

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОУП.06 ФИЗИКА**

**для обучающихся специальности  
38.02.08 Торговое дело**

Магнитогорск, 2024

**ОДОБРЕНО**

**ОДОБРЕНО**

Предметной комиссией «Математических и  
естественнонаучных дисциплин»

Председатель Е.С.Корытникова

Протокол №5 от 31.01.2024. г.

Методической комиссией МпК

Протокол №3 от 21.02.2024 г.

**Разработчики:**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж»

М.В.Оренбуркина,

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж

Н. В.Корнеева

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Физика».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению дисциплин общепрофессионального циклов и профессиональных модулей программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 38.02.08 Торговое дело и овладению общими и профессиональными компетенциями.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                                                               | 4  |
| 2 Методические указания                                                                                                | 10 |
| Практическое занятие 1 Решение задач по теме: Кинематика материальной точки. Параметры движения.                       | 10 |
| Практическое занятие 2 Решение задач по теме: законы Ньютона, законы сохранения                                        | 12 |
| Практическое занятие № 3 Решение задач по теме Законы сохранения в механике и их применение                            | 18 |
| Практическое занятие № 4 Решение задач по теме: Основы МКТ                                                             | 24 |
| Практическое занятие № 5 Решение задач по теме: Основы термодинамики                                                   | 28 |
| Практическое занятие № 6 Решение задач по теме: Электростатика                                                         | 33 |
| Практическое занятие № 7 Решение задач по теме: Магнитное поле и его характеристики. Магнитная индукция                | 37 |
| Практическое занятие № 8 Решение задач по теме: Электромагнитная индукция. Самоиндукция.                               | 42 |
| Практическое занятие № 9 Решение задач по теме: Виды сопротивлений в цепях переменного тока.                           | 46 |
| Практическое занятие № 10 Решение задач по теме: Электромагнитные колебания и волны                                    | 51 |
| Практическое занятие № 11 Решение задач по теме: Характеристики переменного тока                                       | 56 |
| Практическое занятие № 12 Решение задач по теме: Законы геометрической оптики                                          | 61 |
| Практическое занятие № 13 Решение задач по теме: Волновые свойства света.                                              | 64 |
| Практическое занятие № 14 Решение задач по теме: Законы фотоэффекта                                                    | 68 |
| Практическое занятие № 15 Решение задач по теме: Строение атома и атомного ядра                                        | 72 |
| Практическое занятие № 16 Решение задач по теме: строение Вселенной. Работа со звездной картой                         | 75 |
| Лабораторная работа № 1 Определение плотности вещества                                                                 |    |
| <b>7Ошибка! Закладка не определена.6</b>                                                                               |    |
| Лабораторная работа № 2 Определение удельной теплоемкости вещества                                                     | 79 |
| Лабораторная работа № 3 Определение удельного сопротивления проводника                                                 | 82 |
| Лабораторная работа № 4 Проверка закона Ома для участка цепи                                                           | 84 |
| Лабораторная работа № 5 Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока                                     | 87 |
| Лабораторная работа № 6 Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах | 89 |
| Лабораторная работа № 7 Изучение свойств полупроводников                                                               | 91 |
| Лабораторная работа № 8 Изучение зависимости периода колебаний маятника от его длины                                   | 94 |
| Лабораторная работа № 9 Изучение устройства трансформатора, генератора                                                 | 97 |

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования с учетом получаемой специальности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи по физике), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Физика» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

Выполнение практических и лабораторных работ обеспечивает достижение обучающимися следующих **результатов**:

ПРБ1. сформированность представлений о роли и месте физики и астрономии в современной научной картине мира, о системообразующей роли физики в развитии естественных наук, техники и современных технологий, о вкладе российских и зарубежных ученых-физиков в развитие науки; понимание физической сущности наблюдаемых явлений микромира, макромира и мегамира; понимание роли астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии, роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;

ПРБ2. сформированность умений распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе изученных законов: равномерное и равноускоренное прямолинейное движение, свободное падение тел, движение по окружности, инерция, взаимодействие тел, колебательное движение, резонанс, волновое движение; диффузия, броуновское движение, строение жидкостей и твердых тел, изменение объема тел при нагревании (охлаждении), тепловое равновесие, испарение, конденсация, плавление, кристаллизация, кипение, влажность воздуха, связь средней кинетической энергии теплового движения молекул с абсолютной температурой, повышение давления газа при его нагревании в закрытом сосуде, связь между параметрами состояния газа в изопроцессах; электризация тел, взаимодействие зарядов, нагревание проводника с током, взаимодействие магнитов, электромагнитная индукция, действие магнитного поля на проводник с током и движущийся заряд, электромагнитные колебания и волны, прямолинейное распространение света, отражение, преломление, интерференция, дифракция и поляризация света, дисперсия света; фотоэлектрический эффект, световое давление, возникновение линейчатого спектра атома водорода, естественная и искусственная радиоактивность;

ПРБ3. владение основополагающими физическими понятиями и величинами, характеризующими физические процессы (связанными с механическим движением, взаимодействием тел, механическими колебаниями и волнами; атомно-молекулярным строением вещества, тепловыми процессами; электрическим и магнитным полями, электрическим током, электромагнитными колебаниями и волнами; оптическими явлениями; квантовыми явлениями, строением атома и атомного ядра, радиоактивностью); владение основополагающими астрономическими понятиями, позволяющими характеризовать процессы, происходящие на звездах, в звездных системах, в межгалактической среде; движение небесных тел, эволюцию звезд и Вселенной;

ПР64. владение закономерностями, законами и теориями (закон всемирного тяготения, I, II и III законы Ньютона, закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса, принцип суперпозиции сил, принцип равноправности инерциальных систем отсчета; молекулярно-кинетическую теорию строения вещества, газовые законы, первый закон термодинамики; закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, закон Ома для участка цепи, закон Ома для полной электрической цепи, закон Джоуля - Ленца, закон электромагнитной индукции, закон сохранения энергии, закон прямолинейного распространения света, закон отражения света, закон преломления света; закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения электрического заряда, закон сохранения массового числа, постулаты Бора, закон радиоактивного распада); уверенное использование законов и закономерностей при анализе физических явлений и процессов;

ПР65. умение учитывать границы применения изученных физических моделей: материальная точка, инерциальная система отсчета, идеальный газ; модели строения газов, жидкостей и твердых тел, точечный электрический заряд, ядерная модель атома, нуклонная модель атомного ядра при решении физических задач;

ПР66. владение основными методами научного познания, используемыми в физике: проводить прямые и косвенные измерения физических величин, выбирая оптимальный способ измерения и используя известные методы оценки погрешностей измерений, проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений, объяснять полученные результаты, используя физические теории, законы и понятия, и делать выводы; соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента и учебно-исследовательской деятельности с использованием цифровых измерительных устройств и лабораторного оборудования; сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний;

ПР67. сформированность умения решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы; на основе анализа условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для ее решения, проводить расчеты и оценивать реальность полученного значения физической величины; решать качественные задачи, выстраивая логически непротиворечивую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления;

ПР68. сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с бытовыми приборами и техническими устройствами, сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде; понимание необходимости применения достижений физики и технологий для рационального природопользования;

ПР69. сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников, умений использовать цифровые технологии для поиска, структурирования, интерпретации и представления учебной и научно-популярной информации; развитие умений критического анализа получаемой информации;

ПР610. овладение умениями работать в группе с выполнением различных социальных ролей, планировать работу группы, рационально распределять деятельность в нестандартных ситуациях, адекватно оценивать вклад каждого из участников группы в решение рассматриваемой проблемы;

ПР611. овладение (сформированность представлений) правилами записи физических формул рельефно-точечной системы обозначений Л. Брайля (для слепых и слабовидящих обучающихся);

МР1. самостоятельно формулировать и актуализировать проблему, рассматривать ее всесторонне;

МР2. устанавливать существенный признак или основания для сравнения, классификации и обобщения;

МР3. определять цели деятельности, задавать параметры и критерии их достижения;

МР4. выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях;

МР5. вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям, оценивать риски последствий деятельности;

МР6. развивать креативное мышление при решении жизненных проблем;

МР7. владеть навыками учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем;

МР8. способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;

МР9. овладение видами деятельности по получению нового знания, его интерпретации, преобразованию и применению в различных учебных ситуациях, в том числе при создании учебных и социальных проектов;

МР10. формирование научного типа мышления, владение научной терминологией, ключевыми понятиями и методами;

МР11. ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;

МР12. выявлять причинно-следственные связи и актуализировать задачу, выдвигать гипотезу ее решения, находить аргументы для доказательства своих утверждений, задавать параметры и критерии решения;

МР13. анализировать полученные в ходе решения задачи результаты, критически оценивать их достоверность, прогнозировать изменение в новых условиях;

МР14. давать оценку новым ситуациям, оценивать приобретенный опыт;

МР15. разрабатывать план решения проблемы с учетом анализа имеющихся материальных и нематериальных ресурсов;

МР16. осуществлять целенаправленный поиск переноса средств и способов действия в профессиональную среду;

МР17. уметь переносить знания в познавательную и практическую области жизнедеятельности;

МР18. уметь интегрировать знания из разных предметных областей;

МР19. выдвигать новые идеи, предлагать оригинальные подходы и решения;

МР20. ставить проблемы и задачи, допускающие альтернативные решения;

МР21. владеть навыками получения информации из источников разных типов, самостоятельно осуществлять поиск, анализ, систематизацию и интерпретацию информации различных видов и форм представления;

МР23. оценивать достоверность,

МР24. использовать средства информационных и коммуникационных технологий в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности;

МР26. осуществлять коммуникации во всех сферах жизни;

МР28. владеть различными способами общения и взаимодействия;

МР29. аргументированно вести диалог, уметь смягчать конфликтные ситуации;

МР30. развернуто и логично излагать свою точку зрения с использованием языковых средств;

МР31. понимать и использовать преимущества командной и индивидуальной работы;

- МР32. выбирать тематику и методы совместных действий с учетом общих интересов и возможностей каждого члена коллектива;
- МР33. принимать цели совместной деятельности, организовывать и координировать действия по ее достижению: составлять план действий, распределять роли с учетом мнений участников обсуждать результаты совместной работы;
- МР34. оценивать качество своего вклада и каждого участника команды в общий результат по разработанным критериям;
- МР35. предлагать новые проекты, оценивать идеи с позиции новизны, оригинальности, практической значимости;
- МР37. осуществлять позитивное стратегическое поведение в различных ситуациях, проявлять творчество и воображение, быть инициативным;
- МР38. самостоятельно осуществлять познавательную деятельность, выявлять проблемы, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;
- МР39. самостоятельно составлять план решения проблемы с учетом имеющихся ресурсов, собственных возможностей и предпочтений;
- МР40. давать оценку новым ситуациям;
- МР41. расширять рамки учебного предмета на основе личных предпочтений;
- МР42. делать осознанный выбор, аргументировать его, брать ответственность за решение;
- МР43. оценивать приобретенный опыт;
- МР44. способствовать формированию и проявлению широкой эрудиции в разных областях знаний, постоянно повышать свой образовательный и культурный
- МР45. давать оценку новым ситуациям, вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;
- МР46. владеть навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований;
- МР47. использовать приемы рефлексии для оценки ситуации, выбора верного решения;
- МР48. уметь оценивать риски и своевременно принимать решения по их снижению;
- МР54. принимать себя, понимая свои недостатки и достоинства;
- МР55. принимать мотивы и аргументы других людей при анализе результатов деятельности;
- МР56. признавать свое право и право других людей на ошибки;
- ЛР1. сформированность гражданской позиции обучающегося как активного и ответственного члена российского общества;
- ЛР3. принятие традиционных национальных, общечеловеческих гуманистических и демократических ценностей;
- ЛР5. готовность вести совместную деятельность в интересах гражданского общества, участвовать в самоуправлении в общеобразовательной организации и детско-юношеских организациях;
- ЛР6. умение взаимодействовать с социальными институтами в соответствии с их функциями и назначением;
- ЛР7. готовность к гуманитарной и волонтерской деятельности;
- ЛР8. сформированность российской гражданской идентичности, патриотизма, уважения к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, свой язык и культуру, прошлое и настоящее многонационального народа России;
- ЛР9. ценностное отношение к государственным символам, историческому и природному наследию, памятникам, традициям народов России, достижениям России в науке, искусстве, спорте, технологиях и труде.
- ЛР12. сформированность нравственного сознания, этического поведения;
- ЛР13. способность оценивать ситуацию и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные нормы и ценности;

ЛР14. осознание личного вклада в построение устойчивого будущего;  
ЛР16. эстетическое отношение к миру, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, труда и общественных отношений;  
ЛР25. интерес к различным сферам профессиональной деятельности, умение совершать осознанный выбор будущей профессии и реализовывать собственные жизненные планы;  
ЛР26. готовность и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;  
ЛР27. сформированность экологической культуры, понимание влияния социально-экономических процессов на состояние природной и социальной среды, осознание глобального характера экологических проблем;  
ЛР28. планирование и осуществление действий в окружающей среде на основе знания целей устойчивого развития человечества;  
ЛР31. расширение опыта деятельности экологической направленности;  
ЛР32. сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, способствующего осознанию своего места в поликультурном мире;  
ЛР34. осознание ценности научной деятельности, готовность осуществлять проектную и исследовательскую деятельность индивидуально и в группе;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и **формированию общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Выполнение обучающихся практических и/или лабораторных работ по учебной дисциплине «Физика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 2.1 Кинематика. Кинематика твёрдого тела

#### Практическое занятие № 1

#### Решение задач по теме: «Решение задач по кинематике. Уравнения движения»

**Цель:** научиться различать виды механического движения в зависимости от формы траектории и скорости перемещения тела, рассчитывать его параметры, научиться изображать графически различные виды механических движений, записывать уравнения движения различать его относительность; научиться формулировать следующие понятия: механическое движение, скорость и ускорение, система отсчёта, механический принцип относительности.

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся, раздаточный материал с заданиями, сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

#### Порядок выполнения работы

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи по вариантам, используя формулы для расчёта параметров движения тел, проанализировать графики движения тел, описать характер движения (самостоятельная работа).

#### Ход работы:

#### Краткие теоретические сведения

#### Виды механического движения тел

Траектория – линия, описываемая движущимся телом.

Путь ( $\ell$ ) – расстояние между двумя геометрическими точками, отсчитанное вдоль траектории движения тела.

Перемещение ( $\vec{s}$ ) – вектор, соединяющий начальное и конечное положения тела.

Тело отсчёта – тело, относительно которого рассматривают положение других тел.

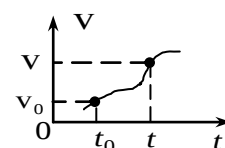
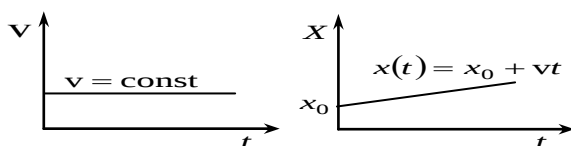
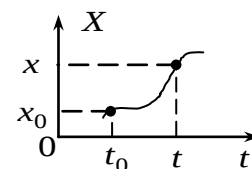
Система отсчёта – тело отсчёта, с которым жёстко связаны система координат, часы и метр.

