

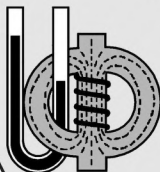
ISSN 2307-5457

*Primum
inter pares*

Материалы XXVI Всероссийской
научно-практической конференции

„Учебный физический эксперимент:
Актуальные проблемы. Современные
решения“

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ



**УЧЕБНАЯ
ФИЗИКА**

Октябрь - декабрь 2021 №4

Издается с января 1997 года

СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

- В. В. Майер ПРостое и надежное колесо Франклина 3
Ю. А. Корнев

Старшая школа

- В. В. Майер УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ
Е. И. Вараксина ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА 8

- В. В. Майер ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УЧЕБНЫХ
Е. И. Вараксина ОПЫТОВ ПО КРИВОЛИНЕЙНОМУ
И. А. Васильев РАСПРОСТРАНЕНИЮ СВЕТА 20
К. М. Курбоналиев

Высшая школа

- В. В. Майер ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
Е. И. Вараксина ПРИНЦИПА ГЮЙГЕНСА 24
К. М. Курбоналиев

- В. В. Майер ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭЛЛИПСА В ПАРАБОЛУ 31
А. А. Попова

Компьютер в эксперименте

- С. В. Марков ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА
 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
 В НАТУРНОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ 36

- Е. И. Вараксина ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ НАГЛЯДНОГО
О. Л. Соколова ОБРАЗА ИНТЕРФЕРЕНЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛН ... 44

Науковедение

Ю. А. Сауров	О СОВРЕМЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ (к 50-летию защиты докторской диссертации В. Г. Разумовским)	49
--------------	---	----

Исследования

Е. И. Вараксина	ИЛЛЮСТРАТИВНЫЙ И ДОКАЗАТЕЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ	58
-----------------	---	----

АВТОРЫ ЖУРНАЛА	68
ABSTRACTS	69
СТАТЬИ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В ЖУРНАЛЕ В 2021 ГОДУ	71

Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, 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 ГГПИ, 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, Пединститут, 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 01.12.21. Подписано в печать 09.12.21. Дата выхода в свет: 17.12.21. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,5.

Заказ 148. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Установка для фотографирования дисперсионной кривой (Майер В. В., Вараксина Е. И. Нормальная дисперсия света в демонстрационных и лабораторных экспериментах // Учебная физика. — 2021. — № 3. — С. 26–37).

УДК 372.853

С. В. Марков

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
В НАТУРНОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Описан компьютерный эксперимент, предназначенный для учебного исследования явления электромагнитной индукции в школьной лабораторной работе. На экране монитора строятся графики зависимостей от времени индукции изменяющегося магнитного поля и ЭДС индукции, возникающей в контуре, который пронизывает это поле. Эксперимент дает количественное обоснование закона электромагнитной индукции.

Ключевые слова: натуральный компьютерный эксперимент, электромагнитная индукция, лабораторная работа, датчик Холла, визуализация электромагнитных процессов.

1. Введение. Закон электромагнитной индукции утверждает, что ЭДС индукции \mathcal{E}_i в замкнутом контуре площадью S численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока $\Phi = BS$ через поверхность, ограниченную этим контуром [1, с. 35]:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -S\frac{\Delta B}{\Delta t}. \quad (1)$$

Для экспериментальной проверки данного закона в 9 и 11 классах проводятся лабораторные работы [1, 2]. В них об ЭДС индукции судят по отклонению стрелки миллиамперметра, а об изменении магнитного потока — чисто интуитивно, опираясь на то, что при приближении магнита к контуру магнитный поток через контур увеличивается. В лабораторных работах учащиеся непосредственно не наблюдают изменения ЭДС индукции и вызвавшего его изменения магнитного потока. В этих работах не производятся количественные расчеты, подтверждающие закон электромагнитной индукции, поскольку приборы, способные регистрировать быстрые изменения ЭДС индукции и значения индукции магнитного поля, в школе отсутствуют. Поэтому учащиеся с трудом объясняют результаты проведенных лабораторных работ и зачастую до конца не понимают появление знака минус в математическом выражении (1) закона электромагнитной индукции.

