



CFRM

ДЕСЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ МОЛОДЕЖНЫЙ СИМПОЗИУМ

**ФИЗИКА БЕССВИНЦОВЫХ ПЬЕЗОАКТИВНЫХ И РОДСТВЕННЫХ
МАТЕРИАЛОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКО-СИСТЕМ**

(Анализ современного состояния и перспективы развития)

**PHYSICS OF LEAD-FREE PIEZOACTIVE AND
RELATED MATERIALS. MODELING OF ECO-SYSTEMS**

(Analysis of current state and prospects of development)

Сборник трудов **Том II**

27-28 ДЕКАБРЯ

2021



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования "Южный федеральный университет"
Федеральный исследовательский центр «Южный научный центр
Российской академии наук»
Научно - исследовательский институт физики Южного федерального
университета
Молодежный физико-технический научно-инновационный центр
ЮФУ–ЮНЦ РАН,
Совместный студенческий научно-исследовательский институт
физического материаловедения ЮНЦ РАН – НИИ физики ЮФУ

**ФИЗИКА БЕССВИНЦОВЫХ ПЬЕЗОАКТИВНЫХ И
РОДСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭКО-СИСТЕМ (АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ)**

Труды Десятого Международного междисциплинарного молодежного
симпозиума

г. Ростов-на-Дону, 27–28 декабря 2021 года

Том 2

Ростов-на-Дону
2021

УДК. 621.315.612
ББК 22.3
Ф50

Редакционная коллегия:

Резниченко Л.А., д.ф.-м.н., профессор, зав. отделом интеллектуальных материалов и нанотехнологий НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Вербенко И.А., д.ф.-м.н., директор НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Павелко А.А., к.ф.-м.н., директор молодежного физико-технического научно-инновационного центра ЮФУ–ЮНЦ РАН, зав. лабораторией диэлектрических и пьезоэлектрических измерений НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Андрюшин К.П., к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник отдела интеллектуальных материалов и нанотехнологий НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

«Физика бессвинцовых пьезоактивных и родственных материалов. Моделирование экосистем (Анализ современного состояния и перспективы развития)». Труды Десятого Международного междисциплинарного молодежного симпозиума.

Вып. 10.: в 2 т. - Ростов-на-Дону, 27–28 декабря 2021 г.

Труды симпозиума: в 2 т. – Ростов-на-Дону. Изд-во Южного федерального университета, 2021.

ISBN 978-5-907361-93-5

Т.2: 2021. – 366с.: ил.

ISBN 978-5-907361-95-9 (Т2)

Proceedings of the international symposium «Physics of Lead-Free Piezoactive and Related Materials. Modeling of eco-systems (Analysis of Current State and Prospects of Development)».

В сборнике представлены труды Десятого Международного междисциплинарного молодежного симпозиума «Физика бессвинцовых пьезоактивных и родственных материалов. Моделирование экосистем (Анализ современного состояния и перспективы развития) («LFPM-2021)», посвященного 50-летию со дня основания Научно-исследовательского института физики Южного федерального университета. В рамках симпозиума, проходившего в Ростове-на-Дону 27–28 декабря 2021 г., рассматриваются вопросы разработки, создания, исследования и перспектив практического применения бессвинцовых пьезоактивных и родственных материалов.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов и всех интересующихся современной наукой исследователей.

Подготовка и проведение Симпозиума «LFPM-2021», а также выпуск сборника трудов осуществлены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ: Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № (0852-2020-0032)/(БА30110/20-3-07ИФ).

Публикуется в авторской редакции.

