

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72
К28

Касьянов, В. А.

К28 Физика. 11 класс. Базовый и углублённый уровни : тетрадь для лабораторных работ / В. А. Касьянов, В. А. Коровин. — 4-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2019. — 44, [4] с. — (Российский учебник).

ISBN 978-5-358-22379-0

Тетрадь для лабораторных работ вместе с учебником В. А. Касьянова «Физика. 11 класс», методическим пособием и сборником контрольных работ образуют учебно-методический комплекс. В тетрадь включены восемь лабораторных работ по следующим темам: «Электродинамика», «Электромагнитное излучение» и «Физика высоких энергий», три из них выполняются при изучении физики как на углублённом, так и на базовом уровне.

**УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72**

ISBN 978-5-358-22379-0

© ООО «ДРОФА», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Электроизмерительные приборы

Для измерения различных характеристик электромагнитного поля используют электроизмерительные приборы. Например, силу электрического тока измеряют амперметром, напряжение (разность потенциалов) — вольтметром, электрическое сопротивление — омметром, мощность тока — ваттметром и т. д.

В отличие от длины, непосредственно, визуально измеряемой наблюдателем, характеристики электромагнитного поля не воспринимаются органами чувств и поэтому должны быть преобразованы.

Электроизмерительные приборы — средства измерений характеристик электромагнитного поля, вырабатывающие сигнал в форме, доступной для восприятия наблюдателя.

По типу вырабатываемого сигнала электроизмерительные приборы подразделяются на *цифровые* и *аналоговые*.





Цифровые приборы вырабатывают сигналы, представляемые в цифровой форме на дисплее.

Аналоговые приборы представляют сигнал, являющийся непрерывной функцией измеряемой физической величины. Например, в амперметре угол отклонения стрелки на шкале прибора пропорционален силе тока.

В аналоговых приборах, наиболее часто используемых в школьной лаборатории, энергия электрического или магнитного поля преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части прибора.

По способу преобразования энергии и по конструктивным особенностям аналоговые приборы подразделяют на следующие системы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

№	Система прибора	Условное обозначение системы
1	Электростатическая	
2	Электродинамическая	
3	Электромагнитная	
4	Магнитоэлектрическая	

Условное обозначение системы измерительного прибора схематически показывает принцип преобразования энергии электромагнитного поля в механическую энергию перемещения подвижной части прибора.

Принцип действия прибора *электростатической системы* основан на электростатическом взаимодействии электродов, между которыми существует разность потенциалов (напряжение).

В приборе *электродинамической системы* магнитное поле, создаваемое током в неподвижной катушке, действует на ток, протекающий в подвижной катушке. Взаимодействие токов приводит к повороту подвижной катушки.

В приборе *электромагнитной системы* измеряемый ток протекает по неподвижной катушке. Воздействие магнитного поля катушки на ферромагнитный сердечник приводит к его повороту, угол которого зависит от силы измеряемого тока.

Остановимся подробнее на устройстве приборов *магнитоэлектрической системы*, наиболее часто используемых в школьной лаборатории.

Принципиальное устройство электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы

В электроизмерительных приборах магнитоэлектрической системы (амперметрах, вольтметрах) используют поворот рамки с током в магнитном поле. В магнитном поле постоянного магнита располагается катушка, намотанная на цилиндр из мягкого железа, способная вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1). При такой конструкции угол α между собственной и внешней индукцией равен 90° , так что вращательный момент, действующий на катушку, максимален.

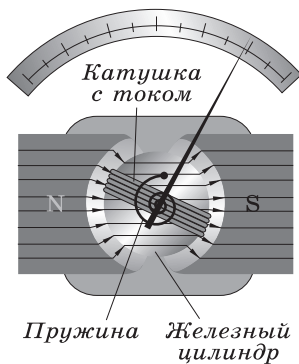


Рис. 1

На катушку действует вращательный момент, пропорциональный силе тока I и числу витков N : $M = ISBN$. Катушка с током поворачивается до тех пор, пока момент сил Ампера, действующих на катушку со стороны магнитного поля, не уравновесится моментом сил упругости пружины, возвращающих катушку в положение равновесия. Можно считать, что момент сил упругости пружины пропорционален углу поворота φ катушки:

$$M_{\text{упр}} = C_1 \varphi,$$

где C_1 — постоянный коэффициент пропорциональности. Равенство моментов $C_1\varphi = NISB$ позволяет найти измеряемую силу тока:

$$I = \frac{C_1}{NSB} \varphi.$$

Измеряемая сила тока прямо пропорциональна углу отклонения стрелки, т. е. данный прибор можно использовать как амперметр.


Если к катушке с сопротивлением R приложено напряжение U , то из закона Ома получаем:

$$U = \frac{C_1 R}{NSB} \varphi.$$

Приложенное напряжение прямо пропорционально углу поворота катушки, следовательно, такой прибор можно использовать в качестве вольтметра.

В таблице 2 приведены некоторые обозначения на шкале приборов, характеризующих ток, и требуемое пространственное расположение шкалы прибора.

Т а б л и ц а 2

Ток	Обозначение	Положение шкалы	Обозначение
Постоянный	—	Вертикальное	
Переменный, 50 Гц		Горизонтальное	
Трёхфазный		Наклонное под углом к горизонту	

Цена деления, чувствительность электроизмерительного прибора

Точность измерения характеризуется ценой деления шкалы прибора. Предположим, что шкала прибора, например амперметра, насчитывает $N = 100$ делений, а предел измерения силы электрического тока $I_{\max} = 10$ А соответствует максимальному отклонению стрелки прибора. Тогда отклонению стрелки на 1 деление соответствует сила тока

$$\frac{10 \text{ А}}{100 \text{ дел}} = 0,1 \frac{\text{А}}{\text{дел}}.$$

Таким образом определяется цена деления прибора:

$$C = \frac{I_{\max}}{N}.$$

Чем меньше эта величина, которая может быть измерена прибором, т. е. чем меньше цена деления шкалы, тем выше точность измерения прибора.

Чувствительность прибора — величина, обратная его цене деления. Она характеризует число делений, на которое отклоняется стрелка прибора (амперметра) при измерении силы тока в 1 А:

$$S = \frac{N}{I_{\max}}.$$

Чем больше чувствительность, тем выше точность измерения прибора. В рассмотренном выше примере

$$S = \frac{100 \text{ дел}}{10 \text{ А}} = 10 \frac{\text{дел}}{\text{А}}.$$

Класс точности, погрешность измерения электроизмерительного прибора

Погрешность измерения электроизмерительного прибора складывается из погрешности отсчёта и инструментальной погрешности. Например, погрешность измерения силы тока амперметром ΔI равна сумме погрешности отсчёта $\Delta I_{\text{от}}$ и инструментальной погрешности $\Delta I_{\text{и}}$:

$$\Delta I = \Delta I_{\text{от}} + \Delta I_{\text{и}}.$$

Предельное значение погрешности отсчёта принимают равным $\frac{1}{4}$ цены деления шкалы:

$$\Delta I_{\text{от}} = \frac{C}{4}.$$

Инструментальная погрешность определяется *классом точности электроизмерительного прибора*.

Класс точности электроизмерительного прибора — относительная инструментальная погрешность, соответствующая пределу измерения I_{\max} шкалы, выраженная в процентах:

$$k = \frac{\Delta I_{\text{и}}}{I_{\max}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Например, класс точности 1,5 означает относительную погрешность 1,5%. Как следует из формулы (1), инструментальная погрешность определяется классом точности электроизмерительного прибора:

$$\Delta I_{\text{и}} = I_{\max} \cdot \frac{k}{100}.$$