



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)  
Факультет математики, физики, информатики  
Кафедра физики и методики обучения физике

**МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РЕШЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ  
ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ В КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ  
ШКОЛЫ**

Выпускная квалификационная работа по направлению  
44.03.05 Педагогическое образование (два профиля подготовки)  
Направленность программы бакалавриата  
«Физика. Математика»  
Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

73,81 % авторского текста

Работа рекомендована к защите

«16» декабря 2023 г.

зав. кафедрой ФиМОФ

О.Р. Шефер Шефер О.Р.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-513/084-5-1

Хакимова Ирина Витальевна

Научный руководитель:

доцент кафедры ФиМОФ,

кандидат ф-м. наук.

Людмила Свирская Свирская Людмила

Моисеевна

Челябинск  
2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	6
1.1 Понятие физической задачи и ее основные классификации .....	6
1.2 Дидактические функции процесса решения задач .....	12
1.3 Особенности методики обучения учащихся решению задач.....	15
Выводы по первой главе.....	19
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РЕШЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ (НА МАТЕРИАЛЕ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»)	20
2.1 Структура деятельности учителя по формированию у учащихся умения решать задачи .....	20
2.2 Особенности содержания темы «Электростатика» курса физики средней школы, типология задач .....	25
2.3 Методика решения задач по электростатике и ее апробация.....	29
Выводы по второй главе.....	36
ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ «ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ» .....	38
3.1. Путеводитель по электростатике.....	38
Выводы по третьей главе .....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	61

## ВВЕДЕНИЕ

Содержание физики является сложным для понимания учащимися. Её изучение начинается в средней школе с теоретического обоснования явлений и их закономерностей. Лабораторные работы и практические задания вводятся позже. Вследствие этого у школьников может возникнуть информационная перегрузка. Поэтому необходимо применять более эффективные методы и средства обучения, обеспечивающих понимание учебного материала старшеклассниками.

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО) [24] к предметным результатам обучения базовому и углубленному курса физики относятся «сформированность умения решать физические задачи, овладение правилами записи физических формул».

Для выполнения данных требований важно уделять внимание систематизации знаний, формированию практических навыков на основе решения качественных, оценочных и экспериментальных физических задач.

Школьные учебные физические задачи – не просто средства (метод) изучения чего-либо, это и объект изучения. Любая учебная задача когда-то рождается. Это сложный процесс, который опирается на выбор изменения уже решенных научных задач, на переосмысление отобранного материала под углом зрения целей. С развитием образования в учебных физических задачах изменяются цели, видоизменяются правила решения, деятельность решения и т.д. Известно, например, что олимпиадные задачи через некоторое время становятся типовыми.

Постепенно наступает время «старости» задачи. Продлить время жизни задачи можно только творческим к ней отношением: поиском оригинальных решений, построением класса подобных задач, уточнением

правил их решения и т.д. Успех обучения решению задач в значительной мере зависит от применяемой учителем методики обучения.

Обучение учащихся умению решать задачи предполагает знание учителем различных способов обучения этому умению, из которых он может выбрать наиболее рациональный. Теория и практика обучения учащихся умению решать задачи позволяют в настоящее время выделить различные способы решения.

Основываясь на книгах А.В. Усовой, можно убедиться в большой значимости изучения методики решения задач различных видов по конкретным темам. Как пишет Антонина Васильевна Усова, «...в физике задачи выступают действенным средством формирования основополагающих знаний и учебных умений. В процессе решения учащиеся овладевают методами исследования различных явлений природы, знакомятся с новыми прогрессивными идеями и взглядами, с открытиями отечественных ученых, с достижением советской науки и техники, с новыми профессиями» [33].

Одним из наиболее сложных и абстрактных разделов курса физики средней школы является «Электростатика». В ней изучаются понятия электростатического поля, его напряженности и потенциала, энергии, емкости и др., которые традиционно вызывают затруднения у учащихся. Мы считаем, что решение задач открывает большие возможности в понимании особенностей рассматриваемых понятий. Сказанное обусловило актуальность выбранной нами темы исследования, которую мы решили конкретизировать на материале раздела «Электростатика».

Объектом нашего исследования является процесс обучения физике учащихся средней школы.

Предмет: деятельность учителя по формированию у учащихся умений решать задачи по электростатике.

Цель: разобрать методику формирования у учащихся умения решать задачи по электростатике.

Задачи:

1. Проанализировать соответствующую литературу по теме исследования.

2. Отобрать необходимый учебный материал для систематизации знаний обучающихся по электростатике.

3. Разработать методические пособие «Путеводитель по электростатике» для учителей физики.

# ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

## 1.1 Понятие физической задачи и ее основные классификации

Определение понятия «задача» стало предметом многих наук. Педагоги считают, что задача — это поставленная цель, которую стремятся достигнуть; поручение или задание; вопрос, требующий решения на основании определенных знаний; один из методов обучения и проверки знаний и практических навыков учащихся [31].

Говоря о задачах, мы будем иметь в виду учебную задачу в отличие от всех других видов задач. Учебная задача имеет принципиально свое название, на что указывает Д.Б. Эльконин. Он учебной задачей называет ситуацию, позволяющую решающему непосредственно овладеть некоторым процессом, способом, принципом или «механизмом» выполнения каких-либо практически значимых действий. Основное назначение учебной задачи заключается в усвоении самого действия, направленного на овладение системой действенных знаний [23].

Частные методики обучения оперируют разнообразными определениями учебной задачи. В методике обучения физике до недавнего времени пользовались данным понятием, не определяя его [23].

Одно из первых определений физической учебной задачи было дано С.Е. Каменецким и В.П. Ореховым. Авторы разделяют понимание задачи в учебной практике и в методической и учебной литературе. Они пишут: «физической задачей в учебной практике обычно называют небольшую проблему, которая в общем случае решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики» [14].

По существу, на занятиях по физике каждый вопрос, возникший в связи с изучением учебного материала, является для учащихся задачей. Активное целенаправленное мышление «всегда есть решение задач» в

широком понимании этого слова. Решение задач преследует и многие другие цели: воспитание учащихся, контроль и учёт знаний, умений и навыков и так далее [14].

С сущностью физических явлений учащихся знакомят различными методами: путём рассказа, демонстрации опытов, постановки лабораторных работ, проведения экскурсии и так далее. При этом активность учащихся, а, следовательно, глубина и прочность их знаний будут наибольшими тогда, когда создается «проблемная ситуация». В ряде случаев ей может быть придана форма задачи, в процессе решения которой ученик «переоткрывает» для себя физическую закономерность, а не получает её в готовом виде [14]. В этом случае задача выступает как средство изучения физического явления. С этой целью можно использовать качественные, расчётные, экспериментальные и другие задачи.

В методической же и учебной литературе под задачами обычно понимают целесообразно подобранные упражнения, главное назначение которых заключается в изучении физических явлений, формировании понятий, развитии физического мышления учащихся и привитие им умений применять свои знания на практике.

На основе анализа многих приведённых определений понятия «задача» в различных частных методиках можно дать следующее определение: физическая учебная задача — это ситуация, требующая от учащихся мыслительных и практических действий на основе использования законов и методов физики, направленных на овладение знаниями по физике, умениями применять их на практике и развития мышления.



Рисунок 1 – Классификация учебных физических задач

В методической литературе встречаются различные точки зрения по вопросу классификации физических задач. Их можно классифицировать по различным признакам (рисунок 1):

1. По содержанию (абстрактные и конкретные, с производственным и историческим содержанием, занимательные).
2. По дидактической цели (тренировочные, контрольные, творческие).
3. По способу задания условия (текстовые, графические, задачи-опыты, задачи-рисунки).
4. По трудности и сложности.
5. По характеру и методу исследования (количественные, качественные, экспериментальные).

Физические задачи классифицируют также по их принадлежности тому или иному разделу физики, отдельной теме (задачи на относительность движения, по кинематике и т.д.).



Поскольку в физике различают два способа познания — экспериментальный и теоретический, задачи разделяют также на экспериментальные и теоретические. Экспериментальной называют задачу, если для ее решения необходимо провести эксперимент, выполнить измерения. В теоретической задаче приведены известные физические величины характеризующие описываемое явление. При ее решении не нужно производить измерений.

Исходя из структуры и средств, необходимых для решения поставленной задачи, их можно разделить на: элементарные, стандартные, нестандартные и оригинальные. *Элементарная задача* — это задача, для решения которой необходимо и достаточно верно использовать один соответствующий физический закон. *Стандартная задача* — это задача, для решения которой необходимо и достаточно привлечь систему «обычных» знаний и «стандартных» методов и приемов. *Нестандартная задача* — задача, в процессе решения которой применения «обычных» законов и методов недостаточно: система уравнений получается незамкнутой. *Оригинальной* (олимпиадной) называют нестандартную задачу, при решении которой догадка является определяющей по сравнению с обычными знаниями и методами. Однако деление по данным признакам на наш взгляд весьма условно, поскольку непосредственно связано с предыдущим опытом учеников по решению физических задач. Для двух разных учеников одна и та же задача может оказаться, например, стандартной и нестандартной.

Положив в основу классификации способ решения, можно выделить следующие виды задач: количественные, качественные или задачи вопросы, экспериментальные и графические.

*Качественные задачи или задачи-вопросы* — задачи, при решении которых требуется объяснить то или иное физическое явление или предсказать, как оно будет протекать при данных условиях; в содержании

этих задач отсутствуют числовые данные. В качественной задаче ставится такой вопрос, ответ на который в готовом виде в учебнике не содержится.

Качественные задачи решаются путем логических умозаключений, на основе законов физики, как правило, без математических вычислений. Такие задачи учат анализировать явления, развивают логическое мышление, смекалку, творческую фантазию, умение применять теоретические знания для объяснения явлений природы, бытовых ситуаций, технических применений физических знаний, расширяют кругозор.

*Графические задачи* — задачи, в процессе решения которых используют графики. По роли графиков в решении задач их можно подразделить на два вида: 1) задачи, ответ на вопрос которых может быть найден в результате построения графика; 2) задачи, ответ на вопрос которых может быть найден с помощью анализа графика.

Графические задачи позволяют наиболее наглядно и доходчиво выражать функциональные зависимости между величинами, характеризующими процессы, протекающие в природе и технике. Иногда только с помощью графиков могут быть представлены процессы, которые лишь на более поздних стадиях обучения физике можно выразить аналитически (например, работа переменной силы). Графический метод используется в обучении физике не только для решения задач, но и для формирования и анализа изучаемых физических понятий (путем раскрытия их связи с другими понятиями), обобщения, систематизации знаний и т.д. При этом у обучающихся развиваются важные операции мышления (анализ, синтез, обобщение и т.д.), и качества (сообразительность, внимание и т.д.), что, безусловно, способствует пониманию изучаемого материала и является его неотъемлемой составляющей.