Для количественного обоснования этого закона необходимо знать ЭДС индукции и магнитную индукцию в контуре в любой момент времени, в течение которого происходило изменение магнитного потока через контур. Мы предлагаем компьютерную экс-

периментальную установку, которая позволяет решить эту задачу. Идея создания такой установки возникла под влиянием работы [3].

2. Экспериментальная установка. Для изготовления экспериментальной установки необходимо следующее оборудование: проволочный контур с известным числом витков N , дифференциальный усилитель с известным коэффициентом усиления k , датчик Холла с усилителем, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), компьютер и специальное программное обеспечение. Функциональная схема установки изображена на рис. 1.

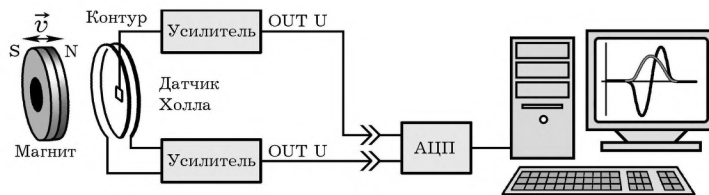


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки

ЭДС индукции, наведенная в контуре, подается на дифференциальный усилитель с коэффициентом усиления, равным 400. Усиленный сигнал с выхода усилителя поступает на вход АЦП. Напряжение на выходе усилителя определяется выражением

$$U = kN\mathcal{E}_i, \quad (2)$$

где k — коэффициент усиления, N — число витков в контуре, \mathcal{E}_i — ЭДС индукции, наводимая в одном витке.

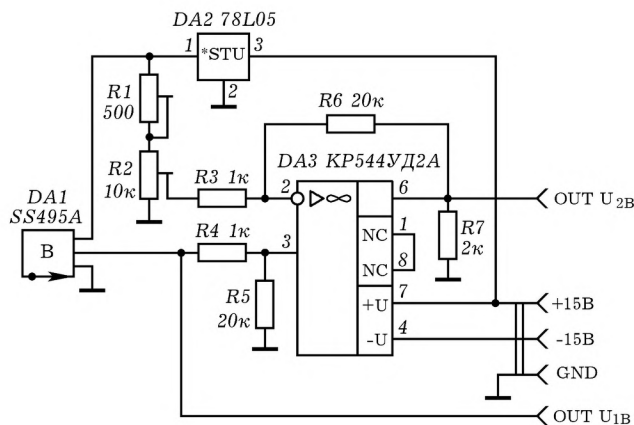


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя

Измерение величины индукции магнитного поля производится датчиком Холла. Сигнал с выхода датчика усиливается и подается

на второй вход АЦП. Принципиальная схема усилителя для датчика Холла представлена на рис. 2.

Компьютер по разработанной нами программе производит обработку сигнала, идущего от АЦП, и представляет информацию в удобной для пользователя форме. В нашем случае информация об ЭДС индукции \mathcal{E}_i и магнитной индукции B выводится в виде графика на оцифрованной координатной сетке в реальном времени. По построенным графикам можно определить мгновенные значения наводимой ЭДС \mathcal{E}_i и индукции B магнитного поля в любой момент времени. Измеренные в эксперименте значения этих величин сохраняются в компьютере в виде массива и поэтому они могут быть применены в дальнейших расчетах.

3. Лабораторная работа «Исследование явления электромагнитной индукции». *Цель:* в учебном эксперименте количественно исследовать явление электромагнитной индукции.

Задачи: 1) убедиться, что любые изменения магнитного потока сквозь контур (проволочную обмотку) вызывают на его выводах появление ЭДС индукции \mathcal{E}_i ; 2) доказать, что ЭДС индукции \mathcal{E}_i пропорциональна скорости изменения магнитного потока; 3) подтвердить, что направление индукционного тока в контуре можно определить правилом Ленца.

Оборудование: компьютер, АЦП, датчик Холла с усилителем, программа «Электромагнитная индукция» («Program EMinduction»), набор проволочных контуров различного диаметра с известным числом витков, усилитель ЭДС индукции, керамический магнит с сердечником от громкоговорителя.

