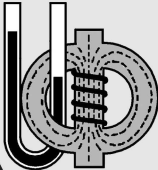


ISSN 2307-5457

*Primum
inter pares*

Материалы XXX Всероссийской
научно-практической конференции

„Учебный физический эксперимент:
Актуальные проблемы. Современные
решения“



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

**УЧЕБНАЯ
ФИЗИКА**

Январь - март 2025 №1

Издается с января 1997 года

СОДЕРЖАНИЕ

Хроника

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

Основная школа

В. В. Майер	ПРЕПАРАТЫ ИЗ ЛИКОПОДИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО	
Е. И. Вараксина	НАБЛЮДЕНИЯ И ДЕМОНСТРАЦИИ ДИФРАКЦИИ	
И. А. Васильев	СВЕТА В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ	15
Е. А. Широбокова		

Старшая школа

С. И. Официн	МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ ОПЫТОВ	
О. В. Кирьяков	С КАТУШКОЙ ИНДУКТИВНОСТИ	28

И. Ю. Зворыкин	УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ ПО СОЗДАНИЮ	
М. Р. Каткова	ВЫСОКООМНОЙ ПРИСТАВКИ К ВОЛЬТМЕТРУ	34

Высшая школа

Е. И. Вараксина	УЧЕБНЫЕ ОПЫТЫ ПО ДИФфуЗИИ НА УРОЧНЫХ	
В. В. Майер	И ВНЕУРОЧНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО ХИМИИ И ФИЗИКЕ	39
Л. В. Шиляева		

И. В. Гребенев	ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ....	56
П. В. Казарин		
Е. В. Чупрунов		

Исследования

А. П. Усольцев	РАЗВИТИЕ МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ СРЕДСТВАМИ	
Т. Н. Шамало	УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	66
Б. М. Игошев		

От редакции

АКТИВНЫЙ ДЕЯТЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ (в память о Геннадии Григорьевиче Никифорове)	74
---	----

АВТОРЫ ЖУРНАЛА	76
----------------------	----

Редакция журнала:

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

Редакционный совет:

С. В. Барышников	д.ф.-м.н., профессор, Благовещенск
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
О. В. Лебедева	д.п.н., доцент, Нижний Новгород
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
А. П. Усольцев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
А. А. Шаповалов	д.п.н., профессор, Барнаул

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, 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, ФГБОУ ВО «ГИПУ», Телефон: (341 41) 5–32–29.
E-mail: uch-fiz@mail.ru, 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 03.03.25. Подписано в печать 27.03.25.

Дата выхода в свет: 31.03.25.

Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,75.

Заказ 169. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Демонстрация натурной модели сердца доцентом А. В. Долженко на XXX Всероссийской научно-практической конференции «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения».

Научная статья
ББК 74.262.23
УДК 372.853

С. И. Официн, О. В. Кирьяков
**МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ ОПЫТОВ
С КАТУШКОЙ ИНДУКТИВНОСТИ**

Предлагаются содержание и методика постановки опытов по различным темам курса физики, электротехники и электроники, в которых изучаются физическая сущность и практическое применение явления электромагнитной индукции. Оригинальное оборудование для опытов разработано и изготовлено обучающимися под руководством преподавателя в процессе внеурочной проектной деятельности.

Ключевые слова: электромагнитная индукция, катушка индуктивности, принципиальная схема, разноцветные светодиоды, учебные опыты.

S. I. Oficin, O. V. Kiryakov
**THE METHOD OF PERFORMING EXPERIMENTS
WITH AN INDUCTOR COIL**

The content and methodology of performing experiments on various topics of the course of physics, electrical engineering and electronics, which study the physical essence and practical application of the phenomenon of electromagnetic induction, are proposed. The original experimental equipment was developed and manufactured by students under the guidance of a teacher in the course of optional project activity.

Ключевые слова: electromagnetic induction, inductance coil, circuit diagram, multi-colored LEDs, educational experiments.

DOI: 10.62957/2307-5457-2025-1-28-33

Введение

В дидактике физики учебному эксперименту, связанному с явлением электромагнитной индукции, посвящено немало исследований. Об этом свидетельствует далеко не полный перечень источников информации, приведенный в конце статьи [1–5]. В последние годы массовое вовлечение обучающихся в проектную деятельность

привело к созданию новых учебных опытов, предназначенных для совершенствования методики изучения физических явлений.

Альтернативой традиционной методики изучения катушки индуктивности можно считать учебное исследование явления электромагнитной индукции на экспериментальной установке, спроектированной и изготовленной участниками образовательного процесса во внеурочной проектной деятельности [6].