*Экспериментальные задачи* — это задачи, при решении которых с той или иной целью используется эксперимент. Методика решения экспериментальных задач зависит от роли эксперимента в их решении.

Решение экспериментальных задач, в которых данные получаются в результате опыта, состоит из следующих элементов: постановки задачи, анализа условия, измерений, расчета результата, опытной проверки результата. Подготовка эксперимента и проведение измерений в этом случае приобретают принципиальное значение, так как на их основе определяются все величины, необходимые для решения задачи. Большой интерес у обучающихся вызывают *оценочные задачи*, задачи-парадоксы, задачи, содержащие в условии интересную, познавательную информацию (технического, астрономического, биологического содержания).

Взяв за основу способ предъявления решения, нельзя не отметить роль *количественных (расчетных) задач* — задач, при решении которых устанавливаются количественные зависимости между физическими величинами. Решение количественных задач способствует глубокому усвоению физических теорий, понятий и законов; активному развитию умений совершать все виды мыслительных операций (сравнение, анализ, синтез и т.д.). Их решение способствует формированию умений выполнять действия с единицами измерения, развитию вычислительных навыков и умений, умений по перекодированию условия задачи (текст — краткая запись в виде знаковых обозначений — выполнение рисунка, схемы и т. д.). Исходя из числа зависимостей, включенных в задачу, количественные задачи по физике делят на простые (требуют несложного анализа и небольших вычислений) и комбинированные.

*Комбинированные задачи* — это задачи, которые требуют для решения применения многих закономерностей, устанавливаемых в разных темах и разделах физики. Они могут использоваться для углубления знаний учащихся (студентов), расширения их представлений о взаимосвязях физических явлений, для тематической проверки знаний и умений, понимания изученного материала [18].

В заключение приведем еще одну, современную классификацию задач:

1. *Информационные задачи* обеспечивают получение дополнительной информации.

2. *Межпредметные задачи* требуют для своего решения знания других предметов школьной программы — химии, географии и т.д.

3. *Эвристические задачи* — это те, решение которых происходит в подсознании, интуитивно. Основное отличие этого типа задач — свернутое восприятие всей проблемы в целом.

4. *Редуцированные, или типовые, задачи* решаются по алгоритму.

5. *Интегративные задачи* — нестандартные творческие задачи с необозначенными явно путями решения. Как правило, текст такой задачи позволяет ученикам получить новые знания.

Информационные, межпредметные и редуцированные задачи — это основа формирования физического мировоззрения учеников. Эвристические, занимательные пробуждают интерес к физике, дают понимание того, что все явления природы подчиняются физическим законам. Таким образом, существуют различные подходы к классификации задач по физике. Проведенный анализ получивших распространение сборников задач, как школьных, так и для вузов, указывает на недостаточное внимание в них к экспериментальным, качественным и графическим задачам.

Использование разнообразных физических задач в учебном процессе позволяет учащимся, при грамотной организации деятельности по их решению, овладеть целым комплексом навыков и умений (вычислительных, экспериментальных, информационных, логических), освоить способы действий, обеспечивающие приобретение и успешное применение знаний, умений и навыков [3].

## 1.2 Дидактические функции процесса решения задач

Физическая задача — это выраженная с помощью информационного кода (текстового, графического, образного и их комбинаций) проблемная

ситуация, которая требует от обучающегося для ее решения, мыслительных и практических действий на основе законов и методов физики, направленных на овладение знаниями и умениями, на развитие мышления и на понимание физических закономерностей. Из приведенных определений видно, что решение физических задач позволяет обучать учащихся решению проблем, формировать экспериментальные, информационные умения, развивает логическое мышление, способствует применению физических знаний на практике [13].

Огромная роль решения задач в процессе обучения физике обусловлена, с одной стороны, тем, что важной целью обучения физике является овладение учащимися методами решения различных, главным образом практических физических задач, а с другой стороны — тем, что полноценное достижение всех целей обучения физике возможно лишь с помощью решения учащимися системы учебных физических задач. Таким образом, решение задач по физике выступает и как цель, и как средство обучения. Учитывая это, учитель, предлагая для решения учащимся ту или иную задачу, должен ясно осознавать основную цель ее решения, ту функцию в обучении и развитии личности, которую должно сыграть решение этой задачи. Решение любой задачи полифункционально, ибо оно приводит ко многим изменениям в знаниях, структуре деятельности и психике учащихся. Среди этих изменений имеется главное, ради которого учитель и предлагает для решения именно данную задачу. Это главное изменение в личности учащихся и надо иметь в виду, говоря о функциях решения физических задач в обучении. Процесс решения некоторых, наиболее значимых задач следует завершать обсуждением, цель которого выяснить, что нового узнали учащиеся в результате проведенного решения, какие особенности задачи и ее решения наиболее важны, что полезно запомнить и т. д. [23].

Использование задач в практике обучения позволяет выявить и определить основные функции задач в обучении физике:

1. *Познавательная функция.* Заключается в том, что, осуществив соответствующий подбор физических задач, можно знакомить учеников с новыми фактами, расширяя область их знания, заложить базу для усвоения последующих знаний по курсу физики.

2. *Развивающая функция.* Состоит в том, что у учащихся формируются умения работать с разными видами представления информации — таблицами, графиками, текстом. У учеников развивается логическое мышление, в частности такие его операции, как анализ, синтез, индукция, дедукция, мысленный эксперимент, моделирование. Развиваются способности решения проблем, формируются навыки самообразования.

3. *Функция реализации единства теории и практики* при решении физических задач проявляется в умениях применять физические законы к объяснению и моделированию явлений природы, производственных процессов, к решению вопросов социальной практики. При этом физические формулы как бы «оживают», наполняются конкретным содержанием.

4. *Функция закрепления знаний, совершенствования практических умений и навыков.* Данная функция проявляется при использовании знаний разной тематики в процессе решения задач. Специально подобранные задачи позволяют осуществить повторение пройденного материала по разным разделам курса физики, применить знания и умения при решении экспериментальных, практических задач.

5. *Функция установления межпредметных связей* позволяет установить связи, в первую очередь с математикой, с техникой, астрономией, химией, географией. Эта функция позволяет проявить для обучающихся единство окружающего мира и многообразие подходов к его изучению.

6. *Функция контроля знаний, умений и навыков.* Именно через решение задач можно определить уровень усвоения учащимися

(студентами, школьниками) того или иного материала, проверить качество его усвоения. Используя систему специально разработанных заданий (простых задач, требующих выполнения отдельных действий) можно выяснить, какими конкретными действиями овладел учащийся, определить возможные причины затруднений, осуществить коррекцию усвоения теоретических знаний, формирования практических умений [17].

Рассмотренные выше функции задач показывают, насколько важна роль задач в процессе обучения физике. Однако, проявление этой роли возможно только при правильной организации процесса решения задач.

Грамотно выстроенная методика решения задач разной тематики, разного типа позволяет наиболее полно реализовать основные задачи обучения физике как на школьном уровне, так и на уровне высшего профессионального образования [17].

### 1.3 Особенности методики обучения учащихся решению задач

Необходимо различать методику решения и методику обучения решению физических задач. Если первая отвечает на вопрос, *как решать* ту или иную задачу по физике, то вторая рассматривает принципиально иную проблему: *как научить* учащихся решать любые задачи по курсу физики средней школы. Первая методика является составной частью второй, однако вторая не просто шире первой, но отличается от нее иной направленностью, иной целью.

Широко распространенная в практике школы методика обучения решению задач (методика решения) состоит в том, что учитель демонстрирует учащимся способы решения так называемых типовых задач, а учащиеся, подражая учителю, решают по показанным образцам большое число однотипных задач. Низкая эффективность такой методики общеизвестна. Очевидно, что повышение уровня умения учащихся решать задачи по физике не может быть достигнуто разработкой очередной методики решения задач. Эту проблему можно разрешить только

разработкой и широким внедрением в практику школы методологии процесса обучения решению задач по физике, то есть **методики обучения**.

Основные положения **методики обучения** решению физических задач:

а) необходимо вырабатывать у учащихся общий подход к осознанному поиску решения любой физической задачи;

б) для формирования такого общего подхода учащиеся должны иметь четкие представления о сущности, структуре и особенностях физических задач, о механизмах и процессах их решения;

в) решение физических задач является сложной деятельностью, состоящей из ряда действий, которые, в свою очередь, состоят из операций;

г) для осуществления этой сложной деятельности учащиеся должны иметь прочные умения и навыки в выполнении отдельных действий и операций, входящих в ее состав. Следовательно, необходимо ввести в обучение систему особых учебных заданий для формирования у учащихся необходимых умений выполнять над заданной задачей конкретные действия и операции. Для того, чтобы прямой целью деятельности было овладение данным действием или операцией, сама задача не решается (наиболее эффективно усваивается лишь то содержание обучения, которое является для ученика прямой, непосредственной целью его учебной деятельности);

д) для более глубокого осознания учащимися особенностей физических задач целесообразно ввести в процесс обучения систему учебных заданий по самостоятельному **составлению** учащимися новых и обратных заданным физическим задач, их **преобразованию**. В соответствии с этими положениями процесс обучения учащихся решению физических задач должен содержать следующие блоки:

а) изучение элементов теории учебных физических задач;



б) систему учебных заданий по формированию у учащихся умений и навыков в выполнении отдельных действий и операций, входящих в деятельность по решению физических задач;

в) систему учебных заданий по составлению и преобразованию физических задач;

г) систему физических задач для формирования у учащихся общего подхода к поиску способа решения задачи (обобщенной структуры деятельности), знакомства с различными методами решения и развития способностей в решении разнообразных физических задач. Необходимо отметить, что указанные блоки в процессе обучения не разделены по времени, а пересекаются и перекрывают друг друга.

Задача в учебном процессе по физике является особой формой предъявления информации, средством осуществления учебного процесса и развития учащихся. Первоначально физические задачи возникают как знаковые модели проблемных ситуаций. Проблемные ситуации появляются в процессе практической, научной, познавательной деятельности, когда субъект на пути к цели деятельности сталкивается с каким-то затруднением.

Это затруднение может быть вызвано отсутствием нужных знаний, противоречиями с имеющимися знаниями, необходимостью сделать выбор в ситуации неопределенности и другими причинами. Центром проблемной ситуации является субъект, который оказался в такой ситуации. Поэтому проблемную ситуацию никому другому нельзя передать — это ситуация, в которой находится данный субъект и никто иной. Проблемные ситуации стимулируют активную познавательную деятельность субъекта, направленную на углубленный анализ таких ситуаций. Результатом данного анализа является создание знаковой модели проблемной ситуации. Эта знаковая модель (т. е. описание, представление) проблемной ситуации и есть задача. Значит, задача есть знаковая модель проблемной ситуации.

Задачи в отличие от проблемных ситуаций можно передавать другим, а, следовательно, можно изменять, можно придумывать.

