов, называются *гальванометрами*. В лабораторной практике применяются гальванометры различных конструкций с разнообразными электрическими и механическими параметрами. Но наибольшее распространение получили гальванометры постоянного тока *магнитоэлектрической* измерительной системы, основное достоинство которых – высокая чувствительность. В этих приборах вращение подвижной части и связанного с ней указателя (стрелочного, светового) происходит в результате взаимодействия рамки с током и магнитного поля постоянного магнита.

На рисунке 3 приведена схема устройства магнитоэлектрического гальванометра с вращающейся рамкой. В воздушном зазоре между полюсами постоянного магнита 3 и неподвижного цилиндрического сердечника 5 создается радиальное магнитное поле. Подвижная рамка 7, укрепленная на растяжках 4, может поворачиваться вокруг сердечника 5 в поле магнита. К рамке 7 прикреплена указательная стрелка 2, сбалансированная противовесами 6. Электрический ток к измерительной рамке подводится по растяжкам 4.

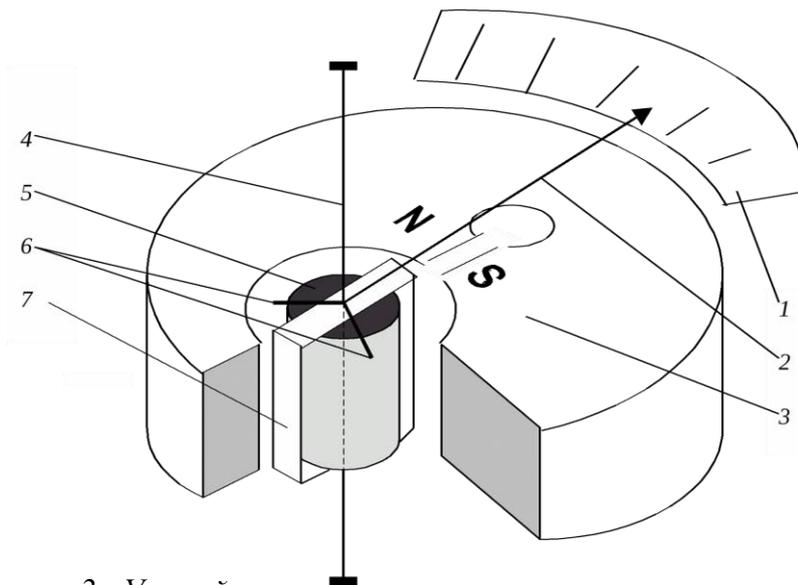


Рисунок 3 – Устройство

гальванометра с вращающейся рамкой

Поведение рамки в данных условиях легко понять с помощью Рисунок 4. При протекании электрического тока  $I$  по обмотке рамки, состоящей из  $N$  витков тонкой проволоки, на вертикальные стороны  $b$ , находящиеся в радиальном магнитном поле, действует пара сил, создающих вращающий момент

$$\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B}$$

где  $\vec{P}_m$  – магнитный момент рамки.

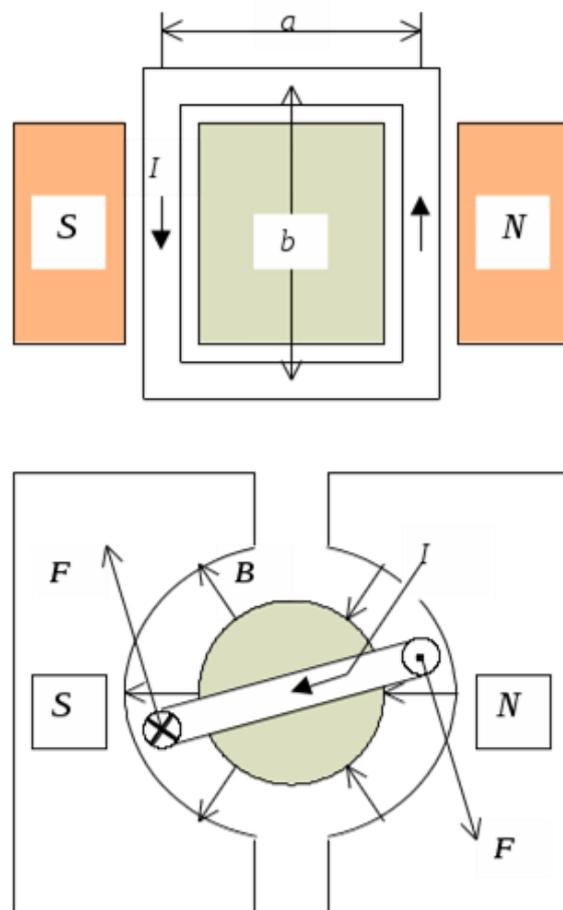


Рисунок 4- Устройство гальванометра в двух проекциях.

