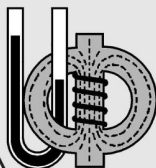


ISSN 2307-5457

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

*Primus
inter pares*



**УЧЕБНАЯ
ФИЗИКА**

Материалы XXVII Всероссийской
научно-практической конференции

«Учебный физический эксперимент:
Актуальные проблемы. Современные
решения»

Январь - март 2022 №1

Издаётся с января 1997 года

СОДЕРЖАНИЕ

Хроника

XXVII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «УЧЕБНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ»	3
--	---

Основная школа

В. В. Майер К. М. Курбоналиев	ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА И СОВРЕМЕННАЯ ГРАДИЕНТНАЯ ОПТИКА НА ШКОЛЬНОМ ВНЕУРОЧНОМ ЗАНЯТИИ	9
----------------------------------	---	---

Старшая школа

В. Н. Бакулин М. И. Толмачева	ВЕРЕВКА — ВЕРВИЕ НЕ ПРОСТОЕ	14
Ш. Г. Зиятдинов	ЗАДАЧИ-ЛОВУШКИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ	22

Высшая школа

Б. А. Мукушев	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА, МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИЛУ ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ	27
А. А. Сабирзянов	ПОСТРОЕНИЕ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО МЕТОДУ МАКСВЕЛЛА	33
С. А. Герасимов	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТИ И ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ ...	41

А. П. Коваленко	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО	
С. В. Симукова	ТОКА НА ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ	
	ПО ФИЗИКЕ	48

Компьютер в эксперименте

В. В. Майер	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНА	
А. А. Перминов	ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАДИЕНТА	
	ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ	53

АВТОРЫ ЖУРНАЛА	67
ABSTRACTS	68

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
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 12.05.22. Подписано в печать 15.06.22. Дата выхода в свет: 27.06.22. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 151. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Современный вариант эксперимента Г.Герца, в котором обнаруживается электромагнитное излучение, распространяющееся от полуволнового вибратора с искровым промежутком.

УДК 531.2+537.8

Б. А. Мукушев
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА,
МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИЛУ ВСЕМИРНОГО
ТЯГОТЕНИЯ

В статье представлены принципы работы и структура экспериментальной установки, необходимой для моделирования движения тела в поле центральной силы, аналогичной силе всемирного тяготения.

Ключевые слова: электрическая схема установки, катушка с переменным током, магнитное поле, доказательство Вуда, коническое движение стального шарика.

Введение

Нами сконструирована исследовательская экспериментальная установка для получения центральной силы тяготения, величина которой обратно пропорциональна квадрату расстояния от центра. В лабораторных условиях добились того, что стальной шарик в магнитном поле на горизонтальной плоскости движется по траекториям конического сечения (окружность, эллипс, парабола и гипербола).

Исследование движения спутников и небесных тел на основе натуральных экспериментов в условиях земной лаборатории было затруднительным по следующей единственной причине: создание сильного гравитационного или электростатического поля, имеющего свойства центральных сил, в лабораторных условиях оказалось невозможным.

1. Создание силы притяжения с помощью магнитного поля

Известно, что катушка с постоянным током и постоянный магнит имеют одинаковые магнитные свойства (рис. 1).

Обе установки притягивают к себе железные опилки или мелкие железные предметы. С помощью этих опилок можно получить

картины силовых линий катушки с постоянным током и постоянного магнита. Действительно, в поле магнита каждый кусочек железа намагничивается, превращается в «миниатюрную магнитную стрелку» и устанавливается по направлению напряженности (или вектора магнитной индукции) в соответствующей точке.

