



СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

В. В. Майер	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ВНУТРИ	
И. Н. Данилов	ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА	3

Старшая школа

А. Г. Некрасов	ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛА КАРНО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ <i>L-MICRO</i>	7
Е. И. Вараксина А. А. Попова	ДИДАКТИЧЕСКИЙ РЕСУРС УЧЕНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЛИПСА»	13

Высшая школа

С. А. Герасимов	ЭКСПЕРИМЕНТЫ С НЕЗАМКНУТЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ, ИЛИ КАК ИЗМЕРИТЬ СИЛУ САМОДЕЙСТВИЯ?	22
В. В. Майер	ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ: КОНСПЕКТ ЛЕКЦИИ ДЛЯ БАКАЛАВРИАТА	30

Компьютер в эксперименте

С. В. Марков ИНФРАНИЗКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО
ТОКА НА БАЗЕ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТЫ
AD9833 ДЛЯ ДЕМОСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ
С АДРЕСНЫМИ СВЕТОДИОДНЫМИ ЛЕНТАМИ 41

Е. И. Вараксина ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС
О. Л. Соколова ПО ФИЗИКЕ В УЧЕБНОМ ПРОЕКТЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ .. 52

АВТОРЫ ЖУРНАЛА 67

ABSTRACTS 68

Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акагов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

Редакционный совет:

В. Е. Антонов	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Л. Д. Григорьева	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
С. С. Назин	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
Э. В. Суворов	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГППИ, Глазов

Оргкомитет конференции:

М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Ю. В. Иванов	к.п.н., доцент, Глазов
Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов,
Первомайская, 25, ФГБОУ ВО «ГППИ». Телефон: (341 41) 5-32-29.

E-mail: kropa@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко».

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 12.05.21. Подписано в печать 15.06.21. Дата выхода в свет: 28.06.21.
Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 146. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Современный вариант знаменитого опыта Г. Герца по поляризации электромагнитных волн (Mayer V V and Varaksina E I 2021 Modern demonstration experiments for H Hertz's experimental study *Eur. J. Phys.* **42** 025201).

УДК 372.853:537

В. В. Майер, И. Н. Данилов
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ВНУТРИ
ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

Описан простой демонстрационный опыт, показывающий, что внутри нагруженного гальванического элемента идет ток в направлении от отрицательного полюса источника к положительному. В качестве индикатора тока использована самодельная магнитная стрелка из неодимовых магнитов.

Ключевые слова: источник тока, электродвижущая сила, электрический ток в замкнутой цепи.

В учебнике физики Г. Я. Мякишева для 10 класса [1, с. 347] дается следующее определение ЭДС: «Электродвижущая сила источника тока равна отношению работы сторонних сил при перемещении заряда по замкнутому контуру к абсолютной величине этого заряда: $\mathcal{E} = A_{\text{ст}}/q$ ».

В учебнике физики А. В. Грачева для 11 класса [2, с. 32] читаем более простое и понятное школьникам определение: «Электродвижущей силой (ЭДС) называют физическую величину, равную работе сторонних сил по перемещению пробного заряда внутри источника от его отрицательного полюса к положительному, деленному на этот заряд: $\mathcal{E} = A_{\text{стор}}/q$ ».

Значит, судя по определению, внутри источника существует направленное движение положительных зарядов от отрицательного полюса к положительному, то есть электрический ток. Но как *доказать*, что при подключении к источнику нагрузки внутри источника действительно идет ток? Подчеркнем: на этапе введения нового физического понятия необходимо *прямое доказательство* существования соответствующего явления, то есть установление экспериментального факта, на основе которого будет строиться теоретическая модель.