Из рисунка видно, что обмотка рамки при повороте оказывается в магнитном поле с неизменной индукцией, причем плоскость рамки всегда остается перпендикулярной силовым линиям. Поэтому величина момента сил  $M$ , действующих на рамку с током со стороны магнитного поля, не зависит от угла поворота рамки:

$$M = I \cdot B \cdot S \cdot N^* ,$$

где  $N^*$  — число витков рамки.

Этот момент поворачивает рамку, и она устанавливается в таком положении, при котором момент  $M$  уравнивается моментом упругих сил  $M'$ , обусловленным закручиванием растяжек. Момент  $M'$  пропорционален углу поворота рамки:  $M' = c\varphi$ , где  $c$  — коэффициент, определяемый упругими свойствами растяжек. Из равенства  $M = M'$  выразим  $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{B \cdot S \cdot N^*}{c} I ,$$

(5)

где  $k$  — постоянная прибора.

Формула (5) показывает, что угол отклонения рамки с током, а, следовательно, и стрелки прибора изменяется пропорционально силе тока, проходящего через витки рамки.

**Цена деления гальванометра** — это сила тока или разность потенциалов на клеммах гальванометра, которые вызывают отклонение стрелки на одно деление шкалы. Если ток  $I$  вызвал отклонение стрелки гальванометра на  $N$  делений, то **цена деления прибора по току**

$$n_I = \frac{I}{N} \quad (6)$$

Напряжение на клеммах прибора по закону Ома связано с протекающим током:

$$U = I \cdot r_{\Gamma} ,$$

где  $r_{\Gamma}$  — сопротивление рамки гальванометра (внутреннее сопротивление прибора).

Тогда *цена деления прибора по напряжению*

$$n_{0U} = \frac{U}{N} = \frac{I \cdot r_r}{N} = n_{0I} \cdot r_r \quad (7)$$

Цена деления приборов для измерения тока выражается в А/дел, мА/дел, мкА/дел, приборов для измерения напряжений в В/дел, мВ/дел и т.д.

Максимальные значения тока  $I_m$  и напряжения  $U_m$  (пределы измерения), которые можно измерять этим прибором определяются ценой деления и полным числом делений шкалы  $N_m$  :

$$I_m = n_{0I} \cdot N_m \quad (8)$$

$$U_m = I_m \cdot r_r = n_{0U} \cdot N_m \quad (9)$$

Наряду с ценой деления прибора иногда используют величину, называемую чувствительностью прибора по току или напряжению:

$$C_I = \frac{1}{n_{0I}} ; \quad C_U = \frac{1}{n_{0U}} \quad (10)$$

## 5 СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИБОРОВ

Любой прибор, предназначенный для измерения малых токов, может быть использован в качестве амперметра или вольтметра с заданным пределом измерений.

При этом необходимо учесть, что измерительный прибор не должен вносить изменений в параметры электрической цепи и режим ее работы.

**Амперметр включается последовательно** в цепь, и ток через амперметр равен току в цепи. Следовательно, сопротивление амперметра должно быть малым по сравнению с сопротивлением цепи.

**Вольтметр подключается параллельно** к участку цепи, напряжение на котором необходимо измерить. Подключение вольтметра не должно вызвать перераспределение токов и изменения разности потенциалов на этом участке. Поэтому сопротивление вольтметра должно быть намного больше сопротивления участка цепи, на котором производится измерение.

**При использовании гальванометра в качестве амперметра** параллельно к нему подключается сопротивление  $r_{ш}$ , называемое **шунтом**

(рисунок 5).

