

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я72  
С79

**Степанов, С. В.**

**С79** Физика. Углублённый уровень. 11 класс. Лабораторный практикум : учебное пособие / С. В. Степанов. — М. : Дрофа, 2020. — 110, [2] с. : ил. — (Российский учебник).

**ISBN 978-5-358-23557-1**

В пособии представлены 24 работы лабораторного практикума, которые проводятся в классах с углублённым изучением физики. При выполнении работ учащиеся смогут применить полученные теоретические знания на практике, отработать умения проводить экспериментальные исследования по физике, обрабатывать и анализировать полученные результаты.

Пособие является универсальным, т. е. может использоваться с любым учебником для углублённого изучения физики.

**УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я72**

**ISBN 978-5-358-23557-1**

© ООО «ДРОФА», 2020

## **Предисловие**

---

Предлагаемые работы лабораторного практикума проводятся при углублённом изучении курса физики 11 класса. При их выполнении вы будете использовать методы исследований физических явлений и процессов, методы измерения физических величин и обработки полученных результатов. Кроме того, вы сможете на практике применить, обобщить и систематизировать теоретический материал курса физики.

Большинство описанных в пособии работ выполняется на стандартном оборудовании. Лишь в отдельных случаях предполагается самостоятельное изготовление простейшего приспособления или детали для сборки экспериментальной установки.

При выполнении работ практикума обратите внимание на следующие разделы: «Цель работы», «Оборудование», «Теоретическое обоснование», «Подготовка к работе», «Порядок выполнения работы». При необходимости повторите соответствующий теоретический материал из учебника, а также правила использования измерительных приборов. Перед выполнением работы практикума рекомендуется заранее подготовить таблицу для записи результатов измерений и вычислений. Вопросы и задания, приведённые в разделе «Подготовка к работе», позволят вам проверить готовность к выполнению работы. В разделе «Порядок выполнения работы» приводится развёрнутый план действий по достижению цели работы.

Обратите внимание на общие правила проведения работ практикума.

1. Во время проведения эксперимента будьте предельно внимательны и аккуратны.

2. Размещайте оборудование на рабочем столе так, чтобы исключить его падение или опрокидывание.

3. Подключайте собранную электрическую цепь к электросети только после проверки учителем.

4. Не покидайте рабочего места без разрешения учителя.
5. Следите за надёжностью всех креплений в собранных экспериментальных установках.
6. Обнаружив неисправность в электрической цепи, немедленно отключите источник питания и сообщите об этом учителю.
7. Оформление полученных результатов эксперимента производите после того, как экспериментальная установка отключена от электросети и разобрана.

В приложении 1 представлены правила определения погрешностей полученных результатов, расчётные формулы, примеры записи результатов измерений с учётом погрешностей.

В приложении 2 приведены рекомендации по определению причин неисправностей в учебных экспериментальных установках.

■ **Цель работы:** исследовать зависимость сопротивления медного провода от температуры; определить температурный коэффициент сопротивления меди.

■ **Оборудование:** цифровой мультиметр, термометр, прибор для изучения зависимости сопротивления металлов от температуры, сосуд с горячей водой.

■ **Теоретическое обоснование**

Объектом изучения является катушка с медным проводом в защитном кожухе. К концам катушки припаяны соединительные провода, оконцованные штекерами (рис. 1).

При проведении эксперимента катушку подключают к мультиметру, включённому в режиме омметра, и помещают в стакан с горячей водой. Температуру воды измеряют термометром, также помещённым в стакан. Показания начинают регистрировать после того, как медный провод прогреется и между телами, находящимися в сосуде, установится тепловое равновесие.

С изменением температуры металлического проводника его сопротивление изменяется, причём у различных металлов эта зависимость проявляется по-разному. Физическая величина, характеризующая зависимость сопротивления вещества от его температуры, называется температурным коэффициентом сопротивления  $\alpha$ .

По определению

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}, \quad (1)$$

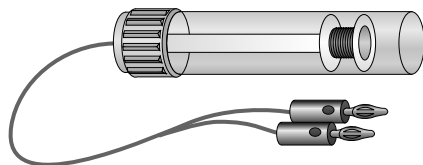


Рис. 1

где  $R_0$  — сопротивление проводника при  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $R_t$  — сопротивление проводника при температуре  $t$ ;  $t$  — температура проводника (в  $^\circ\text{C}$ ).

Температурный коэффициент сопротивления численно равен относительному изменению сопротивления проводника при его нагревании на один градус.

