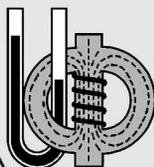


ISSN 2307-5457

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

*Primum
inter pares*



**УЧЕБНАЯ
ФИЗИКА**

Материалы XXVIII Всероссийской
научно-практической конференции

„Учебный физический эксперимент:
Актуальные проблемы. Современные
решения“

Июль - сентябрь 2023 №3

Издаётся с января 1997 года

СОДЕРЖАНИЕ

Хроника

- Т. Н. Шамало ТАЛАНТЛИВЫЙ ЧЕЛОВЕК ВО ВСЕМ ТАЛАНТЛИВ!
А. П. Усольцев К юбилею Зуева Петра Владимировича 3

Основная школа

- М. Д. Даммер САМОДЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРИ
А. А. Сибгатуллин ИЗУЧЕНИИ СТАТИКИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ.....6
П. А. Демин
П. В. Горбунов

Старшая школа

- В. В. Майер МАЯТНИК ДУБОШИНСКОГО СВОИМИ РУКАМИ 18
И. А. Васильев
И. В. Самарин

М. А. Фаддеев МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ — УНИВЕРСАЛЬНАЯ
ФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНЫХ
ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ
И ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ 26

Высшая школа

- В. В. Майер ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ
Е. И. Вараксина ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА 39

Исследования

- А. Е. Тарчевский ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА
В СОВРЕМЕННОЙ ОСНОВНОЙ И СТАРШЕЙ ШКОЛЕ .. 51

- АВТОРЫ ЖУРНАЛА 63
ABSTRACTS 64

Редакция журнала:

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

Редакционный совет:

И. В. Гребенев д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев д.п.н., профессор, Екатеринбург
Ю. А. Сауров д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков д.п.н., профессор, Тамбов
Г. Г. Никифоров к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ф. А. Сидоренко д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская-Назарова к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов
Т. Н. Шамало д.п.н., профессор, Екатеринбург

Перечень ВАК: Журнал «Учебная физика» включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки России в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

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 инженерно-педагогический университет 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.

Подписной индекс: 79876.

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

Сдано в набор 01.08.23. Подписано в печать 20.09.23.

Дата выхода в свет: 22.09.23.

Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,0.

Заказ 159. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Демонстрационный эксперимент для изучения источника тока (Майер В. В., Вараксина Е. И. Экспериментальное изучение источника постоянного тока // Учебная физика. — 2023. — № 3. — С. 39–50).

УДК 372.853

В. В. Майер, И. А. Васильев, И. В. Самарин
МАЯТНИК ДУБОШИНСКОГО СВОИМИ РУКАМИ

Предлагается технология изготовления учащимися основных деталей для сборки магнитного маятника Дубошинского. Цель внеурочной практической деятельности учителя и учеников состоит в проверке возможности изготовления учебной модели этого прибора при использовании стандартного оборудования школьного физического кабинета.

Ключевые слова: маятник Дубошинского, действующая модель, физический кабинет, учебное оборудование.

1. Введение. Выпускники современной школы почти ничего не умеют делать собственными руками. Но на сборке даже сложных устройств из готовых элементов далеко не уедешь. В лучшем случае это позволит организовать на территории нашей страны сборочное производство устаревших продуктов, разработанных другими. Очень похоже, что именно в этом и состоит основная цель современного физического образования, организованного в отечественных школах и в педагогических вузах.

Хочется, однако, надеяться, что это далеко не так, и есть педагоги, которые понимают простую истину: в школе важно научить молодого человека с удовольствием выполнять работу, которая не дает ему никакой материальной выгоды, а просто доставляет удовлетворение и радость от достигнутого результата.

В этой статье дано описание модели маятника Дубошинского [1, 2], которое позволяет представить содержание исследовательского проекта звена из двух старшеклассников, удовлетворяющее приведенному выше критерию. Основной задачей проекта является экспериментальное доказательство возможности изготовления и налаживания действующей модели

магнитного маятника Дубошинского в условиях школьного физического кабинета.