Материальная точка – тело, размерами которого можно пренебречь.

*Одномерное движение.* Движение с постоянной скоростью.

Пусть тело движется в направлении оси  $X$  с постоянной скоростью  $v$  и за время  $\Delta t = t - t_0$  проходит путь  $\Delta x = x - x_0$ . Средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot [x(t) = x_0 + v\Delta t], \text{ движение без ускорения}$$



**Движение с переменной скоростью.** Если тело движется направлении оси  $X$  с переменной скоростью  $v(t)$ , то, графики  $X(t)$  и  $v(t)$  имеют вид:

При этом говорят, что тело движется с ускорением.

Ускорение ( $\bar{a}$ ) – скорость изменения скорости.

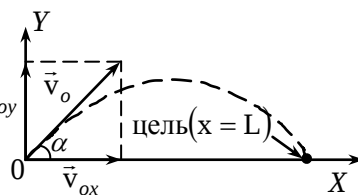
Если за время  $\Delta t = t - t_0$  изменение скорости  $\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$ , то среднее ускорение:  $\boxed{\bar{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}}$  [ $a$ ] =  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Из  $a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \Rightarrow v = v_0 + a\Delta t$  или  $\boxed{v(t) = v_0 + a\Delta t}$   $\boxed{x(t) = x_0 + v_0\Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2}}$

Если  $\vec{v}_0$  и  $\bar{a}$  сонаправлены, то скорость движения тела возрастает,  $a$  имеет знак «+»; в противном случае скорость уменьшается и  $a$  имеет знак «-».

Если время движения  $\Delta t$  неизвестно, то  $\vec{v}_{0y}$

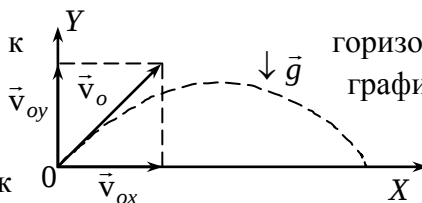
$$\boxed{x(t) = x_0 + \frac{v^2(t) - v_0^2}{2a}}$$



**Многомерное движение.** Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Пусть тело брошено из начала координат под углом к горизонту с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ . Из графика видно, что  $\vec{v}_0 = \vec{v}_{0x} + \vec{v}_{0y}$  (двумерное движение можно рассматривать, как наложение друг на друга двух одномерных – по осям  $X$  и  $Y$ ).

$$\boxed{y = -\frac{g}{2 \cdot v_{0x}^2} \cdot x^2 + \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \cdot x}$$



## Примеры решения задач

1. Автомобиль проехал по улице 200 м, затем свернул вправо и проехал еще 100 м по переулку. Считая движение автомобиля прямолинейным, найдите путь и перемещение автомобиля.

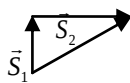
Дано:

Решение:

$$S_1 = 200 \text{ м}$$

Сделаем чертёж:

$$S_2 = 100 \text{ м}$$



$\ell$  - ?

$S$  - ?

1. Путь автомобиля  $\ell = S_1 + S_2 = 200 + 100 = 300 \text{ м}$

2. Модуль перемещения  $AC$  вычисляем по т. Пифагора:

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} = \sqrt{200^2 + 100^2} = 224 \text{ м.}$$

Ответ :  $\ell = 300\text{м}$ ;  $S = 200\text{м}$ .

2. Поезд прошел первую половину пути со скоростью 72 км/ч, вторую – со скоростью 36 км/ч. Определите среднюю скорость поезда на всем пути.

|              |        |                                                                                              |
|--------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано:        | СИ     | Решение:                                                                                     |
| $v_1 = 72$   | 20 м/с | Средняя скорость прохождения пути:<br>$v_{cp} = \frac{S}{t}; S = S_1 + S_2, S_1 = S_2 = S/2$ |
|              | км/ч   |                                                                                              |
|              | 10 мс  | Время движения складывается из двух разных промежутков времени: $t_1$ и $t_2$ .              |
| $v_2 = 36$   |        |                                                                                              |
|              | км/ч   |                                                                                              |
| <hr/>        |        |                                                                                              |
| $v_{cp} - ?$ |        |                                                                                              |

За время  $t_1$  скорость поезда  $v_1$ , за время  $t_2$  скорость –  $v_2$ .  $t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{S}{2v_1}; t_2 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{S}{2v_2}$

Общее время  $t = t_1 + t_2 \rightarrow t = \frac{S}{2v_1} + \frac{S}{2v_2}$ . Подставим  $t$  – в уравнение средней скорости:

$$v_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{S}{S\left(\frac{1}{2v_1} + \frac{1}{2v_2}\right)} = \frac{1}{\frac{v_2 + v_1}{2v_1v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_2 + v_1}.$$

Подставим численные значения:  $v_{cp} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10}{20 + 10} = \frac{400}{30} \approx 13,3 \text{ м/с}$

Ответ:  $v_{cp} \approx 13,3 \text{ м/с}$

3. Определите модуль скорости и центростремительного ускорения точек земной поверхности на экваторе. Радиус Земли принять равным 6400 км

|                     |                             |                                                                                                                |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано:               | СИ                          | Решение:                                                                                                       |
| $R = 6400\text{км}$ | $6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$  | Точки земной поверхности на экваторе движутся по окружности радиуса $R$ , поэтому модуль их скорости           |
| $T = 24 \text{ ч}$  | $8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$ |                                                                                                                |
| <hr/>               |                             |                                                                                                                |
| $v - ?$             |                             | $v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^6}{8,64 \cdot 10^4} = 4,65 \cdot 10^2 \text{ м/с}$ |
| $a_{цс} - ?$        |                             |                                                                                                                |

Центростремительное ускорение можно найти:

$$a_{цс} = \frac{v^2}{R} = \frac{(4,65 \cdot 10^2)^2}{6,4 \cdot 10^6} = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

Ответ:  $v = 4,65 \cdot 10^2 \text{ м/с}$  ;  $a_{\text{цс}} = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ .

4. Судя по спидометру, за 1 минуту скорость автобуса изменилась с 18 до 72 км/ч. С каким средним ускорением двигался автобус?

| Дано:                   | СИ     | Решение:                                                                    |
|-------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $t = 1 \text{ мин.}$    | 60 с   | 1. Движение автобуса носит равноускоренный характер, $a > 0$ .              |
| $v_0 = 18 \text{ км/ч}$ | 5 м/с  | 2. По определению ускорения: $a = \frac{v}{t} = \frac{v - v_0}{t}$          |
| $v = 72 \text{ км/ч}$   | 20 м/с |                                                                             |
| <hr/> а - ?             |        | 3. Вычислим значение ускорения $a = \frac{20 - 5}{60} = 0,25 \text{ м/с}^2$ |

Ответ:  $a = 0,25 \text{ м/с}^2$ .

#### Решить задачи (по вариантам, используя таблицу 1)

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Движение строительной вагонетки задано уравнением. Определите начальную координату, начальную скорость и ускорение при движении.
2. Человек и строительная тележка движутся в одном направлении. Определите их относительную скорость, если скорость человека 1 км/ч, а вагонетки 4 км/ч. Решите эту задачу и при условии, что они движутся в противоположных направлениях.
3. Строительный кран поднимает груз на высоту  $h$  м. Одновременно кран передвигается на расстояние  $l$  м. Определить перемещение груза, его вертикальную и горизонтальную составляющие. Изобразить их соответствующими векторами. Чему равны модули этих векторов?
4. Человек прошел по проспекту 240 м, затем повернул на перекрестке и прошел в перпендикулярном направлении еще 70 м. На сколько процентов путь, пройденный человеком, больше модуля его перемещения?
5. Часовой охраняет строительный объект, огороженный квадратным забором ABCD, обходя его по периметру. Чему будут равны его путь и перемещение, если он из точки А, перейдет в точку В, затем точку С, затем точку D, после чего вернется в точку А? Длина стороны квадрата  $a$  м.
6. Первую половину пути автомобиль двигался равномерно со скоростью, модуль которой  $V_1$  км/ч, а вторую половину — со скоростью, в 2 раза меньшей. Найти среднюю скорость движения автомобиля на всем пути.
7. КамАЗ с песком, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением  $\bar{a}$ . Через сколько времени он приобретет скорость  $\bar{V}$ ?
8. Какую скорость развивает самосвал за время  $\Delta t$  после начала движения, если он едет с ускорением  $\bar{a}$ ? Какой путь он проходит за это время?

9. Привести примеры строительных тел, находящихся в покое. Действие каких тел компенсируется в этих случаях? (3 примера; действующие силы изобразить на рисунке).

10. В движущемся вагоне товарного поезда находятся поддоны с газоблоками. В покое или движении они находятся относительно: а) машиниста поезда; б) рельсов; в) пола вагона; г) телеграфных столбов?

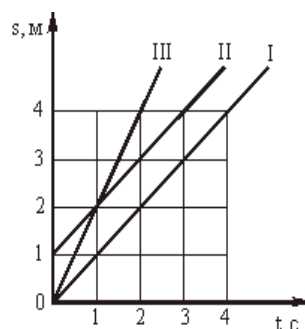
11. Какому виду движения соответствует каждый график на рис.1? С какой скоростью двигалась строительная конструкция, для которой зависимость пути от времени изображается графиками I, II, III? Записать уравнение движения для графиков I, II.

Рис.1

б) Какой физический смысл имеет точка пересечения графиков II и III на рис.1? Какой из графиков соответствует движению с большей скоростью?

Можно ли по этим графикам определить траектории движения?

Таблица 1



| № задачи | 1                 | 3  |    | 5   | 6     | 7                | 8          |                  |
|----------|-------------------|----|----|-----|-------|------------------|------------|------------------|
|          |                   | h  | l  | a   | $V_1$ | a                | $\Delta t$ | a                |
|          |                   | м  | м  | м   | м/с   | м/с <sup>2</sup> | с          | м/с <sup>2</sup> |
| 1        | $x(t)=10+10t-t^2$ | 2  | 10 | 100 | 5     | 2                | 10         | 2                |
| 2        | $x(t)=20+20t-t^2$ | 4  | 20 | 200 | 10    | 4                | 20         | 4                |
| 3        | $x(t)=30+30t-t^2$ | 6  | 30 | 300 | 15    | 6                | 30         | 6                |
| 4        | $x(t)=40+40t-t^2$ | 8  | 40 | 400 | 20    | 8                | 40         | 8                |
| 5        | $x(t)=50+50t-t^2$ | 10 | 50 | 500 | 25    | 10               | 50         | 10               |
| 6        | $x(t)=60+60t-t^2$ | 12 | 60 | 150 | 30    | 12               | 60         | 12               |
| 7        | $x(t)=70+70t-t^2$ | 14 | 70 | 250 | 35    | 14               | 70         | 14               |
| 8        | $x(t)=80+80t-t^2$ | 16 | 80 | 350 | 40    | 16               | 80         | 16               |
| 9        | $x(t)=90+90t-t^2$ | 18 | 90 | 450 | 45    | 18               | 90         | 18               |

|    |                    |    |    |     |    |    |    |    |
|----|--------------------|----|----|-----|----|----|----|----|
| 10 | $x(t)=10+100t-t^2$ | 20 | 10 | 550 | 50 | 20 | 10 | 20 |
|----|--------------------|----|----|-----|----|----|----|----|

**Форма предоставления результата:** выполненные задачи в тетради для практических работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 2.2 Динамика, динамика вращательного движения. Законы сохранения в механике

### Практическая работа № 2

#### Решение задач по теме «Виды сил в механике. Сила трения покоя, скольжения, качения, вращения»

**Цель:** получить представление о силовом действии одного тела на другое, массе тела, различать понятия инерции и инертности, научиться формулировать понятия массы, силы, законы Ньютона.

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

**Материальное обеспечение:** -посадочные места по количеству обучающихся; -раздаточный материал с заданиями; сборники задач, -справочные материалы

**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи на применение законов Ньютона, выявив основную причину движения тела и вид силы, действующей на тело (самостоятельная работа по вариантам).

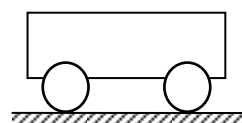
### Ход работы:

#### Краткие теоретические сведения

Динамика. Основные понятия

Инерция – явление сохранения скорости движения тела при отсутствии внешних воздействий.

Инертность – свойство тел, проявляющееся в том, что при



одинаковых внешних воздействиях разные тела приобретают разные ускорения.

Масса ( $m$ ) – мера инертности тел.  $[m] = 1 \text{ кг}$ .

За эталон массы (1 килограмм) принята масса международного прототипа килограмма.

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Из опытов известно, что ускорения, получаемые телами при взаимодействии, обратно пропорциональны их массам:

$$m_{\text{ТЕЛА}} = \frac{m_{\text{ЭТ}} \cdot a_{\text{ЭТ}}}{a_{\text{ТЕЛА}}}$$

Если массу какого-либо тела принять за эталон, то можно измерить массы других тел:

массу

Плотность тела ( $\rho$ ) –

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\rho] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Сила ( $\vec{F}$ ) – мера механического действия одного тела на другое.  $[F] = 1 \text{ Н}$  – ньютон.

Сила имеет направление, т. е. *сила-вектор*.

Сила всегда приложена к тому телу, название которого следует в предложении после предлога «на».

Силовое поле – особый вид материи, посредством которого передаётся действие силы.

Равнодействующая (резльтирующая) сил ( $\vec{R}$ ) – сила, равная векторной сумме сил  $\vec{F}_i$ .  $\vec{R} = \sum \vec{F}_i$

$$p = \frac{F}{S}$$

данных

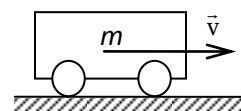
Давление ( $p$ ) – отношение силы к площади поверхности, на которую она действует в перпендикулярном направлении.

$$[p] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} =$$

1 Па – паскаль

Импульс тела ( $\vec{p}$ ) – векторная мера механического движения, равная

произведению массы тела на его скорость.  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$   $[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$



Импульс силы ( $\vec{F} \cdot \Delta t$ ) – векторная мера действия силы, равная произведению силы на время её действия.  $[F \cdot \Delta t] = 1 \text{ Н} \cdot \text{с}$ .

### Законы Ньютона

Обобщив результаты своих исследований и, учтя работу Галилея «О движении тел по инерции», Ньютон сформулировал законченное положение, известное как первый закон Ньютона:

Существуют системы отсчета, относительно которых тело находится в покое либо движется прямолинейно и равномерно, если равнодействующая всех приложенных к нему сил равна нулю.

Инерциальная система отсчёта (ИСО) – система отсчёта, в которой выполняется первый закон Ньютона.

Из  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \vec{a}$  получаем второй закон Ньютона:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

для тела постоянной массы скорость изменения импульса равна произведению массы на ускорение.

Второй закон Ньютона работает только в ИСО и при условии, что масса тела и действующие на него силы постоянны.

Второй закон Ньютона справедлив для равнодействующей  $\vec{R}$  всех сил, приложенных к телу, поэтому, прежде чем решать задачи с его применением, надо определить  $\vec{R}$ .