Физическую задачу также можно рассматривать как словесно-символическое описание какой-то реальной или воображаемой задачной ситуации. Любое изучаемое физическое явление описывается различными характеристиками. Некоторые из этих характеристик мы можем непосредственно установить (задать), а другие остаются неизвестными. В этих случаях возникает задачная ситуация по определению каких-то неизвестных характеристик рассматриваемого явления или процесса. Словесное или иное описание (графическое, аналитическое и т. д.) этой задачной ситуации и является физической задачей [14].

Учебная задача — системный объект. Основными ее компонентами являются содержание (предмет задачи, условие и требование) и средства решения (методы и способы решения). Другими словами (с точки зрения кибернетики), задача включает задачную и решающую системы. В каждой физической задаче описывается какой-нибудь физический объект, явление или процесс. Следует иметь в виду, что при этом рассматриваются лишь определенная сторона или момент объекта, явления, процесса, то есть рассматриваемые явление или процесс всегда идеализированы.

Рассматриваемые сторона или момент явления, процесса есть предметная область (предмет) задачи, задаваемая путем указания названий объектов этой области, их количественных и качественных характеристик. Формулировка задачи состоит из высказываний, каждое из которых является элементарным условием задачи. Характеристики объектов задачи могут быть данными (известными) и неизвестными. Последние, в свою очередь, делятся на промежуточные (вспомогательные), неопределенные и искомые. Определение искомого составляет цель решения задачи, и она указана в требовании (вопросе) задачи [23].

## Выводы по первой главе

Физическая задача, в первую очередь, — это выраженная проблемная ситуация, которая требует от обучающегося для ее решения, мыслительных и практических действий на основе законов физики. Решение физических задач позволяет обучать учащихся решению проблем, формировать экспериментальные, информационные умения, развивает логическое мышление, способствует применению физических знаний на практике.

Все рассмотренные функции показывают, насколько важна роль задач в процессе обучения физике. Но изучив все аспекты, делаем вывод, что только лишь при правильной организации процесса получится научить учащихся решению задач. Ведь грамотно выстроенная методика по решению задач по разным разделам физики позволит реализовать все основные задачи обучения физике.

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно большое значение, тем самым им отводится значительная часть курса. Благодаря процессу решения задач учащиеся гораздо быстрее и эффективнее смогут запомнить и усвоить основные законы и формулы физики. Они позволяют создавать представления об характерных особенностях и границах применимости законов и явлений. Бесспорно, что решение задач также является одним из средств контроля знаний, умений и навыков учащихся по физике.

Обучение и воспитание учащихся требует комплексного использования всего многообразия физических задач, поскольку существует огромное количество типов задач.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РЕШЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ (НА МАТЕРИАЛЕ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»)**

2.1 Структура деятельности учителя по формированию у учащихся умения решать задачи

Процесс усвоения знаний, умений и навыков предполагает организацию самостоятельной познавательной деятельности учащихся, которая обеспечивает осознание структуры процесса учебного познания. На начальном этапе организации самостоятельной деятельности ведущая роль принадлежит учителю: под его руководством происходит целенаправленное формирование умения самостоятельно выполнять определенные виды познавательной деятельности. И только при условии сформированности первоначальных познавательных умений возможен переход к формированию более сложных умений.

Управление процессом познания происходит на новом, более высоком уровне: на уровне осуществления самоконтроля, самоорганизации познавательной деятельности. При этом ученик осознает структуру деятельности, контролирует выполнение отдельных ее действий и операций.

Процесс осознания структуры деятельности очень труден и имеет циклический характер. Начинается осознание с определения вида выполняемой деятельности («читаю параграф», «решаю задачи», «изучаю принцип действия манометра», «решаю задачу на определение архимедовой силы»). Затем идет накопление некоторого конкретного материала по выполнению названной деятельности, который позволяет выделить основные моменты деятельности, порой не раскрывая полностью их содержания. Представляется возможным выделить различные уровни описания деятельности, а, следовательно, и различные формы для такого описания: эвристика, эвристическое предписание, алгоритмическое

предписание и алгоритм. Поэтому нами вводятся еще две другие формы описания деятельности: эвристическое и алгоритмическое предписания, осуществляющие описание на промежуточных уровнях.

Алгоритмическое предписание будем понимать как один из видов алгоритма, имеющего точное определение в математике.

Эвристическое предписание рассматриваем как вид эвристики. Оно описывает структуру деятельности на основе уже обобщенных действий.

Деятельность человека может быть умственной и практической. Умственная деятельность осуществляется через интеллектуальные операции, которые вырабатываются в ходе обучения и развития. Но ход и результаты умственной деятельности могут быть различными. Так, В.Н. Пушкин выделяет:

1. Для одного вида деятельности оказывается достаточным знание структур определенных логических схем. Результатом такой деятельности является решение задач.

2. Для другого вида деятельности этих знаний для решения задач оказывается недостаточно.

Применение существующих учебных алгоритмов не снимает основных трудностей в обучении учащихся методам решения физических задач. Этот факт можно объяснить тем, что наличие правил решения не обеспечивает управление с их помощью процессом формирования обобщенного умения по решению физических задач.

Под учебным алгоритмом решения задачи мы понимаем описание в определенной форме деятельности учащихся по преобразованию задачи.

Обстоятельный анализ способов обучения учащихся умению решать физические задачи сделан А.В. Усовой [33]. Она выделяет три принципиально различных способа, которые характеризуют взаимодействие учителя и учащихся в процессе усвоения умения самостоятельно решать задачи.

Первый способ А.В. Усова называет традиционным, еще очень распространенным в практике обучения.

Он осуществляется по схеме:

1. Объяснение учителем подхода к решению задач данного вида.
2. Коллективное решение задач, при котором выделенный подход решения обсуждается со всем классом или один из учащихся решает задачу у доски, все остальные списывают решение, немногие пытаются решать самостоятельно.

3. Самостоятельное решение задач в связи с выполнением домашних заданий.

4. Самостоятельное решение задач в связи с выполнением контрольных работ.

Второй способ включает два новых элемента: полусамостоятельное и вполне самостоятельное решение задач. Процесс обучения учащихся умению решать задачи протекает при этом по следующей схеме:

1. Раскрытие учителем общего подхода к решению задач данной темы.

2. Коллективное решение небольшого количества задач с использованием общего подхода.

3. Полусамостоятельное решение задач, включающее коллективный анализ условия задачи, обсуждение хода (плана) решения и самостоятельную работу по реализации намеченного плана решения или выполнения отдельных операций.

4. Вполне самостоятельное решение задач, включающее самостоятельный анализ условия, его краткую запись, разработку плана решения, его реализацию, анализ ответа, проверку правильности решения.

5. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением домашних заданий.

6. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением контрольных работ.

Третий способ — алгоритмический. Он отличается от предыдущих тем, что учащиеся знакомятся с общим методом (алгоритмом) решения задач данного класса. Процесс обучения решению задач в данном случае осуществляется по схеме:

1. Коллективное решение нескольких задач, относящихся к данному классу (множеству) задач.

2. Выдвижение проблемы отыскания общего метода решения задач данного класса.

3. Отыскание учащимися (под руководством учителя) общего метода решения задач данного класса, «создание» (отыскание) алгоритма решения задач.

4. Усвоение структуры алгоритма и отдельных операций, из которых складывается решение, в процессе коллективного решения.

5. Вполне самостоятельное решение задач, включающее самостоятельный анализ условия, выбор способа его краткой записи, применение найденного алгоритма решения к конкретной ситуации, анализ и проверку полученного решения.

6. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением домашних заданий.

7. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением контрольных работ.

Таким образом, третий способ включает деятельность учащихся под руководством учителя по анализу решения частных задач и выделению на этой основе общего метода решения задач данного класса по конкретной теме, превращение его в алгоритмическое предписание по решению задач и самостоятельную работу учащихся по овладению конкретным алгоритмом решения данного класса задач [3].

Методы решения вычислительных задач зависят от многих причин: их сложности, математической подготовки учащихся, поставленных учителем целей и т.д. В зависимости от применяемого математического

аппарата различают следующие методы или способы решения вычислительных задач: арифметический, алгебраический, геометрический и графический. По характеру логических операций, используемых в процессе решения, различают аналитический, синтетический и аналитико-синтетический методы.

**Арифметический метод.** Применяя этот метод, над физическими величинами производят только арифметические действия. Физические задачи решают примерно так же, как задачи на уроках арифметики: по вопросам, без применения формул. Арифметический способ применяют в основном на первой ступени обучения физике, когда учащиеся еще не имеют достаточных знаний по алгебре или еще не уяснили достаточно глубоко зависимость между величинами, входящими в физические формулы.

Иногда считают, что отличительная черта арифметического метода — отсутствие буквенных выражений. Дело как раз не в буквенных выражениях, а в том, что при этом методе не составляют и не решают уравнений.

**Алгебраический метод.** При этом методе применяют имеющиеся у учащихся знания по алгебре, используют формулы, составляют и решают уравнения. Наиболее простой случай применения алгебраического метода состоит в решении задач по готовой формуле.

**Геометрический метод.** При решении задач геометрическим методом искомую величину находят на основании известных учащимся геометрических соотношений. Геометрический метод широко применяют в статике, геометрической оптике, электростатике и других разделах физики средней школы.

**Графический метод.** С геометрическим методом решения задач тесно связан метод графический, при котором для определения искомых величин используют графики.



Иногда же процесс решения задач учащимися затруднен вследствие недостатка математических знаний и некоторых умений, формируемых при изучении физики в младших классах. Что касается математики, то можно констатировать, что учащиеся плохо представляют себе функциональные зависимости (прямая и обратная пропорциональность), не умеют работать со степенями, испытывают затруднения в выражении неизвестной величины из представленной формулы. Из физических умений недостаточно сформированы умения пользоваться простейшими приборами при выполнении эксперимента. Эти умения нужны при решении экспериментальных задач. Кроме того, многие учащиеся испытывают трудности в решении задач, так как в свое время не научились анализировать ситуацию, описанную в условии задачи. Поэтому, приступая с учащимися к решению задач, необходимо проверить и восстановить данные умения [33].

2.2 Особенности содержания темы «Электростатика» курса физики средней школы, типология задач

1. К типичным задачам электростатики относятся:

а) найти характеристики поля, созданного зарядами с заданным пространственным распределением — вычислить напряженность и потенциал поля в произвольной точке или, наоборот, зная характеристики поля, найти создающие его заряды;

б) по заданному расположению и форме проводников, зная потенциал каждого проводника или их общий заряд, найти распределение зарядов в проводниках и вычислить характеристики полей, создаваемых этими проводниками.

В курсе элементарной физики, за небольшим исключением, рассматривают наиболее простые случаи: задачи о точечных зарядах, заряженных проводящих сферах, плоскостях и конденсаторах.