Порядок выполнения работы

1. Подготовьте экспериментальную установку по блок-схеме (рис. 3).

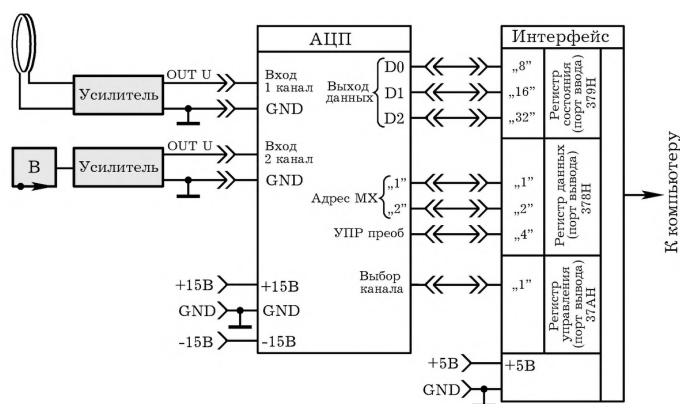


Рис. 3. Блок-схема экспериментальной установки

2. Расположите элементы так, как показано на рис. 4. Проволочный контур поверните так, чтобы направление намотки проволоки совпало с направлением обхода контура по часовой стрелке. Зажим «+» усилителя соедините с концом обмотки, а зажим «-» с началом обмотки.

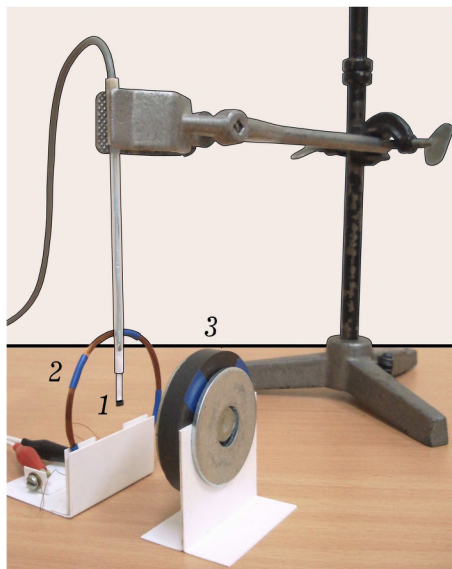


Рис. 4. Экспериментальная установка: 1 — датчик Холла, 2 — проволочный контур, 3 — керамический магнит на упругой пластиковой подставке

3. Подготовьте в тетради таблицу, в которой обозначьте колонки: D — диаметр обмотки; S — площадь контура; N — число витков в обмотке; B — индукция магнитного поля (табл. 1).
4. Установите программу «*Program EInduction*».
5. Запустите программу на исполнение.
6. Установите временной интервал нажатием клавиши «1»–«4». Компьютер переходит в режим синхронизации, ожидая сигнал определенного уровня. (Нажатием клавиш от «1» до «4» устанавливаем один из временных интервалов на одно деление координатной сетки: «1» — 0,025 с, «2» — 0,05 с, «3» — 0,1 с, «4» — 0,2 с. Уровень синхронизации устанавливается выбором постоянной S , отмеченной в программе как установка уровня синхронизации. Возможна плавная корректировка постоянной S , при которой система будет откликаться на изменения внешнего сигнала. Синхронизация производится по первому каналу.)
7. Удерживая магнит в руке приведите его в движение, удаляя или приближая к контуру. (Магнит можно закрепить на пружине).

На экране монитора возникают графики зависимостей от времени выходного напряжения усилителя, пропорционального ЭДС \mathcal{E}_i , наводимой в обмотке, и величины индукции магнитного поля.

8. При необходимости повторите пункты 6 и 7. Для выхода из программы нажмите клавиши «S» и «Enter».