Третий закон Ньютона: силы, с которыми два тела действуют друг на друга, численно равны и направлены в противоположные стороны по одной прямой.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

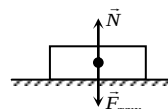
Третий закон Ньютона работает только в ИСО.

Полагая, что все тела Вселенной взаимно притягиваются, Ньютон в 1682 г. сформулировал закон всемирного тяготения: все тела притягиваются друг к другу с силами, пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.

$$F_{12} = \frac{\gamma \cdot m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

прямо

где  $F_{12}$  – сила взаимного притяжения тел масс  $m_1$  и  $m_2$ ;



$\gamma$  – гравитационная постоянная.  $\gamma = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ .

### Силы в природе

Сила тяжести ( $\vec{F}_{\text{тяж}}$ ) – сила, сообщающая телу ускорение свободного падения.

Сила тяжести направлена вертикально вниз (перпендикулярно касательной к поверхности Земли).

$$\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$$

Реакция ( $\vec{N}$ ) – сила действия опоры (подвеса) на тело.

Вес тела ( $\vec{P}$ ) – сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие притяжения к Земле.

Невесомость – исчезновение веса тела при движении опоры с ускорением свободного падения.

Перегрузка – увеличение веса тела при движении опоры с ускорением вверх.

Сила упругости ( $\vec{F}_y$ ) – сила, возникающая в теле при деформации.

$$\vec{F}_y = -k\vec{x}$$

Закон Гука: сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна его абсолютной деформации и направлена в сторону, противоположную перемещению частиц тела:

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Сила трения покоя ( $\vec{F}_{\text{тр.п.}}$ ) – сила, возникающая на границе соприкосновения тел при отсутствии их движения относительно друг друга.

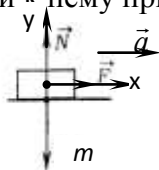
$\mu$  – коэффициент трения (зависит от материалов трущихся поверхностей).

### Примеры решения задач

1. Брусек массой 2 кг покоится на горизонтальной гладкой поверхности. С каким ускорением будет двигаться брусек, если к нему приложить горизонтально направленную силу 10 Н?

Дано:

Решение:



$m=2 \text{ кг}$

$F=10 \text{ Н}$

$a = ?$

Вычисления: По второму закону Ньютона  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Сила  $\vec{F}$  сообщает бруску ускорение  $\vec{a}$ . По направлению эти величины совпадают между собой и осью «х».

В скалярной форме уравнение имеет вид:  $F = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5 \text{ м/с}^2$ . Ответ:  $5 \text{ м/с}^2$ .

2. На тонкой проволоке подвешен груз массой 10 кг. При этом длина проволоки увеличилась на 0,5 мм. Чему равна жесткость проволоки?

Дано:

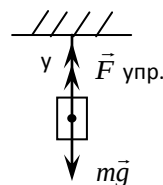
СИ

Решение:

$m=10 \text{ кг}$

$x=0,5 \text{ мм} \quad 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

$k = ?$



Груз, подвешенный на проволоке, находится в покое. Значит  $\vec{F}_{\text{упр}}$  по модулю равна  $F_m$ .  $\vec{F}_m = m\vec{g}$ ;  $\vec{F}_{\text{упр}} = -k\vec{x}$  В скалярной формуле ось ОУ:  $F_m - F_{\text{упр}} = 0$

$$F_m = F_{\text{упр}} \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x}; k = \frac{10 \cdot 9,8}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 196000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad \text{Ответ: } 196 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

**Решить задачи (п - номер вашего варианта по списку)**

1. С помощью башенного крана поднимают груз. Скорость подъема постоянна. Определите, какие силы действуют на груз? Каковы их направления? Какова равнодействующая? Почему? У неопытных крановщиков бывают обрывы тросов в тех случаях, когда они не обращают внимания на сильно раскачивание переносимых грузов. Случайны ли такие обрывы?
2. Почему на рукоятки, головки болтов, гайки круглой формы, закручиваемые и откручиваемые вручную, наносят специальную накатку (рифление)?
3. Колесо (шкив) приводится в движение при помощи ремня. Определите вид трения, возникающего между шкивом и ремнем: трение скольжения или трение покоя? Считайте, что ремень не проскальзывает.
4. Определите вид трения, возникающего между колесом движущейся тележки и грунтом, а также между втулкой колеса и осью. Ось прикреплена к тележке неподвижно (Рис.2).

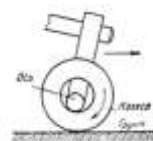


Рис. 2

5. Почему надо беречь смазочные материалы от попадания в них песка и пыли?
6. Почему нужно беречь тормозную колодку и тормозной барабан транспортного средства от попадания между ними масла?
7. Для чего при соединении мягких материалов под головку болта и гайку подкладывают шайбу большего диаметра?
8. В каком из перечисленных ниже явлений под действием силы совершается работа (см. рис.3) а) трос находится в натянутом состоянии под действием силы тяжести; б) на стол действует вес гири; в) газ давит на стенки баллона; г) поршень выталкивается из цилиндра под действием силы давления газов; д) мальчик тянет веревку, привязанную к прочной стене?

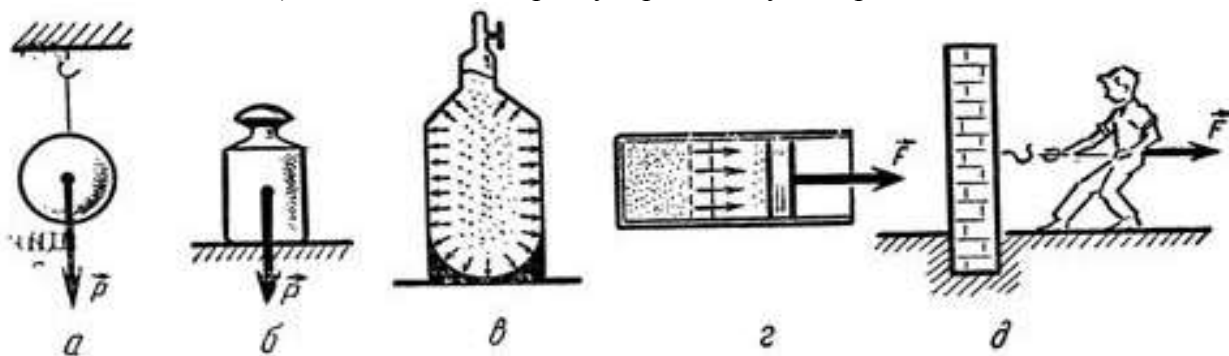


Рис. 3

9. На горизонтальном участке пути маневровый тепловоз толкнул вагон. Какие тела действуют на вагон во время и после толчка? Как будет двигаться вагон под влиянием этих тел?
10. Выразите в киловаттах и мегаваттах следующие мощности: 3500 Вт; 200 Вт; 5000Вт; 110000Вт. Выразите в ваттах следующие мощности: 3 кВт; 1,5 кВт; 0,6 кВт; 0,04 МВт; 0,0001 МВт.
11. Чему равна сила тяжести, действующая на упаковку с цементом массой 2,5кг, 600г, 1,2 т, 50т?
12. Первый советский искусственный спутник Земли был запущен 4 октября 1957 года. Определить массу этого спутника, если известно, что на Земле на него действовала сила тяжести, равная 819,3Н.
13. На неподвижной платформе стоит ящик с кирпичами массой  $n$  тонн. Вычислите и изобразите на рисунке силу тяжести и вес ящика.

14. Сможете ли вы поднять пластину из пробки объёмом  $n \text{ см}^3$ ? Плотность пробки  $240 \text{ кг/м}^3$ .
15. Автобус массой  $n$  тонн едет по горизонтальному шоссе. Какая сила требуется для сообщения ему ускорения  $1,4 \text{ м/с}^2$ .
16. Вагонетка массой  $n$  тонн движется под действием силы  $60 \text{ кН}$ . Определите ускорение её движения.
17. Два корабля массой  $n$  тонн каждый, стоят на рейде на расстоянии  $0,5 \text{ км}$  один от другого. Какова сила притяжения между ними?
18. Определить массу каждого из двух одинаковых автомобилей, если на расстоянии  $0,1 \text{ км}$  на них действует сила притяжения  $6,67 \text{ мН}$ .
19. Определить расстояние, на котором две вагонетки массой по  $20 \text{ кг}$  каждая взаимодействуют с силой  $67 \text{ мкН}$ .
20. Какую силу надо приложить к вагону массой  $n$  тонн, чтобы он стал двигаться равноускорено и за  $30 \text{ с}$  прошёл путь  $36 \text{ м}$ ? Коэффициент трения равен  $0,008$ .
21. Под действием силы тяги скорость вагона массой  $n$  тонн возросла с  $4,25 \text{ м/с}$  до  $32,4 \text{ км/ч}$  на пути  $75,5 \text{ м}$ . Чему равна сила тяги, если коэффициент трения при движении вагона равен  $0,025$ ?
22. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы локомотив массой  $n$  тонн двигался:  
а) равномерно; б) с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ .
23. Электровоз при движении по горизонтальному пути развивает силу тяги  $n \text{ кН}$ . На участке пути длиной  $600 \text{ м}$  скорость поезда возросла с  $32,4$  до  $54 \text{ км/ч}$ . Определите силу сопротивления движению поезда, если его масса равна  $10000$  тонн.

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более  $50\%$  заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее  $50\%$  работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

### **Тема 2.3 Законы сохранения в механике**

#### **Практическая работа № 3**

#### **Решение задач по теме: «Законы сохранения в механике и их применение»**

**Цель работы:** научиться использовать закон сохранения механики для расчёта параметров различных физических процессов

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

**Материальное обеспечение:** -посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы, уяснить понятия и составить представление о работе, мощности, потенциальной и кинетической энергии, знать формулы для их вычисления.
3. Решить задачи по вариантам, используя закон сохранения энергии (самостоятельная работа).

### Ход работы

#### Краткие теоретические сведения

**Закон сохранения энергии** действует в замкнутых системах.

*Замкнутой* называется система тел, взаимодействующих только друг с другом и не взаимодействующих с другими телами.

*Импульс силы* – векторная величина, являющаяся мерой действия силы за некоторый промежуток времени.

$\vec{I} = \vec{F} \cdot t$ ,  $\vec{I}$  – импульс силы  $\vec{F}$  за время  $t$

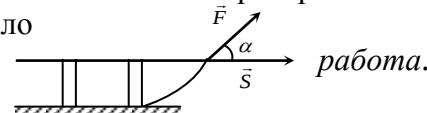
Импульс тела (количество движения) – векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения:  $\vec{P} = m \cdot \vec{v}$ ;  $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

Второй закон Ньютона можно записывать в виде:  $Ft = mv_2 - mv_1$

$\vec{P}$  – импульс тела массой  $m$ , движущегося со скоростью  $\vec{v}$ .

Количество потребляемой энергии – один из главных показателей технического развития общества. Производство, распределение и потребление энергии невозможно без её преобразования из одного вида в другой. Если под действием постоянной силы  $\vec{F}$  тело совершило перемещение  $\vec{s}$ , то говорят, что силой совершена *работа*.

Работа ( $A$ ) – скалярное произведение векторов силы  $\vec{F}$  и перемещения  $\vec{s}$ .



$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos \alpha = F \cdot S \cdot \cos \alpha = F_s S$  где  $\alpha$  – угол между  $\vec{F}$  и  $\vec{s}$ ;  $F_s = F \cdot \cos \alpha$  – проекция  $\vec{F}$  на направление.

$[A] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$  – джоуль

Мощность ( $N$ ) – скорость совершения работы

$$N = \frac{A}{\Delta t} \quad [N] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{ Вт}$$

### Энергия

Механическая система – совокупность материальных точек, взаимодействующих друг с другом и телами, не входящими в эту совокупность.

После совершения работы система перейдет из одного состояния в другое. Тогда работа – физическая величина, характеризующая процесс перехода механической системы из одного состояния в другое.

Можно говорить, что существует некий параметр механической системы, изменение которого равно совершённой работе  $A$ .

Механическая энергия ( $E$ ) – параметр механической системы, изменение ( $\Delta E$ ) которого равно совершённой работе ( $A$ ).  $\Delta E = A$ .  $[E] = 1 \text{ Дж}$

где  $E_1$  – механическая энергия системы в начальном состоянии;

$E_2$  – механическая энергия системы в конечном состоянии.  $\Delta E = \pm |\Delta E|$   
Изменение энергии  $\Delta E$  может быть как положительным, так и

отрицательным.

Работа – мера изменения механической энергии системы.

Кинетическая энергия ( $E_k$ ) – половина произведения массы тела на квадрат его скорости.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Кинетическая энергия – энергия движения.

Тогда  $A = E_{k2} - E_{k1}$  или  $A = \Delta E_k$ , т. е. если сила совершает положительную работу, то кинетическая энергия тела возрастает, и наоборот.

Потенциальная энергия ( $E_n$ ) – энергия взаимодействия тел или частей тела.

Нулевой уровень потенциальной энергии – состояние системы, в котором  $E_n = 0$ .

Нулевой уровень потенциальной энергии взаимодействия тела с Землёй (НУПЭЗ) – горизонтальная плоскость, на которой принимается  $E_n$  системы тело–Земля равной нулю.

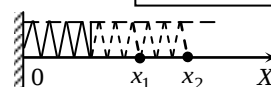
Пусть тело массы  $m$  под действием силы тяжести  $\vec{F}_{тяж}$  переместилось с высоты  $h_1$  до высоты  $h_2$  без изменения скорости. Работа силы тяжести  $A = F_{тяж}S = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = -(mgh_2 - mgh_1) = -(E_{n2} - E_{n1})$  или  $A = -\Delta E_n$ .

Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей ( $E_n$ ) – произведение силы тяжести тела на высоту  $h$  положения центра масс  $E_n = mgh$  тела относительно НУПЭЗ.

Потенциальной энергией взаимодействия частей тела обладают упруго деформированные тела

$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

Потенциальная энергия упруго деформированного тела ( $E_n$ ) – половина произведения жёсткости  $k$  тела на квадрат его абсолютной деформации  $x$ .



Законы сохранения в механике

Энергия интересует человечество на всём пути его развития. Веками люди пытались изобрести машину («вечный двигатель»), позволяющую получать энергию из «ниоткуда».

Закон сохранения и превращения энергии запрещает существование вечного двигателя, однако время от времени появляются люди, объявляющие о создании очередной его модели.

### Закон сохранения механической энергии

Внешние силы – силы, действующие со стороны тел, не входящих в эту систему.

Замкнутая механическая система тел – система, на каждое из тел которой не действуют внешние силы или равнодействующая всех внешних сил равна нулю, т.е.  $\sum \vec{F}_{i,внеш} = \vec{0}$ .

Рассмотрим замкнутую механическую систему тел, значения потенциальной энергии которой в начальном и конечном состояниях равны  $E_{n1}$  и  $E_{n2}$ , кинетической:  $E_{k1}$  и  $E_{k2}$ :  $E_{k1} + E_{n1} = E_{k2} + E_{n2}$ .

Полная механическая энергия системы – сумма кинетической и потенциальной энергии тел этой системы.

Закон сохранения механической энергии: полная механическая энергия замкнутой механической системы тел, в которой действуют только силы тяжести и упругости, остаётся неизменной.

$$\sum_{i=1}^n (E_k + E_n)_i = const$$

Отдельно от тела отсчёта ни одно тело не обладает механической энергией.