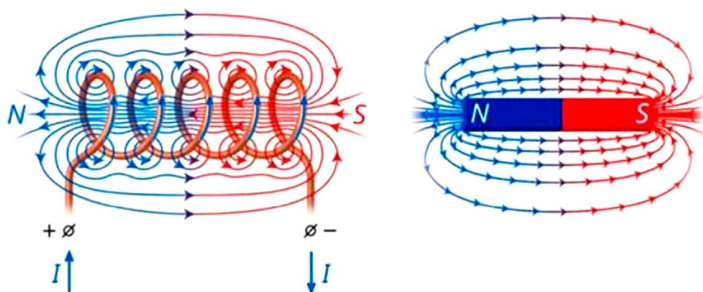


Рис. 1. Магнитные поля катушки с током и постоянного магнита

Если пропустим через катушку переменный промышленный ток с низким напряжением, не обнаруживаются магнитные свойства катушки в связи с тем, что действующая магнитная сила на каждую частицу опилки меняет свое направление 50 раз в секунду. Из-за инертности железные опилки не успевают повернуться на 180° и остаются неподвижными. В результате опилки около катушки располагаются хаотично. Когда течет через катушку однонаправленный пульсирующий ток, магнитная сила, действующая на железные предметы, становится почти постоянной. В результате инертности магнитная стрелка, расположенная около катушки, ведет себя, как будто она находится в магнитном поле постоянного магнита. Этот ток был получен посредством диодного мостика из переменного тока с частотой 50 Гц. График изменения напряжения в зависимости от времени представлен на рис. 2.

Такое выпрямление называется двухполупериодным. Эти магнитные свойства катушки были использованы при конструировании установки для получения магнитного поля. На рис. 3 представлена электрическая схема установки для получения магнитного поля.

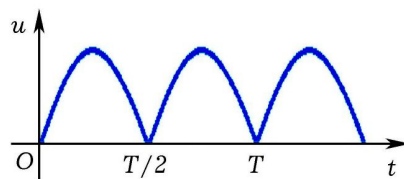


Рис. 2. Двухполупериодное выпрямление переменного напряжения

С понижающего трансформатора на катушку через диодный мостик подается выпрямленный ток. Этот пульсирующий ток создает пульсирующее магнитное поле в катушке. Как выше отмечено, магнитная сила, действующая на шарик, не меняется в зависимости

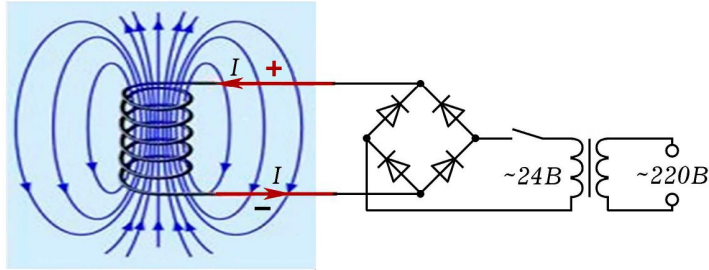


Рис. 3. Схема блока питания электромагнита

от времени. По этой причине мы не использовали систему электрических фильтров для сглаживания пульсаций после выпрямления переменного тока.

2. Принципы работы и структура экспериментальной установки

Для создания такой центральной силы нами была использована катушка с ферромагнитным сердечником. На рис. 4 представлен прибор для демонстрации центрального притяжения посредством магнитного поля.

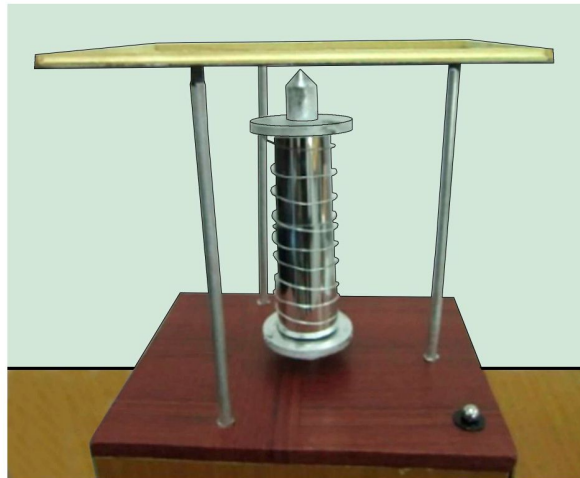


Рис. 4. Фотография прибора для демонстрации центрального притяжения посредством магнитного поля

Вершина конуса сердечника или магнитный полюс катушки играет роль центра модели гравитационного поля. Мы исследовали

действие магнитного поля катушки на стальной шарик (от подшипника) на горизонтальной плоскости (на плоскости стеклопластика) около магнитного полюса катушки. Когда шарик, находящемуся в полюсе, была сообщена скорость, он двигался прямолинейно. При этом скорость шарика все время уменьшалась. Когда шарик остановился, он по этой траектории двигался обратно. Таким образом, шарик совершает колебательное движение около магнитного полюса катушки.