Предположим, что нам *необходимо увеличить предел измерения* прибора по току до  $I_{m2}$ , а максимальная сила тока, на которую рассчитан гальванометр —  $I_{m1}$ . При подключении шунта, измеряемый ток разделится: часть тока будет протекать по гальванометру, а остальная часть по шунту:

$$I_{m2} = I_{\Gamma} + I_{\text{ш}} .$$

Необходимо выбрать такое сопротивление шунта, чтобы максимальный ток, протекающий через гальванометр, был равен  $I_{m1}$ .

$$I_{\Gamma} = I_{m1}$$

Так как шунт и гальванометр соединены параллельно, то напряжение  $U$  на них будет одинаковым

$$U = I_{\Gamma} \cdot r_{\Gamma} = I_{\text{ш}} \cdot r_{\text{ш}} .$$

Отсюда следует, что

$$r_{\text{ш}} = r_{\Gamma} \frac{I_{\Gamma}}{I_{\text{ш}}} = r_{\Gamma} \frac{I_{m1}}{I_{m2} - I_{m1}} = r_{\Gamma} \frac{1}{I_{m2}/I_{m1} - 1} . \quad (11)$$

Если обозначить  $I_{m2}/I_{m1} = K_1$ , то

$$r_{\text{ш}} = r_{\Gamma} \frac{1}{K_1 - 1} \quad (12)$$

Коэффициент  $K_1$  показывает, во сколько раз увеличивается предел измерения силы тока при подключении шунта.

Гальванометр или любой другой прибор, регистрирующий ток в цепи, можно использовать в *качестве вольтметра*. Для этого к нему необходимо подключить последовательно дополнительное сопротивление  $r_{\text{д}}$  (рисунок 6). Ток, протекающий через прибор и сопротивление  $r_{\text{д}}$  будет одинаковым, а напряжения на них суммируются:  $U = U_{\Gamma} + U_{\text{д}}$ . Величина добавочного сопротивления выбирается такой, чтобы ток, протекающий через гальванометр, не превышал бы  $I_m$ , определяемый

формулой (8).

Если  $U_{m2}$  — новый предел измерения напряжения, а  

$$U_{\Gamma} = U_{m1} = I_m \cdot r_{\Gamma},$$

то можно получить следующую систему уравнений:

$$U_{m2} = U_{m1} + U_{\Delta}; \quad I_m = \frac{U_{m1}}{r_{\Gamma}} = \frac{U_{\Delta}}{r_{\Delta}}.$$

$$r_{\Delta} = r_{\Gamma} \frac{U_{\Delta}}{U_{m1}} = r_{\Gamma} \frac{U_{m2} - U_{m1}}{U_{m1}} = r_{\Gamma} \left( \frac{U_{m2}}{U_{m1}} - 1 \right).$$

Отсюда

$$K_2 = \frac{U_{m2}}{U_{m1}}, \quad \text{то} \quad r_{\Delta} = r_{\Gamma} (K_2 - 1).$$

Если ввести

Коэффициент  $K_2$  показывает, во сколько раз увеличивается предел измерения напряжения при подключении добавочного сопротивления. Цена деления прибора по напряжению при этом также увеличивается в  $K_2$  раз.

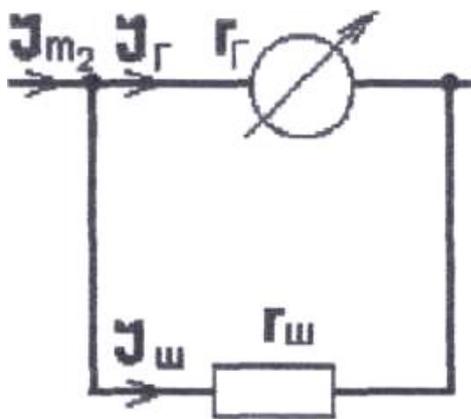


Рисунок 5 – К расчету шунта

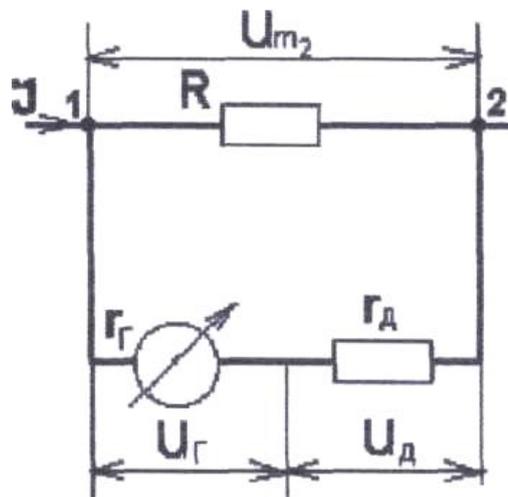


Рисунок 6 – К расчету добавочного сопротивления

## 6 Лабораторная работа № 22 «ИЗУЧЕНИЕ ГАЛЬВАНОМЕТРА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В КАЧЕСТВЕ АМПЕРМЕТРА И ВОЛЬТМЕТРА»

### 6.1 Цель работы

Изучение возможностей использования гальванометра магнито-электрической системы в качестве амперметра или вольтметра.