Закон сохранения импульса

Пусть два тела масс  $m_1$  и  $m_2$  составляют замкнутую механическую систему, движутся навстречу друг другу и взаимодействуют с силами  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ .

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$$

По третьему закону Ньютона  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ . До взаимодействия импульсы тел были  $\vec{p}_1$  и  $\vec{p}_2$ , после взаимодействия  $\vec{p}'_1$  и  $\vec{p}'_2$ .

т.е. векторные суммы импульсов тел до и после взаимодействия одинаковы.

Фундаментальный закон сохранения импульса: геометрическая сумма импульсов тел замкнутой механической системы остаётся неизменной.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

Закон сохранения импульса применим только в ИСО.

**Соударения тел:** Закон сохранения механической энергии и закон сохранения импульса позволяют находить решения механических задач в тех случаях, когда неизвестны действующие силы. Примером такого рода задач является ударное взаимодействие тел.

Ударом (или столкновением) принято называть кратковременное взаимодействие тел, в результате которого их скорости испытывают значительные изменения.

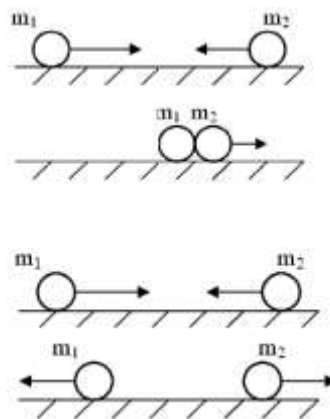
В механике часто используются две модели ударного взаимодействия – **абсолютно упругий** и **абсолютно неупругий удары**.

Абсолютно неупругим ударом называют такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело.

При абсолютно неупругом ударе механическая энергия не сохраняется. Она частично или полностью переходит во внутреннюю энергию тел (нагревание).

Абсолютно упругим ударом называется столкновение, при котором тела после соударения движутся по отдельности, и сохраняется механическая энергия системы тел.

При абсолютно упругом ударе наряду с законом сохранения импульса выполняется закон сохранения механической энергии.



### Примеры решения задач

1. Определить мощность тепловоза, зная, что при скорости движения 43,2 км/ч сила тяги равна 105 кН

| Дано                    | «СИ»                       | Решение:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v = 43,2 \text{ км/ч}$ | 12 м/с                     | <p>Мощность находится по формуле: <math>N = \frac{A}{t}</math></p> <p>Сила тяги совершает положительную работу:</p> <p><math>A = FScos \alpha</math>, <math>\angle \alpha = 0</math>, <math>A = F \cdot S</math> Движение тепловоза<br/>         равномерное и прямолинейное: <math>N = \frac{F \cdot S}{t} \Rightarrow F \cdot v</math>;<br/> <math>\frac{S}{t} = v</math></p> <p><math>N = F \cdot v = 12 \text{ м/с} \cdot 105 \cdot 10^3 = 1260 \cdot 10^3 \text{ Вт}</math></p> |
| $F = 105 \text{ кН}$    | $105 \cdot 10^3 \text{ Н}$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| $N = ?$                 |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Ответ:  $N = 1260 \text{ кВт}$ .

2. Тело массой 10 кг свободно падает с высоты 20 м из состояния покоя. Чему равна кинетическая энергия в момент удара о Землю?

| Дано:               | Рис. | Решение:                                   |
|---------------------|------|--------------------------------------------|
| $m = 10 \text{ кг}$ |      | <p>Согласно закону сохранения энергии:</p> |

$$v_0 = 0 \text{ м/с}$$

$$E_{p0} + E_{k0} = E_{p1} + E_{k1}$$

$$h_0 = 20 \text{ м}$$

За тело отсчета примем Землю:

$$h_1 = 0 \text{ м}$$

2

$$mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} \text{ учитывая } h_1 = 0, v_0 = 0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$E_k, E_p = 0$$

$$mgh_0 = \frac{mv_1^2}{2} \text{ или } E_{k1} = mgh_0$$

$$E_{k1} = ?$$

$$E_{k1} = 10 \cdot 10 \cdot 20 = 2000 \text{ Дж}$$

Ответ: 2 кДж.

3. Во время маневров на железнодорожной станции две платформы массами  $m_1 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ кг}$  и  $m_2 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ кг}$  двигались навстречу друг другу со скоростями, модули которых равны  $v_1 = 0,5 \text{ м/с}$  и  $v_2 = 1 \text{ м/с}$ . Найдите скорость их совместного движения после того, как сработала автосцепка.

Дано:

$$m_1 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ кг}$$

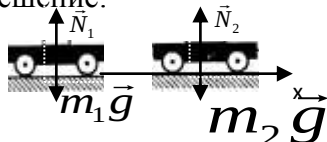
$$m_2 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ кг}$$

$$v_1 = 0,5 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 1 \text{ м/с}$$

$$v_{об} = ?$$

Решение:



Изобразим схематично действующие силы на движущиеся платформы. В проекции на ось X:  $\vec{N}_1$ ,  $m_1\vec{g}$  и  $\vec{N}_2$ ,  $m_2\vec{g}$  силы взаимно уравновешены.

Можно применить закон сохранения импульса:  $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}_{об}$ ,

где  $v_{об}$  – скорость платформы после сцепки.

В проекциях на ось X:  $m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) v_{обx}$

Т.к.  $v_{1x} = v_1$ ,  $v_{2x} = -v_2$ , то  $v_{обx} = -0,1 \text{ м/с}$

Знак (-) показывает, что скорость  $v_{об}$  направлена противоположно оси X (справа – налево).

**Решить задачи (n - номер вашего варианта по списку)**

1. При строительстве канатной дороги в горной местности самосвал массой **n** тонн поднялся на высоту 400м над уровнем моря. Определить потенциальную энергию автомобиля относительно уровня моря.
2. Молот копра для забивания свай массой 500кг падает с высоты **n** метров. Чему будет равна потенциальная и кинетическая энергия молота на высоте 4метра?
3. Какой потенциальной энергией обладает тело массой **n** кг, поднятое на высоту 15метра? Какую работу оно может совершить при падении на Землю?

4. Определить мощность сердца вальцовщика в процессе физической работы, зная, что при одном ударе оно совершает работу, равную 16 Дж, а в минуту делает примерно 240 ударов.
5. При сжатии буферной пружины ж/д вагона на 5 см произведена работа 3,75 кДж. Какая сила требуется для сжатия этой пружины на 1 см? Постройте график зависимости удлинения пружины от величины приложенной силы.
6. При ударе двух вагонов буферная пружина сжалась на  $n$  см. Жесткость пружины 3000 кН/м. Определить работу при сжатии пружины.
7. Какая работа произведена при сжатии буферной пружины железнодорожного вагона на  $n$  см, если для сжатия пружины на 1 см требуется сила 350000 Н?
8. Тяжеловесный состав с углем массой 6000 т преодолевает подъем в 100 метров. На какую высоту можно поднять тело массой 100 кг, если использовать запас потенциальной энергии в верхней точке подъема?
9. Вагонетка двигалась по горизонтальному пути, через некоторое время остановилась. Ее кинетическая энергия стала равна 0, а потенциальная осталась неизменной. Не нарушился ли в этом случае закон сохранения и превращения энергии?
10. Для погрузки угля в вагон применяется ленточный транспортер, который перемещает уголь вверх по наклону на высоту 5 м. В минуту погрузчик доставляет 12 т угля. Вагон заполняется за 5 мин. Какую работу при этом совершает транспортер?
11. Тепловоз тянет состав со скоростью  $n$  км/ч, развивая мощность 880 кВт. Как велика в этом случае сила тяги?
12. Двигатель офисного вентилятора имеет мощность 0,35 кВт. Какую работу он совершит за  $n$  минут.
13. Вычислить работу, совершаемую тяжелоатлетом, когда он равномерно поднимает штангу массой 100 кг на высоту 1,5 м.
14. Какую работу нужно совершить, чтобы поезд массой 1000 тонн, движущийся со скоростью 72 км/ч увеличил свою скорость до 108 км/ч?
15. Какой массы груз может поднимать подъемный кран со скоростью 1,5 м/с, если у него двигатель мощностью 12 кВт?
16. Одинаково ли сжимаются буфера при столкновении двух одинаковых вагонов, один из которых неподвижен? Рассмотрите случаи: порожний вагон неподвижен, движется груженный; груженный неподвижен, движется порожний.
17. Чтобы сдвинуть с места тяжелый железнодорожный состав, машинист дает задний ход, подавая состав немного назад, а потом уже дает передний ход. Почему таким образом, легче тронуть состав с места?
18. Рабочий, бегущий по цеху со скоростью 7 м/с, догоняет тележку с грузами, движущуюся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью продолжает двигаться тележка, если массы тележки и человека соответственно равны 30 кг и 70 кг.
19. Две железнодорожные платформы движутся навстречу друг другу со скоростями 0,6 и 0,4 м/с. Массы платформы соответственно равны 18 и 28 т. С какой скоростью и в каком направлении будут двигаться платформы после столкновения? Удар считать упругим.
20. Железнодорожный вагон массой 25 тонн подъезжает со скоростью 0,3 м/с к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой  $n$  тонн и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно. Какова скорость движения вагонов после сцепки?
21. Железнодорожный вагон массой 35 тонн подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой  $n$  тонн и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,5 м/с. Какова была скорость вагона массой 35 тонн перед сцепкой?
22. Столкнулись два одинаковых пластилиновых шарика, причем векторы их скоростей непосредственно перед столкновением были взаимно перпендикулярны и вдвое отличались

по модулю:  $\vartheta_1 = 2\vartheta_2$ . Какой была скорость более быстрого шарика перед абсолютно неупругим ударом, если после него величина скорости шариков стала равной 1,5 м/с?

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

### **Тема 3.1 Основы молекулярно-кинетической теории**

#### **Практическое занятие № 4**

#### **Решение задач по теме «Основы МКТ. Решение задач на уравнение состояния идеального газа»**

**Цель работы:** углубить и конкретизировать представления о молекулярно-кинетической теории вещества. Научиться использовать законы МКТ для расчёта основных параметров состояния вещества.

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** используя основные формулы законов МКТ, решить задачи

#### **Порядок выполнения работы**

1. Повторить основные вопросы молекулярно-кинетической теории.
2. Решить задачи по вариантам (из списка и таблицы)

#### **Ход работы**

##### **Краткие теоретические сведения**

Количество вещества ( $\nu$ ) – физическая величина, определяемая его структурных элементов (атомов, молекул и др.)  $[\nu] = 1$  моль.

Число Авогадро ( $N_A$ ) – количество частиц в 1 моль вещества (названо в честь Амедео Авогадро (1776–1856, Италия).

|                                                  |
|--------------------------------------------------|
| $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ |
|--------------------------------------------------|

числом

Молярная масса вещества ( $\mu$ ) – величина, численно равная его относительной атомной (молекулярной) массе  $m_{\text{отн}}$  в атомных единицах массы (см. периодическую систему Дмитрия Ивановича Менделеева (1834–1907, Россия).  $[\mu] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$  Масса одной

молекулы (в кг):  $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ .

Из опытов известно, что 1 моль газа (независимо от химического состава) при нормальных условиях ( $0^\circ\text{C}$  и 760 мм рт. ст.) занимает объём  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  (22,4 л).

Концентрация ( $n$ ) – количество молекул  $N$  в единице объема  $V$ .  $n = \frac{N}{V}$   
 $[n] = 1 \frac{1}{\text{м}^3}$   $n_{\text{л}} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{м}^3}$

Число Лошмидта ( $n_{\text{л}}$ ) – концентрация молекул газа при нормальных условиях

$N = \nu \cdot N_A$  и  $m = \nu \cdot \mu$  – число молекул  $N$  в  $\nu$  моль вещества и его масса  $m$ .

$p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_k$  – основное уравнение МКТ идеального газа,

где  $\bar{E}_k = \frac{m \cdot \bar{v}^2}{2}$  – средняя кинетическая энергия одной

молекулы;  $m$  – масса молекулы;  $\bar{v} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \bar{v}_i^2}{N}}$  – средняя

квадратичная скорость движения молекулы.

Температура – характеристика степени нагретости тела.

Абсолютный нуль – температура  $t = -273,15^\circ\text{C}$ , при которой прекратиться поступательное движение молекул.

Абсолютная шкала температур (шкала Кельвина) ( $T$ ) – шкала температур, где за нуль принимают абсолютный нуль.

$[T] = 1 \text{ К}$  – кельвин.  $1 \text{ К} = 1^\circ\text{C}$ . Между шкалами Кельвина и Цельсия действует соотношение:  
 $T = t + 273,15$ .

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$  – постоянная Больцмана (названа в честь Людвиг Больцмана (1844–1906, Австрия).

$p = nkT$ , т. е. давление газа не зависит от его природы, а определяется только концентрацией  $n$  молекул и температурой  $T$ .

Объединённый газовый закон: для данного количества вещества произведение давления газа на его объём, отнесённое к абсолютной температуре, есть величина постоянная.

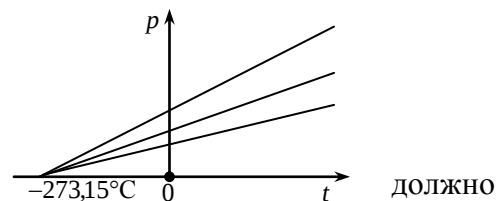
$R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$  –  $\frac{pV}{T} = \nu R$   $\frac{pV}{T} = \text{const}$  универсальная газовая постоянная.

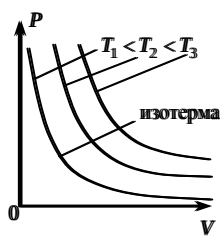
$pV = \frac{m}{\mu} RT$  – уравнение состояния идеального газа (Менделеева-Клапейрона).

Практический интерес вызывают три процесса в газах:

1) при  $\nu = \text{const}$  и  $T = \text{const}$ ; 2) при  $\nu = \text{const}$  и  $p = \text{const}$ ; 3) при  $\nu = \text{const}$  и  $V = \text{const}$ .

Изотермический процесс. Закон Бойля-Мариотта





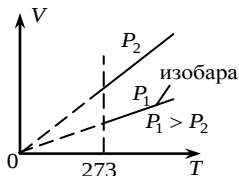
Изотермический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и температуре.

Закон Бойля-Мариотта: при постоянных количестве вещества и температуре произведение давления газа на его объём остаётся постоянным.

$$pV = \text{const}$$

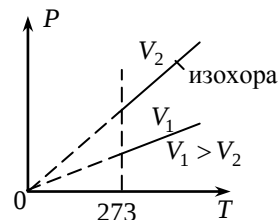
Изобарический процесс. Закон Гей-Люссака

Изобарический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и давлении



$$V = \alpha T$$

Закон Гей-Люссака: при постоянных количестве вещества и давлении объём газа пропорционален его абсолютной температуре.



прямо

Изохорический процесс. Закон Шарля

Изохорический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и объёме (был изучен Шарлем).