Очевидно, что на шарик действует на плоскости стеклопластика магнитная сила, которую создает горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля катушки. В 1898 году американским физиком Робертом Вудом доказано, что значение горизонтально составляющей магнитной напряженности вертикально расположенной катушки с током всегда обратно пропорционально квадрату расстояния от центра верхней части катушки [1, 2]. А магнитная сила, действующая на шарик, прямо пропорциональна горизонтальной составляющей напряженности. То есть

$$F_{\text{маг}} \sim H_{\text{гор}} \sim \frac{1}{r^2}.$$

Горизонтальные составляющие магнитной индукции на каждой точке стекла должны рисовать на ее плоскости линии, исходящие из магнитного полюса. Эти линии выступают моделью гравитационного поля центральной силы (рис. 5).

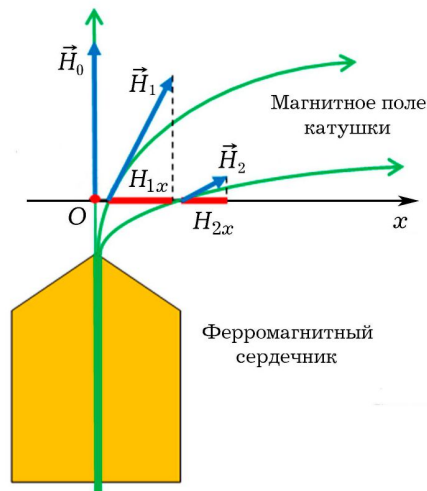


Рис. 5. Горизонтальные составляющие напряженности магнитного поля

Легким толчком или с помощью наклонной плоскости приводят в движение стальной шарик так, чтобы он катился по стеклу мимо вершины конуса. В зависимости от величины скорости, с которой шарик движется около этой вершины, получают искривленную вблизи центра поля траекторию. По этой траектории шарик затем «убегает в бесконечность», или совершает периодическое обращение вокруг центра либо по траектории окружности, либо — эллипса. Размер орбиты уменьшается довольно медленно, так как трение качения шарика о стекло невелико. Получающиеся при различных скоростях траектории соответствуют гиперболе, параболе или эллипсу, один из фокусов которых совпадает с вершиной конуса сердечника. На рис. 6 представлены фрагменты движения шарика в поле центральной силы, созданной магнитным полем катушки.

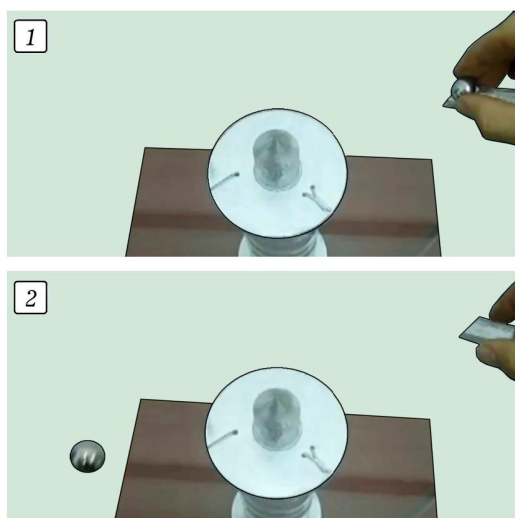


Рис. 6. Движение стального шарика в поле центральной силы, созданной магнитным полем катушки

Если на стекло насыпать металлические опилки, то увидим линии, показывающие направление магнитной силы, подобной силе тяготения около планеты. На рис. 7 представлено расположение железных опилок после включения питания прибора.

Мелкие железные опилки продолговатой формы ложатся вдоль радиальных линий, исходящих из вершины конуса сердечника как из центра гравитации. Если разместить магнитную стрелку на различных точках стекла, то направления стрелок этих приборов пересекутся в центре «гравитационного поля».