Учебный эксперимент

Для постановки описанных ниже опытов с катушкой индуктивности потребуются: источник постоянного и переменного тока с регулируемым значением выходного напряжения; катушка индуктивности с железным сердечником и большим количеством витков; два светодиода синего и красного цвета, смонтированные в едином блоке с катушкой индуктивности; два мультиметра; соединительные провода с наконечниками; постоянный подковообразный или полосовой магнит; дополнительный модуль соленоида с сетевым питанием (рис. 1).



Рис. 1. Учебное оборудование для опытов с катушкой индуктивности

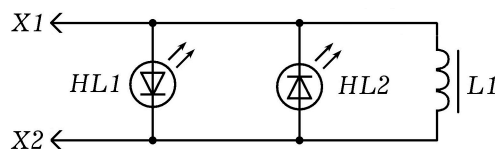


Рис. 2. Принципиальная схема блока катушки индуктивности для учебных экспериментов

Рассмотрим методику постановки опытов с блоком катушки индуктивности, принципиальная схема которого изображена на рис. 2, и приведем примеры несложных теоретических расчетов.

Опыт 1. Определение активного сопротивления катушки. Первый опыт по определению активного сопротивления R_1 катушки $L1$ в цепи постоянного тока осуществим по предлагаемой на рис. 3 эквивалентной схеме.

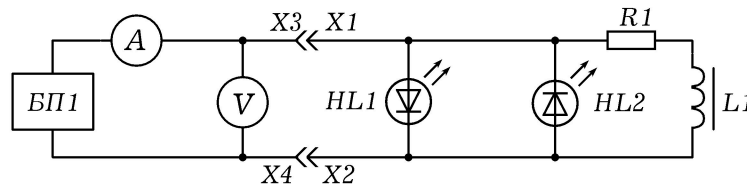


Рис. 3. Электрическая схема установки для определения активного сопротивления катушки индуктивности

Опыт проводится при небольшом входном напряжении питания ($U < 0,5$ В), при котором светодиоды $HL1$ и $HL2$ не излучают. Следовательно, силой идущего через них тока по сравнению с силой тока, проходящего через катушку $L1$, можно пренебречь. Согласно закону Ома для участка цепи $I = U/R_1$ активное сопротивление катушки равно:

$$R_1 = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

Измерив мультиметрами значения электрического напряжения U и силы тока I , вычислим по формуле (1) активное сопротивление R_1 катушки индуктивности с железным сердечником. *Пример расчета:* $U = 0,5$ В; $I = 0,2$ мА; $R_1 = 0,5/0,2 = 2,5$ (кОм).

Опыт 2. Определение полного сопротивления катушки. Второй опыт связан с нахождением полного электрического сопротивления Z катушки в цепи переменного тока по аналогичной принципиальной и эквивалентной схеме (рис. 2 и 3). В установке вместо источника постоянного тока берется источник переменного тока, амплитуда напряжения которого не превышает 0,5 В.

Согласно закону Ома

$$Z = \frac{U}{I}. \quad (2)$$

Проведя несложные измерения переменного напряжения и силы тока, вычислим значение Z . *Пример расчета:* $U = 0,47$ В; $I = 0,12$ мА; $Z = 0,47/0,12 = 3,9$ (кОм).

Опыт 3. Определение индуктивности катушки. Третий опыт представляет собой теоретический расчет индуктивности L катушки по результатам вычислений в двух первых опытах. Зная, что $X_L = \omega L = 2\pi fL$, выразим

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}, \quad (3)$$

где X_L — индуктивное сопротивление катушки (Ом); ω — угловая частота (рад/с); $f = 50$ Гц — частота переменного тока. Так как полное сопротивление катушки $Z^2 = R_1^2 + X_L^2$, то:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_1^2}. \quad (4)$$

Из формул (3) и (4) получим выражение для индуктивности катушки:

$$L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{Z^2 - R_1^2}. \quad (5)$$

Пример расчета: $L = \sqrt{(3,9 \cdot 10^3)^2 - (2,5 \cdot 10^3)^2} / 314 \approx 9,6$ Гн.

Опыт 4. Демонстрация явления электромагнитной индукции. Перпендикулярно сердечнику катушки перемещаем подковообразный или полосовой магнит и убеждаемся в поочередном свечении светодиодов. Цвет светодиодов $HL1$ и $HL2$ характеризует направление электрического тока, генерируемого в цепи катушки. Его направление определяется правилом Ленца [7]. Величина электродвижущей силы в катушке индуктивности зависит от скорости перемещения магнита и качественно оценивается яркостью свечения светодиодов.

