

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики и методико-информационных технологий

**Особенности связи физики и математики в процессе изучения раздела  
«Основы электродинамики»**

АВТОРЕФЕРАТ

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 461 группы

по направлению 44.03.01 «Педагогическое образование»

физического факультета

Барановой Надежды Олеговны

Научный руководитель

к.п.н., доцент



Н.Г. Недогреева

05.06.2020

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор



Т. Г. Бурова

05.06.2020

Саратов 2020

## Введение

Английский философ и естествоиспытатель Роджер Бэкон в свое время говорил: «Практика рождается из тесного соединения физики и математики». Под этими словами следует понимать то, что в современном школьном образовании называют межпредметной связью (физики и математики).

В наши дни школьное образование предусматривает взаимосвязь и сосуществование различных дисциплин. Межпредметных связи не только являются фактором эффективного усвоения школьного материала, но и способствуют развитию у учащихся логического мышления, творческих способностей и навыков практического применения общеучебных знаний.

Математика, как язык физики, и сама физика, не могут существовать изолированно друг от друга, они во все времена развивались взаимосвязано. Эта взаимосвязь двух наук стимулировала прогресс каждой науки в отдельности. Физик И.Ньютон закладывает краеугольный камень в основы математического анализа, а активный участник Манхэттенского проекта, один из крупнейших физиков XX в. Ричард Фейнман создает свой знаменитый интеграл Фейнмана. Математика тоже со своей стороны дает физике приемы и средства общего и точного выражения физических зависимостей между величинами, которые появляются в результате теоретических изысканий или экспериментов. Таким образом, математическая подготовка учащихся, ее уровень определяют методы и содержание преподавания физики.

На сегодняшний день реализация междисциплинарной связи между предметами физика – математика вызывает ряд затруднений, одним из которых является временное несоответствие школьных программ. К примеру, тематическое планирование по основам математического анализа предусматривает введение понятия «производной» и ее «физического смысла» практически на полгода позже, чем учащиеся начинают рассматривать «скорость» как «первую производную по времени». Это несоответствие является одной из основных проблем в реализации межпредметной связи.

Таким образом, актуальность данной темы обоснована требованиями современного образования и инновационным подходом к изучению «Физики» в средней школе.

Целью данной работы является анализ и изучение способов практической реализации связи физики и математики.

Задачи: 1) проанализировать теоретический материал раздела «Основы электродинамики» (10-11 класс); 2) рассмотреть теоретический материал по алгебре и началам математического анализа (10-11 класс); 3) составить методические рекомендации к изучению основных законов и понятий данного раздела; 4) разработать комплект разноуровневых задач по выделенным темам, раздела «Основы электродинамики»; 5) представить в качестве методической разработки стандартный урок по физике с использованием математических основ и внеклассное мероприятие – интегрированный урок-викторина по теме «Электродинамика».

### **Краткое содержание**

В первом разделе «Теоретико-методологический анализ раздела «Основы электродинамики» (10-11 класс)» были составлены методические замечания по изучению теоретического материала по разделу «Основы электродинамики» (10-11 класс), проведен анализ учебного материала по математике.

Опираясь на федеральный перечень учебников на 2019-2020 учебный год, был выделен ряд учебных комплектов, которые легли в основу разработки теоретической части методического анализа раздела «Электродинамики» с использованием основ математического анализа.

Электродинамика – это раздел физики, изучающий свойства и закономерности электромагнитного поля. Данный раздел состоит из следующих глав: «Электростатика» (10 класс), «Законы постоянного тока», «Магнитное поле» и «Электромагнитная индукция» (11 класс). Такую структуру имеет один из основных базовых учебных пособий по физике 10-11 класса, Г.Я. Мякишева. Учебник Н.С. Пурышевой включает в раздел «Электродинамики» в 10 классе, также «Электростатику», а в 11 классе – «Законы постоянного тока», «Взаимо-

связь электрического и магнитного полей», «Электромагнитные колебания и волны», «Оптику» и «Основы специальной теории относительности». В то время, как в учебнике Г.Я. Мякишева электромагнитные колебания рассматриваются наряду с механическими в рамках, раздела «Колебания и волны», авторы других рекомендованных учебных пособий (в том числе, Н.С. Пурышева и В.А. Касьянов) предполагают изучение переменного тока, на основе знаний об электромагнитных колебаниях в курсе «Электродинамики».

Рабочая программа по математике для 10-11 классов по большей части строится на изучении основ математического анализа, необходимых будущим абитуриентам для успешной сдачи единого государственного экзамена.