2. Устройство и принцип действия прибора. Магнитный маятник Дубошинского состоит из обычного физического маятника, грузом которого служит постоянный магнит, электромагнита и источника переменного напряжения регулируемой частоты. Частоту ν собственных колебаний действующей модели маятника обычно выбирают в пределах от 0,5 до 1 Гц [3]. Пользуясь школьной формулой для периода колебаний T математического маятника $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, получаем зависимость длины маятника l от частоты ν его собственных колебаний

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{g}{4\pi^2\nu^2}.$$

Подстановка указанных выше значений частоты маятника показывает, что его длину целесообразно выбрать в пределах от 0,25 до 1,0 м.

Если на электромагнит подать переменное напряжение, вывести маятник из положения равновесия и отпустить, то при определенных условиях маятник будет совершать *незатухающие колебания*. Формально эти колебания можно считать *вынужденными*, так как они возникают благодаря действию на колебательную систему периодической силы со стороны электромагнита. Но вместе с тем маятник Дубошинского имеет все признаки *автоколебательной системы* [1–4].

Потери энергии на трение в подвесе и сопротивление воздуха при колебаниях маятника компенсируются за счет взаимодействия постоянного магнита с переменным магнитным полем электромагнита. Компенсация потерь энергии происходит только при подаче на электромагнит переменного напряжения вполне определенной частоты, которая может изменяться в пределах от десятков до тысяч герц.

Устойчивые колебания маятника Дубошинского никогда не бывают строго периодическими: наблюдаются периодическое изменение фазы, частоты и амплитуды около определенных стационарных средних значений [3].

Для школьников, твердо усвоивших условие возникновения резонанса, неожиданным окажется явление, в котором вынужденные колебания магнитного маятника достигают максимальной амплитуды на частоте, сильно отличающейся от частоты вынуждающей силы, созданной переменным полем электромагнита.

3. Изготовление электромагнита. Последовательность изготовления электромагнита понятна из серии фотографий, приведенных на рис. 1.