Закон Шарля: при постоянных количестве вещества и объёме давление газа пропорционально его абсолютной температуре.

$$p = \beta T$$

прямо

Внутренняя энергия газа ( $U$ ) – сумма кинетической энергии его молекул, потенциальной энергии их взаимодействия и внутримолекулярной энергии.

$$U = \frac{3}{2} \nu RT$$

– для одноатомного идеального газа.

$$U = \frac{5}{2} \nu RT$$

– для двухатомного газа

$$U = 3\nu RT$$

Для многоатомного идеального газа

Работа газа при изобарическом расширении:

Физический смысл  $R$ :

$$A = \nu R \Delta T$$

$$A = p \cdot \Delta V$$

универсальная газовая постоянная – работа, совершаемая одним молем идеального газа при его изобарическом нагревании на один кельвин.

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1:

по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Вычислить массу одной молекулы заданного газа.
2. Сколько молекул содержится при нормальных условиях в  $m$  килограммах водорода  $\mathbf{H_2}$  ?
3. Какое количество вещества  $\nu$  содержится в алюминиевой отливке массой  $m$ ? ( $\mu_{\text{Al}} = 27 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
4. Какова масса  $\nu$  молей углекислого газа? ( $\mu_{\text{CO}_2} = 44 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
5. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна  $\mathbf{E_K}$ . Чему равна температура газа? ( $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К).
6. В баллоне емкостью  $V$  литров находится кислород при температуре  $T$  и давлении  $P$ .  
Определить массу газа в баллоне. ( $\mu_{\text{O}_2} = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль)
7. В цилиндре дизеля давление воздуха изменяется от  $\mathbf{P_1}$  до  $\mathbf{P_2}$ ; объём при этом уменьшается от  $\mathbf{V_1}$  до  $\mathbf{V_2}$  литров. Начальная температура процесса  $\mathbf{T_1}$ . Определить температуру воздуха  $\mathbf{T_2}$  в Кельвинах после сжатия.
8. Какова внутренняя энергия  $\nu$  молей одноатомного газа при температуре  $T$ ?
9. В баллоне емкостью 30 л находится кислород при температуре 300К и давлении 0,78МПа. Определите массу газа в баллоне.

10. Баллон емкостью 100 л содержит 5,76 кг кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до 5МПа?
11. Вычислить увеличение внутренней энергии 2кг водорода при повышении его температуры на 10 К.
12. Углекислый газ массой 0,2 кг нагревают при постоянном давлении на 88К. Какую работу совершает при этом газ?

Таблица 1

| вариант | 1                          | 2  | 3   | 4    | 5                    | 6  |     |     | 7              |                |                |                |                | 8    |    |
|---------|----------------------------|----|-----|------|----------------------|----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|----|
|         | ГАЗ                        | m  | m   | v    | E <sub>к</sub>       | V  | T   | P   | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | V <sub>1</sub> | V <sub>2</sub> | T <sub>1</sub> | v    | T  |
|         | (формула)                  | кг | г   | моль | Дж                   | л  | °К  | кПа | кПа            | кПа            | л              | л              | °С             | Моль | К  |
| 1       | Кислород O <sub>2</sub>    | 1  | 27  | 2    | 6·10 <sup>21</sup>   | 2  | 100 | 1   | 2              | 1              | 7              | 5              | 27             | 1    | 27 |
| 2       | Водород H <sub>2</sub>     | 2  | 54  | 4    | 7·10 <sup>21</sup>   | 4  | 200 | 2   | 3              | 2              | 8              | 6              | 28             | 2    | 28 |
| 3       | Метан CH <sub>4</sub>      | 3  | 81  | 6    | 8·10 <sup>21</sup>   | 6  | 300 | 3   | 4              | 3              | 9              | 7              | 29             | 3    | 29 |
| 4       | Озон O <sub>3</sub>        | 4  | 108 | 8    | 9·10 <sup>21</sup>   | 8  | 400 | 4   | 5              | 4              | 10             | 8              | 30             | 4    | 30 |
| 5       | Азот N <sub>2</sub>        | 5  | 135 | 10   | 1·10 <sup>21</sup>   | 10 | 100 | 5   | 6              | 5              | 11             | 9              | 31             | 5    | 31 |
| 6       | Углерод C <sub>2</sub>     | 6  | 162 | 12   | 2·10 <sup>21</sup>   | 12 | 200 | 6   | 7              | 6              | 12             | 10             | 32             | 6    | 32 |
| 7       | Углекислый CO <sub>2</sub> | 7  | 189 | 14   | 3·10 <sup>21</sup>   | 14 | 300 | 7   | 8              | 7              | 13             | 11             | 33             | 7    | 33 |
| 8       | Гелий He <sub>2</sub>      | 8  | 216 | 16   | 4·10 <sup>21</sup>   | 16 | 400 | 8   | 9              | 8              | 14             | 12             | 34             | 8    | 34 |
| 9       | NH <sub>3</sub>            | 9  | 243 | 18   | 5·10 <sup>21</sup>   | 18 | 100 | 9   | 10             | 9              | 15             | 13             | 35             | 9    | 35 |
| 10      | Cl <sub>2</sub>            | 10 | 270 | 20   | 5,5·10 <sup>21</sup> | 20 | 200 | 10  | 11             | 10             | 16             | 14             | 36             | 10   | 36 |
|         |                            |    |     |      |                      |    |     |     |                |                |                |                |                |      |    |

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 3.2 Основы термодинамики. Тепловые машины.

### Практическое занятие №5

## Решение задач по теме «Основы термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. КПД тепловых двигателей»

**Цель работы:** на примере решения задач изучить закон сохранения энергии применительно к тепловым процессам, путях изменения внутренней энергии тел, адиабатическом процессе, принципе работы тепловой машины.

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09, ОК 06

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

### Порядок выполнения работы:

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы. Выучить формулировку и математическую запись первого начала термодинамики
3. Решить задачи по вариантам, составив уравнения теплового баланса, решить задачи на изменение внутренней энергии тела при тепловых и механических процессах (самостоятельная работа).

### Ход работы

#### Краткие теоретические сведения

Теплообмен (теплопередача) – обмен внутренней энергией без совершения механической работы.

Количество теплоты ( $Q$ ) – энергия, переданная в результате теплообмена.  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

Удельная теплоёмкость ( $c$ ) – количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К (1<sup>0</sup>C).  $c = \frac{Q}{m \Delta T}$   $[c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$\sum Q_{\text{отд.}} = \sum Q_{\text{пол.}}$  – уравнение теплового баланса.

Горение:  $Q = q \cdot m$ .  $q = \frac{Q}{m}$   $[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Удельная теплота сгорания ( $q$ ) – количество теплоты, выделяемое при сгорании 1 кг топлива.

Парообразование-переход вещества из жидкого состояния в газообразное.

$Q = r \cdot m$   $r = \frac{Q}{m}$   $[r] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Удельная теплота парообразования ( $r$ ) – количество теплоты, необходимое для превращения в пар 1 кг жидкости при постоянной температуре.

Плавление – переход вещества из твёрдого состояния в жидкое.  $Q = \lambda \cdot m$   $\lambda = \frac{Q}{m}$   $[\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Удельная теплота плавления ( $\lambda$ ) – количество теплоты, необходимое для плавления 1 кг вещества при температуре плавления.

Первый закон (начало) термодинамики: изменение внутренней энергии  $\Delta U$  системы равно сумме количества теплоты  $Q$ , переданного системе, и работы  $A$ , совершенной над ней внешними силами

$$\Delta U = Q + A$$

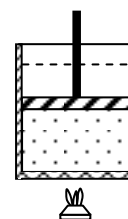
Применение первого начала термодинамики к изопроцессам

| Изотермический процесс,<br>$T = \text{const}$ | Изохорный процесс,<br>$V = \text{const}$      | Изобарный процесс,<br>$p = \text{const}$ | Адиабатический процесс,<br>$Q = 0$ |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = A_{\text{газ}}$ | $A_{\text{газ}} = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$ | $Q = \Delta U + A_{\text{газ}}$          | $A_{\text{газ}} = -\Delta U$       |

Тепловая машина – машина, совершающая механическую работу за счёт внутренней энергии топлива.

Рабочее тело – газ, совершающий работу в тепловой машине.

Нагреватель – устройство, сообщаемое рабочему телу количество теплоты  $Q_1$  при температуре  $T_1$ .



Холодильник – устройство, отнимающее от рабочего тела количество теплоты  $Q_2$  при

температуре  $T_2$ .  $\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

### Примеры решения задач

1. В алюминиевую кастрюлю массой 0,15 кг налито 1,2 кг воды при  $20^\circ\text{C}$ . Сколько кипятку нужно долить в кастрюлю, чтобы температура воды стала  $50^\circ\text{C}$ ? Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Дано:

Решение:

|                                         |                                                                                              |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_a = 0,15 \text{ кг}$                 | полученное тепло $Q_1 = c_b \cdot m_b (\theta - t_x)$ ; $Q_2 = c_a \cdot m_a (\theta - t_x)$ |
| $m_b = 1,2 \text{ кг}$                  | отданное тепло $Q_3 = c_b \cdot m_r (t_r - \theta)$                                          |
| $t_x = 20^\circ\text{C}$                | уравнение теплового баланса $Q_1 + Q_2 = Q_3$                                                |
| $t_r = 100^\circ\text{C}$               | $c_b \cdot m_b (\theta - t_x) + m_a \cdot c_a (\theta - t_x) = c_b \cdot m_r (t_r - \theta)$ |
| $\theta = 50^\circ\text{C}$             | $m_r = \frac{(c_b m_b + m_a c_a)(\theta - t_x)}{c_b(t_r - \theta)}$                          |
| $c_a = 920 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ |                                                                                              |

|                                          |                                                                                                           |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $c_b = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ | $\frac{(4200 \cdot 1,2 + 0,15 \cdot 920) \cdot (50 - 20)}{4200 \cdot (100 - 50)} \approx 0,74 \text{ кг}$ |
| $m_r - ?$                                | Ответ: 0,74 кг                                                                                            |

2 В процессе изобарного расширения газу передано 6 МДж теплоты. При этом газ совершает работу 1,2 МДж. Изменилась ли внутренняя энергия газа? Нагрелся газ или охладился.

Дано:

|                        |                             |                     |                                                                    |
|------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|
| $A' = 1,2 \text{ МДж}$ | «СИ»                        | Решение:            | Вычисления:                                                        |
| $Q = 6 \text{ МДж}$    | $6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$   | $\Delta U = Q - A'$ | $\Delta U = 6 \cdot 10^6 \text{ Дж} - 1,2 \cdot 10^6 \text{ Дж} =$ |
|                        | $1,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ |                     | $= 4,8 \cdot 10^6 \text{ Дж}$                                      |

$\Delta U - ?$

**Решить задачи.** В условии задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Каким способом – совершением работы или теплопередачей изменяется внутренняя энергия детали в следующих случаях: 1) строгание детали; 2) нагревание детали в печи перед закалкой; 3) быстрое охлаждение детали в воде (закалка)?
2. Рабочие горячих цехов носят комбинезоны, покрытые металлическими блестящими чешуйками. Почему они хорошо защищают человека от жары?
3. Воду массой  $m$  нагрели с температуры  $T_1$  до  $T_2$ . Какое количество теплоты затратили при нагреве. ( $C_b = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$ )
4. Определить массу нагретой воды, если для её нагрева на  $\Delta T$  затратили количество теплоты  $Q$ . ( $C_b = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$ )
5. Определить массу сгоревшего каменного угля, если при сгорании выделилось  $Q$  Джоулей теплоты. ( $q = 29 \text{ МДж/кг}$ )
6. Спирт массой  $m$  испарился. Определить количество теплоты, затраченное для выпаривания спирта. ( $r = 0,85 \text{ МДж/кг}$ )
7. Определить количество теплоты, необходимое для расплавления оловянного слитка массой  $m$ . ( $\lambda = 0,59 \text{ МДж/кг}$ ). Какое количество тепла выделится при охлаждении этого расплавленного слитка?
8. Газ под давлением  $P_1$  изобарно расширился и совершил работу 25 Дж. На сколько увеличился объем газа?
9. Термодинамической системе передано  $Q$  Дж теплоты. Как изменится внутренняя энергия системы, если она совершила работу  $A$ ?
10. При изотермическом расширении ( $T = \text{const}$ ) газом была совершена работа  $A$ . Какое количество теплоты  $Q$  сообщено газу?
11. Вычислить КПД тепловой машины, если температура нагревателя  $T_1$ , холодильника  $T_2$ .
12. Какой должна быть температура нагревателя  $T_1$ , чтобы КПД двигателя составлял  $\eta$  при температуре холодильника  $T_2$
13. Тепловая электростанция мощностью 2400 МВт потребляет 1500 т угля в час. Каков КПД станции?

14. Для повышения твердости и прочности стальных изделий применяют закалку (нагрев до некоторой температуры с последующим быстрым охлаждением). Какое количество теплоты необходимо, чтобы нагреть стальной молоток массой 500г от 17 до 817°C? Вычислите, какое количество теплоты выделяет молоток, если его охлаждают в жидком кислороде, температура которого -183°C. Удельная теплоемкость стали 460 Дж/ кг·°C.
15. Какую массу кокса потребуется сжечь, чтобы нагреть 10т чугуна на 10°C?
16. В плавильную печь загрузили 2000 кг чугуна, взятого при 20°C. Какое количество теплоты затрачено в ней на его плавление? Сколько льда, взятого при 0°C, можно было бы расплавить за счет этого количества теплоты?
17. В плавильной печи за одну плавку получили 250 кг алюминия при температуре 660°C. Определите, насколько изменилась внутренняя энергия алюминия, если его начальная температура была 20° С. Удельная теплота плавления алюминия 3,9 МДж/кг.
18. Чугун в литейных цехах плавят в печах, называемых вагранками. Определите количество теплоты, необходимое для плавки 6т чугуна, доведенного до температуры плавления. Удельная теплота плавления сплава 138 270 Дж/кг.
19. Лом черных металлов переплавляют в сталь в мартеновских печах. Какое количество теплоты необходимо для нагревания и расплавления 10 т стального лома, если начальная температура его 20°C? Температура плавления стали 1400°C.

| Температура от 20 °С. Температура плавления стали 1100 °С. |         |                      |                      |         |          |          |        |        |     |          |         |         |              |                      |                      |      |                      |
|------------------------------------------------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|----------|----------|--------|--------|-----|----------|---------|---------|--------------|----------------------|----------------------|------|----------------------|
|                                                            | 3       |                      |                      | 4       |          | 5        | 6      | 7      | 8   | 9        |         | 10      |              | 11                   |                      | 12   |                      |
|                                                            | m<br>кг | T <sub>1</sub><br>°С | T <sub>2</sub><br>°С | ΔT<br>К | Q<br>кДж | Q<br>МДж | m<br>г | m<br>г |     | Q<br>кДж | A<br>Дж | A<br>Дж | T =<br>const | T <sub>1</sub><br>°С | T <sub>2</sub><br>°С | η    | T <sub>2</sub><br>°С |
| 1                                                          | 1       | 5                    | 85                   | 10      | 100      | 10       | 200    | 20     | 100 | 100      | 50      | 100     | -            | 100                  | 20                   | 0,9  | 10                   |
| 2                                                          | 2       | 10                   | 90                   | 20      | 200      | 20       | 400    | 40     | 200 | 200      | 100     | 200     | -            | 200                  | 30                   | 0,8  | 20                   |
| 3                                                          | 3       | 15                   | 95                   | 30      | 300      | 30       | 600    | 60     | 300 | 300      | 150     | 300     | -            | 300                  | 40                   | 0,7  | 30                   |
| 4                                                          | 4       | 20                   | 100                  | 40      | 400      | 40       | 800    | 80     | 400 | 400      | 200     | 400     | -            | 100                  | 25                   | 0,6  | 40                   |
| 5                                                          | 5       | 5                    | 85                   | 50      | 500      | 50       | 100    | 10     | 500 | 500      | 250     | 500     | -            | 200                  | 35                   | 0,5  | 50                   |
| 6                                                          | 6       | 10                   | 90                   | 60      | 600      | 60       | 200    | 12     | 600 | 600      | 300     | 600     | -            | 300                  | 45                   | 0,4  | 60                   |
| 7                                                          | 7       | 15                   | 95                   | 70      | 700      | 70       | 300    | 14     | 700 | 700      | 350     | 700     | -            | 100                  | 30                   | 0,95 | 70                   |
| 8                                                          | 8       | 20                   | 100                  | 80      | 800      | 80       | 400    | 16     | 800 | 800      | 400     | 800     | -            | 200                  | 40                   | 0,85 | 80                   |
| 9                                                          | 9       | 5                    | 85                   | 90      | 900      | 90       | 500    | 18     | 900 | 900      | 450     | 900     | -            | 300                  | 50                   | 0,75 | 90                   |
| 10                                                         | 1       | 10                   | 90                   | 100     | 100      | 100      | 600    | 20     | 100 | 100      | 500     | 100     | -            | 400                  | 60                   | 0,35 | 100                  |

#### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 4.1 Электростатика Практическое занятие № 6

### Решение задач по теме «Электростатика. Электроёмкость конденсаторов»

**Цель работы:** сформировать умения применять полученные знания для решения практических задач.

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи с использованием формул законов электростатики, формул напряженности поля и точечного заряда, работы поля и энергии заряженного конденсатора (самостоятельная работа).