Базовые понятия, предлагаемые к изучению в курсе математики для среднего общего образования, могут быть использованы и на уроках физики, в частности в рамках изучения раздела «Основы электродинамики».

Прежде чем, проводить прямую связь математических и физических понятий, необходимо провести выборочный анализ тем, подходящих для практической реализации такого плана межпредметной связи.

В учебнике А.Г. Мордковича «Алгебра и начала математического анализа» (часть 1), приводится примерное тематическое планирование, в соответствии с которым, во втором полугодии 10 класса учащимся впервые вводится понятие «производной», ее физический и геометрический смысл. Для решения некоторых физических задач нередко необходимо использовать методы анализа графиков функций (нахождение максимумов и минимумов) с помощью производной.

Следующим этапом работы является практическое применение проработанной теории в рамках методики преподавания физики.

Во втором разделе работы «Использование математических знаний при изучении основ электродинамики» приведены примеры эффективности усвоения теоретического материала, решения задач с использованием основ математики, показаны урок усвоения новых знаний с использованием межпредметных связей и интегрированный урок-игра на тему «Электродинамика».

Первым этапом практического исследования является составление теоретической справки для решения задач по физике, включающей в себя интегрированный материал двух связанных дисциплин – физики и математики. Пример такого материала представлен ниже.

Явление самоиндукции заключается в возникновении ЭДС в контуре, по которому течет изменяющийся во времени ток. Таким образом, контур сам в себе индуцирует дополнительную ЭДС. Это явление – частный случай явления электромагнитной индукции. В данном случае переменное магнитное поле создается изменяющимся током, текущим в контуре. В соответствии с правилом Ленца, индукционный ток может совпадать с «основным» током по направлению, а может быть противоположен ему. Если ток в контуре начнет возрастать, ЭДС самоиндукции будет препятствовать этому возрастанию, т.е. индукционный ток будет противоположен основному. Если ток в контуре начинает убывать, ЭДС самоиндукции будет поддерживать убывающий ток, т.е. индукционный ток будет совпадать по направлению с основным.

Выражение для ЭДС самоиндукции получается из закона Фарадея. Магнитный поток  $\Phi$  пропорционален силе тока в контуре. Таким образом, собственный поток контура с током  $I$  пропорционален току в контуре  $I$ , т.е.  $\Phi = LI$ , где  $L$  – коэффициент пропорциональности, называемый индуктивностью.

Индуктивность измеряется в Генри (Гн):  $[L] = 1 \frac{\text{Вб}}{\text{А}} = 1 \text{ Гн}$ . Очевидно, что индуктивность является характеристикой самого контура и зависит от его формы и размеров, а также от магнитной проницаемости среды, заполняющей контур. Если контур жесткий (т.е. не меняет размеров и формы) и среда внутри контура неферромагнитная, то индуктивность контура – величина постоянная. В этом случае ЭДС самоиндукции, по закону Фарадея:  $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$ .

Рассмотрим пример решение задач по физике с использованием математических основ. Сила тока в электрической цепи, показанной на рисунке 1, изменяется по закону  $i(t) = 2 \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ , А. Индуктивность идеальной ка-

тушки  $L = 0,4$  Гн. Каково напряжение  $U_L$  на катушке в момент времени  $t = 1$  мкс?

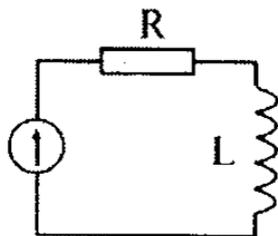


Рисунок 1 – Схема цепи

Для идеальной катушки:  $U_L = \mathcal{E}_{si} = -L \frac{di}{dt}$ .

Отсюда получаем:  $U_L = -0,4 \cdot 40\pi \cos\left(20\pi t + \frac{\pi}{6}\right) = 50,24$  В.

Ответ:  $U_L = 50,24$  В.

Предложенный в работе урок усвоения новых знаний с использованием межпредметных связей разработан по теме: «Электрический ток. Сила тока» для 10 класса.

Цель урока: формирование представлений учащихся об условиях существования электрического тока, введение понятий: «сила тока», «скорость изменения тока» и «носитель заряда».

Задачи: выяснить физическую природу электрического тока, осознать смысл понятия электрический ток, условия возникновения и направление электрического тока, сформулировать математическое определение понятия силы тока (обучающие); развитие познавательного интереса, абстрактного и логического мышления, внимания, умения анализировать учебный материал, навыков самостоятельной работы (развивающие); воспитывать дисциплинированность, выработка личностных качеств: аккуратности, внимательности при заполнении тетрадей, точности ответов, воспитывать сопричастность к собственной деятельности и деятельности других (воспитательные).