Иногда в эти задачи включают элементы механики, и задачи получаются комбинированными, однако главное внимание в них стараются уделять идеям электричества.

2. Задачи по электростатике в курсе элементарной физики удобно разделить на две группы. К первой группе можно отнести задачи о точечных зарядах и системах, сводящихся к ним, ко второй — все задачи о заряженных телах, размерами которых нельзя пренебречь.

Решение задач первой группы основано на применении законов механики с учетом закона Кулона и вытекающих из него следствий. Такие задачи рекомендуется решать в следующем порядке:

а) расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.

б) Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и характеристики поля и подставить эти выражения в исходное уравнение.

Силы взаимодействия зарядов можно рассчитать или по закону Кулона, или по формуле  $\vec{F} = q\vec{E}$ , считая, что один из зарядов находится в поле другого.

Второй способ сводится фактически к расчету электрического поля в той или иной точке пространства, где находится рассматриваемый заряд. Им обычно пользуются в тех случаях, когда поля создаются протяженными заряженными телами.

в) Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов.

г) Далее, как обычно, надо записать вспомогательные формулы и полученную систему уравнений решить относительно неизвестной величины.

д) Проводя вычисления в задачах электростатики, полезно помнить, что множитель  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ , входящий во многие расчетные формулы, равен  $k = 9,00 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ . Именно такое значение  $k$  и нужно подставлять в эти формулы.

Задачи на расчет полей, созданных точечными зарядами, заряженными сферами и плоскостями, — нахождение напряженности или потенциала в какой-либо точке пространства — основаны на использовании соответствующих формул. Особое внимание следует обращать на векторный характер напряженности  $\vec{E}$  и помнить, что знак перед потенциалом  $\varphi$  определяется знаком заряда, создающего поле. При определении значения потенциала учитывают еще следующие факты: 1) потенциалы тел, соединенных проводником, равны друг другу; 2) потенциал заземленных тел равен нулю; 3) каждое заряженное тело создает свое поле, поэтому потенциал в любой точке поля равен алгебраической сумме потенциалов полей отдельных зарядов («сколько зарядов, столько и потенциалов») [18].

Следующее что необходимо разобрать с обучающимися, — это емкость.

Емкость уединенного проводника, имеющего заряд  $q$  и потенциал  $\varphi$ , определяется формулой:

$$C = \frac{|q|}{\varphi}. \quad (1)$$

Емкость уединенного металлического шара радиусом  $r$ , находящегося в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , равна:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r. \quad (2)$$

Емкость конденсатора — двух проводников, на которых находятся два равных по модулю, но противоположных по знаку заряда  $q$ , определяют по формуле:

$$C = \frac{|q|}{U}, \quad (3)$$

где  $|q|$  – заряд конденсатора (абсолютное значение заряда одного из проводников),  $U = \varphi_1 - \varphi_2$  – разность потенциалов между проводниками.

Емкость плоского конденсатора равна:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь одной пластины, перекрывающаяся другой;  $d$  – расстояние между пластинами;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды, разделяющей пластины [2].

Если обкладка одного конденсатора соединяется с обкладкой другого конденсатора и между ними нет разветвлений, то соединение конденсаторов называется последовательным.

При подключении к источнику с напряжением  $U_0$  батареи незаряженных конденсаторов, соединенных между собой последовательно, алгебраическая сумма напряжений  $U_i$  на отдельных конденсаторах равна напряжению на всей батарее:

$$\sum_{i=1}^n U_i = U_0. \quad (5)$$

Заряды конденсаторов при этом равны между собой и равны заряду всей батареи:

$$q_1 = q_2 = \dots = q_n = q_0. \quad (6)$$

Емкость  $C_0$  батареи, составленной из  $n$  конденсаторов емкостью  $C_i$ , соединенных между собой последовательно, может быть рассчитана по формулам.

$$C_0 = \frac{|q_0|}{U_0}, \quad (7)$$

$$\frac{1}{C_0} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}. \quad (8)$$

Если обе обкладки одного конденсатора соединить проводником с обкладками другого, а тот, в свою очередь, таким же образом подключить

к следующему конденсатору, то получившееся соединение конденсаторов называется параллельным [2].

Емкость  $C_0$  батареи при параллельном соединении конденсаторов может быть рассчитана по формулам (7) и (8)

### 2.3 Методика решения задач по электростатике и ее апробация

Зависимость силы взаимодействия двух точечных электрических зарядов от расстояния между ними записывают и используют прежде всего в виде  $F \sim \frac{q_1 q_2}{r^2}$  в вакууме и  $F \sim \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$  в среде, диэлектрическая проницаемость которой  $\epsilon \neq 1$ . Для перехода от пропорциональности в выражении для  $F$  к равенству вводят коэффициент пропорциональности  $k$ , и закон Кулона приобретает вид:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}. \quad (9)$$

Используя формулу закона Кулона, сначала решают тренировочные задачи о взаимодействии двух зарядов, определяя силу  $F$ , величины  $q_1$  и  $q_2$  или расстояния  $r$  между зарядами. Затем задачи усложняют, рассматривая взаимодействие нескольких зарядов. Тему завершают решением комбинированных задач с использованием законов статики и динамики. В комбинированных задачах можно, например, рассмотреть условия равновесия заряженных тел, подвешенных на нитях, учитывая действие на них сил реакции и тяжести. Заметим, что во всех этих задачах заряды принимают за точечные, так как закон Кулона справедлив только для точечных зарядов. При решении задач за точечные заряды допустимо принимать заряды на телах, размеры которых малы по сравнению с расстоянием между телами. В случае тел сферической формы заряд тела считают расположенным в центре сферы. Характер зависимости силы взаимодействия двух точечных зарядов от расстояния между ними и от среды вначале выясняют путем разбора качественных задач.

Учащиеся могут столкнуться с различными трудностями при изучении раздела «Электростатика». У них могут вызвать затруднения различные роды заданий. На представленных ниже рисунках можно увидеть данные опроса, проведенного среди студентов 1 курса.

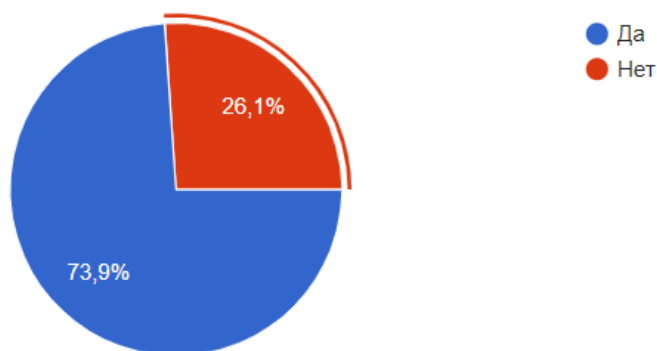


Рисунок 2 – Статистика ответа на вопрос о знании закона Кулона

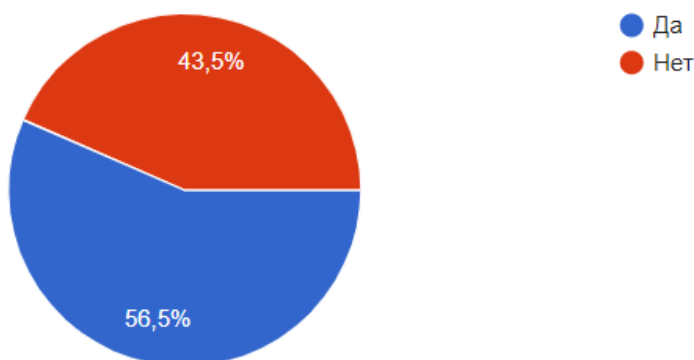


Рисунок 3 – Статистика ответа на вопрос о знании границ применимости закона Кулона?

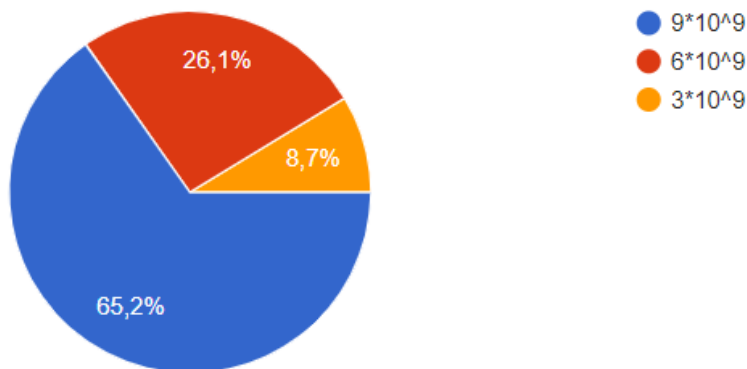


Рисунок 4 – Статистика ответа на вопрос о знании коэффициента пропорциональности

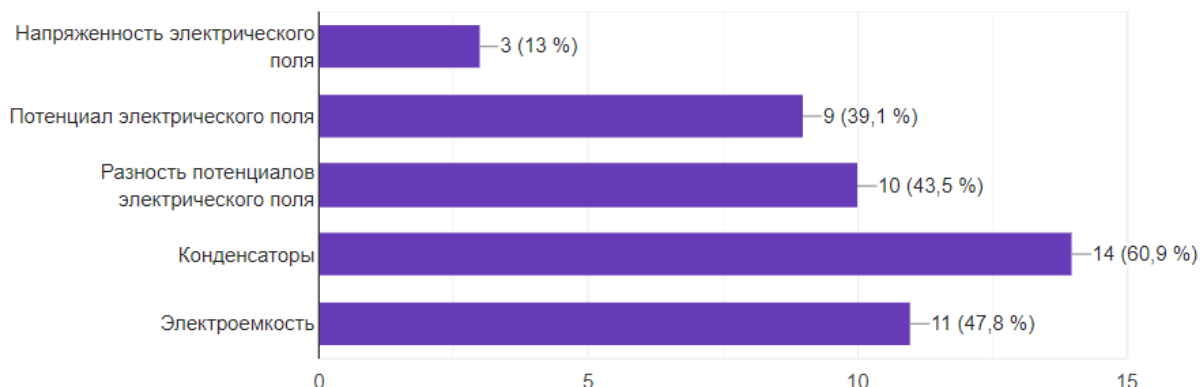


Рисунок 5 – Статистика ответа на вопрос о том, какие понятия дались наиболее тяжело при изучении электростатики

По данным опроса можно сказать, что:

- Большинство обучающихся знают Закон Кулона, но некоторые все-таки затрудняются назвать границы применимости данного Закона.

- Более половины обучающихся смогли назвать, чему равен коэффициент пропорциональности.

- Но наиболее сложным в понимании оказалось понятие конденсатора, и менее половины ответили, что вызвало затруднения разность потенциалов электрического поля.