### Ход работы

#### Краткие теоретические сведения

Закон Кулона в вакууме:  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

Закон Кулона в среде:  $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$

Напряженность электрического поля:  $E = \frac{F}{q}$

Напряженность электрического поля точечного заряда:  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{\epsilon r^2}$

Закон сохранения электрического заряда:  $g = g_1 + g_2 + \dots + g_n$

Разность потенциалов:  $\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q}$

Потенциал точечного заряда:  $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = k \frac{q}{\epsilon r}$

Связь потенциала и напряженности:  $E = \frac{\Delta\varphi}{d}$

Электроёмкость конденсатора:  $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$

Энергия заряженного конденсатора:  $W = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{qU}{2}$

## Примеры решения задач

1. Какую работу совершает поле при перемещении заряда  $2 \cdot 10^{-8}$  Кл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200В?

Дано:

$$q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\varphi_1 = 700 \text{ В}$$

$$\varphi_2 = 200 \text{ В}$$

$$A = ?$$

Решение:

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

$$A = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q$$

Вычисление:

$$A = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} (700 \text{ В} - 200 \text{ В}) =$$

2. В однородном электрическом поле с напряженностью  $6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$  перемещается заряд  $7 \cdot 10^{-8}$

Кл на расстояние 8 см под углом  $60^\circ$  к линиям напряженности. Определить работу по перемещению этого заряда.

Дано:

$$E = 6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$q = 7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\ell = 8 \text{ см}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$A = ?$$

«СИ»

Решение:

$$A = F \cdot S \cos \alpha; F = E \cdot q; S = \ell; A = E \cdot q \cdot \ell \cos \alpha$$

$$A = 7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 0,5 =$$

$$= 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 1,68 \text{ мДж}$$

$$8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Ответ:  $A = 1,68 \text{ мДж}$

**Решить задачи (n - номер вашего варианта по списку):**

1. Напряжение между полюсами батареи аккумуляторов **n** кВ. какой заряд получит конденсатор емкостью 500 мкФ, если его соединить с полюсами этой батареи?
2. Две одинаковые небольшие поверхности при транспортировки деталей получили заряды  $6 \cdot 10^{-6}$  Кл и  $-12 \cdot 10^{-6}$  Кл, находящиеся на расстоянии **n** см друг от друга. Определите силу взаимодействия между ними.
3. При перемещении заряда 2 Кл в электрическом поле силы, действующие со стороны этого поля, совершили работу 8 Дж. Чему равна разность потенциалов между начальной и конечной точками пути?
4. При перемещении электрического заряда между с точками с разностью потенциалов 8 В силы, действующие на заряд со стороны электрического поля, совершили работу 4 Дж. Чему равен заряд?

5. Напряжение между двумя горизонтально расположенными пластинами 600 В. В поле этих пластин находится в равновесии заряженная пылинка массой  $3 \cdot 10^{-8}$  г. Расстояние между пластинами  $n$  мм. Определите заряд пылинки.
6. Конденсатор емкостью 0,02 мкФ соединили с источником тока, в результате чего он приобрел заряд  $10^{-6}$  Кл. Определите значение напряженности поля между пластинками конденсатора, если расстояние между ними  $n$  мм.
7. В некоторой точке электрического поля на заряд  $q = 5$  нКл действует сила  $F = 4 \cdot 10^{-7}$  Н. Найти напряженность поля  $E$  в данной точке.
8. Какая напряженность электрического поля  $E$  создается зарядом ядра неона (Ne)  $q = 1,6 \cdot 10^{-18}$  Кл на расстоянии  $r = 10^{-10}$  м от центра ядра?
9. На расстоянии  $r = 5$  см друг от друга в вакууме расположены противоположные по знаку заряды величиной  $|q| = 7$  нКл. Найти напряженность электрического поля  $E$  в точке, находящейся на расстоянии  $a = 3$  см от положительного заряда и в  $b = 4$  см от отрицательного заряда.
10. В однородном электрическом поле расстояние между двумя точками вдоль силовой линии  $r = n$  см, а разность потенциалов между ними 100 В. Определите напряженность поля  $E$ .
11. При напряжении между пластинами конденсатора 200 В разноименные заряды на пластинах равны  $10^{-4}$  Кл. Чему равна емкость конденсатора?
12. Вычислите энергию электрического поля конденсатора емкостью 10 мкФ, заряженного до напряжения 10 В.
13. Какая работа совершается при перемещении заряда 4,6 мКл в электрическом поле между точками с разностью потенциалов 260 кВ?
14. В однородном электрическом поле с напряженностью  $18 \cdot 10^5 \frac{H}{Kл}$  перемещается заряд  $7 \cdot 10^{-8}$  Кл на расстояние  $n$  см под углом  $60^\circ$  к линиям напряженности. Определить работу по перемещению этого заряда.

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 4.4 Магнитное поле.

### Практическое занятие № 7 Решение задач по теме: Магнитное поле и его характеристики. Магнитная индукция

**Цель работы:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; для объяснения условий протекания физических явлений, умения выполнять расчетные и графические задачи

**Практическая работа формирует:** ПР62, ПР66, ПР67, ЛР1, МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Выполнение работы способствует формированию:** ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 09

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

#### Порядок выполнения работы:

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи с применением формул магнитной индукции, силы Ампера, силы Лоренца. Используя правила построения, выполнить графические задачи на определение сил Ампера и Лоренца, магнитной индукции, применяя правила правой и левой руки. (самостоятельная работа).

#### Ход работы

##### Краткие теоретические сведения

Свойства магнитного поля

1. Магнитное поле порождается электрическим током (движущимися зарядами).
  2. Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток (движущие заряды).
- Для характеристики магнитного поля вводится физическая величина – индукция магнитного поля. Модуль вектора магнитной индукции равен отношению максимальной силы  $F_{max}$ , действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы

тока  $I$  на длину этого участка  $\Delta l$ :

$$B = \frac{F_{max}}{I \cdot \Delta l}$$

Единица измерения магнитной индукции называется тесла – .

$$[B] = \frac{Н}{А \cdot м} = Тл$$

Характеристикой магнитного поля в вакууме является величина, называемая напряженностью магнитного поля  $H$ . Это векторная величина, совпадающая в однородной среде с  $\vec{B}$ .

Модули этих характеристик магнитного поля ( и ) связаны соотношением:

$$B = \mu \mu_0 H$$

где  $\mu_0$  – магнитная постоянная;  $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ .

$\mu$  – магнитная проницаемость среды, которая показывает, во сколько раз индукция магнитного поля в данной среде больше или меньше, чем в вакууме.

Модуль индукции магнитного поля для прямого бесконечно длинного проводника с током равен:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R}$$

Действие магнитного поля на проводник с током

Сила, действующая на проводник с током, помещенный в магнитном поле, называется силой

Ампера. Величину этой силы определяют по закону Ампера:  $F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$  где  $\ell$  – длина проводника, м;

$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и проводником.

Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная к проводнику составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а 4 вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на 90 большой палец покажет направление силы, действующей на отрезок проводника

Сила взаимодействия между двумя параллельными проводниками с током определяется по

формуле:  $F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi R}$ , где  $R$  – расстояние между проводниками, М;

$\ell$  – длина проводника, на который действует сила, М;

$\mu_0$  – магнитная постоянная;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$ .

Действие магнитного поля на движущийся заряд

Сила, с которой магнитное поле действует на движущийся электрический заряд, называется силой Лоренца. Модуль этой силы равен:  $F_L = Bqv \sin \alpha$

где  $q$  – модуль заряда частицы, Кл;  $v$  – скорость частицы, м/с;  $\alpha$  – угол между  $B$  и  $v$

Частица под действием силы Лоренца движется с центростремительным ускорением : радиус

окружности:  $R = \frac{v \cdot m}{|q| \cdot B}$ ; период вращения  $T = \frac{2\pi \cdot m}{|q| \cdot B}$ ,

где  $R$  – радиус окружности по которой движется частица, м;

$T$  – период обращения частицы, с;  $m$  – масса частицы, кг.

Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы составляющая вектора магнитной индукции, перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре пальца были направлены по движению положительно заряженной частицы (против движения отрицательно заряженной частицы), то отогнутый на 90 большой палец покажет направление действующей на заряд силы Лоренца

Сила Лоренца перпендикулярна скорости движения частицы, следовательно, она не совершает работы, т.е. не может изменить кинетической энергии заряженных частиц, движущихся в магнитном поле.

Магнитный поток. Величину, численно равную произведению модуля вектора индукции магнитного поля на площадь поверхности и на косинус угла между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к плоской поверхности, называют магнитным потоком.

$\Phi = BS \cos \alpha$  [ $\Phi$ ]=Тл·м<sup>2</sup>=Вб (вебер).

### Примеры решения задач

1. Проводник с силой тока 5А помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1 \cdot 10^{-2}$ Тл. Угол между направлениями тока и поля  $60^\circ$ . определите длину проводника, если поле действует на него силой  $2 \cdot 10^{-2}$ Н.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано:<br>$I=5\text{A}$<br>$B=1\cdot 10^{-2}\text{Тл}$<br>$\alpha =60^{\circ}$<br>$F=2\cdot 10^{-2}\text{Н}$<br>$\ell - ?$ | Решение<br>$F=B\cdot I\cdot \ell \sin \alpha \Rightarrow \ell = \frac{F}{B\cdot I \sin \alpha}; \quad \ell = \frac{2\cdot 10^{-2}\text{Н}}{1\cdot 10^{-2}\text{Тл}\cdot 0,87\cdot 5\text{А}} \approx 0,46$ |
| $\sin 60^{\circ} \approx 0,87$                                                                                            | Ответ: $\ell = 0,46\text{м}$ .                                                                                                                                                                             |

2. Какая сила действует на электрон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией  $1\cdot 10^{-2}\text{ Тл}$  перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $3\cdot 10^6\text{ м/с}$ , заряд электрона  $e=-1,6\cdot 10^{-19}\text{ Кл}$ .

|                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано<br>$v=3\cdot 10^6\text{м/с}$<br>$B=1\cdot 10^{-2}\text{Тл}$<br>$\alpha=90^{\circ}$<br>$e=-1,6\cdot 10^{-19}\text{ Кл}$<br>$F=?$ | «СИ» | Решение<br>На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца: $F_{\text{Л}} = B \cdot  q  \cdot v \cdot \sin \alpha$<br>$F_{\text{Л}}=1\cdot 10^{-2}\text{Тл}\cdot 1,6\cdot 10^{-19}\text{ Кл}\cdot 3\cdot 10^6\text{м/с}=4,8\cdot 10^{-15}\text{Н}$<br>Ответ: $4,8\cdot 10^{-15}\text{Н}$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Решить задачи (п - номер вашего варианта по списку):**

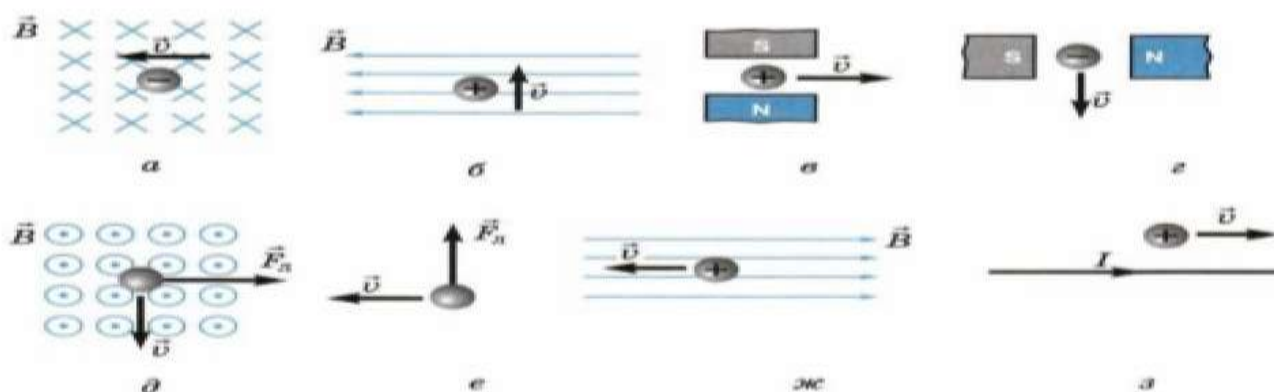
1. На прямолинейный проводник с током  $1,5\text{А}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $0,4\text{ Тл}$  действует сила  $n\text{ Н}$ . Определите длину проводника, если он расположен под углом  $30^{\circ}$  к силовым линиям.
2. Какая сила действует на протон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией  $4\cdot 10^3\text{ Тл}$  перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $2\cdot 10^5\text{ м/с}$ . Заряд протона  $q=1,6\cdot 10^{-19}\text{ Кл}$ .
3. Дайте определение магнитной индукции. В каких единицах она измеряется? Запишите единицу магнитной индукции через основные
4. единицы измерения в системе СИ.
5. Электрон движется в вакууме со скоростью  $3\cdot 10^6\text{ м/с}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1\text{ Тл}$ . Чему равна сила  $F$ , действующая на электрон, если угол между направлением скорости и линиями магнитной индукции равен  $90^{\circ}$ ?
6. Прямолинейный проводник, по которому идет ток силой  $10\text{А}$ , помещен в однородное магнитное поле, индукция которого  $0,3\text{Тл}$ . Угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен  $30^{\circ}$ .
7. С какой силой  $F$  действует магнитное поле на участок проводника длиной  $n\text{ м}$ ?
8. Определите магнитный поток, проходящий через прямоугольную рамку со сторонами  $2\times 5\text{ см}$ , если она помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $4\cdot 10^{-3}\text{ Тл}$  под углом  $30^{\circ}$  к линиям индукции поля.
9. В однородное магнитное поле, индукция которого  $1,26\cdot 10^{-3}\text{ Тл}$ , помещен прямой проводник длиной  $n\text{ см}$ . Определите силу, действующую на проводник, если по нему течет ток  $50\text{ А}$ , а угол между направлением тока вектором индукции составляет  $30^{\circ}$ .