Такое доказательство может быть получено в простом и кратковременном эксперименте. Вначале собирают установку для демонстрации опыта Эрстеда, о котором школьники знают из курса физики 8 класса [3, с. 165–167]. Для обнаруже-

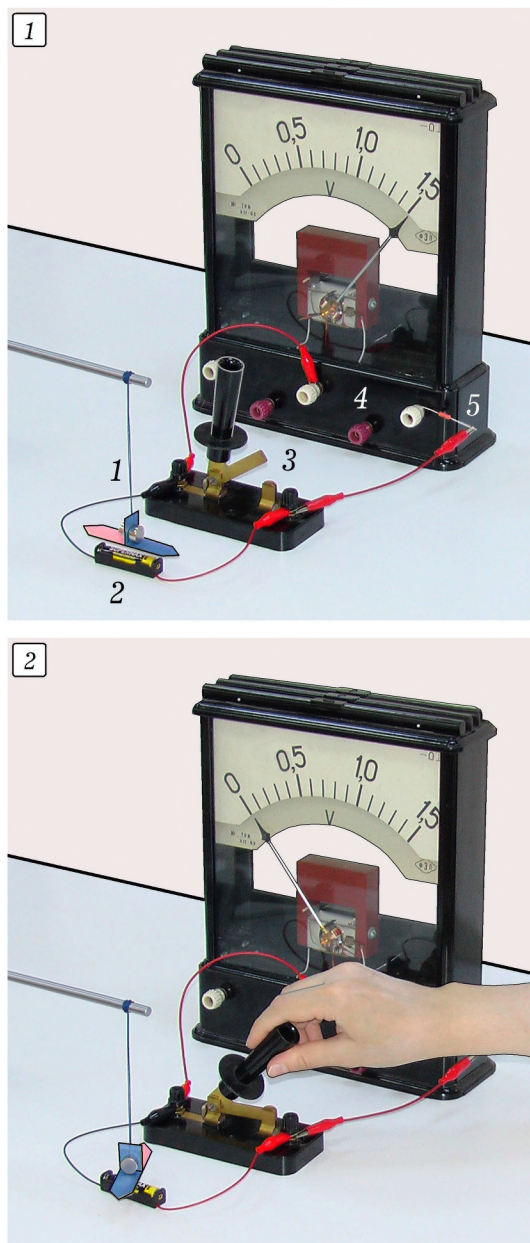


Рис. 1. Обнаружение электрического тока внутри гальванического элемента

ния магнитного поля вокруг проводника с током в этом опыте используют самодельную магнитную стрелку, состоящую из двух цилиндрических магнитов, подвешенных на двойной нити, и картонного указателя [4]. В качестве источника тока используют гальванический элемент R03 1.5V AAA SUPER-MAX super heavy duty. Напоминают, что электрический ток в проводнике идет от положительного к отрицательному полюсу источника, и по правилу правого буравчика определяют направление линии магнитной индукции вокруг проводника с током.

Далее собирают установку, показанную на рис. 1.1: 1 — магнитная стрелка на нитяном подвесе, ориентированная в направлении юг–север; 2 — гальванический элемент типа R03 1.5V AAA, расположенный в специальном контейнере параллельно стрелке на расстоянии примерно 10 мм под ней; 3 — ключ, накоротко замыкающий гальванический элемент; 4 — демонстрационный вольтметр с пределом измерения 1,5 В; 5 — добавочное сопротивление к вольтметру $R_{доб} = 270 \text{ Ом}$.

При демонстрации опыта обращают внимание на то, что ключ разомкнут, по цепи электрический ток не идет, вольтметр показывает ЭДС источника 1,5 В и магнитная стрелка параллельна гальваническому элементу (рис. 1.1).

Затем ключ на несколько секунд замыкают и учащиеся наблюдают, что показания вольтметра падают до нуля, и магнитная стрелка отклоняется, стремясь занять положение, перпендикулярное элементу (рис. 1.2). По направлению отклонения северного полюса стрелки определяют направление вектора магнитной индукции вихревого магнитного поля, возникшего вокруг элемента. Пользуясь правилом буравчика, определяют направление электрического тока в элементе, который создал это поле. Убеждаются, что действительно в накоротко замкнутом гальваническом элементе идет электрический ток в направлении от отрицательного к положительному полюсу.