Рис. 7. Визуализация магнитного поля в горизонтальной плоскости железными опилками

Катушка, применяемая для данного опыта, питается пульсирующим однонаправленным током. Следует к вторичной обмотке трансформатора последовательно присоединить реостат на 2 А. Оборудование имеет следующие технические характеристики: напряжение во вторичной обмотке 24–36 В; высота катушки 400 мм и диаметр 60–80 мм; диаметр сердечника 15–30 мм, высота его 450–500 мм; конец сердечника, сточенный на конус, имеет длину 20–40 мм; диаметр шарика 10–30 мм; обмотка катушки состоит из 100–200 витков медного провода диаметром 0,5–1,5 мм; лист стеклопластика размером 600×600 мм, находится в строго горизонтальном положении, которое проверяют по безразличному равновесию шарика. (При конструировании установки следует соблюдать технику безопасности!)

ЛИТЕРАТУРА

1. Wood R. W. Lecture-room Demonstration of Orbits of Bodies Under the Action of a Central Attraction // *Phys. Rev. (Series I)* 4, 413 — Published 1 March 1897.
2. Вуд Р. Демонстрация орбит тел, движущихся под действием центрального притяжения // *Квант.* — 1971. — № 11. — С. 22–23.

Казахский агротехнический
университет имени С. Сейфуллина

Поступила в редакцию 19.11.21.

ABSTRACTS

XXVII All–Russia scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions». A report on XXVII All–Russian scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions» is presented. The conference was organized in Glazov on 28–29 January 2022. The names of the reports are given. *Keywords:* didactics of physics, educational physics experiment, conference.

Mayer V. V., Kurbanaliev K. M. Total internal reflection of light and modern gradient optics at school optional lesson. The content of an optional lesson for 8th grade students has been developed. The lesson is devoted to the phenomena associated with the total internal reflection of light in optically homogeneous and inhomogeneous media. *Keywords:* optional lesson, basic school, total internal reflection, gradient optics.

Bakulin V. N., Tolmacheva M. I. Rope is not an easy verve. Different methodological approaches to solving problems with rope are compared. The reasons for discrepancies in the results of solving problems by different methods are analyzed: dynamic and energetic. The results of the application of various approaches by senior physics students to solving rope movement problems are discussed. *Keywords:* educational task, motion models, dynamic and energetic approaches.

Ziyatdinov Sh. G. Trap tasks in the school physics course. The necessity of drawing students' attention to tasks requiring an unconventional approach to their solution is discussed. *Keywords:* school physics course, workshop on solving physical problems, trap tasks.

Mukushev B. A. Experimental setup simulating the force of universal gravity. The article presents the principles of operation and structure of the experimental setup necessary to simulate the movement of a body in a field of central force similar to the force of universal gravity. *Keywords:* electrical circuit of the installation, alternating current coil, magnetic field, Wood proof, conical motion of a steel ball.

Sabirzyanov A. A. Construction of electrostatic field lines by Maxwell's method. Maxwell's method of constructing force lines for a system of two point charges is considered. The force lines are represented by approximating polylines. The equation of force lines is derived in trigonometric form through the functions of two guiding angles. The pictures of force lines for several cases differing in the values and signs of charges are given. *Keywords:* electrostatic field, force lines, construction, Maxwell's method.

Gerasimov S. A. Electric current in liquid and negative magnetoresistivity. Not to confirm, but to understand — that is the purpose of this work. The magnetic field should reduce the current in the substance. This is the result of the so-called magnetoresistivity. It turned out the opposite. The electric current in the electrolyte increases under the influence of a magnetic field. *Keywords:* magnetic field, electric current, temperature, electrolyte, magnetoresistivity.

Kovalenko A. P., Simukova S. V. Research of alternating current rectifier at a laboratory workshop in physics. The article considers the research of the dependence of the ripple ratio, as well as the variable and steady components of the rectified voltage on the load current strength for single-half-period and two-half-period rectifiers. *Keywords:* single-half-period rectifier, two-half-period rectifier, steady component, variable component, ripple ratio.

Mayer V. V., Perminov A. A. Using a smartphone to determine the gradient of the refractive index. For the undergraduate physics workshop of a pedagogical university, a laboratory work is proposed to determine the gradient of the refractive index in the layer between a solution of table salt and pure water. The main measuring device is a smartphone with the program «Radius of curvature of the beam». *Keywords:* laboratory work, refractive index gradient, smartphone, software, photographing curved light beam.