При изменении температуры металла на несколько десятков градусов по отношению к комнатной температуре его сопротивление будет меняться практически прямо пропорционально температуре. С учётом этой особенности температурный коэффициент сопротивления металла можно определить, измерив его сопротивление при двух разных значениях температуры, которые не намного отличаются от комнатной.

Тогда

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \Delta t}, \quad (2)$$

где  $R_2$  и  $R_1$  — сопротивление металлического проводника при температуре  $t_2$  и  $t_1$  соответственно, а  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

### ■ Подготовка к работе

— Укажите причину зависимости сопротивления металлического проводника от температуры.

— Укажите, в каких единицах измеряют температурный коэффициент сопротивления.

— Повторите порядок работы с мультиметром в режиме омметра.

— Подготовьте таблицу для записи результатов измерений.

$t, \text{ }^\circ\text{C}$							
$R, \text{ Ом}$							

### ■ Порядок выполнения работы

**1.** Переведите мультиметр в режим омметра с минимальным пределом измерения и подключите к нему медный провод.

**2.** Поместите в стакан с горячей водой катушку с проводом и термометр. Проследите, чтобы катушка оказалась полностью погружённой.

**3.** Наблюдайте за показаниями омметра. Через некоторое время провод прогреется и показания прибора перестанут возрастать. С этого момента температура провода и воды будет практически одинакова.

**4.** Измерьте температуру  $t$  и сопротивление  $R$  провода.

**5.** Следите за изменением температуры и всякий раз, когда она изменяется на  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , заносите показания термометра и омметра в таблицу.

**6.** Продолжайте наблюдение до тех пор, пока температура не уменьшится до  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**7.** Постройте график зависимости сопротивления медного провода от температуры.

**8.** Возьмите два значения сопротивления, соответствующих температурам провода с разностью в  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и по формуле (2) вычислите температурный коэффициент сопротивления меди  $\alpha$ .

**9.** Повторите расчёт 2—3 раза, взяв данные других измерений, и найдите среднее значение  $\alpha_{\text{ср}}$ .

**10.** Определите по справочной таблице значение температурного коэффициента сопротивления меди  $\alpha_{\text{табл}}$ .

**11.** Сравните полученное значение  $\alpha_{\text{ср}}$  с табличным значением  $\alpha_{\text{табл}}$ . Результат сравнения представьте в процентах, вычислив по формуле:

$$\delta_{\alpha} = \frac{|\alpha_{\text{табл}} - \alpha_{\text{ср}}|}{\alpha_{\text{табл}}} \cdot 100\%.$$

**12.** Укажите возможную причину расхождения результатов эксперимента с табличным значением.

■ **Цель работы:** определить заряд электрона методом электролиза медного купороса.

■ **Оборудование:** источник постоянного напряжения, кювета с двумя электродами из набора «Электролит», амперметр лабораторный, весы, ключ, соединительные провода, стакан с насыщенным раствором медного купороса, секундомер.

■ **Теоретическое обоснование**

Чтобы определить элементарный заряд, можно воспользоваться законом электролиза Фарадея:

$$m = \frac{M}{neN_A} I \Delta t, \quad (1)$$

где  $m$  — масса вещества, выделившегося на катоде;  $M$  — молярная масса выделившегося вещества;  $n$  — валентность атомов этого вещества;  $e$  — элементарный заряд;  $N_A$  — число Авогадро;  $I$  — сила тока в электролите при электролизе;  $\Delta t$  — время прохождения тока через электролит.

Из формулы (1) получают выражение для определения элементарного заряда:

$$e = \frac{M}{mnN_A} I \Delta t. \quad (2)$$

Отсюда следует, что для достижения цели необходимо знать молярную массу вещества, выделившегося на катоде, его валентность и число Авогадро. Кроме того, в ходе работы нужно измерить силу тока и время его протекания, а после завершения электролиза измерить массу вещества, выделившегося на катоде.

Для проведения опыта в работе используется водный раствор медного купороса, который наливают в кювету с двумя медными электродами. Один электрод жёстко закреплён в центре кюветы, а второй, съёмный, вешается на её стенку.

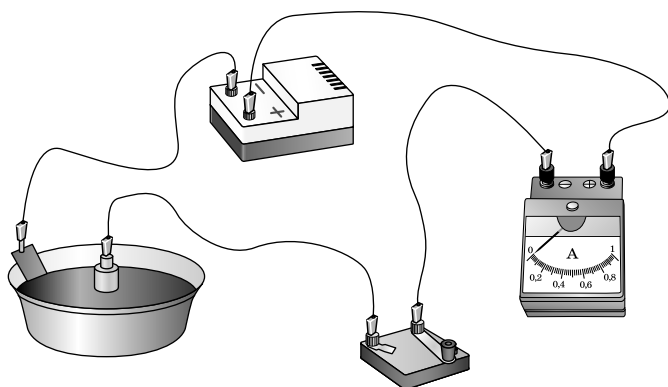


Рис. 2

Центральный электрод является анодом, съёмный — катодом. Общий вид экспериментальной установки для проведения работы показан на рисунке 2.