132.	ЦЕНТРЫ СВЯЗЫВАНИЯ ИОНОВ ЦИНКА В ГЕМОГЛОБИНЕ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭКЗОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ФАКТОРОВ Е.В. Пронина, М.А. Кременная, В.Ю. Лысенко, Г.Э. Яловега	249
	Секция 9. Методическая секция	252
133.	ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ Безверхняя Н.А., Безверхний А.Л., Грицких А.В.	253
134.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ARDUINO ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДЕМОСТРАЦИОННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА А.В. Грицких, В.В. Щучкин, А.А. Юдин	263
135.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА РЕАКЦИИ ЙОДИРОВАНИЯ АЦЕТОНА ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ А.В. Грицких, Н.Д. Патенко, Н.Н. Пташкина	267
136.	ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ 7-9 КЛАССОВ С УГЛУБЛЁННЫМ ИЗУЧЕНИЕМ ФИЗИКИ А.Л. Безверхний, А.В. Грицких	271
137.	АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ МЕТРОЛОГИИ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ Н.В. Путилин	277
138.	МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, РАЗМЕЩЕННЫХ ПОВЕРХ ПРОВОДНИКА МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ Я. А. Рейзенкинд, А. Б. Клещенков, А. М. Лерер, Ю. М. Нойкин	280
139.	ЛОКАЛЬНОЕ АТОМНОЕ СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ(II) С ЗАМЕЩЕННЫМИ (БЕНЗИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)- И (ИМИДАЗОЛ-2-ИЛ)ФЕНИЛМЕТАНОЛАМИ В.Г. Власенко, Е.А. Кунченко, Ю.В. Кошкиенко, Б.В. Чальцев, А.С. Бурлов	283
140.	ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В 9,9,10,10-ТЕТРАЭТИНИЛ-9,10-ДИГИДРОСИЛАНТРЕНЕ М.М. Татевосян, В.Г. Власенко, Е.А. Кунченко, Т.Н. Жукова	289
141.	КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ АЦЕТИЛЕНА: РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ М.М. Татевосян, В.Г. Власенко, Е.А. Кунченко, Т.Н. Жукова, В.А. Кондаков	295
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	301
	АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	302
	СОДЕРЖАНИЕ	307
	ПРИЛОЖЕНИЯ	312

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ 7-9 КЛАССОВ С УГЛУБЛЁННЫМ ИЗУЧЕНИЕМ ФИЗИКИ

¹Безверхний А.Л., ^{1,2}Грицких А.В.

В работе рассматриваются идеи развития творческих способностей учащихся, раскрываются возможности повышения эффективности лабораторного эксперимента в организации исследовательской работы учащихся в классах с углубленным изучением физики.

FORMATION OF THE RESEARCH COMPETENCE OF STUDENTS OF 7-9 GRADES WITH IN-DEPTH STUDY OF PHYSICS

Bezverhniy A.L., Hrytskykh A.V.

The paper discusses the ideas of developing the creative abilities of students, reveals the possibilities of increasing the effectiveness of laboratory experiments in organizing the research work of students in classes with in-depth study of physics.

Развитие современной науки строится на использовании экспериментальной деятельности, основы навыков которой закладываются в курсе физики.

Изучение физики в современной школе базируется на использовании компетентностного и деятельностного подходов: в рамках школьного курса физики деятельностный подход можно рассматривать в качестве основополагающего, поскольку в основе познания ряда физических явлений лежит экспериментальная деятельность, которая направлена на формирование у учащихся представлений о методологических основах познания с помощью учебного физического эксперимента.

В современной системе образования происходят важные преобразования, целью которых является повышение престижа образования, создание условий для гармонического развития личности. Главный путь для достижения поставленных целей – это метапредметный и деятельностный подходы к обучению.

Одними из главных метапредметных результатов освоения образовательной программы, прописанных в Государственных стандартах ЛНР, являются умение самостоятельно планировать, осуществлять и корректировать свою деятельность для достижения поставленных результатов, владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач [4; 6].

Как видим, требования к качеству образования повышаются. Поэтому, на наш взгляд, каждому учителю следует задуматься над смыслом образования и своей деятельностью в этой связи. Мы стремимся к тому, чтобы знания, умения и навыки, приобретенные детьми в школе, были более прочными. Однако, несмотря на это, многое забывается. В то же время, процесс обучения в период быстрого научно-технического прогресса и слабой социальной защищённости большей части людей требует дополнительной активизации учебно-познавательной деятельности учащихся, развития их мыслительных и творческих способностей для того, чтобы лучше подготовить выпускников к самостоятельной жизни. Такая работа педагогов позволит поднять престиж образования, повысить интерес к изучению различных дисциплин, особенно физики.

Таким образом, можно сделать вывод, что одной из задач современной методики физики, как и всего школьного образования в целом, является развитие способности к творческому мышлению, поддержка одаренных детей, формирование навыков самообразования и самореализации личности.

Деятельностный подход к процессу обучения призван в значительной мере способствовать решению этой задачи. Одна из форм активной деятельности учащихся – мышление. Его развитие через добывание новых знаний путями решения учебных проблем, исследовательскую экспериментальную деятельность и другими способами значительно повышает эффективность

процесса обучения, потому что теоретические знания, добытые осмысленно и многократно применённые в практической деятельности, становятся более прочными и значащими. Мы считаем, что основной целью осуществления деятельностного подхода не должна быть интенсификация обучения. Главное – приобретение учениками опыта творческой деятельности, как одного из компонентов содержания образования, а также развитие практических умений и навыков, аналитического мышления, способностей к самостоятельному добыванию информации и анализу проделанной работы.