### 6.2 Задание 1. Определение цены деления и предела измерения гальванометра

#### 6.2.1 Описание установки

Определение цены деления гальванометра производят на установке, изображенной на рисунке 7:

здесь  $\Gamma$  — гальванометр,  $\mathcal{E}$  — источник тока,  $V$  — вольтметр,  $R$  — магазин сопротивлений,  $K$  — ключ.

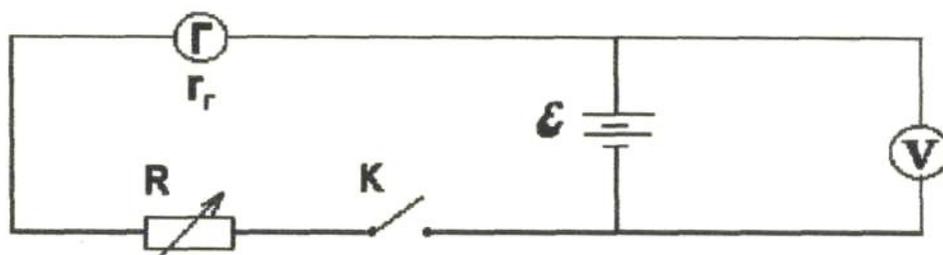


Рисунок 7 – Схема для определения цены деления гальванометра

#### 6.2.2 Порядок выполнения работы

1. Собирают установку по схеме рисунка 7 и включают все сопротивления магазина.

2. После проверки схемы лаборантом замыкают ключ. Измеряют вольтметром разность потенциалов на клеммах источника. Изменяя сопротивление магазина проводят 3-5 измерений отклонения стрелки гальванометра в пределах 10-15 больших делений шкалы. Записывают сопротивление  $r_{\Gamma}$ , указанное на приборе.

4. По закону Ома рассчитывают силу тока.

3. По формулам (6), (7) вычисляют цену деления прибора по току и напряжению, по формулам (8) и (9) — предельные измеряемые значения тока

и напряжения.

### 6.2.3 Обработка результатов измерений

Результаты измерений и вычислений записывают в таблицу I:

Таблица 1 – Результаты наблюдений для определения цены деления гальванометра

№	$U$ (В)	$R$ (Ом)	N(дел)	$I$ (мА)	$n_{0I}$ мА/дел	$n_{0U}$ В/дел	$I_{m1}$ (мА)	$U_{m1}$ (В)
1								
2								
3								
средние								

### 6.3 Задание 2. Использование гальванометра в качестве амперметра с заданным пределом измерения.

#### 6.3.1 Порядок выполнения работы

1. По заданному преподавателем новому пределу измерений  $I_{m2}$  вычисляется сопротивление шунта по формуле (12). Если было задано значение  $K_1$ , то сначала вычисляется и записывается расчетное значение величины  $I_{m2}$ .
2. Для проверки работы амперметра собирается схема, приведенная на рисунке 8. Для этого к гальванометру в качестве шунта подключается второй магазин сопротивлений, на котором выставляется сопротивление шунта  $r_{ш}$ .
3. Вычисляется новое (расчетное) значение цены деления по формуле

$$n_I = K_1 n_{0I}$$

5. Расчетные значения  $K_1$ ,  $I_{m2}$ ,  $n_{0I}$  записывают в Таблицу 2.

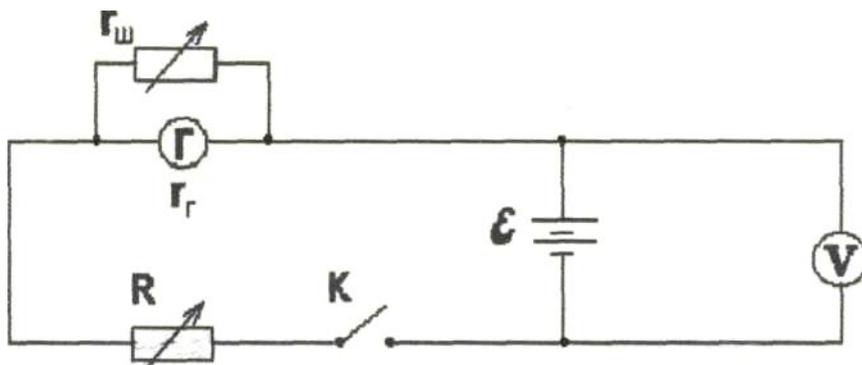


Рисунок 8- Схема подключения гальванометра при использовании его в качестве амперметра

6. После проверки схемы лаборантом замыкают цепь и, изменяя сопротивление первого магазина  $R$ , проводят три измерения. Записывают отклонения стрелки по шкале  $N$  и сопротивление  $R$ .