Таблица 1

№	$D, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	N	$B, \text{ Тл}$	$\Delta B, \text{ Тл}$	$\Delta t, \text{ с}$	$\Delta \Phi, \text{ Вб}$	$\mathcal{E}_i, \text{ В}$

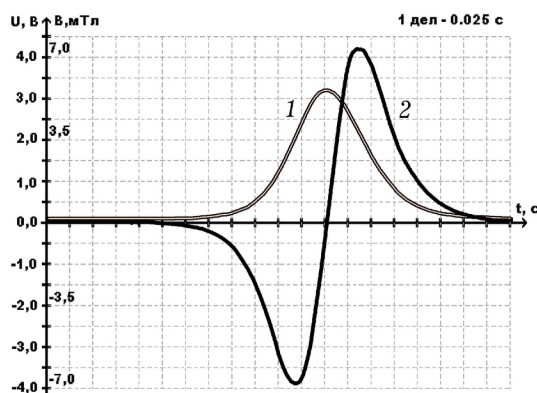


Рис. 5. Результаты эксперимента: 1 — индукция магнитного поля (магнит обращен к контуру северным полюсом); 2 — ЭДС индукции

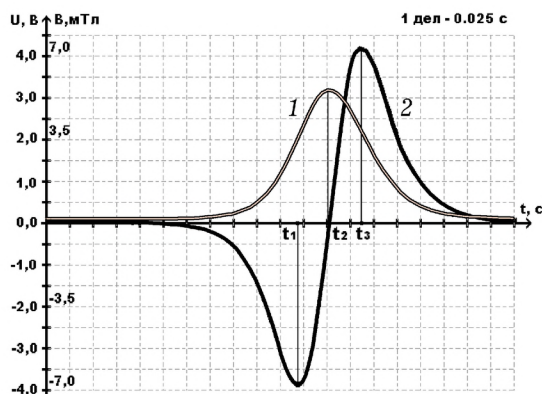


Рис. 6. Результаты эксперимента с выполненными дополнительными построениями

Результатом эксперимента являются графики зависимостей ЭДС \mathcal{E}_i и индукции B от времени t , выведенные на экран монитора (рис. 5

и 6). Эти графики позволяют произвести количественный расчет ЭДС индукции $\mathcal{E}_i = U/kN$ и скорости изменения магнитного потока $\Delta B \cdot S/\Delta t$. Сравнение полученных значений подтверждает закон электромагнитной индукции. По указанным графикам легко можно объяснить появление знака минус в формуле (1). Учащимся полезно при исследовании графиков применить понятие производной.

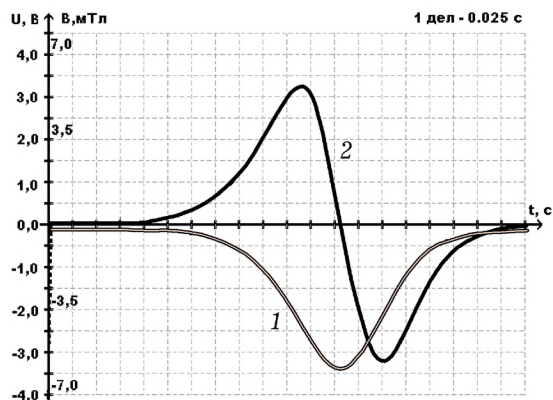


Рис. 7. Результаты эксперимента: 1 — индукция магнитного поля (магнит обращен к контуру южным полюсом); 2 — ЭДС индукции

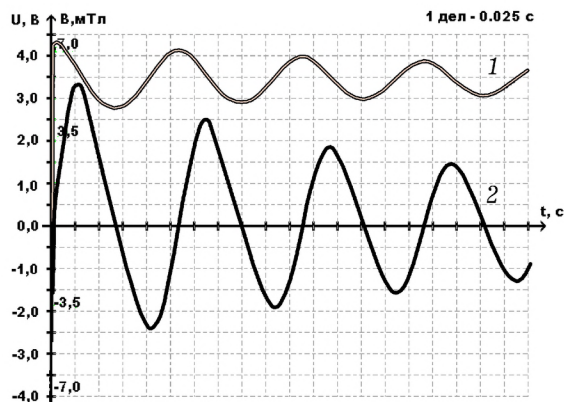


Рис. 8. Колебание магнита 3 (рис. 4) приводит к изменению индукции магнитного поля (кривая 1) и возникновению ЭДС индукции (кривая 2)