Придание исследовательского характера всем видам физического эксперимента, как мы считаем, является важнейшим компонентом развития творческой деятельности учащихся в процессе обучения физике. В работах [1] – [3], [5] мы говорили о необходимости развития творческих способностей учащихся через выполнение лабораторных работ исследовательского характера. Под творческими навыками, которые можно формировать при выполнении физического эксперимента, мы понимаем такие:

- спланировать эксперимент, который дает возможность исследовать то или иное явление или проверить физический закон;
- самостоятельно выбрать метод решения теоретической задачи;
- самостоятельно выполнить исследование;
- уметь изменять условия эксперимента для достижения наиболее достоверного результата;
- самостоятельно оформить результаты эксперимента, математически их обработать;
- выделить причины погрешностей, проанализировать точность полученных результатов, сделать выводы из результатов эксперимента [2].

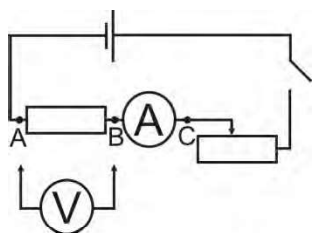
Для решения этих задач нами был разработан спецкурс «Исследование физических закономерностей экспериментальными методами» для 8-11 классов, который успешно внедряется в ГУ «Луганская специализированная школа № 1 имени профессора Льва Михайловича Лоповка».

Ученики 8 класса выполняют работы фронтально, то есть имеют примерно одинаковое оборудование и выполняют одновременно какую-то одну работу. Им приходится больше помогать, они получают достаточно подробные описания работ и иногда время на выполнение работы увеличивается. Но все работы предполагают изменение условий эксперимента, вариативность оборудования. Постепенно учащимся предоставляется больше самостоятельности в оформлении работ и планировании эксперимента. Ниже приводятся примеры описаний работ спецкурса для 8 класса (полные или сокращённые).

Лабораторная работа № 1. «Определение некоторых параметров электрической цепи»

Оборудование: источник тока, два реостата (1100 Ом, 6 Ом), два одинаковых амперметра, миллиамперметр, вольтметр, ключ, резистор, провода, милливольтметр.

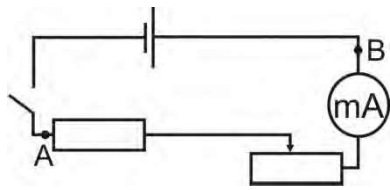
Ход работы



Задание 1. Определение сопротивления амперметра.

1. Соберите цепь по схеме (реостат 6 Ом, вольтметр с пределом шкалы 6 В). Ползунок реостата поставьте в крайнее левое положение (R_{\max}). Замкните ключ. Запишите показания амперметра.
2. Подключите вольтметр к точкам А и В запишите U_{ab} , аналогично U_{AC} и U_{BC} . Изменяется ли при этом сила тока?
3. Повторите измерения ещё при двух положениях реостата. Измерьте U_{BC} , вторым (более точным) вольтметром.
4. Включите последовательно с первым второй амперметр. Запишите показания амперметров, равны ли они? Почему? Измерьте общее напряжение в цепи.
5. Замкните проводом клеммы первого амперметра. Запишите новые показания второго амперметра.
6. Повторите измерения при двух других положениях реостата.
7. Повторите п. 4-6 подключив второй амперметр параллельно резистору.

Задание 2. Определение сопротивления вольтметра



1. Соберите цепь по схеме (реостат-1100 Ом). Ползунок реостата поставьте в среднее положение. Замкните ключ. Запишите показания миллиамперметра

2. Подключите (поднесите) вольтметр к клеммам реостата. Запишите показания вольтметра и миллиамперметра.

3. Подключите вольтметр к клеммам АВ. Запишите показания приборов.

4. Не меняя положения ползунка реостата, подключите вольтметр последовательно с реостатом. Запишите показания приборов.