### 6.3.2 Обработка результатов измерений

1. Вычисляют сопротивление параллельно включенных сопротивлений гальванометра и шунта и по закону Ома силу тока  $I$ .

$$R' = \frac{r_{\Gamma} \cdot r_{\text{ш}}}{r_{\Gamma} + r_{\text{ш}}} \qquad I = \frac{U}{R + R'}$$

2. Вычисляют новую цену деления прибора по току  $n_1$  и максимальный ток  $I_{m2}$  по формулам

$$n_1 = I / N; \quad I_{m2} = n_1 N_m,$$

экспериментальные значения  $K_1$  по формуле

$$I_{m2} / I_{m1} = K_1,$$

где  $I_{m1}$  – полученное в первом задании максимальное значение силы тока.

3. Результаты измерений и вычислений записывают в таблицу 2:

Таблица 2 – Результаты наблюдений

$\Gamma_{ш} =$ (Ом)							
	$K_1$	$R$ (Ом)	$R'$ (Ом)	$I$ (мА)	$N$ (дел)	$n_1$ (мА/дел)	$I_{m2}$ (мА)
Расчетные		-	-	-	-		
1 Экспериментальные							
2 Экспериментальные							
3 Экспериментальные							
Средние эксп.			-	-	-		

4. Сопоставляют полученные экспериментальные значения  $K_1$  с заданным (расчетным) значением.

### 6.4 Задание 3. Использование гальванометра в качестве вольтметра с заданным пределом измерений

#### 6.4.1 Описание установки

Используется измерительная схема, приведенная на рисунке 9. Добавочное сопротивление  $\Gamma_d$  устанавливается на втором магазине сопротивлений.

Гальванометром, используемым в качестве вольтметра, измеряем напряжение на переменном сопротивлении  $R_1$ . Для изменения регистрируемого напряжения используется делитель напряжения. Он представляет собой набор четырех равных последовательно соединенных сопротивлений  $R_0$ . Делитель напряжений подключен параллельно источнику тока.

Для грубой оценки измеряемого напряжения можно использовать следующие соображения: если суммарное сопротивление делителя намного больше внутреннего сопротивления источника, то напряжение на каждом резисторе  $R_0$  одинаково и приблизительно равно  $\varepsilon/4$ . Так между точками А и В схемы на Рисунке 10 напряжение приблизительно равно  $\varepsilon/4$ , между точками А и С –  $\varepsilon/2$ , между точками А и D -  $3\varepsilon/4$ .

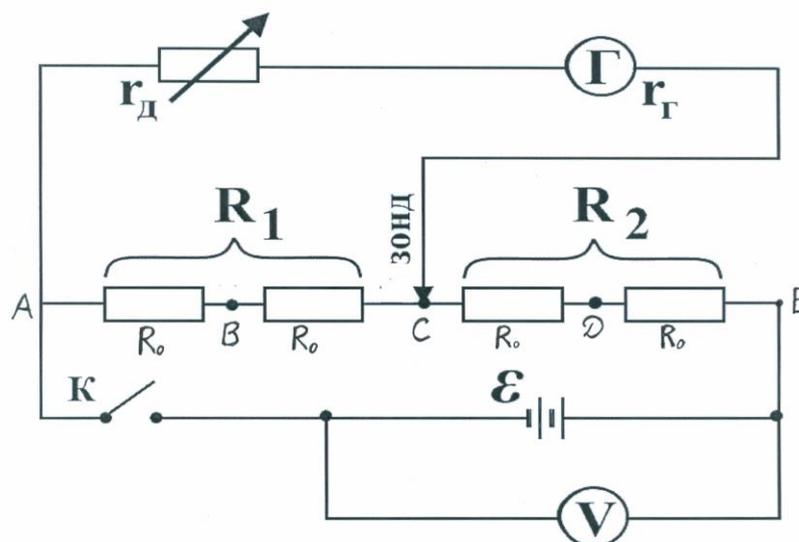


Рис. 9 – Схема подключения гальванометра при использовании его в качестве вольтметра

Более точно напряжение, измеряемое вольтметром, рассчитывается по формулам, приведенным ниже.