- Вопрос анкеты «Применение законов электростатики» не вызвал большого затруднения. Обучающиеся смогли с легкостью назвать, где можно столкнуться с явлениями электростатики.

Выявили проблемы учащихся в решении расчетных задач по электростатике:

1. Учащиеся не понимают смысла физических законов.
2. Трудности в понимании текста задачи.
3. Полное или частичное отсутствие знаний по той или иной теме.
4. Плохо владеют математическим аппаратом или знаний по математике не достаточно для решения задачи.
5. Плохо владеют умственными операциями поиска решения задачи.
6. Слабая мотивация к решению.

Проанализировав результаты анкеты, мы пришли к выводу, что необходимо с учащимися разобрать задачи на следующие темы по разделу «Электростатика»: напряженность, потенциал, разность потенциалов и конденсаторы.

#### Задача №1

Две металлические пластины расположены параллельно друг другу на расстоянии, значительно меньшем, чем размеры пластин (рисунок 7). Пластины заряжены разноименно одинаковыми по модулю зарядами  $+Q$  и  $-Q$ . Сравните напряженности электрического поля в точках А, В, С, D, E, и F. Ответ поясните. Сравните работы, которые совершает электрическое поле при перемещении малого точечного заряда  $q$  из А в В, из А в С.

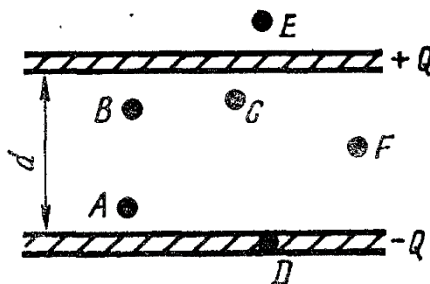


Рисунок 7 – Иллюстрация к задаче №1

#### Решение:

Поскольку поле между пластинами можно считать однородным, то напряженность поля в данных точках А, В, С, F имеет одинаковое значение.

Если рассматривать напряженность поля в точке E, то она равна нулю, так как поле приближенно сконцентрировано между пластинами.

Если рассматривать поле в точке D, которая находится внутри проводника, то в точке D напряженность поля равна нулю.

При перемещении точечного заряда  $q$  из точки А в точку В и из точки А в точку С, работа поля будут одинаковой. Объясняется это тем, что проекции перемещений на направление поля равны.



### Задача №2

Напряженность электрического поля у поверхности Земли равна 130 Н/Кл. Определить заряд Земли, если ее радиус 6400 км. Считать, что Земля имеет сферическую форму и заряд ее равномерно распределен по поверхности.

Дано:  $E = 130$  Н/Кл,  $R = 6400$  км

Найти:  $q - ?$

### Решение

Напряженность поля заряженной сферы равна

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 R^2}.$$

Выразим из данной формулы заряд

$$q = 4\pi\epsilon_0 R^2 E.$$

Проверим размерность полученной величины:

$$[q] = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} \cdot \text{м}^2 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \text{Кл}.$$

Определим численное значение заряда:

$$q = 4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,4^2 \cdot 10^{12} \cdot 130 = 5,92 \cdot 10^5 \text{ Кл}.$$

Ответ:  $q = 5,92 \cdot 10^5$  Кл.

### Задача №3

Одинаковые одноименные точечные заряды  $4 \cdot 10^{-7}$  Кл расположены в двух вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 1$  м. Определить значение напряженности и потенциала в третьей вершине А треугольника (рисунок 8)

Дано:

$$q_1 = q_2 = q = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$a = 1 \text{ м}$$

$$E_A - ?$$

$$\varphi_A - ?$$

## Решение

Согласно принципу суперпозиции,

$$E_A = E_1 + E_2,$$

$$\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2,$$

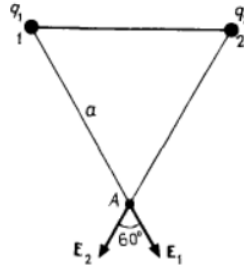


Рисунок 8 – Иллюстрация к задаче №3

где  $E_1$  и  $E_2$  – напряженность полей, созданных в точке А зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , а  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – потенциалы этих полей в точке А. Определим значения этих величин согласно формулам.

$$E_1 = E_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2},$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}.$$

Результирующий вектор  $E_A$  является диагональю ромба со стороной  $a$  и острым углом  $60^\circ$

$$E_A = E_1 \cos 30^\circ + E_2 \cos 30^\circ = 2E_1 \cos 30^\circ = \sqrt{3} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2},$$

$$E_A = \sqrt{3} \frac{4 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1^2} = 6,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Так как потенциалы полей, создаваемых в точке А зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , равны, то

$$\varphi = 2 \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 a},$$

откуда

$$\varphi = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1} = 7200 \text{ В}.$$

Ответ:  $\varphi = 7200 \text{ В}$ ,  $E_A = 6,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$ .

#### Задача №4

Четыре конденсатора емкостями  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 1 \text{ мкФ}$ ,  $C_3 = 3 \text{ мкФ}$ ,  $C_4 = 2 \text{ мкФ}$  соединены, как показано на рисунке 9. К точкам А и В подводится напряжение  $U=140 \text{ В}$ . Найти заряд  $q_1$  и напряжение  $U_1$  на каждом из конденсаторов.

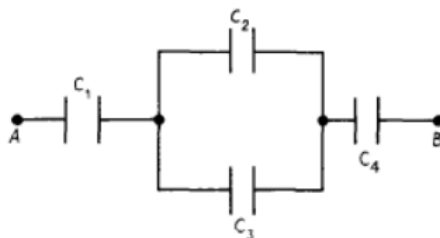


Рисунок 9 – К задаче №4

Дано:

$$C_1 = 1 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 1 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 3 \text{ мкФ}$$

$$C_4 = 2 \text{ мкФ}$$

$$U=140 \text{ В}$$

Найти:

$$q_i - ?$$

$$U_i - ?$$

Решение:

Для определения заряда и напряжения прежде всего найдем емкость батареи конденсаторов. Эквивалентная емкость, второго и третьего конденсаторов равна,

$$C_{2,3} = C_2 + C_3 .$$

Эквивалентная емкость всей батареи конденсаторов, представляющей собой три последовательных конденсатора емкостями  $C_1, C_{2,3}, C_4$  равна:

$$\frac{1}{C_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2,3}} + \frac{1}{C_4} .$$

Заряды на этих конденсаторах одинаковы

$$q_1 = q_{2,3} = q_4 = C_{\text{ЭКВ}} U .$$

Для упрощения вычислений определим сначала  $C_{\text{ЭКВ}}$

$$\frac{1}{C_{\text{ЭКВ}}} = \left( \frac{1}{10^{-6}} + \frac{1}{(1+3) \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} \right) \frac{1}{\Phi} = \frac{7}{4 \cdot 10^{-6}} \frac{1}{\Phi} ,$$

$$C_{\text{экв}} = \frac{4}{7} \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

Для заряда имеем

$$q_1 = q_{2,3} = q_4 = \frac{4}{7} \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 140 \text{ В} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}.$$

Следовательно, заряд первого конденсатора равен  $q_1 = 8 \cdot 10^{-5}$  Кл.

А разность потенциалов между его обкладками, или напряжение, равно

$$U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}}{1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 80 \text{ В}.$$

Для четвертого конденсатора аналогично имеем:  $q_4 = 8 \cdot 10^{-5}$  Кл,

$$U_4 = \frac{q_4}{C_4} = \frac{8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 40 \text{ В}.$$

Найдем напряжение на втором и третьем конденсаторах

$$U_2 = U_3 = \frac{q_{2,3}}{C_{2,3}} = \frac{8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 20 \text{ В}.$$

Таким образом, на втором конденсаторе заряд равен

$$q_2 = C_2 U_2 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$$

А на третьем конденсаторе:  $q_3 = C_3 U_3 = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 6 \cdot 10^{-5}$  Кл

Ответ:

$$q_1 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}, q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}, q_3 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}, q_4 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$$
$$U_1 = 80 \text{ В}, U_2 = 20 \text{ В}, U_3 = 20 \text{ В}, U_4 = 40 \text{ В}.$$

Выводы по второй главе

В данной главе мы рассмотрели методику обучения учащихся решению задач по электростатике, акцентируя внимание на наиболее важных моментах. Провели анкетирование для того, чтобы определить, что вызывает затруднения у учащихся при изучении раздела «Электростатика». Установили, что наибольшую сложность вызывают такие понятия как напряженность, потенциал и конденсаторы. Выявив «западающие» понятия, представили к изучению четыре задачи с подробным решением, где рассмотрели все нюансы. В данных задачах

необходим полный объем теоретических знаний по физике и хорошие вычислительные навыки. В процессе выполнения расчетных задач учащиеся отрабатывают умение строить физическую модель, применять законы электростатики и анализировать ход решения.

## ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ «ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ»

### 3.1. Путеводитель по электростатике

Рассмотрев множество представленных методик по изучению раздела «Электростатика» и вместе с тем, проанализировав опросы студентов, мы выявили необходимость составить методические рекомендации для начинающих учителей физики. Методическое пособие будет представлено в виде ступенчатой системы. Задачи будут выстроены по уровню сложности, что позволит учащимся переходить с одного уровня сложности на другой на протяжении изучения раздела «Электростатика».

Многие авторы представляют свое разделение по уровням. Например, Леонид Анатольевич Кирик представляет четыре уровня сложности: начальный уровень, средний уровень, достаточный уровень, высокий уровень [15]. А Марон Абрам Евсеевич предлагает работы составленные из 5 вариантов, где первый и второй уровни сложности соответствуют требованиям к уровню подготовки выпускников средней школы, третий уровень предусматривает углублённое изучение физики [16]. Большой интерес представляет подход к методике обучения решению задач, предложенный авторами Мелёшиной А.М. и Фосс М.А [34].

В данном методическом пособии мы будем ссылаться на спецификацию ЕГЭ 2023 года [28], где представлены следующие уровни сложности: базовый, повышенный, высокий.

Задания базового уровня проверяют овладение предметными результатами на наиболее значимых элементах содержания курса физики, входящих в содержание как базового, так и углублённого курсов физики, без которых невозможно успешное продолжение обучения на следующей ступени.

Задания повышенного уровня направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и

явлений, а также умения решать задачи на применение одного или двух законов по какой-либо из тем школьного курса физики.

Задания высокого уровня сложности проверяют способность учащихся решать задачи, в которых нет явного указания на способ выполнения и необходимо сконструировать способ решения, комбинируя известные ученику способы.

Задачи взяты по следующим темам. Два рода заряда. Электризация тел. Строение атома. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Работа электростатического поля. Разность потенциалов. Емкость проводника. Емкость плоского конденсатора. Соединения конденсаторов. Энергия электрического поля, конденсатора.