Дополнительное задание: 1) Объясните возникновение минимума функции ЭДС индукции в обмотке в момент времени t_1 (рис. 6). 2) Объясните возникновение максимума функции ЭДС индукции в обмотке в момент времени t_3 . 3) Почему, когда индукция магнитного

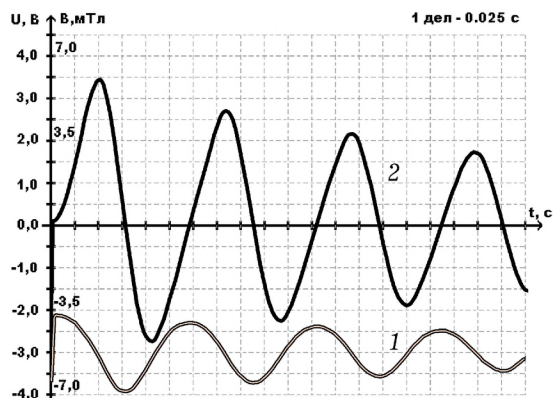


Рис. 9. Графики магнитной индукции I и ЭДС индукции 2 при смене полюсов магнита

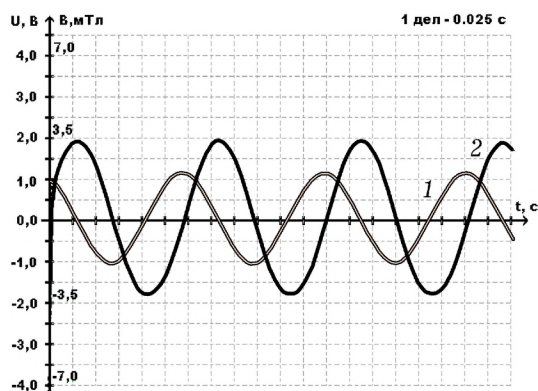


Рис. 10. Переменное магнитное поле, индукция которого колеблется с частотой 50 Гц (график 1), вызывает в контуре переменную ЭДС индукции той же частоты (график 2)

поля принимает максимальное значение в момент времени t_2 , ЭДС индукции, наводимая в контуре, равна нулю? 4) Объясните, почему на некотором временном интервале индукция магнитного поля имеет один максимум, а функция изменения ЭДС имеет две точки перегиба.

4. Заключение. Описанная в статье компьютерная установка позволяет выполнить ряд экспериментов: 1) Компьютерный магнитометр и его градуировка; 2) Измерение индукции магнитного поля;

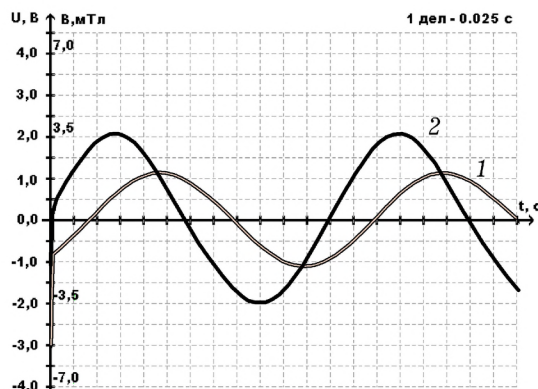


Рис. 11. Колебания магнитного поля *1* в магнитопроводе вызывают колебания ЭДС *2* в контуре

3) Исследование магнитного поля постоянного магнита; 4) Исследование магнитного поля электромагнита; 5) Изучение суперпозиции магнитных полей; 6) Исследование причин, вызывающих ЭДС в контуре (рис. 7 и 8); 7) Изучение магнитного поля катушки с переменным током; 8) Наблюдение ЭДС в контуре, находящемся в переменном магнитном поле (рис. 9 и 10); 9) Исследование зависимости магнитного потока от параметров контура. Перечисленные эксперименты демонстрируются учителем на школьных уроках и внеурочных занятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2010. — 399 с.
2. Перышкин А.В. Физика. 9 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. — М.: Дрофа, 2010. — 300 с.
3. Майер В.В., Рудин А.С. Применение компьютера для исследования электромагнитной индукции // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 23. — М.: ИСМО РАО, 2006. — С. 68–70.