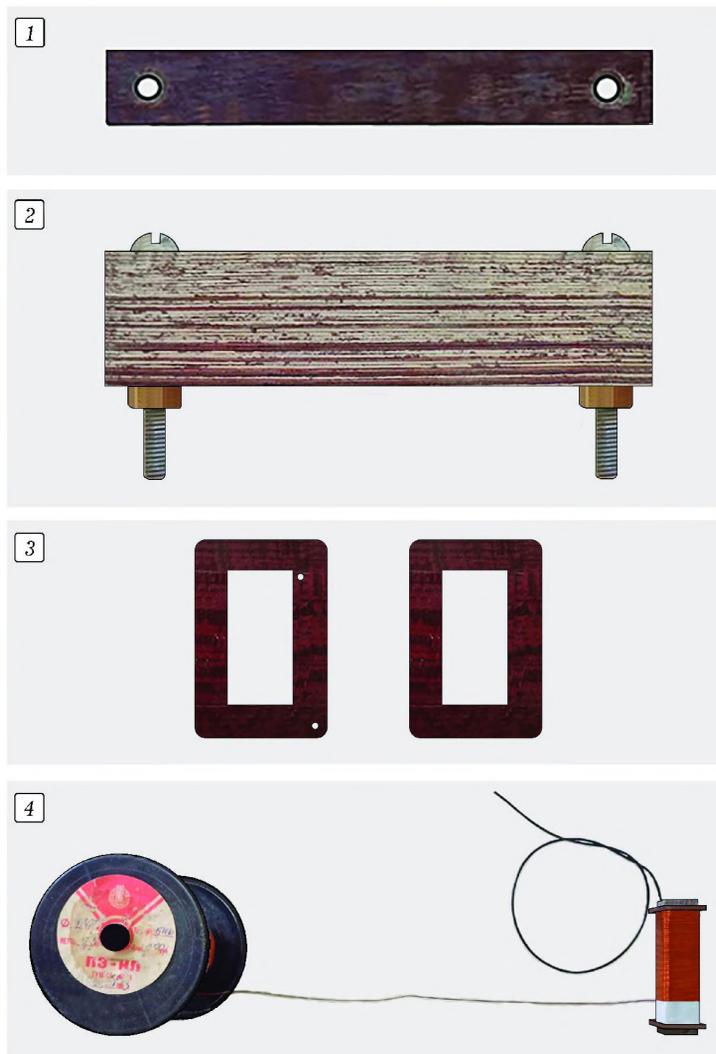


Рис. 1. Технология изготовления электромагнита: 1 — пластина трансформаторного железа; 2 — сердечник электромагнита; 3 — щечки из гетинакса, вместе с сердечником образующие катушку; 4 — способ намотки виток к витку обмотки электромагнита

Сердечник электромагнита набирают из пластин трансформаторного железа размером примерно $0,5 \times 10 \times 80$ мм (рис. 1.1). Напомним, что трансформаторное железо специально предназначено для работы в переменном магнитном поле, чтобы обеспечить минимум потерь энергии на перемагничивание. Пластины железа складывают вместе и скрепляют двумя винтами с гайками так, чтобы получился один стержневой сердечник размером $10 \times 20 \times 80$ мм (рис. 1.2).

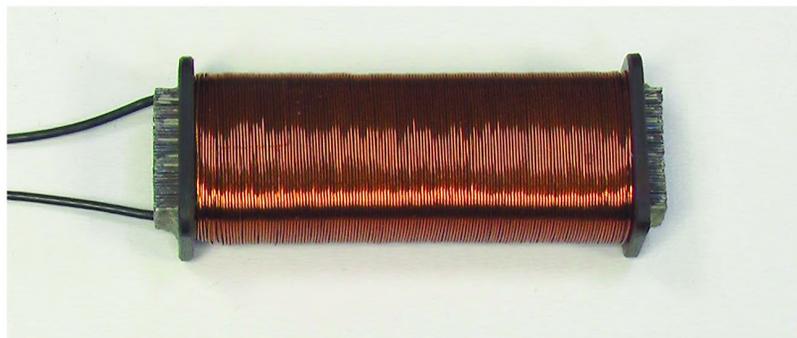


Рис. 2. Готовый электромагнит с выводами из гибких многожильных проводов

Из гетинакса вырезают две одинаковые щечки размером $2 \times 20 \times 30$ мм. Возле внутреннего и внешнего краев одной из щечек сверлят два одинаковых отверстия диаметром примерно 1,5 мм для выводов обмотки (рис. 1.3). Щечки надевают на сердечник и приклеивают их к нему суперклеем *COSMOFEN CA 12 (CA-500.200)* с содой на расстоянии 70 мм одну от другой. Сердечник обертывают одним слоем белой бумаги для принтеров плотностью 80 г/м^2 .

Катушку с медным проводом ПЭЛ-0,47 в лаковой изоляции надевают на стержень так, чтобы она свободно вращалась на нем. Конец провода длиной около 5 мм очищают от изоляции, облуживают припоем, и припаивают к нему гибкий многожильный провод в хлорвиниловой изоляции. Место спая изолируют отрезком термоусадочной трубки. Многожильный провод пропускают через предназначенное для него отверстие в щечке и вручную делают на сердечнике обмотку из примерно 950 витков (рис. 1.4). Намотку производят аккуратно виток к витку, помещая между соседними слоями бумажные прокладки, которые обеспечивают качество и изоляцию каждого из шести

слоев. К концу обмотки точно так же, как к началу, припаивают гибкий многожильный вывод, спай изолируют, а вывод пропускают через второе отверстие в щечке.