Примерный алгоритм решения задач будет заключаться в следующем:

1. Необходимо ознакомиться с условием задачи.
2. Обозначить главный вопрос задачи и оформить данные задачи, какие физические величины известны.
3. Перевести известные величины в СИ.
4. Проанализировать условие задачи, о каком физическом явлении идет речь, и записать соответствующий физический закон.
5. Выразить величину, которую нам необходимо найти.
6. Подставить известные физические величины в формулу и произвести математические вычисления
7. Проанализировать достоверность полученного результата.
8. Записать ответ.

### **Базовый уровень**

Задания базового уровня проверяют овладение предметными результатами на наиболее значимых элементах содержания курса физики, входящих в содержание как базового, так и углублённого курсов физики, без которых невозможно успешное продолжение обучения на следующей ступени.

Как ранее было описано, на данной ступени мы рассмотрим те задачи, которые требуют не сложных вычислительных действий и умственных операций. Учащимся необходимо умение анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики.

Задача 1:

Почему между ремнем и шкивом, на который он надет, при работе время от времени проскакивает искра?

Ответ: При трении между шкивом и ремнем происходит разделение и накопление зарядов — ремень и шкив электризуются. При достижении определенной величины заряда между ними проскакивает искра.

Задача 2:

Какой заряд приобретает атом железа, если он потеряет один электрон?

Ответ: Поскольку атом электрически нейтрален, то при потере электрона с отрицательным зарядом, атом железа приобретает положительный заряд.

Задача 3:

Два одинаковых точечных заряда взаимодействуют в вакууме с силой 0,1 Н. Расстояние между зарядами равно 6 м. Найдите величину этих зарядов.

Дано:

$$q_1 = q_2$$

$$F = 0,1 \text{ Н}$$

$$r = 6 \text{ м}$$

Найти:

$$q_1 - ?$$

$$q_2 - ?$$

Решение:

Используем закон Кулона:



$$F = k \cdot \frac{q^2}{r^2},$$

где  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$  – коэффициент пропорциональности.

Выразим заряд из закона Кулона:

$$q = \sqrt{\frac{F \cdot r^2}{k}} = r \sqrt{\frac{F}{k}},$$

$$q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{9 \cdot 10^9}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

Ответ:  $q_1 = q_2 = 2 \cdot 10^{-5}$  Кл.

Задача 4:

В некоторой точке поля на заряд 3 нКл действует сила 0,6 мкН.

Найдите напряженность поля в этой точке.

Дано:

$$q = 3 \text{ нКл} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = 0,6 \text{ мкН} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

Найдите:

E - ?

Решение:

$$E = \frac{F}{q},$$

$$E = \frac{6 \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^2 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = 200 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Ответ:  $E = 200 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$ .

Задача 5:

Потенциальная энергия заряда 2 нКл в электрическом поле равна 6 мкДж. Чему равен потенциал поля в этой точке?

Дано:

$$W_{\text{п}} = 6 \text{ мкДж} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$q = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Найдите:

$\varphi$ —?

Решение:

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-9}} = 3000 \text{ В.}$$

Ответ: 3 кВ.

Задача 6:

Заряд ядра атома цинка равен  $4,8 \cdot 10^{-18}$  Кл. Определите потенциал электрического поля, созданного ядром атома цинка, на расстоянии 10 нм.

Дано:

$$q = 4,8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$$

$$r = 10 \text{ нм} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 10^{-8} \text{ м}$$

Найдите:

$\varphi$ —?

Решение:

$$\varphi = \frac{k \cdot q}{r},$$

$$\varphi = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4,8 \cdot 10^{-18}}{10^{-8}} = 4,32 \text{ В.}$$

Ответ:  $\varphi = 4,32 \text{ В.}$

Задача 7:

Если проводнику сообщить заряд  $10^{-8}$  Кл, то его электрический потенциал увеличивается на 100 В. Определите емкость проводника.

Дано:

$$q = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\varphi = 100 \text{ В}$$

Найдите:

C - ?

Решение:

$$C = \frac{q}{\varphi},$$

$$C = \frac{10^{-8}}{100} = 10^{-10} \text{ Ф.}$$

Ответ:  $C = 10^{-10}$  Ф.

Задача 8:

Как изменится напряжение между пластинами конденсатора, соединенного с источником тока при увеличении электроемкости в 2 раза?

Ответ:  $C = \frac{q}{U}$ , значит напряжение уменьшится в 2 раза.

Задача 9:

Как изменится энергия электрического поля конденсатора, соединенного с источником тока при уменьшении электроемкости в 2 раза?

Ответ: Поскольку энергия обратно пропорциональна электроемкости, то уменьшая электроемкость в 2 раза, увеличится в 2 раза энергия электрического поля конденсатора.

Задача 10:

Заряд конденсатора 3.2 мКл, напряжение на обкладках 500 В. Определите энергию электрического поля конденсатора.

Дано:

$$q = 3,2 \text{ мКл} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

$$U = 500 \text{ В}$$

Найдите:

$W$ —?

Решение:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3} \cdot 500}{2} = 0,8 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $W = 0,8$  Дж.

### Повышенный уровень

Задания повышенного уровня направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и

явлений, а также умения решать задачи на применение одного или двух законов по какой-либо из тем школьного курса физики.

Задача 1:

Как с помощью шара, не уменьшая находящегося на нем положительного заряда, наэлектризовать два других, хорошо проводящих шара: один – отрицательно, другой – положительно?

Ответ: Необходимо один незаряженный изолированный шар поднести близко к заряженному (но не прикасаясь). Соответственно другой незаряженный шар остается на большем расстоянии. Затем соединив проводником на некоторое время два незаряженных шара, и далее отсоединив. После увидим, что один шар приобретает положительный заряд, а другой отрицательный.

Задача 2:

Два тела, имеющие равные отрицательные электрические заряды, отталкиваются в воздухе с силой 0,9 Н. Определите число избыточных электронов в каждом теле, если расстояние между зарядами 8 см.

Дано:

$$q_1 = q_2 = q$$

$$F = 0,9 \text{ Н}$$

$$r = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Найдите:

N - ?

Решение:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2},$$

$$q = r \sqrt{\frac{F}{k}} = 0,08 \sqrt{\frac{0,9}{9 \cdot 10^9}} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$$

Число избыточных электронов:

$$N = \frac{q}{e} = \frac{8 \cdot 10^{-7}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{12} \text{ электронов.}$$

Ответ:  $N = 5 \cdot 10^{12}$  электронов.

Задача 3:

Два заряда  $6 \cdot 10^{-7}$  и  $-2 \cdot 10^{-7}$  Кл расположены в керосине на расстоянии 0.4 м друг от друга. Определите напряженность поля в точке, расположенной на середине отрезка прямой, соединяющей центры зарядов.

Дано:

$$q_1 = 6 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$r_1 = r_2 = r = 2 \cdot 10^{-1} \text{ м}$$

$$\varepsilon = 2$$

Найдите:

$E$  - ?

Решение:

Согласно принципу суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2.$$

Так как векторы  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$  направлены по одной прямой и в одну сторону, то напряженность поля в точке О будет равна сумме модулей напряженностей  $|\vec{E}_1|$  и  $|\vec{E}_2|$

$$E = \frac{k|q_1|}{\varepsilon r^2} + \frac{k|q_2|}{\varepsilon r^2} = \frac{k(|q_1| + |q_2|)}{\varepsilon r^2},$$

$$E = \frac{k(|q_1| + |q_2|)}{\varepsilon r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 (6 \cdot 10^{-7} + 2 \cdot 10^{-7})}{2 \cdot (2 \cdot 10^{-1})^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}$$

$$= 9 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Ответ:  $E = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$ .

Задача 4:

При переносе из одной точки в другую заряда 2 нКл электрическое поле совершило работу 15 мкДж. Какова разность потенциалов между этими точками?

Дано:

$$q = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$A = 15 \text{ мкДж} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Найдите:

$$\varphi_1 - \varphi_2 - ?$$

Решение:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q},$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} = \frac{15 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-9}} = 7500 \text{ В.}$$

Ответ:  $\varphi_1 - \varphi_2 = 7,5 \text{ кВ.}$

Задача 5:

Расстояние между пластинами квадратного плоского воздушного конденсатора с стороной 10 см равно 1 мм. Какова разность потенциалов между пластина, если заряд конденсатора равен 1 нКл.

Дано:

$$a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$$

Найдите:

$$U - ?$$

Решение:

$$C = \frac{\varepsilon_0 a^2}{d},$$

$$U = \frac{q}{C},$$

$$U = \frac{qd}{\varepsilon_0 a^2} = \frac{10^{-9} \cdot 10^{-3}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1^2} \approx 11 \text{ В},$$

где  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ .

Ответ:  $U = 11 \text{ В}$ .

Задача 6:

Найдите заряд, который нужно сообщить двум параллельно соединенным конденсаторам с емкостью 2 и 1 мкФ, чтобы зарядить их до разности потенциалов 20 кВ.

Дано:

$$C_1 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U = 20 \text{ кВ} = 20 \cdot 10^3 \text{ В}$$

Найдите:

$q$ —?

Решение:

$$C = C_1 + C_2,$$

$$C = \frac{q}{U},$$

$$q = (C_1 + C_2)U,$$

$$q = (C_1 + C_2)U = (2 \cdot 10^{-6} + 10^{-6})20 \cdot 10^3 = 0,06 \text{ Кл.}$$

Ответ:  $q = 0,06 \text{ Кл}$ .

Задача 7:

Незаряженный конденсатор емкостью 100 мкФ соединили параллельно с конденсатором емкостью 50 мкФ, заряженным до напряжения 300 В. Какое напряжение установилось на конденсаторах?

Дано:

$$U_0 = 300 \text{ В}$$

$$C_1 = 50 \text{ мкФ} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 100 \text{ мкФ} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Найдите:

$U$  - ?

Решение:

$$q = U_0 C_1 = 300 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 0,015 \text{ Кл},$$

$$C = C_1 + C_2 = 50 \cdot 10^{-6} + 100 \cdot 10^{-6} = 150 \cdot 10^{-6} \text{ Ф},$$

$$U = U_1 = U_2 = \frac{q}{C},$$

$$U = \frac{0,015}{150 \cdot 10^{-6}} = 100 \text{ В}.$$

Ответ:  $U = 100 \text{ В}$

Задача 8:

Емкость конденсатора 6 мкФ, а заряд 0,3 мКл. Определите энергию электрического поля конденсатора.

Дано:

$$C = 6 \text{ мкФ} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$q = 0,3 \text{ мКл} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$$

Найдите:

$W$  - ?

Решение:

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{(0,3 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-6}} = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ Дж} = 7,5 \text{ мДж}.$$

Ответ: 7,5 мДж.

Задача 9:

Плоский воздушный конденсатор емкостью 20 нФ заряжен до разности потенциалов 100 В. Какую работу надо совершить чтобы вдвое увеличить расстояние между обкладками?