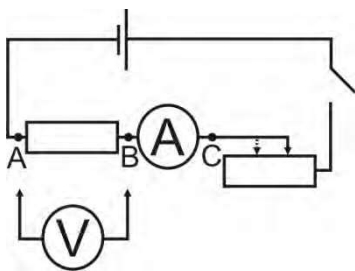
5. Повторите п. 1-4 еще при двух положениях реостата

Оформление

Оборудование: источник тока, два реостата, амперметр, миллиамперметр, вольтметр, ключ, резистор, соединительные провода.

Задание 1 Определение сопротивления амперметра

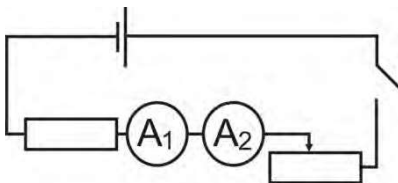
А)



I(A)	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}	R_A	R_{Acp}	R_{AB}

$$U'_{BC} = \dots U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \Rightarrow U_{BC} = U_{AC} - U_{AB}; U_{BC} = I \cdot R_A \Rightarrow R_A = \frac{U_{BC}}{I}; R'_A = \frac{U'_{BC}}{I}$$

Б)



$I_1 A$			
$I_2 A$			

$$I'_2 =$$

$$I_2(R + R_A) = U$$

$$I_2 R = U - I_2 R_A$$

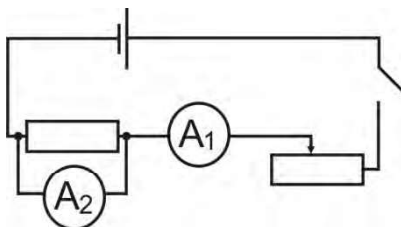
$$\frac{I'_2}{I_2} = \frac{U}{U - I_2 R_A}$$

$$I'_2 \cdot R = U$$

$$I'_2 R = U$$

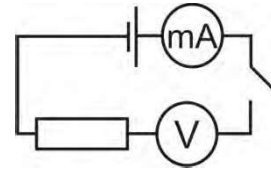
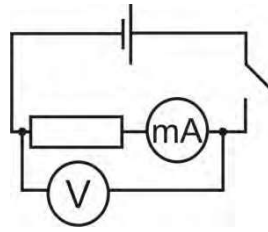
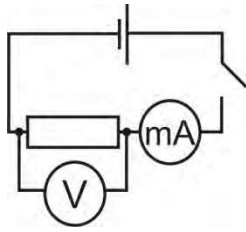
$$R_A = \dots (\text{выразить}).$$

В)



$$I_1 = I_2 + I_R; \frac{I_R}{I_2} = \frac{R_A}{R} \Rightarrow R_A = R \cdot \frac{I_1 - I_2}{I_2}$$

Задание 2. Определение сопротивление вольтметра



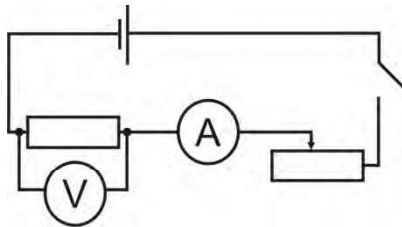
$$I_2 = I_R + I_V = \frac{U_2}{R} + \frac{U_2}{R_V} \quad (1) \quad R = \frac{U_1}{I_1} \quad (2) \quad I_3 \cdot R_V = U_3$$

Из формулы (1) и (2) выразите R_V и посчитайте его. $R_V = \frac{U_3}{I_3}$ (3)

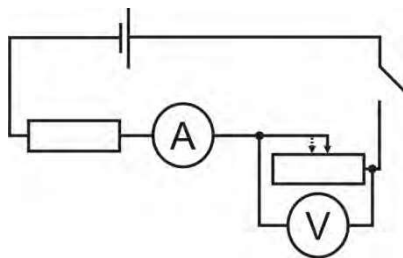
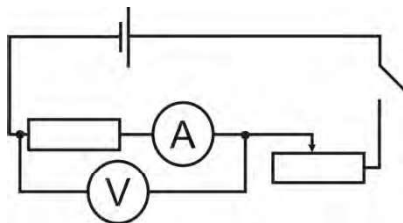
Вычислите сопротивление вольтметра по формуле (3).

Сделайте выводы по заданиям: сравните точность методов определения сопротивления приборов, объясните результаты. Выявите причины погрешностей.

Задание 3. Определение сопротивления резистора и реостата



3. Измените подключение вольтметра. Что изменилось? Почему? Внесите необходимые изменения в расчет сопротивления резистора (для одного из случаев).



1. Соберите цепь по схеме (реостат 6 Ом).