При подключении электродов к источнику постоянного напряжения в растворе медного купороса возникнет направленное движение ионов, следствием которого будет выделение на катоде чистой меди. Для измерения силы тока в электрическую цепь включают амперметр, а время его протекания определяют секундомером.

### ■ Подготовка к работе

- Определите по справочнику валентность меди.
- Определите по справочнику молярную массу меди.
- Повторите значение числа Авогадро.
- Подготовьте таблицы для записи результатов измерений и вычислений.

Таблица 1

$m_1,$ $10^{-3}$ кг	$m_2,$ $10^{-3}$ кг	$m,$ $10^{-3}$ кг	$n$	$N_A$	$M,$ кг/моль	$I_{ср},$ А	$\Delta t,$ с	$e,$ Кл

Таблица 2

$t,$ с							
$I,$ А							



## ■ Порядок выполнения работы

1. Отделите съёмный электрод от кюветы и определите на весах его массу  $m_1$ . Значение массы выразите в килограммах.

2. Закрепите электрод на кювете и соберите электрическую цепь, показанную на рисунке 2. Поскольку съёмный электрод является катодом, проследите, чтобы он оказался подключённым к отрицательному полюсу источника напряжения.

3. Сила тока в электролите в ходе опыта может изменяться, поэтому в формулу (2) подставляют её среднее значение  $I_{\text{ср}}$ . Среднее значение силы тока определяют, записывая через каждые 30 с показания амперметра на протяжении всего времени наблюдения, затем показания складывают и полученную сумму делят на число замеров. Записи результатов измерений тока удобнее заносить во вспомогательную таблицу (табл. 2).

4. Заполните кювету насыщенным раствором медного купороса, замкните ключ и включите секундомер.

5. Прекратите опыт спустя 15 мин, цепь разберите.

6. Снимите электрод, осушите его и определите его массу вместе с осевшей медью  $m_2$ .

7. Вычислите массу выделившейся меди  $m = m_2 - m_1$ .

8. Вычислите среднее значение силы тока  $I_{\text{ср}}$ .

9. Данные измерений и вычислений занесите в таблицу 1, обращая внимание на размерность величин.

10. Вычислите по формуле (2) элементарный заряд  $e$ .

11. Определите по справочнику табличное значение элементарного заряда  $e_{\text{табл}}$ .

12. Сравните полученное значение  $e$  с табличным значением  $e_{\text{табл}}$ . Результат сравнения представьте в процентах, вычислив по формуле:

$$\delta_e = \frac{|e_{\text{табл}} - e|}{e_{\text{табл}}} \cdot 100\%.$$

13. Оцените качество проведённого измерения и укажите факторы, снижающие погрешность результата.

■ **Цель работы:** исследовать зависимость силы тока через полупроводниковый диод от величины и полярности приложенного к нему напряжения. Определить контактную разность потенциалов  $p$ — $n$ -перехода.

■ **Оборудование:** выпрямитель лабораторный, вольтметр, миллиамперметр, мультиметр, диод на подставке, ключ, переменный резистор, резистор 10 Ом на подставке, соединительные провода.

### ■ Теоретическое обоснование

Объектом изучения является полупроводниковый диод, закреплённый на подставке. Его работа основана на явлениях на границе раздела полупроводников с разным типом проводимости, где возникает контактная разность потенциалов. Для полупроводников на основе кремния значение этой величины 0,5—0,7 В. Измерить контактную разность потенциалов можно мультиметром, переведённым в режим проверки диодов. При подключении мультиметра в этом режиме к диоду в согласованной полярности на его табло высвечивается значение контактной разности потенциалов в милливольтках.

Опыт проводят в два этапа. Вначале исследуют зависимость силы тока от напряжения при подключении к диоду источника напряжения в прямой полярности, затем в обратной.

Схема для снятия прямой ветви вольт-амперной характеристики показана на рисунке 3. Поскольку сопротивление диода, включённого в прямой полярности,

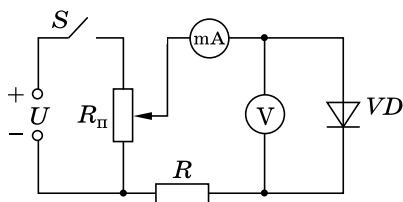


Рис. 3