10. Проводник с силой тока  $5,0\text{ А}$  помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1,0 \cdot 10^{-2}$  Тл. Угол между направлениями тока и поля  $60^\circ$ . Определите активную длину проводника, если поле действует на него силой  $2 \cdot 10^{-2}$  Н.
11. Какую работу совершает однородное магнитное поле индукцией  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Тл при перемещении на расстояние  $0,2$  м проводника длиной  $2$  м, по которому течет ток  $10\text{ А}$ ; если перемещение происходит вдоль действия сил? Проводник расположен под углом  $30^\circ$  к направлению поля.
12. Найдите индукцию магнитного поля, в котором максимальный момент сил, действующих на рамку с током в  $3,0$  А, равен  $1,5\text{ Н}\cdot\text{м}$ . Размеры рамки  $0,05 \times 0,04$  м, число витков равно  $n$ .
13. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,25$  Тл находится прямолинейный проводник длиной  $1,4$  м, на который действует сила  $2,1$  Н. Определите угол между проводником и направлением вектора индукции магнитного поля, если сила тока в проводнике  $12$  А.
14. Чему равна сила тока в прямом проводнике длиной  $1,0$  м, помещенном в однородное магнитное поле с индукцией  $1,5 \cdot 10^{-3}$  Тл, если на этот проводник со стороны поля действует сила  $2,1 \cdot 10^{-3}$  Н? Угол между направлением электрического тока и вектором индукции равен  $45^\circ$ .
15. На обмотку ротора электродвигателя при прохождении по проводу тока  $20$  А действует сила в  $40$  Н. Определите величину магнитной индукции в месте расположения провода, если его длина  $20$  см. Обмотка содержит  $n$  витков.
16. Электрон описывает в магнитном поле окружность радиусом  $4,0 \cdot 10^{-3}$  м. Скорость движения электронов равна  $3,5 \cdot 10^6$  м/с. Найдите индукцию магнитного поля.
17. Протон движется со скоростью  $1,0 \cdot 10^6$  м/с перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $1,0$  Тл. Найдите силу, действующую на протон, и радиус окружности, по которой он движется.
18. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого  $2,0 \cdot 10^4$  Тл, перпендикулярно силовым линиям со скоростью  $1,0 \cdot 10^6$  м/с. Вычислите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон.
19. Какая сила действует на электрон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией  $1,0 \cdot 10^{-2}$  Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $3,0 \cdot 10^6$  м/с?
20. Электрон, двигаясь со скоростью  $3,54 \cdot 10^5$  м/с, попадает в однородное магнитное поле с индукцией  $2,0 \cdot 10^{-5}$  Тл перпендикулярно к его силовым линиям и продолжает движение по окружности радиусом  $10$  см. Найдите удельный заряд электрона, т.е., отношение его заряда к массе.
21. Протон, имеющий скорость  $4,6 \cdot 10^5$  м/с, влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $0,3$  Тл перпендикулярно магнитным силовым линиям. Рассчитайте радиус окружности, по которой будет двигаться протон.
22. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $3,4 \cdot 10^{-2}$  Тл в плоскости, перпендикулярной к силовым линиям. Определите радиус траектории протона, если движение происходит в вакууме  $3,3 \cdot 10^5$  м/с.
23. В однородное магнитное поле с индукцией  $8,5 \cdot 10^{-3}$  Тл влетает электрон со скоростью  $4,6 \cdot 10^6$  м/с, направленной перпендикулярно к силовым линиям. Определите силу, действующую на электрон в магнитном поле и радиус дуги окружности, по которой он движется.
24. В магнитное поле с индукцией  $0,5$  Тл в направлении, составляющем угол  $45^\circ$  с линиями индукции, влетает электрон со скоростью  $2,0 \cdot 10^6$  м/с. Определите силу, действующую на него.
25. В магнитное поле в направлении, перпендикулярном линиям индукции, влетает протон со скоростью  $3,2 \cdot 10^5$  м/с. Найдите индукцию этого поля, если протон описал окружность радиусом  $10$  см.

26. Задачи на построения:

|                                                                  |                                          |                               |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| Определите направление движения проводника с током (сила Ампера) |                                          |                               |
|                                                                  |                                          |                               |
| Ответ:                                                           | Ответ:                                   | Ответ:                        |
| Определите полярность магнита                                    | Определите направление тока в проводнике | Укажите линии магнитного поля |
|                                                                  |                                          |                               |
| Ответ: отметить на магните                                       | Ответ:                                   | Ответ:                        |

27. Сформулируйте задачу и решите ее



**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

**Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

**Тема 4.5 Электромагнитная индукция**

**Практическое занятие №8**

**Решение задач по теме «Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция»**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями, умения выполнять расчетные и графические задачи

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР63 ПР62, ПР66, ПР67,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи с применением формул магнитной индукции, индуктивности контура, ЭДС индукции и самоиндукции

### Ход работы

#### Краткие теоретические сведения

Закон электромагнитной индукции:

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:  $\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ , где  $\varepsilon_i$  – ЭДС индукции, В;  $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$  – изменение магнитного потока, Вб;  $\Delta t$  – промежуток времени, в течение которого произошло данное изменение, с;  $\left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$  – скорость изменения магнитного потока,  $\frac{Вб}{с}$ .

С учетом направления индукционного тока закон записывается так:  $\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ .

Если замкнутый контур состоит из N последовательно соединенных витков (например, в соленоиде)  $\varepsilon_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ , где N – число витков.

Разность потенциалов U на концах прямолинейного проводника длиной l, движущегося со скоростью v в однородном магнитном поле

$$U = Blv \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между направлениями векторов скорости v и магнитной индукции B

Электрический ток, проходящий по проводнику, создает вокруг него магнитное поле. Магнитный поток сквозь площадь поверхности, ограниченную самим контуром, пропорционален силе тока в контуре:  $\Phi = L \cdot I$ .

Коэффициент пропорциональности L называется индуктивностью контура:  $[L] = \left[ \frac{\Phi}{I} \right] = \frac{Вб}{А} = Гн$  (генри).

Значение индуктивности зависит от размеров и формы проводника, а также от магнитных свойств среды, в которой он находится. ЭДС самоиндукции по закону электромагнитной индукции равна:

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \text{ т.к. } \varepsilon_{is} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

где  $\Delta I = I_2 - I_1$  – изменение силы тока в проводнике, А;

$\Delta t$  – время его изменения, с;

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$  – скорость изменения силы тока,  $\frac{A}{c}$ .

Энергия магнитного поля проводника с током:  $W_M = \frac{L \cdot I^2}{2}$ , [Дж]

**Решить задачи (n - номер вашего варианта по списку)**

1. На сколько изменилась сила тока в проводнике, если за 0,1 с в проводнике, индуктивность которого 4 Гн, появилась ЭДС самоиндукции равная 12 В?
2. За какой промежуток времени магнитный поток изменился на 0,01 Вб, если в контуре возникает ЭДС индукции n В?
3. Магнитное поле катушки с индуктивностью 0,2 Гн обладает энергией 0,4 Дж. Чему равна сила тока в катушке?
4. Определите энергию, запасаемую в магнитном поле индуктора, который используется в установке для магнитоимпульсивного формования. Индуктивность катушки  $7,0 \cdot 10^{-7}$  Г, сила разрядного тока  $1,45 \cdot 10^5$  А.
5. Какой поток магнитной индукции создается в контуре электрическим током, если при его уменьшении до нуля за 0,01 с в контуре возникает ЭДС самоиндукции равная 30 В?
6. Определите энергию магнитного поля катушки, в которой при силе тока 6,8А магнитный поток равен 2,5мВб.
7. За какой промежуток времени в катушке с индуктивностью 0,28 Г происходит нарастание силы тока от нуля до 9,6 А, если при этом возникает средняя ЭДС самоиндукции, равная 38,4 В?
8. Проводник длиной n м перемещается в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Движение проводника происходит со скоростью 10 м/с под углом  $45^\circ$  к магнитным силовым линиям. Найдите ЭДС индукции, возникающую в проводнике.
9. Какой магнитный поток пронизывает контур, если при равномерном исчезновении магнитного поля в течение n с в катушке индуцируется ЭДС, равная 0,02 В?
10. Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 3 см<sup>2</sup> при индукции поля 0,24 Тл, если нормаль, к поверхности расположена под углом  $60^\circ$  к вектору индукции.
11. Определите индуктивность катушки, если при увеличении тока в ней на 2,2А за  $50 \cdot 10^{-2}$ с появляется средняя ЭДС самоиндукции, равная 1,1 В.
12. В проводнике длиной 0,5 м, движущемся со скоростью 3,0 м/с, перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, возникает ЭДС 6мВ. Определите индукцию магнитного поля.
13. Определите магнитный поток, проходящий через прямоугольную площадку со сторонами 20х40 см, если она помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,5м Тл под углом  $60^\circ$  к линиям индукции поля.
14. Определите ЭДС индукции, возбуждаемую в контуре, если в нем за 0,01 с магнитный поток равномерно уменьшается 0,5 до 0,4 Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции 3,8 В.
15. Определите промежуток времени, в течение которого магнитный поток, пронизывающий контур, должен увеличиться от 0,01 до 0,20 Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции n В.
16. Определите ЭДС индукции на концах крыльев самолета, имеющих длину 12 м, если скорость его при горизонтальном полете 250 м/с, а вертикальная составляющая магнитной индукции земного магнетизма  $5,0 \cdot 10^{-5}$  Тл.
17. В однородном магнитном поле под углом  $30^\circ$  к направлению вектора индукции, величина которого 5мТл, движется проводник со скоростью 10 м/с; вектор скорости

перпендикулярен проводнику. Определите длину проводника, если в нем наводится ЭДС, равная 0,25 мВ.

18. Трактор общего назначения К-700 идет со скоростью 28 км/ч. Определите разность потенциалов на концах передней оси, если длина ее около 2,6 м, вертикальная составляющая магнитного поля Земли  $5,0 \cdot 10^{-5}$  Тл.
19. Чему равна ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке с индуктивностью  $2,0 \cdot 10^{-2}$  Гн, в которой ток силой  $7,5 \cdot 10^{-2}$  А исчезает за  $n$  с?
20. Магнитное поле катушки с индуктивностью 0,1 Г обладает энергией 0,8 Дж. Чему равна сила тока в катушке?
21. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами 20 см и 30 см расположена в однородном магнитном поле и перпендикулярна силовым линиям. Определите индукцию этого поля, если при его исчезновении за  $1,2 \cdot 10^{-2}$  с в рамке наводится средняя ЭДС 3,5 мВ.
22. Чему равна индуктивность катушки, если протекающий по ней ток силой 0,15 А создает поток магнитной индукции  $7,5 \cdot 10^{-3}$  Вб?
23. Чему равна индуктивность проводника, в котором при возрастании тока от 1,5 до 1,8 А за  $n$  с возбуждается ЭДС самоиндукции 0,9 В?
24. За какой промежуток времени в контуре индуктивностью  $2,0 \cdot 10^{-5}$  Г при изменении тока на 0,5 А возникает ЭДС самоиндукции 10 В?
25. Определите индуктивность катушки, если при токе 3,0 А магнитное поле в ней обладает энергией  $6,0 \cdot 10^{-2}$  Дж

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## **РАЗДЕЛ №5. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ**

### **Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны**

#### **Практическое занятие №9**

#### **Решение задач на виды сопротивлений в цепях переменного тока. Формулы трансформатора**

**Цель работы:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; умения выполнять расчетные и графические задачи

**Выполнение работы способствует формированию:**

ЛР63 ЛР62, ЛР66, ЛР67, ЛР1, ЛР3, ЛР15, ЛР12, ЛР13, ЛР17, ЛР19, ЛР 20, ЛР45, ЛР42, ЛР 43, ЛР8, ЛР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

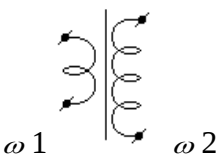
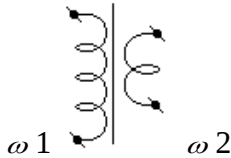
**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

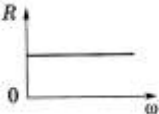
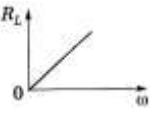
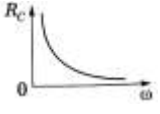
1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи с применением формул колебаний в сети переменного тока, видов сопротивления в цепи переменного тока, формул трансформаторов различного вида (самостоятельная работа).

### Ход работы

#### Краткие теоретические сведения трансформатор

| виды                      | повышающий                                                                                                                        | понижающий                                                                            |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Определение               | трансформатор, у которого число витков во вторичной обмотке больше, чем в первичной                                               | трансформатор, у которого число витков во вторичной обмотке меньше, чем в первичной   |
| Рисунок                   |                                                |  |
| Коэффициент трансформации | $n < 1$                                                                                                                           | $n > 1$                                                                               |
|                           | $n = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{S_2}{S_1}$ |                                                                                       |
| КПД трансформатора        | $\eta_{\text{трансформатора}} = \frac{P_n}{P_3} \cdot 100\% \approx 99\%$                                                         |                                                                                       |

# Сопротивления в цепи переменного тока

| Приборы                                                                                          | Резистор сопротивлением R                                                                                                                                                                                                                                                     | Катушку индуктивностью L                                                                                                                                                                        | Конденсатор емкостью C                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Схема                                                                                            |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                |                                                                                                                             |
| Сила тока                                                                                        | $I(t) = I_0 \sin \omega t$                                                                                                                                                                                                                                                    | $I(t) = \frac{U_0}{\omega L} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$                                                                                                                                    | $I(t) = CU_0 \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$                                                                                                                                                            |
| Сдвиг фаз                                                                                        | $\varphi = 0$<br>Y, U<br>изменяется в<br>одинаковых фазах,<br>а эл. энергия<br>расходиться на<br>тепловое действие<br>тока                                                                                                                                                    | Напряжение опережает ток<br>на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$                                                                                                                             | Напряжение отстает от<br>тока на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$                                                                                                                                          |
| Сопротивление<br>1. формула<br>2. зависимость<br>сопротивления от<br>частота<br>3. определение   | $R = \frac{\rho_0 \ell}{S} (1 + \alpha t)$<br><br><br><u>Активное</u> –<br>сопротивление<br>потребителя,<br><u>преобразующего</u><br>подводимую к нему<br>энергию в другие<br>виды энергии | $X_L = \omega L$<br><br><br><u>Индуктивное</u> –<br>сопротивление,<br>обусловленное явлением<br>самоиндукции | $X_C = \frac{1}{\omega C}$<br><br><br><u>Емкостное</u> –<br>сопротивление,<br>обусловленное<br>наличием емкости в<br>цепи |
| Закон Ома                                                                                        | $I(t) = \frac{U(t)}{R}$                                                                                                                                                                                                                                                       | $I_0 = \frac{U_0}{X_L}$                                                                                                                                                                         | $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$                                                                                                                                                                                        |
| Полное сопротивление цепи переменного тока: $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                |

**Закон Ома** для амплитудных значений силы тока  $I_0$  и напряжения  $U_0$  в цепи переменного тока:

$$I_0 = U_0 / \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

**Реактивное** – сопротивление потребителя, не преобразующего подводимую к нему энергию в другие виды энергии (н-р ракет)  $X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ ;  
 $X_L > X_C$  – индуктивный характер;  $X_L = X_C$  – резонанс;  $X_C > X_L$  – ёмкостный характер

**Действующее значение мощности переменного тока ( $P$ )** – величина, численно равная мощности постоянного тока  $P_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные количества теплоты  $Q$ .  
 $P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{U_0^2}{2R}$ . Действующее значение мощности переменного тока часто называют **активной мощностью**.