2. Изменяйте реостатом силу тока в цепи и напряжение на резисторе, записывая показания приборов. Результаты оформите в виде таблицы и графика зависимости силы тока от напряжения. Объясните результаты.

3. Измените подключение вольтметра. Что изменилось? Почему? Внесите необходимые изменения в расчет сопротивления резистора (для одного из случаев).

4. Соберите цепь по схеме. Реостатом установите минимальную силу тока. Запишите показания амперметра и вольтметра. Рассчитайте сопротивление реостата $R = \frac{U}{I}$

5. По формуле $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$ определите удельное сопротивление

провода ρ . Формулы для расчетов:

$$l = N \cdot \pi \cdot D; \quad S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad d = \frac{L}{N};$$

$$\rho = \frac{U \cdot S}{I \cdot l} = \frac{U \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot I \cdot N \cdot \pi \cdot D} = \frac{U \cdot L^2}{4 \cdot I \cdot N^3 \cdot D}, \quad \text{где}$$

L -длина реостата, D -диаметр реостата, N -число витков, d – диаметр провода.

Рассчитайте погрешность ρ по формуле: $\varepsilon_\rho = \varepsilon_U + 2 \cdot \varepsilon_L + \varepsilon_I + \varepsilon_D$.

Примечание

На выполнение данной работы учащимся отводится 3 урока. Как показывает опыт, этого вполне достаточно для хорошо подготовленных детей. Если кто-то из учащихся не успевает выполнить весь объём работы, то им можно предоставить время для расчётов и оформления работы на следующем занятии спецкурса. Здесь важно не перегружать детей, а, наоборот, развивать интерес к практической деятельности. Многие из учащихся, которые ещё не привыкли работать с электрическим оборудованием, с удовольствием остаются развить свои навыки после уроков. Главным достоинством данной работы является то, что учащиеся 8 класса знакомятся с большим количеством электроизмерительных приборов, приобретают навыки работы с ними, учатся анализировать различные методы измерений и делать выводы из

проделанных исследований. Но чтобы работа шла более динамично, учителю необходимо тщательно подобрать оборудование, особенно точное.

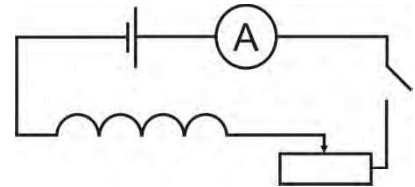
Лабораторная работа «Исследование работы электромагнита»

Оборудование: катушка, сердечник, источник тока, реостат, амперметр, компас, провода, ключ, линейка.

Ход работы

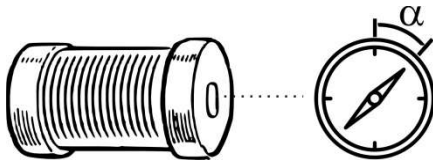
Задание 1.

1. Перечертите схему в тетрадь. Соберите цепь по схеме:
2. Замкните цепь. Реостатом установите минимальную силу тока. Расположите катушку с током так, чтобы ее ось была перпендикулярна магнитной стрелке и на таком расстоянии чтобы стрелка практически не поворачивалась ($\alpha \approx 0$).



3. Сделайте чертеж.

4. Исследуйте, как будет меняться угол поворота стрелки α при изменении силы тока. Результаты заносите в таблицу (5-6 значений α). Повторите измерения, вставив в катушку железный сердечник.



	№	1	2	3	4	5	6
Катушка без сердечника	I(A)						
	$\alpha(^{\circ})$						
Катушка с сердечником	I(A)						
	$\alpha(^{\circ})$						

Задание 2.

1. Установите произвольное значение I (например, среднее). Экспериментально определите расстояние r_1 , соответствующее углу поворота стрелки $\alpha \approx 0$. Не меняя силу тока, исследуйте зависимость α от r. Результаты занесите в таблицу (5-6 значений r).
2. Повторите измерения, вставив в катушку железный сердечник. Результаты занесите в таблицу.

	№	1	2	3	4	5	6
Катушка без сердечника	r(м)						
	$\alpha(^{\circ})$						
Катушка с сердечником	r(м)						
	$\alpha(^{\circ})$						

1. По результатам измерений постройте два графика зависимости $\alpha(I)$, $\alpha(r)$.
2. Сделайте чертеж, на котором укажите полярность подключения катушки и полюсы стрелки, магнитные силовые линии катушки.