Дано:

$$C = 20 \text{ нФ} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

Найдите:

$A$  - ?



Решение:

Работа при раздвигании пластин численно будет равно изменению энергии, запасенной в конденсаторе, при условии сохранения электрического заряда:

$$W_1 = \frac{CU^2}{2} = \frac{20 \cdot 10^{-9} \cdot 10^4}{2} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Дж},$$

$$W_2 = 2W_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Дж},$$

$$A = W_2 - W_1 = 2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 10^{-4} = 0,1 \text{ мДж}.$$

Ответ:  $A = 0,1$  мДж.

Задача 10:

При разрядке батареи, состоящей из 20 параллельно включенных конденсаторов с одинаковыми емкостями  $C_0 = 4$  мкФ, выделилось количество теплоты  $Q = 10$  Дж. До какой разности потенциалов были заряжены конденсаторы?

Дано:

$$C_0 = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$Q = 10 \text{ Дж}$$

$$N = 20$$

Найдите:

$U - ?$

Решение:

$$C = N \cdot C_0,$$

$$Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{NC_0}{2} U^2,$$

$$U = \sqrt{\frac{2Q}{NC_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{20 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}} \approx 500 \text{ В}.$$

Ответ:  $U = 500$  В.

### Высокий уровень:

Задания высокого уровня сложности ориентированы на проверку комплекса умений: решать проблемные задачи, составлять сложный план. Этот блок включает задания на применение знаний при решении задач с развернутым условием.

Данные задачи будут с неявно заданной физической моделью с использованием формул из одного или двух разделов курса физики, обосновывая выбор физической модели для решения задач.

На высших уровнях решения задач могут оказаться нестандартными, необходимо иметь полные знания по многим разделам физики и опираясь на новые научные данные, решать задачу высокого уровня. Данные задачи способствуют проверке способности к оригинальному мышлению, применяя нестандартные подходы.

Задача 1:

Тонкая шелковая нить выдерживает максимальную силу натяжения 10 мН. На этой нити подвешен шарик массы 0,6 г, имеющий положительный заряд 11 нКл. Снизу в направлении линии подвеса к нему подносят шарик, имеющий отрицательный заряд -13 нКл. При каком расстоянии между шариками нить разорвется?

Дано:

$$T = 10 \text{ мН} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$m = 0,6 \text{ г} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$q_1 = 11 \text{ нКл} = 11 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -13 \text{ нКл} = -13 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Найдите:

$r$ —?

Решение:

Запишем второй закон Ньютона для данной системы:

$$T = m \cdot g + F ,$$

где  $F$  – кулоновская сила

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

$$T - m \cdot g = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

$$(T - m \cdot g) \cdot r^2 = k \cdot q_1 \cdot q_2 ,$$

$$r = \sqrt{\frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{(T - m \cdot g)'}}$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 11 \cdot 10^{-9} \cdot 13 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-3} - 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10}} = 0,018 \text{ м.}$$

Ответ:  $r = 0,018 \text{ м.}$

Задача 2:

На шелковой нити в воздухе висит неподвижно шарик массой 2 г, имеющий заряд  $3 \cdot 10^{-8}$  Кл. Определите силу натяжения нити, если под шариком на расстоянии 10 см от него поместить другой шарик с одноименным зарядом  $2,4 \cdot 10^{-7}$  Кл.

Дано:

$$m = 2 \text{ г} = 0,002 \text{ кг}$$

$$q_1 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$r = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

Найдите:

T - ?

Решение:

$$T = mg - F_k ,$$

$$T = mg - k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

$$T = 0,002 \cdot 10 - 9 \cdot 10^9 \frac{3 \cdot 10^{-8} \cdot 2,4 \cdot 10^{-7}}{0,1^2} \approx 0,01352 \text{ Н} \approx 13,52 \text{ мН.}$$

Ответ:  $T \approx 13,52 \text{ мН.}$

Задача 3:

В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$  находятся заряды  $+q$ ,  $+q$  и  $-q$ . Найдите напряженность поля в центре треугольника.

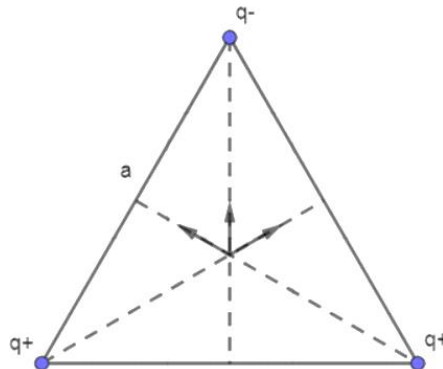


Рисунок 10 – К задаче 3.

Решение:

Расстояние от центра правильного треугольника до вершин равно  $r = \frac{a}{\sqrt{3}}$ .

Каждый заряд в центре треугольника создает напряженность, равную по модулю:

$$E' = \frac{3kq}{a^2}.$$

Результирующая напряженность будет равна векторной сумме всех напряженностей в центре треугольника, при этом благодаря симметрии сумма напряженностей, созданных положительными зарядами будет равна напряженности, созданной отрицательным зарядом, таким образом

$$E = 2E' = 2 \cdot \frac{3kq}{a^2} = \frac{6kq}{a^2} = \frac{3q}{2\pi\epsilon_0 a^2}.$$

Ответ:  $E = \frac{3q}{2\pi\epsilon_0 a^2}$ .

Задача 4:

Пылинка массой 2,5 мг покоится в однородном вертикальном электрическом поле с напряженностью 100 кВ/м. Пылинка теряет 100 электронов. Какую скорость она приобретает, пройдя 2 см?

Дано:

$m = 2,5 \text{ мг}$

$$E = 100 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$s = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

Найдите:

$v$ —?

Решение:

Пылинка находилась в равновесии, когда сила электрического поля уравновешивала силу тяжести

$$mg = qE .$$

Когда пылинка потеряла 100 электронов, ее заряд стал равным  $q - 100e$ .

И уменьшилась сила действия электрического поля. В результате пылинка стала двигаться с ускорением, которое по второму закону Ньютона равно

$$ma = mg - (q - 100e)E = 100eE .$$

Приобретенная пылинкой скорость равна

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{200eEs}{m}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 10^{-6}}} = 0,16 \frac{\text{мм}}{\text{с}} .$$

Ответ:  $v = 0,16 \text{ мм/с}$  .

Задача 5:

Два металлических шара, расположенных далеко друг от друга, имеют радиусы 5 и 15 см, заряды 12 и  $-40$  нКл. Шары соединяют тонкой проволокой. Какой заряд  $\Delta q$  пройдет по проволоке?

Дано:

$$r_1 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$r_2 = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$q_1 = 12 \text{ нКл} = 12 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -40 \text{ нКл} = -40 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Найдите:

$\Delta q$ —?

Решение:

$$\varphi'_1 = \varphi'_2 ,$$

$$\varphi = k \frac{q}{r},$$

$$k \frac{q_1 - \Delta q}{r_1} = k \frac{q_2 + \Delta q}{r_2},$$

$$(q_1 - \Delta q)r_2 = (q_2 + \Delta q)r_1,$$

$$\Delta q = \frac{q_1 r_2 - q_2 r_1}{r_1 + r_2},$$

$$\Delta q = \frac{12 \cdot 10^{-9} \cdot 0,15 - 40 \cdot 10^{-9} \cdot 0,05}{0,05 + 0,15} = 19 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 19 \text{ нКл.}$$

Ответ:  $\Delta q = 19 \text{ нКл.}$

Задача 6:

Разность потенциалов между пластинами плоского воздушного конденсатора 150 В. Площадь каждой пластины  $120 \text{ см}^2$ , а заряд 5 нКл. Каково расстояние между пластинами?

Дано:

$$U = 150 \text{ В}$$

$$S = 120 \text{ см}^2 = 0,012 \text{ м}^2$$

$$q = 5 \text{ нКл} = 5 \cdot 10^{-9}$$

Найдите:

d -?

Решение:

$$q = CU = \frac{\varepsilon_0 S}{d} U,$$

$$qd = \varepsilon_0 SU,$$

$$d = \frac{\varepsilon_0 SU}{q} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 150}{5 \cdot 10^{-9}} \approx 3,2 \text{ мм.}$$

Ответ:  $d = 3,2 \text{ мм.}$

Задача 7:

Какое количество теплоты  $Q$  выделится при заземлении заряженного до потенциала  $\varphi = 1500 \text{ В}$  металлического шара радиусом  $R = 10 \text{ см}$ ?

Дано:

$$\varphi = 1500 \text{ В}$$

$$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

Найдите:

$Q$  - ?

Решение:

$$Q = W_1 - W_2 ,$$

$$W_1 = \frac{CU^2}{2} ,$$

$$C = 4\pi\varepsilon_0 R, \text{ где } \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} ,$$

$$W_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0 RU^2}{2} .$$

Энергия  $W_2$  будет равна нулю, поскольку при заземлении весь заряд с шара перетечет на Землю, которая имеет гораздо большую емкость, чем указанный шар,

$$Q = W_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0 RU^2}{2} ,$$

$$Q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1 \cdot 1500^2}{2} \approx 25 \text{ мкДж} .$$

Ответ:  $Q = 25 \text{ мкДж}$ .

Задача 8:

Определите величину заряда, который нужно сообщить двум параллельно соединенным конденсаторам, чтобы зарядить их до напряжения 20 кВ, если емкости конденсаторов 2000 пФ и 1000 пФ.

Дано:

$$U = 20000 \text{ В}$$

$$C_1 = 2000 \text{ пФ} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 1000 \text{ пФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$$

Найдите:

$q$  - ?

Решение:

$$C = C_1 + C_2 ,$$

$$q = CU = (C_1 + C_2)U ,$$

$$q = (2 \cdot 10^{-9} + 10^{-9})20000 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

Ответ:  $q = 6 \cdot 10^{-5}$  Кл.

Задача 9:

Конденсатор, присоединенный к батарее напряжением 2000 В проводами сопротивлением 100 Ом, имеет первоначальную емкость 2 мкФ. Затем емкость равномерно увеличивается в течение 10 с до 10 мкФ. Какая энергия выделится при этом в виде тепла в проводящих проводах?

Дано:

$$U = 2000 \text{ В}$$

$$R = 100 \text{ Ом}$$

$$C_1 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\Delta t = 10 \text{ с}$$

$$C_2 = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$$

Найдите:

$Q$ —?

Решение:

$$C(t) = C_1 + \frac{C_2 - C_1}{\Delta t} t,$$

$$q(t) = C(t)U,$$

$$Q = RI^2\Delta t = U^2 \frac{(C_2 - C_1)^2}{\Delta t^2} R\Delta t = U^2 \frac{(C_2 - C_1)^2}{\Delta t} R,$$

$$Q = 2000^2(10^{-5} - 2 \cdot 10^{-6})^2 \frac{100}{10} = 0,00256 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $Q = 0,00256$  Дж.