Покажем фрагмент урока.

Учитель: дает следующее объяснение.

Электрический ток – это упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц. Электрический ток имеет определенное направление, условимся, что это направление от знака «+» к знаку «-».

Наличие тока в проводнике обнаруживают по тепловому, химическому и магнитному действию.

Пример теплового действия – нагревание проводника.

Пример химического действия – выделение путем электролиза медь из раствора медного купороса.

Пример магнитного действия – ориентирование магнитной стрелки вблизи проводника с током.

Установление электрического тока в цепи означает, что через поперечное сечение проводника в единицу времени переносится электрический заряд. Количественной характеристикой этого процесса является сила тока.

По определению, сила тока – это скалярная величина, равна отношению заряда  $dq$ , переносимого сквозь рассматриваемую поверхность за малый промежуток времени, к величине  $dt$  этого промежутка:  $I = \frac{dq}{dt}$ .

Электрический ток называется постоянным, если сила тока и его направление не изменяются с течением времени.

Если ток переменный, то сила тока, подобно заряду, – величина переменная. Она может быть как положительной, так и отрицательной. Обратите внимание на рисунок 2. На нём показан пример графического изображения постоянного и переменного тока.



Рисунок 2 – Зависимость силы тока от времени

Если сила тока есть первая производная заряда по времени, то чем же будет являться вторая производная этой функции? Очевидно, что вторая производ-

водная по времени, будет характеризовать скорость распространения тока:  $v = \frac{dq}{dt} = \frac{dI}{dt}$ . Сила тока зависит от заряда частиц, их концентрации и скорости движения, а также от площади поперечного сечения проводника. Следовательно,

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{q_0 n S v dt}{dt} = q_0 n S v.$$

Таким образом, скорость упорядоченного движения электронов равна  $v = \frac{I}{q_0 n S}$ .

Плотность тока – это сила тока, приходящаяся за единицу площади поперечного сечения проводника:  $j = \frac{dI}{dS}$ . Единица измерения плотности тока –  $1 \frac{A}{m^2}$ .

Плотность тока также является дифференциальной величиной. В отличие от силы тока, плотность тока есть векторная характеристика. Направление вектора, в данном случае совпадает с направлением движения положительных носителей заряда в проводнике.

Для возникновения и существования постоянного тока необходимо: наличие свободных заряженных частиц; сила, действующая на них в определенном направлении.

На этапе первичного закрепления знаний первую задачу учитель решает вместе с учащимся. Задача 1. По проводнику идёт постоянный электрический ток. Значение заряда возрастает с течением времени согласно графику, представленному на рисунке 3. Определите силу тока в проводнике.

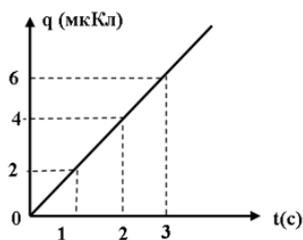


Рисунок 3 – График к задаче

Далее, учащимся предлагается самостоятельно решить две задачи.

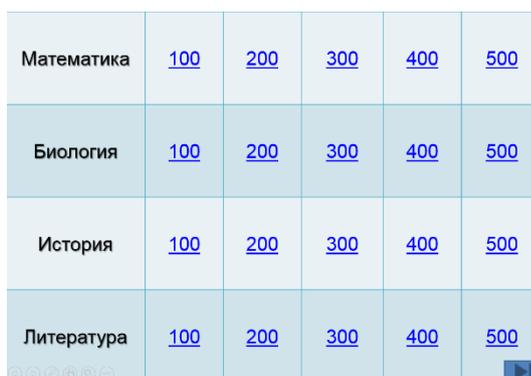
Задача 2. Заряд конденсатора изменяется с течением времени по закону  $q(t) = 4t \cdot \sin(3\pi t - \pi)$ , мКл, где время  $t = 2$  мкс. Определите мгновенное значение силы тока.

Задача 3. Сила тока в электрической цепи зависит от площади поперечного сечения и изменяется по закону  $I(S) = 3S^2 - 1,2S$ , А. Найти значение плотности тока в точке проводника, сечение которого равно  $S = 1 \text{ м}^2$ .

Методические рекомендации к уроку. Представленный выше фрагмент урока был разработан с использованием межпредметных связей, конкретно связи физических и математических понятий. Объяснение силы тока, скорости и плотности тока с использованием понятия производной, помогает учащимся усвоить не только материал по физике, но и применить математические знания, при анализе отдельных понятий, что способствует формированию полноценного физического представления о «силе тока» и позволяет разграничить понятия «мгновенной силы тока» и «средней силы тока».