Гийнская средняя школа
(Кезский район,
Удмуртская Республика)

Поступила в редакцию 31.01.13.

ABSTRACTS

Mayer V. V., Kornev Yu. A. A simple and reliable Franklin wheel. A simple method of making a Franklin wheel is described, accessible even to those students who are just starting to study physics. The idea of this method can become the basis of a student project, the final stage of which is the demonstration of the Franklin wheel in a school lesson. *Keywords:* electrostatics, Franklin wheel, student project, demonstration experiment.

Mayer V. V., Varaksina E. I. Arrangement and operating principle of piezoelectric generator. The arrangement and the principle of operation of the piezoelectric generator are considered. A series of simple experiments on the educational study of a piezoelectric high voltage source is described. The article is a didactic resource of project activity intended for high school students and teachers. *Keywords:* piezoelectric generator, electrometer, simple experiments, educational research, didactic resource.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Vasiliev I. A., Kurbonaliev K. M. Equipment for educational experiments on curved light propagation. The equipment and procedure for preparing a demonstration experiment on the curvilinear propagation of light in an optically inhomogeneous medium formed by a layer between two miscible liquids are described. *Keywords:* glass cuvette, water, saturated salt solution, fluorescein, semiconductor laser.

Mayer V. V., Varaksina E. I., Kurbonaliev K. M. Experimental substantiation of the Huygens principle. A series of demonstration experiments on the propagation of light in an optically homogeneous and inhomogeneous liquids is described. In experiments, estimates of the radius of curvature of a light beam are compared in two ways: by direct measurement of the parameters of a curved beam and calculation based on the Huygens principle. *Keywords:* Huygens principle, optically inhomogeneous medium, refractive index gradient, radius of curvature of the light beam.

Mayer V. V., Popova A. A. Transformation of an ellipse into a parabola. The transition from the ellipse equation in canonical form to the parabola equation is considered. This makes it possible to implement a unified approach when studying the optical properties of an ellipse and a parabola. *Keywords:* equation of ellipse in canonical form; equation of second-order curve related to its vertex; equation of parabola.

Markov S. V. Scientific research of the magnetic fields using the Hall generator in a full-scale computer experiment. The electromagnetic induction research was examined. A graph of the magnetic induction and the resulting EMF of induction in the loop were built. The experiment was worked for lab out of the quantitative study of the law of electromagnetic induction. *Keywords:* a full-scale computer experiment, an electromagnetic induction, a lab, Hall generator, to visualize electromagnetic processes.

Varaksina E. I., Sokolova O. L. The problem of forming a visual image of interference of mechanical waves. The existence of the problem of forming a visual image of interference is substantiated. The possibility of creating such an image by means of an educational physical experiment, graphic and photographic illustrations in school textbooks is analyzed. At the initial stage of studying interference, it is proposed to supplement the educational physical experiment with interactive computer animation simulating the superposition

of circular waves propagating from two point sources. *Keywords*: interference, wave theory of light, visual aids, educational physical experiment.

Saurov Yu. A. On the modernity of the development of creative abilities (to the 50th anniversary of the defense of the doctoral dissertation by V. G. Razumovsky). Memory is our great and eternal resource. It sets and preserves patterns of activity in the past for the present and the future. The defense of the dissertation is not only personally significant, but socially and socially significant. The defense of the doctoral dissertation by V. G. Razumovsky has so far directly or indirectly influenced the development of methods of teaching physics. This article outlines the essential features of this study. *Keywords*: creativity, dissertation, history of physics teaching methods.

Varaksina E. I. Illustrative and evidential educational physical experiment. Our articles published in the journals «Educational Physics» No. 1 and No. 3 show the need for systematic research activities of subjects of physical education in the field of educational physical experiment. To formulate the purpose of this activity, we propose to turn to the concepts of *illustrative* and *evidential* experiment. *Keywords*: educational physical experiment, research, conclusiveness, illustrativity.