Опыт 5. Применение электромагнитной индукции для превращения механической энергии в электрическую. Этот опыт наглядно подтверждает возможность превращения механической энергии в электрическую, которая накапливается в конденсаторе. Для постановки опыта используется дополнительный модуль к экспериментальной катушке индуктивности в виде установки (рис. 4), принципиальная схема которой представлена на рис. 5.

Идея опыта состоит в том, что перемещая вблизи катушки постоянный магнит и совершая при этом механическую работу, наблюдаем процесс постепенного накопления электрической энергии на конденсаторе $C1$. Во время генерирования отрицательной полуволны напряжения на катушке индуктивности $L1$ модуля загорается светодиод $HL2$ (рис. 3). Положительная полуволна напряжения на катушке $L1$ не вызывает свечения светодиода $HL3$ (рис. 5), так



Рис. 4. Экспериментальная установка

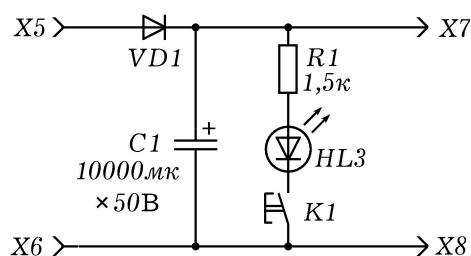


Рис. 5. Принципиальная схема дополнительного модуля установки

как он зашунтирован заряжающимся конденсатором $C1$, напряжение на котором растет в соответствии с формулой:

$$U = \sqrt{\frac{2W}{C}}. \quad (6)$$

Светодиод $HL3$ начнет вспыхивать при достижении значения напряжения на конденсаторе $C1$ около 2,2 В, сигнализируя об окончании процесса накопления энергии. Для минимизации падения напряжения на $VD1$ выбирается диод типа Шоттке. Нажав кнопку $K1$, можно наблюдать постепенный переход накопленной в конденсаторе электрической энергии в энергию оптического излучения светодиода $HL3$.

Используя дополнительный модуль, содержащий катушку индуктивности, подключаемый к сети переменного тока 220 В, наглядно доказывают передачу энергии электромагнитным полем на расстояние примерно 10 мм.

В процессе проектирования экспериментальной учебной установки применялись доступные, недорогие компоненты. Спецификация материалов и деталей приведена в табл. 1.

Таблица 1
Перечень компонентов к принципиальным схемам

№	Элемент	Наименование	Тип	Величина	Кол-во
1	R1	Резистор	BC-0,125	1,5 кОм±5%	1
2	VD1	Диод Шоттки	1N5819		1
3	HL1	Светодиод синий	BL-L542UBC		1
4	HL2	Светодиод красный	AL307Б		1
5	HL3	Светодиод красный	L314ED		1
6	C1	Конденсатор электролитический	K50-35	10000 мкФ×50 В	1
7	L1	Катушка индуктивности		15000 витков, 2400 Ом	1
8	PA	Мультиметр (амперметр)	MS8221A		1
9	PV	Мультиметр (вольтметр)	MS8221A		1
10		Источник постоянного и переменного напряжения	LW LONGWEI (LW-K305D)		1
11	K1	Выключатель	Кнопочный		1
12		Соленоид с сетевым питанием		5000 витков, 3500 Ом	1

Заключение

Представленный материал целесообразно использовать при подготовке занятий курса физики и технологии, а также для организации работы объединения по интересам системы дополнительного образования [8].

ЛИТЕРАТУРА

- Ушаков М. А. О демонстрации явлений самоиндукции // Физика в школе. — 1949. — № 5. — С. 55–57.
- Жакин С. П. Экспериментальная исследовательская задача по электромагнетизму // Физика в школе. — 2014. — № 2. — С. 37–42.
- Молотков Н. Я., Ломакина О. В., Егоров А. А. Экспериментальное обоснование явления самоиндукции // Учебная физика. — 2007. — № 2. — С. 32–41.
- Майер В. В., Вараксина Е. И. Доказательная демонстрация самоиндукции на уроке физики // Учебная физика. — 2018. — № 1. — С. 16–21.
- Гребенев И. В., Казарин П. В. Небольшое упражнение на тему «Экспериментирующее мышление преподавателя физики» // Учебная физика. — 2024. — № 1. — С. 33–40.
- Официн С. И., Гуреев М. М. Конструкторский проект по физике и технике // Проблемы учебного физического эксперимента. Сборник научных трудов. Выпуск 35. — М.: ИСРО РАО, 2022. — С. 58–60.
- Физика: Учеб. пособие для 10 кл. шк. и классов с углубл. изуч. физики / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Э. Е. Эвенчик и др.; Под ред. А. А. Пинского. — М.: Просвещение, 1995. — 415 с.
- Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1975. — 272 с.

Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета

Поступила в редакцию 18.12.24.