Измерения, сделанные мультиметром типа *VC9805*, показывают, что описанная обмотка электромагнита (рис. 2) имеет сопротивление $R = 6,9$ Ом, а индуктивность обмотки с сердечником $L = 48,6$ мГн.

4. Изготовление маятника. В качестве стержня физического маятника использована полоска дюрала размером $2 \times 20 \times 300$ мм, перекрученной на 90° для придания жесткости. На верхнем конце полоски двумя гайками закреплена ось, изготовленная из болта с резьбой М3, концы которого сточены на конус. Своими остриями ось упирается в сделанные острым кернером углубления в двух одинаковых дюралевых уголках, закрепленных на держателе из дюралевого прутка (рис. 3). На нижнем конце маятника силами взаимного притяжения удерживаются два одинаковых цилиндрических неодимовых магнита толщиной 6 мм и диаметром 12 мм (рис. 4).



Рис. 3. Конструкция подвеса физического маятника

5. Настройка маятника Дубошинского. Экспериментальная установка изображена на рис. 5. В муфте штатива закреплена маятник с неодимовыми магнитами на нижнем конце. Под магнитным грузом маятника вдоль плоскости его движе-



Рис. 4. Электромагнит расположен на специальном столике, который закреплен в штативе; над электромагнитом находится нижний конец маятника с двумя неодимовыми магнитами

ния расположен электромагнит. Составной неодимовый магнит повернут так, что его полюсы лежат в плоскости колебаний маятника. Расстояние между неодимовым магнитом и электромагнитом примерно 13 мм.

В первых опытах на катушку электромагнита мы подавали переменное напряжение частотой 50 Гц от включенного в электроосветительную сеть ЛАТРа или РНШ. Величина напряжения изменялась от 20 до 100 В. Маятник отклоняли от положения равновесия и отпускали. При любом напряжении на катушке электромагнита маятник совершал затухающие колебания. В этих опытах катушка быстро нагревалась настолько, что ее было трудно держать рукой, и долго остывала. Вывод: для возбуждения незатухающих колебаний необходимо изменять либо частоту переменного напряжения, либо длину стержня маятника.

Затем в качестве источника переменного напряжения мы использовали школьный звуковой генератор типа ГЗШ-63. Ка-



Рис. 5. Экспериментальная установка для учебного исследования магнитного маятника Дубошинского

тушку электромагнита подключили к выходу 5 Ом генератора. Как обычно, маятник выводили из положения равновесия и отпускали. Пока маятник колеблется, слегка изменяли частоту генератора, стараясь получить незатухающие колебания. Этому впервые удалось достичь при частоте 21,9 Гц, измеренной посредством частотомера типа ЧЗ–33. Подключенная к звуковому генератору катушка нагревалась незначительно.

5. Заключение. Таким образом, первоначальная цель учебного исследования была достигнута: в натурном эксперименте доказано, что в условиях типового школьного кабинета физики может быть изготовлена и приведена в действие модель необычного и удивительного маятника Дубошинского.

При изготовлении этой модели обучающиеся приобретают новые для себя знания и умения, способствующие развитию их *инженерно-физической компетенции*. Налаживание маятника требует точности действий, терпения и веры в успех, а все

это, бесспорно, развивает *экспериментальную компетенцию* будущих исследователей. *Практическая значимость* исследовательского проекта несомненна, так как изготовленные в процессе его выполнения приборы обязательно найдут применение в школьных демонстрационных опытах и лабораторных работах физика-практикума.

Особенно важно то, что проектное исследование маятника Дубошинского может быть продолжено на современном оборудовании. Об этом свидетельствуют блестящие по замыслу и исполнению видеоролики группы *GetAClass — Физика в опытах и экспериментах*, которые без труда можно найти в *YouTube* [5, 6].