#### 6.4.2 Порядок выполнения работы

1. По заданному преподавателем новому пределу измерений  $U_{m2}$  рассчитывается добавочное сопротивление  $r_{Д}$  по формуле (14). Если была задана величина  $K_2$ , то рассчитывается и записывается новое значение  $U_{m2}$  (расчетное).
2. Рассчитывается новое (расчетное) значение цены деления прибора по формуле  $n_U = K_2 n_{0U}$ , где  $n_{0U}$  – цена деления по напряжению, полученная в первом задании.
3. После проверки схемы замыкаем ключ и, подключая зондом вольтметр к точке В, регистрируем отклонение  $N$  гальванометра.
4. Изменяем величину сопротивления  $R_1$ , подключая зонд к точкам С и D, и проводим измерения еще для двух отклонений стрелки гальванометра.

### 6.4.3 Обработка результатов измерений

1. Для расчета тока  $I$  в цепи вычисляем общее внешнее сопротивление, подключенное к клеммам источника:

$$R = R_2 + \frac{R_1(r_d + r_r)}{R_1 + r_d + r_r},$$

где величины  $R_1$  и  $R_2$  зависят от точки подключения зонда. В первом измерении  $R_1 = R_0, R_2 = 3R_0$ ; во втором -  $R_1 = 2R_0, R_2 = 2R_0$ ; в третьем -  $R_1 = 3R_0, R_2 = R_0$

$$I = \frac{\varepsilon}{R},$$

2. Рассчитываем силу тока в цепи:

где  $\varepsilon$  — напряжение, измеряемое вольтметром  $V$ .

3. Находим напряжение:  $U_1 = \varepsilon - I \cdot R_2$

4. Определяем цену деления  $n_U = U_1/N$  и  $U_{m2} = n_U \cdot N_m$

5. Рассчитываем экспериментальное значение  $K_2$ ,

$K_2 = U_{m2}/U_m$ , где  $U_m$  получено в первом задании.

6. Результаты измерений и вычислений записываем в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты наблюдений

$r_d =$									
	$K_2$	$R_2$ (Ом)	$R_1$ (Ом)	$R$ (Ом)	$I$ (мА)	$\varepsilon$ (В)	$U_1$ (В)	$n_U$ В/дел	$U_{m2}$ (В)
расчетные		-	-	-	-	-	-		
1 экспериментальные									
2 экспериментальные									
3 экспериментальные									
Средние эксперим.				-	-	-			

7. Сопоставляем полученные экспериментальные значения  $K_2$  с заданным (расчетным) значением.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:**

1. Что такое сила Ампера?
2. Что происходит с контуром с электрическим током в магнитном поле?
3. Что такое гальванометр?
4. Расскажите о принципе действия гальванометра магнитоэлектрической системы.
5. Как определяется цена деления прибора по току и напряжению?
6. Какие требования предъявляются к приборам для измерения силы тока?
7. Какие требования предъявляются к вольтметрам?
8. Как изменить предел измерения силы тока данного прибора? Нарисуйте схему подключения.
9. Как рассчитывается сопротивление шунта?
10. Как изменить предел измерения напряжения данного прибора? Нарисуйте схему подключения.
11. Как рассчитывается добавочное сопротивление?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев, И.В. Курс общей физики : в 4-х кн. : учебное пособие / И. В. Савельев. - 5-е изд., испр. . - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике).
2. Т. 2 : Электричество и магнетизм. - 2011. - 342 с. Валишев, М.Г. Курс общей физики [Текст]: учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям / М.Г. Валишев, А.А. Повзнер. – 2-е изд., стер. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 573 с.
3. Введение в физический практикум. Обработка результатов измерений [Текст]: учебное пособие для студентов заочной формы обучения / Б.Б. Болотов [и др.]; под ред. В.В. Кашмета. – СПб: Синтез, 2009. – 15 с.

Кафедра общей физики

Практикум

Изучение гальванометра.

Использование его в качестве амперметра и вольтметра.

Борис Борисович Болотов

Светлана Владимировна Хотунцова

Владимир Васильевич Благовещенский

Виталий Николаевич Скобелев

Компьютерная верстка: Сенкевич Л.В.

---

Отпечатано с оригинал-макета. Формат 60x90 <sup>1/16</sup>  
Печ. л. 1. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)