Как пример использования современных нетрадиционных технологий в работе приведен пример интегрированного урока на тему «Основы электродинамики», проведенный в формате «Своя игра», рассчитанный на аудиторию 11 класса, как профильной (физико-математической) группы, так и базовой. Урок проводится по типу систематизации и обобщения знаний. Основная цель: повысить познавательный интерес учащихся к изучаемым предметам (физика, математика, литература, история и биология).

В зависимости от степени сложности, вопросы оцениваются от 100 до 500 баллов (см. рисунок 4). Выбор вопроса из таблицы осуществляется по очереди, если команда не дает правильный ответ, то вопрос автоматически переходит другой команде. В конце игры, заработанные баллы суммируются независимым жюри, победу получает команда, набравшая наибольшее количество баллов.



Математика	<a href="#">100</a>	<a href="#">200</a>	<a href="#">300</a>	<a href="#">400</a>	<a href="#">500</a>
Биология	<a href="#">100</a>	<a href="#">200</a>	<a href="#">300</a>	<a href="#">400</a>	<a href="#">500</a>
История	<a href="#">100</a>	<a href="#">200</a>	<a href="#">300</a>	<a href="#">400</a>	<a href="#">500</a>
Литература	<a href="#">100</a>	<a href="#">200</a>	<a href="#">300</a>	<a href="#">400</a>	<a href="#">500</a>

Рисунок 4 – Основная таблица вопросов

Пример вопроса:

**Математика (300).** На рисунке 5 показан график зависимости заряда от времени в некоторой цепи. Выберите из четырех предложенных графиков, соответствующий этой цепи график зависимости тока от времени (см. рисунок 6).

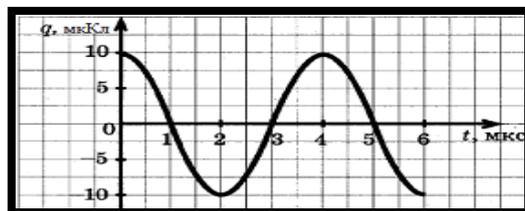


Рисунок 5 – График зависимости заряда от времени

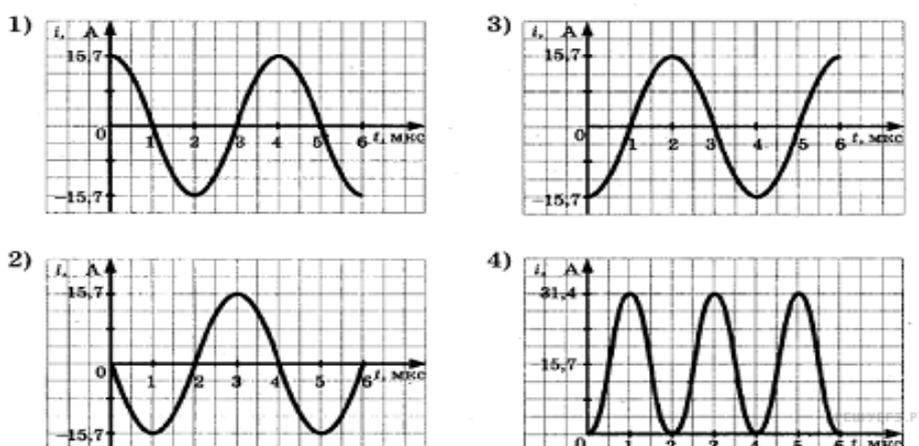


Рисунок 6 – Предлагаемые графики зависимости силы тока от времени

Ответ: 2.

### Заключение

В ходе теоретико-методологического анализа данной темы были выделены основные понятия из школьного курса «Электродинамики», имеющие прямую связь с математическими определениями, предлагаемыми к изучению в 10-11 классах. Особый акцент был сделан на понятии «производной» и её свойствах при описании графиков функции. Также была проведена аналогия «метода векторных диаграмм» в физике и «свойств тригонометрических функций» в мат. анализе.

Сравнительный анализ различных учебных пособий по физике и математике для старшей школы, показал, различия и сходства в определениях следующих понятий: сила тока, плотность тока, ЭДС индукции, ЭДС самоиндукции,

индуктивность, индуктивное сопротивление и емкостное сопротивление. Используя материал из сравнительного анализа учебных пособий по физике и школьных учебников по математике, удалось составить необходимый теоретический конспект для решения задач повышенной сложности.

Представленные задачи могут быть использованы на уроках физики в ходе изучения раздела «Электродинамики» и «Электромагнитны колебаний» в 10-11 классах. В качестве такого примера, был составлен примерный план-конспект урока по теме «Сила тока. Плотность тока» для 10 классов.