Исследование выполнено на базе Федеральной инновационной площадки «Школа учебного физического эксперимента» по проекту «Методика проведения новых физических опытов в школе как средство формирования инженерных компетенций обучающихся», который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения Российской Федерации в рамках государственного задания (дополнительное соглашение Министерства просвещения Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко» № 073-03-2023-026/2 от 20.06.2023 к соглашению № 073-03-2023-026 от 27.01.2023, регистрационный № НИОКТР 1022080500004-8-5.3.1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пеннер Д. И., Дубошинский Д. Б., Козаков М. И. и др. Асинхронное возбуждение незатухающих колебаний // Успехи физических наук. — 1973 — Т. 109. — С. 402–406.
2. Ланда П. С., Дубошинский Я. Б. Автоколебательные системы с высокочастотными источниками энергии // Успехи физических наук. — 1989 — Т. 158. — С. 729–742.
3. Аргументный резонанс Дубошинского [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.sciteclibrary.ru/yabb26/Attachments/st02082018.pdf> (дата обращения: 06.04.2023).
4. Аргументный макроквантовый осциллятор и уравнение Дубошинского [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.sciteclibrary.ru> (дата обращения: 06.04.2023).
5. Магнитный маятник Дубошинского. Часть 1 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NCYN5YUKfeI> (дата обращения: 06.04.2023).
6. Магнитный маятник Дубошинского. Часть 2 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.youtube.com/watch?v=XS7_cLZdgaA (дата обращения: 06.04.2023).

Глазовский государственный
инженерно-педагогический
университет имени В. Г. Короленко

Поступила в редакцию 01.08.23.

ABSTRACTS

Shamalo T.N., Usoltsev A.P. A talented person is talented in everything! To the anniversary of Peter Vladimirovich Zuev. The paper is devoted to the anniversary of Professor Peter Vladimirovich Zuev. *Keywords:* Russian physics education, Professor Peter Vladimirovich Zuev, teacher, scientist.

Dammer M.D., Sibagatullin A.A., Demin P.A., Gorbunov P.V. Homemade equipment for the study of statics in physics lessons. A demonstration installation is offered that helps the teacher and students when studying statics. The design of the installation, a set of equipment for experiments, manufacturing technology and parameters of the main elements are described in detail. Examples of practical application of the developed installation for demonstration of numerous static phenomena and experimental substantiation of the results of solving physical problems of various levels are given. *Keywords:* teaching physics, statics, simple mechanisms, homemade equipment.

Mayer V.V., Vasiliev I.A., Samarin I.V. Homemade Duboshinsky's pendulum. The technology of manufacturing by students of the main parts for the assembly of Duboshinsky's magnetic pendulum is proposed. The purpose of optional practical activity of teachers and students is to test the possibility of manufacturing an educational model of this device using standard equipment of the school physics room. *Keywords:* Duboshinsky's pendulum, operating model, physics room, educational equipment.

Faddeev M.A. Magnetic moment — universal physical characteristic of magnetic fields of electric currents and permanent magnets. The paper considers magnetic fields of constant electric currents and permanent magnets. We have shown the universality of the magnetic moment as a characteristic that adequately describes the magnetic fields of circular electric currents and permanent magnets. *Keywords:* magnetic field, magnetic moment, circular electric current, permanent magnet, school physics experiment.

Mayer V.V., Varaksina E.I. Experimental study of a DC source. We propose to perform an experimental study of a DC thermoelectric source and give a simple explanation of the experimental results before considering a galvanic cell in a general physics course. The advantage of this approach is that the elementary theory of a thermoelectric source is quite accessible to students, does not require knowledge of electrochemical processes and is justified by simple and visual demonstration experiments. *Keywords:* thermoelectric source, direct current, electromotive force, Fermi level.

Tarchevsky A.E. Organization of a physical workshop in a modern primary and high school. The main author's principles of the organization and implementation of a modern and original physical workshop in high school are considered. *Keywords:* modern school, physical workshop, organization, basic principles.