Сделайте выводы по работе.

Лабораторная работа «Изучение электродвигателя постоянного тока»

Оборудование: двигатель, источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, провода.

Ход работы

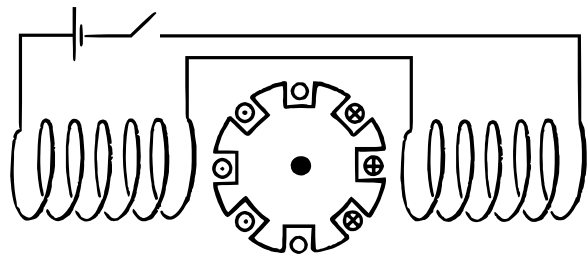
1. Начертите схему и соберите по ней цепь
2. Реостатом установите максимальное сопротивление цепи. Замкните ключ(двигатель не вращается). Запишите показания приборов и найдите сопротивление.
3. Увеличивайте силу тока и напряжение на двигателе, пока он не начнет вращаться. Запишите новые показания приборов. Выполняется ли закон Ома?

Рассчитайте:

Мощность полную: $P = I \cdot U$.

Мощность тепловую: $P_T = I^2 \cdot R$.

I, А	U, В	IR, В	P, Вт	P _т , Вт	P _м , Вт	η



Мощность механическую: $P_M = I \cdot U - I^2 \cdot R$. КПД двигателя: $\eta = \frac{P_M}{P}$

4. Повторите измерения при другой силе тока.

Результаты оформите в виде таблицы. Сделайте выводы о применимости закона Ома для участка с электродвигателем и о факторах, влияющих на КПД двигателя

Дополнительное задание

Сделайте рисунок. Определите направление тока и полюсы катушек электромагнита, а также направление вращения электродвигателя (направление тока указано на рисунке). Для чего в двигателе служит коллектор К?

Выводы

Согласно современной концепции физического образования школьный курс физики должен быть построенным с учетом оптимального сочетания теоретического и эмпирического уровней познания. Система физического эксперимента должна быть сбалансирована, но обязательно включать в себя демонстрационные и лабораторные эксперименты, которые развивают исследовательские навыки и мышление учащихся. Предлагаемые работы для классов с углублённым изучением физики позволяют значительно углубить знания, закрепить важные умения учащихся и способствуют осуществлению метапредметного подхода в образовании. Вовлекая учеников в такую экспериментальную деятельность, мы значительно повышаем интерес к изучению физики. Этот процесс становится более значимым для учащихся, они оказываются лучше подготовленными к дальнейшей учебе и самостоятельной жизни.

Литература

1. Безверхний А.Л. Развитие творческой деятельности учащихся средствами лабораторного эксперимента. – Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». Вестник ЛНУ имени Владимира Даля. № 2, часть 1, с. 266-269. – Луганск. 2017.
2. Безверхний А.Л., Грицких А.В., Сапельникова А.А. Спецкурс «Исследование физических закономерностей экспериментальными методами» //Физика бесвинцовых пьезоактивных и родственных материалов (Анализ современного состояния и перспективы развития) («LFPM-2018») : Труды Седьмого Международного междисциплинарного молодежного симпозиума (Ростов-на-Дону – г. Туапсе, 20–24 сентября 2018 г.): в 2 т. / Южный федеральный университет; [редкол.: Л. А. Резниченко и др.]. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018, с. 158-165.
3. Безверхний А.Л. Грицких А.В. Развитие опыта исследовательской деятельности учащихся 9 класса с углублённым изучением физики// Физика бесвинцовых пьезоактивных и родственных материалов. Труды Восьмого Международного междисциплинарного молодежного симпозиума (Ростов-на-Дону, 25–27 сентября 2019 г.) : в 2 т. / Южный федеральный университет ; [редкол.: Резниченко Л. А. и др.]. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. С. 76-84.
4. Государственный образовательный стандарт среднего общего образования Луганской Народной Республики. // <https://yadi.sk/i/rtjTZobA3YCnnf>
5. Грицких А.В. Система организации исследовательской работы учеников профильных классов посредством электронных и натуральных физических лабораторных практикумов // Электронные ресурсы в непрерывном образовании: труды VI Международного научно-методического симпозиума «ЭРНО-2017» (Адлер). – Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2017. С.16-19
6. Дик Ю.И., Кабардин О.Ф., Орлов В.А. и др. - Физический практикум для классов с углублённым изучением физики.- М., 1993. –122с.