Под магнитную стрелку подводят один из проводов установки и располагают его параллельно стрелке. Замыкают ключ, показывают отклонение стрелки и по его направлению определяют направление тока в проводе. Еще раз убеждаются, что во внешней цепи ток идет от положительного полюса источника к отрицательному.

Делают общий вывод: по замкнутой электрической цепи, состоящей из источника тока и нагрузки, идет один и тот же электрический ток, причиной которого является работа сторонних сил. Теперь учащимся нетрудно разобраться в первом из приведенных здесь определений, так как в опыте они видят и источник, и контур, и воочию наблюдают магнитное действие электрического тока на внешнем и внутреннем участках цепи.

В заключение заметим, что тип гальванического элемента указан не случайно, так как для успеха опыта нужен элемент, сравнительно слабо притягивающий неодимовые магниты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 416 с.
2. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика: 11 класс: базовый уровень: профильный уровень: учебник для учащихся общеобразовательных учреждений. — М.: Вентана-Граф, 2012. — 404 с.
3. Перышкин А. В. Физика. 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. — М.: Дрофа, 2013. — 237 с.
4. Майер В. В., Варакина Е. И. Классические опыты электродинамики со стрелкой из неодимовых магнитов // Учебная физика. — 2019. — № 3. — С. 7–19.

Глазовский государственный
педагогический институт

Поступила в редакцию 04.05.21.

ABSTRACTS

Mayer V. V., Danilov I. N. Electric current inside a galvanic cell. A simple demonstration experiment is described, showing that a current flows inside a loaded galvanic cell in the direction from the negative pole of the source to the positive one. A homemade magnetic needle made of neodymium magnets has been used as a current indicator. *Keywords:* current source, electromotive force, electric current in closed circuit.

Nekrasov A. G. Study of the Carnot cycle using L–micro. The method of conducting a lesson dedicated to studying the Carnot cycle is proposed. The lesson uses the L–micro digital laboratory. *Keywords:* lesson, educational research, Carnot cycle, L–micro laboratory.

Varaksina E. I., Popova A. A. Didactic resource of students' project «Optical properties of ellipse». The necessity of organizing project activity of an interdisciplinary nature when studying mathematics is justified. Simple tasks of one of the possible projects devoted to the experimental study of the optical properties of ellipse are proposed. *Keywords:* mathematics, physics, educational project, didactic resource, ellipse.

Gerashimov S. A. Experiments with unclosed electric current, or how to measure the self–force? The self-force by means of which an unclosed system acts on itself can be found and measured in a usual laboratory. For a system consisting of thin magnetized disk and unclosed conductor, the obtained value of the self-force is several orders of magnitude greater than known value. *Keywords:* magnetic field, electric current, weight, magnetization, unclosed conductor.

Mayer V. V. Elements of the theory of optical devices: lecture notes for undergraduate students. The content of the lecture on the discipline «General and experimental physics. Optics» is presented in a summary form. The lecture is developed for bachelor course of pedagogical university. *Keywords:* optical devices, visual observations, magnifying glass, microscope, telescope, diffraction nature of the image, resolution.

Markov S. V. Infra–low–frequency alternator based on the AD9833 digital frequency synthesizer for demonstration experiments with addressable LED strips. The paper presents an affordable design of an infra–low–frequency alternator based on the AD9833 digital frequency synthesizer. The generator is designed for the educational study of electrical vibrations in elements included in the AC circuit, the phenomenon of electro–magnetic induction and self-induction together with address ring LED strips. *Keywords:* AD9833 digital frequency synthesizer, infra–low–frequency alternator, electrical oscillations in AC circuits, electromagnetic induction, self–induction, microcontroller board ArduinoUNO, address LED strip.

Varaksina E. I., Sokolova O. L. Physics digital educational resource in a computer science educational project. The content of interdisciplinary students' project in computer science is proposed. The result of the productive activity of teachers and students is a digital educational resource designed for physics lessons on the introduction and formation of the concept of harmonic wave. *Keywords:* computer science, physics, educational project, digital educational resource, harmonic wave, Lazarus.