Задача 10:

Конденсатор емкостью 20 мкФ, заряженный до разности потенциалов 100 В, соединили параллельно с заряженным до разности потенциалов 40 В другим конденсатором, емкость которого неизвестна. Определите емкость второго конденсатора, если после



соединения одноименно заряженных обкладок конденсаторов напряжение между ними оказалось равным 80 В.

Дано:

$$C_1 = 20 \text{ мкФ} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 100 \text{ В}$$

$$U_2 = 40 \text{ В}$$

$$U = 80 \text{ В}$$

Найдите:

$$C_2 - ?$$

Решение:

$$C = C_1 + C_2,$$

$$C_1 U_1 + C_2 U_2 = C U = (C_1 + C_2) U,$$

$$C_2 = C_1 \frac{U - U_1}{U_2 - U},$$

$$C_2 = 20 \cdot 10^{-6} \frac{80 - 100}{40 - 80} = 10^{-5} \text{ Ф}.$$

Ответ:  $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ .

### Творческий уровень

Данный уровень позволит учащимся выбрать тему для проектной деятельности по изученному разделу. Позволит раскрыть сущность электростатики в повседневной жизни, а так же расширить кругозор учащихся в области достижений отечественной и зарубежной науки. Сам же проект ценен тем, что в ходе его выполнения, школьники учатся самостоятельно добывать знания, получают навыки ориентирования в потоке информации, учатся анализировать, обобщать, сопоставлять факты, делать выводы и заключения. У учащихся формируется научно-теоретическое, нестандартное мышление, развивается способность к рефлексии. Метод проектов позволяет школьникам перейти от усвоения готовых знаний к их осознанному приобретению.

## Проектная деятельность

Темы:

1. Биоэлектростатика.
2. Электростатика, возвращающая жизнь и дающая свет.
3. Как электростатика вызывает молнии?
4. Противостояние статическому электричеству.
5. Статическое электричество в нашей жизни.

По этим темам можно предложить учащимся попытаться самим сформулировать задачи, постановка которых логически вытекает из изученных вопросов. Таким способом можно усилить глубину понимания перечисленных явлений и реализовать практико-ориентированный подход в обучении физике и сформировать начальные навыки научно-исследовательской деятельности.

### Выводы по третьей главе

В третьей главе представлен путеводитель по электростатике, где приведены примеры задач, распределённые по трем уровням сложности, и рассмотрено их решение. Так же отдельно выделен творческий уровень, для создания проектов по данному разделу.

Данный путеводитель может явиться помощником для молодого специалиста на начальном этапе работы. Опираясь на представленные задачи, можно совершать постепенное восхождение от тривиальных заданий к задачам более высокого уровня сложности с учетом степени подготовленности учащихся и конкретных целей обучения предмету.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО) к предметным результатам освоения базового и углубленного курса физики должны относиться «сформированность умения решать физические задачи, овладение правилами записи физических формул».

В связи с этим в представленной выпускной квалификационной работе была рассмотрена тема «Методика обучения учащихся решению расчетных задач по физике» на основе материала по теме «Электростатика». Цель данной работы была достигнута и выполнены все поставленные задачи.

Осуществлен отбор материала по методике обучения, систематизированы знания по электростатике. Вместе с этим описана методика формирования у учащихся умений решать задачи по электростатике.

Разобрана и представлена методика обучения решению задач по электростатике, вызывающие затруднения у школьников — на определение напряженности электрического поля, потенциала и разности потенциалов, на конденсаторы и их емкость.

Выбор данных тем из раздела был не случайным, перед этим был проведен опрос, в котором учащиеся смогли ответить на вопросы разного уровня и отметить, какие понятия дались наиболее тяжело при изучении.

В третьей главе представлено разработанное методическое пособие «Путеводитель по электростатике», в котором рассмотрены задачи в соответствии с разными уровнями сложности.

На уроках физики решение задач занимает важное место, способствуя формированию у учащихся представлений о физической сущности явлений природы, овладению научным подходом к решению различных задач, умением формулировать гипотезы, конструировать,

оценивать полученные результаты. При решении физических задач у школьников расширяется диапазон физических знаний, развиваются мотивация к учению, познавательная самостоятельность, воспитывается трудолюбие, упорство в достижении поставленной цели.

По материалам выпускной квалификационной работы был подготовлен и представлен доклад на Универсиаде студенческой науки ЮУрГГПУ в апреле 2023 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров Д.А. Методика решения задач по физике в средней школе : пособие для учителей / Д.А. Александров, И.М. Швайченко. – Ленинград: Учпедгиз, 1948. – 240 с.
2. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения / В.А. Балаш. – Москва : Просвещение, 1983. – 415 с.
3. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы / Б.С. Беликов. – Москва : Высшая школа, 1986. – 255 с.
4. Богдан В.И. Практикум по методике решения физических задач: учеб. пособие / В.И. Богдан, В.А. Бондарь, Д.И. Кульбицкий, В.А. Яковенко. – Москва : Высшая школа, 1983. – 272 с.
5. Власова И.Г. Решение задач по физике. Справочник школьника / И.Г. Власова, А.А. Витебская. – Москва : Слово, 1996. – 642 с. – ISBN 5-88818-001-7
6. Горбушин С.А. Как можно учить физике: методика обучения физике / С.А. Горбушин. - Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2021. – 484 с. – ISBN 978-5-16-010991-6
7. Гольдфарб Н.И. Физика. Задачник. 10-11 кл. : пособие для общеобразоват. учреждений / Н. И. Гольдфарб. – Москва : Дрофа, 2012. – 398 с. – ISBN 978-5-358-10847-9
8. Гранатова З.М. Реализация понятийно-деятельностной технологии развития у учащихся обобщенного умения решать задачи : учеб. пособие / З.М. Гранатова. – Магнитогорск: МаГУ, 2003. – 107 с. – ISBN 5-86781-303-7
9. Демидова М.Ю. Методический справочник учителя физики / М.Ю. Демидова, В.А. Коровин. – Москва : Мнемозина, 2003. – 229 с. – ISBN 5-346-00193-X
10. Демков В.П. Физика. Теория. Методика. Задачи / В.П. Демков, О.Н. Третьякова. – Москва : Высшая школа, 1998. – 669 с.

11. Дёмина Н.Ф. Использование исследовательских задач в процессе обучения физике : учебно-методическое пособие / Н.Ф. Дёмина. – Костанай : КГПИ, 2018. – 100 с. – ISBN 978-601-7934-46-0
12. Драбович К.Н. Физика. Практический курс для поступающих в университеты / К.Н. Драбович, В.А. Макаров, С.С. Чесноков. – Москва : Физматлит, 2010. – 544 с. – ISBN 978-5-9221-0652-8.
13. Игошев И.А. Методика решения задач по физике / И.А. Игошев. – Челябинск : Б. и., 1972. – 68 с.
14. Каменецкий С.Е. Методика решения задач по физике в средней школе : пособие для учителей / С.Е. Каменецкий, В. П. Орехов. – Москва : Просвещение, 1971. – 448 с.
15. Кирик Л.А. Физика-10. Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы / Л.А. Кирик. – Москва : Илекса, 2012. – 192 с. ISBN 978-5-89237-317-3.
16. Марон А.Е. Физика. 10 класс : дидактические материалы к учебникам В.А. Касьянова / А.Е. Марон. – Москва : Дрофа, 2014. – 156 с. ISBN 978-5-358-145603.
17. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы Ч. 1 : учеб. пособие / В.П. Орехов, А.В. Усова, И.К. Турышев [и др]. – Москва : Просвещение, 1980. – 320 с.
18. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы Ч. 2 : учеб. пособие / В.П. Орехов, А.В. Усова, И.К. Турышев [и др]. – Москва : Просвещение, 1980. – 351 с.
19. Никулова Г.А. Задачник. Физика / Г.А. Никулова, А.Н. Москалев. – Москва : Экзамен, 2020. – 352 с. ISBN 978-5-377-15026-8
20. ОГЭ. Физика : типовые экзаменационные варианты : 0-39 30 вариантов / под ред. Е.Е. Камзеевой. – Москва : Национальное образование, 2023. – 336 с.
21. Парфентьева Н.А. Решение задач по физике. Ч. 1. / Н.А. Парфентьева, М.В. Фомина. – Москва : Мир, 1993. – 216 с.

22. Парфентьева Н.А. Решение задач по физике. Ч. 2. / Н.А. Парфентьева, М.В. Фомина. – Москва : Мир, 1993. – 206 с.
23. Полицинский Е.В. Задачи и задания по физике. Методы решения задач и организация деятельности по их решению : учебно-методическое пособие / Е.В. Полицинский, Е.П. Теслева, Е.А. Румбешта. – Томск : ТПУ, 2009. – 483 с.
24. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027> (дата обращения: 21.11.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
25. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 10 – 11 кл : пособие для общеобразоват. учреждений / А.П. Рымкевич. – Москва : Дрофа, 2013. – 188 с. ISBN 978-5-358-22908-6.
26. Савченко Н.Е. Задачи с анализом их решения / Н.Е. Савченко. – Москва: Просвещение, 2000. – 320 с. – ISBN 5-02-0138584
27. Соколов И. И. Методика физики : учебное пособие / И. И. Соколов. – Москва: Учпедгиз, 1936. – 396 с.
28. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2023 году единого государственного экзамена по физике. – URL: <https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-3> (дата обращения: 20.01.2023).
29. Степанова Г.Н. Сборник задач по физике : для 9 – 11 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Н. Степанова. – Москва: Просвещение, 1996. – 256 с.
30. Тарасов Л.В. Приобщение школьников к современной физике: диалоги с учителем / Л.В. Тарасов. – Москва : URSS: Либроком, 2009-2010. – 260 с. – ISBN 978-5-397-01413-7

31. Тулькибаева Н.Н. Теория и практика обучения учащихся решению задач : Монография / Н.Н. Тулькибаева. – Челябинск : ЧГПУ, 2000. – 239 с. – ISBN 5-85716-334-X
32. Тульчинский М.Е. Качественные задачи по физике в средней школе: пособие для учителей / М.Е. Тульчинский. – Москва : Просвещение, 1972. – 240 с.
33. Усова А.В. Практикум по решению физических задач: учеб. пособие / А.В. Усова, Н.Н. Тулькибаева. – Москва : Просвещение, 1992. – 208 с.
34. Фосс М.А. Решайте задачи, а мы вам поможем / А.М. Мелёшина, М.А. Фосс. – Москва : Просвещение, 1994. – 207 с. ISBN 5-09-004932-7.
35. Шефер О.Р. Методика формирования у учащихся умений комплексно применять знания для решения задач: дис. кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Шефер Ольга Робертовна ; ЧГПУ. – Челябинск, 1999. – 21 с.