Предложенный во втором разделе дидактический материал (п. 2.1) может быть использован в проведении как урочной, так и внеурочной деятельности. Предложенный подробный пример интегрированного урока-викторины разработан и апробирован в ходе педагогической практики с привлечением теоретического материала из четырех школьных дисциплин (математика, биология, литература и история).

Таким образом, цель, поставленную в начале работы, можно считать достигнутой, однако вопрос исследования и применения межпредметности на уроках физики остается актуальным и требует дальнейшего изучения.

#### **Список использованных источников**

1. Горлова, Л.А. Интегрированные уроки физики: 7-11 классы / Л.А. Горлова. – М.: ВАКО, 2010. – 144 с.
2. Грачев, А.В. Физика: 10 класс: базовый и углубленный уровни: для учащихся общеобразовательных организаций / А.В. Грачев, В.А. Погожев, А.М. Салецкий, П.Ю. Боков. – 4-е изд. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 464 с.
3. Грачев, А.В. Физика: 11 класс: базовый и углубленный уровни: для учащихся общеобразовательных организаций / А.В. Грачев, В.А. Погожев, А.М. Салецкий, П.Ю. Боков. – 4-е изд. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 473 с.
4. Железовский, Б.Е. Новые стандарты в предметной области «Физика» / Б.Е. Железовский, Н.Г. Недогреева. – Саратов: Издательский центр «Наука», 2012. – 58 с.

5. Журавлева, Н.С. Межпредметные связи физики и математики при изучении вопросов геометрической оптики в школьном курсе физики / Н.С. Журавлева, О.А. Среднева, 2016. № 6.2 (110.2). – С. 47-50.
6. Касьянов, В.А. Физика. 10 кл. Базовый уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений / В.А. Касьянов. – 3-е изд. – М.: Дрофа, 2012. – 271 с.
7. Касьянов, В.А. Физика. 11 кл. Базовый уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений / В. А. Касьянов. – 8-е изд. – М.: Дрофа, 2011. – 448 с.
8. Колягин, Ю.М. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Ю.М. Колягин, М. В. Ткачева, Н. Е. Федорова, М. И. Шабунин. – М.: Просвещение, 2010. – 336 с.
9. Кравченко, В.В. Межпредметные связи физики и математики [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhpredmetnye-svyazi-fiziki-i-matematiki/viewer> (дата обращения: 13.03.2020).
10. Мордкович, А.Г. Алгебра и начала математического анализа. 10-11 классы. Часть 1. Учебник для учащихся общеобразовательных учреждений (базовый уровень) / А.Г. Мордкович. – 14-е изд. – М.: Мнемозина, 2013. – 400 с.
11. Мякишев, Г.Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – 19-е изд. – М.: Просвещение, 2010. – 366 с.
12. Мякишев, Г.Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – 19-е изд. – М.: Просвещение, 2010. – 399 с.
13. Мякишев, Г.Я. Физика. Электродинамика 10-11 кл. Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений / Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков, Б.А. Синяков, Б.А. Слободсков. – 10-е изд. – М.: Дрофа, 2010. – 476 с.
14. Никольский, С.М. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни /

С.Н. Никольский, М.К. Потапов, Н.Н. Решетников, А.В. Шевкин. – 8-е изд. – М.: Просвещение, 2009. – 464 с.

15. Построение векторных диаграмм [Электронный ресурс]. – URL: <https://electroandi.ru/toe/ac/> (дата обращения: 10.02.2020).
16. Приказ Министерства просвещения РФ от 8 мая 2019 г. № 233 «О внесении изменений в федеральный перечень учебников, рекомендуемых к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 28 декабря 2018 г. № 345» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72142806/> (дата обращения: 11.03.2020).
17. Приказ Минобрнауки России от 17.12.2010 № 1897 (ред. от 31.12.2015) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 11.03.2020).
18. Пурешева, Н.С. Физика. 10 кл. Базовый уровень: учебник / Н.С. Пурешева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев. – М.: Дрофа, 2015. – 271 с.
19. Пурешева, Н.С. Физика. 11 кл. Базовый уровень: учебник / Н.С. Пурешева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев, В.М. Чаругин. – М.: Дрофа, 2014. – 303 с.
20. Харитонов, В.В. Математические методы решения физических задач: учеб. пособие для втузов / В.В. Харитонов. – Минск: Вышэйш. шк, 1991. – 255 с.

  
\_\_\_\_\_  
05.06.2020 Н.О. Баранова