### Примеры решения задач

1. Катушка индуктивностью 0,1 Гн и активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

Дано:

катушка  
 $L = 0,1$  Гн  
 $R = 25$  Ом  
 $\nu = 50$  Гц  
 $U = 120$  В

$I_{\text{д}} = ?$

$$I = \frac{U}{X};$$

$$X = \sqrt{R^2 + X_L^2} =$$

$$= \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} =$$

$$= \sqrt{R^2 + (2\pi \nu L)^2}$$

$$X = \sqrt{25^2 + (4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,1)^2} =$$

$$= \sqrt{625 + 986} = \sqrt{1611} = 40,1 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{д}} = \frac{120}{40,1} \approx 3 \text{ А}$$

2. На колхозную подстанцию поступает ток напряжением 6600 В. первичная обмотка трансформатора подстанции имеет 3300, а вторичная 110 витков. Определите рабочее напряжение в колхозной электросети и потребляемую мощность сила тока в сети 200 А потерями энергии в трансформаторе пренебречь.

Дано:

трансформатор  
 $U_1 = 6600$  В  
 $\omega_1 = 3300$  В  
 $\omega_2 = 110$   
 $I_2 = 200$  А

$U_2, P_2 = ?$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot \omega_2}{\omega_1}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2$$

$$U_2 = \frac{6600 \cdot 110}{3300} = 220 \text{ В}$$

$$P_2 = 220 \cdot 200 = 44 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 44 \text{ кВт}$$

3. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на ее концах 220 В, во вторичной обмотке соответственно 8 А и 12 В. Определите КПД трансформатора.

|                                                                                                                          |                                                                            |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Дано:<br>трансформатора<br>$I_1 = 0,5 \text{ A}$<br>$I_2 = 8 \text{ A}$<br>$U_1 = 220 \text{ B}$<br>$U_2 = 12 \text{ B}$ | $\eta = \frac{P_n}{P_s} \cdot 100\% = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\%$ | $\eta = \frac{12 \cdot 8}{220 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 87\%$ |
| $\eta = ?$                                                                                                               |                                                                            |                                                              |

**Решить задачи (n - номер вашего варианта по списку):**

1. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,2 А, напряжение на клеммах 220 В. Определите напряжение и силу тока во вторичной обмотке трансформатора, если коэффициент трансформации 0,2.
2. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная 3200. Определите коэффициент трансформации.
3. Сила тока в сети изменяется по закону  $i = 8,5 \sin \omega t$ . Какое количество теплоты выделит электрокамин за 2 часа работы, если его сопротивление 80 Ом?
4. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,6 А, напряжение на ее концах 220 В; во вторичной обмотке 6 А и 14 В. Определите КПД трансформатора.
5. В первичной обмотке повышающего трансформатора 80 витков, а во вторичной 1280. Напряжение на концах первичной обмотки 120 В, а величина тока во вторичной обмотке 0,25 А. Определите полезную мощность трансформатора.
6. Для трансляции радиопередач применяют понижающий трансформатор с напряжением 480 В до 30 В. Определите мощность трансформатора с КПД 96%, если к нему подключено 100 репродукторов, потребляющих ток 0,008 А.
7. Определите угол поворота витка в однородном магнитном поле, зная, что максимальное значение тока  $100\sqrt{2} \text{ A}$ , а ток в данный момент 100 А.
8. Определите коэффициент трансформации звонкового трансформатора, питаемого сетевым током с напряжением 220 В, если преобразованный ток имеет напряжение 2 В.
9. Первичная обмотка повышающего трансформатора имеет 45 витков, а вторичная 900 витков. Первичная катушка включается в сеть переменного тока с напряжением 120 В. Какое напряжение будет на зажимах вторичной обмотки?
10. Электрическая дуга должна гореть под напряжением n В, а в сети 220 В. Сколько витков должна содержать вторичная обмотка, если в первичной обмотке, включенной в сеть, 385 витков?
11. В первичной обмотке повышающего трансформатора n витков, во вторичной – 2000 витков. Какое напряжение на зажимах вторичной обмотки можно получить, если включить трансформатор в сеть с напряжением 110 В?
12. Катушка индуктивностью 20 мГн включена в сеть переменного тока с частотой n Гц. Определите индуктивное сопротивление катушки.
13. Конденсатор емкостью  $8 \cdot 10^{-4} \text{ ф}$  включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить силу тока на участке цепи с конденсатором, если сопротивление подводящих проводов n Ом, а напряжение на всем участке цепи 12 В.
14. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если ее включить в цепь переменного тока с частотой 10 кГц, вместо 50 Гц?
15. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная 3200. Определите коэффициент трансформации.

16. Катушка индуктивностью  $n$  Гн, активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

**Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## **Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны**

### **Практическое занятие № 10**

#### **Решение задач по теме «Электромагнитные колебания и волны»**

**Цель работы:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; умения выполнять расчетные и графические задачи

ПР62, ПР66, ПР67,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи с применением характеристик переменного тока, законов переменного тока, законов электромагнитных колебаний и волн (самостоятельная работа)

#### **Ход работы**

##### **Краткие теоретические сведения**

*Переменный ток*, периодически изменяющийся по величине и направлению. *Характеристики переменного тока* ( $\sim I$ )

1. Период  $T$ , с – время, за которое ( $\epsilon_1$ ) ЭДС индукции совершает одно полное колебание.
2. Частота  $\nu = \frac{1}{T} = \frac{n}{t}$ , Гц – число полных колебаний за 1 секунду.

В России применяется ток с  $\nu=50$  Гц, стандартная, т.е.  $I_i$  и  $\varepsilon_i$  меняют свое направление 100 раз в секунду. Ток с  $\nu=50 \cdot 10^4$  Гц – ток низкой частоты. Ток с  $\nu \sim 10^4 - 10^6$  Гц – ток высокой частоты.

$$3. \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \frac{pad}{c} - \text{круговая частота.}$$

4. Мгновенные значения обозначаются строчными буквами:  $i$ . Амплитудные значения обозначаются заглавными буквами:  $I, U, \varepsilon$ .

$$i = I_m \cos \omega t; \quad Y_m = \frac{U_m}{R};$$

Изменения  $I, U, \varepsilon$  в цепи  $\sim I$

$$u = U_m \cos(\omega t + \varphi); \quad \Rightarrow$$

происходят с одинаковой

$$e = \varepsilon_m \omega t; \quad E_m = BS\omega;$$

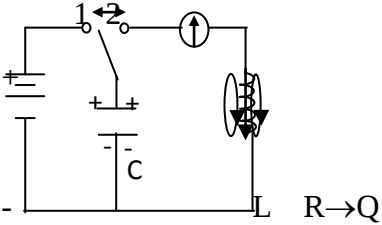
частотой, но разной фазой

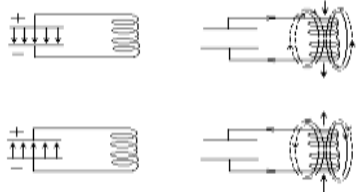
О силе переменного тока судят по его тепловому воздействию, т.к. оно не зависит от направления тока (как магнитное и химическое).

5. Действующим (эффективным) значением переменного тока называется постоянный ток, выделяющий в проводнике то же количество тепла, что и переменный ток за один период.  $I_g$

$$= \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m \quad U_g = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m \quad \varepsilon_g = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \varepsilon_m$$

### Электромагнитные колебания

|                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Определение                                                                                  | Незатухающие колебания, возникающие под действием внешней периодически изменяющейся ЭДС $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$                                                                                                                                                                 |
| Процесс                                                                                      | Процесс, при котором электромагнитное поле периодически изменяется по времени                                                                                                                                                                                                                       |
| Условие возникновения колебаний                                                              | Последовательное соединение: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) конденсатора, накапливающего энергию электрического поля;</li> <li>2) катушки накапливающей энергию магнитного поля;</li> <li>3) возникновение свободных колебаний в контуре обусловлено явлением самоиндукции</li> </ol>    |
| Пример                                                                                       | Электрическая цепь, состоящая из конденсатора и катушки, в которой энергия электрического поля превращается в энергию магнитного поля и обратно                                                                                                                                                     |
| Законы<br>$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ – формула Томсона<br>$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}};$ |  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вынужденные колебания. Ключ в «1» – заряжается конденсатор.</li> <li>2. Собственные колебания. Ключ «2» электрическое поле <math>\rightleftharpoons</math></li> </ol> |

|                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$                                                                                                                                                          | <p>магнитное поле. Часть энергии тратится на нагрев проводов <math>R \rightarrow Q</math> колебания затухающие.</p> <p>Для поддержания незатухающих колебаний переводим ключ «1», затем в «2». Вынужденные – незатухающие колебания</p>   |
| <p>Энергия</p> <p><math>R_{пр}=0</math> – собственные ЭМК</p> <p><math>E_{эл}=E_m; v_0=const</math></p> <p><math>\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}</math></p> <p><math>CU^2=LI^2</math></p> | <p>Преобразование энергии электрического поля в энергию магнитного поля и наоборот по гармоническому закону <math>E_{эл} \leftrightarrow E_m</math></p>  |

### Электромагнитные волны

Электромагнитная волна (ЭМВ) – распространение электромагнитного поля в пространстве с течением времени.

Расстояние от радиолокационной станции (РЛС) до объекта:  $\Delta S = \frac{c\Delta t}{2}$ ,

ЭМВ (в зависимости от длины волны  $\lambda$ ) делят на диапазоны:

- 1) длинные  $\lambda > 1000$  м;
- 2) средние  $100 < \lambda < 1000$  м;
- 3) короткие  $10 < \lambda < 100$  м;
- 4) ультракороткие  $\lambda < 10$  м.

Скорость волны в среде зависит от электрических и магнитных свойств среды:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{c}{n}; \quad \frac{c}{n} = \sqrt{\epsilon\mu} = n > 1 - \text{оптическая плотность среды}$$

Длина волны  $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$  в среде; для вакуума:  $\lambda_0 = c \cdot T = \frac{c}{f}$

$$\lambda = \frac{cT}{n} = \frac{c}{vn} = \frac{\lambda_0}{n}; \quad c - \text{скорость эmw в вакууме или в воздухе} - 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

### Примеры решения задач

1. Сила тока в сети изменяется по закону  $i = 4,2 \sin \omega t$ . Какое количество теплоты выделит электрокамин за 1 ч работы, если его сопротивление 70 Ом?

|                                |                                                           |                                                                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Дано:                          | $Q = I_{\text{eff}}^2 R t$                                | $I_m = 4,2 \text{ А}$                                                       |
| электрокамин                   | $i = I_m \sin \omega t$                                   | $I_{\text{eff}} = 0,707 \cdot 4,2 = 3 \text{ А}$                            |
| $i = 4,2 \sin \omega t$        | $I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_m$ | $Q = 3^2 \cdot 70 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \approx 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} =$ |
| $t = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$ |                                                           | $= 2,3 \text{ МДж}$                                                         |
| $R = 70 \text{ Ом}$            |                                                           |                                                                             |
| $Q = ?$                        |                                                           |                                                                             |

2 В установках для электрогидравлической обработки материалов конденсаторы рабочего контура являются емкостными накопителями энергии. Определите наибольшую силу кратковременного тока, возникающего в цепи при прямой разрядке такого конденсатора на проводник, если известно, что занесенная энергия в конденсаторе 10 кДж, индуктивность контура 0,03 мГн.

|                                                                      |                                                                                                                      |                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано: $\kappa$ – контур<br>$E = 10^4$ Дж<br>$L = 3 \cdot 10^{-8}$ Гн | $E_{эл} = E_M$<br>$\Downarrow$<br>$E_{эл} = \frac{LI^2}{2}$<br>$\Downarrow$<br>$I_{\max} = \sqrt{\frac{2E_{эл}}{L}}$ | $I_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^{-8}}} = \sqrt{0,66 \cdot 10^{4+8}}$<br>$= 0,8 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^5$ А |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

$I_{\max} = ?$

**Решить задачи (n - номер вашего варианта по списку):**

1. Будут ли настроены в резонанс контуры передатчика и приемника, если их параметры  $C_1 = 200$  ПФ,  $L_1 = 2$  мГн;  $C_2 = 100$  ПФ;  $L_2 = 4$  мГн?
2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 5мкФ и катушки индуктивностью 0,2 Гн. Определите максимальную силу тока в конденсаторе, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 90 В. Потерями на нагревание проводов пренебречь.
3. ЭДС индукции, возникающая в рамке при вращении ее в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $e = 12 \sin 100 \pi t$ . Определите амплитудное и действующее значение ЭДС, период, частоту, мгновенное значение ЭДС при  $t = n$  с.
4. Магнитный поток в рамке, равномерно вращающийся в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\Phi = 3 \cdot 10^{-2} \cos 157t$ . Найдите зависимость мгновенного значения ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени. Определите максимальное и действующее значение ЭДС, период и частоту тока.
5. В рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, индуцируется ток, мгновенное значение которого выражается формулой
6.  $i = 3 \sin 157t$ . Определите амплитудное, действующее значение тока, мгновенное значение тока при 0, n с, период и частоту.
7. Определите максимальное и действующее значение переменной ЭДС, возникающей в рамке при ее равномерном вращении в однородном магнитном поле, если при угле поворота рамки на  $45^\circ$  мгновенное значение ЭДС 156 В.
8. Определите максимальную ЭДС, зная, что при  $30^\circ$  ЭДС индукции 110 В.
9. В колебательном контуре с индуктивностью n мГн максимальное напряжение на обмотках конденсатора 200 В. определите период колебаний свободных электронов в контуре, если максимальная сила тока в контуре 0,2 А.
10. Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки  $4,8 \cdot 10^{-3}$  Дж, а индуктивность 0,24 Гн.
11. Определите энергию электрического поля конденсатора емкостью n мкФ, если напряжение на его обкладках 400 В.
12. Определите период и частоту собственных электромагнитных колебаний контура, если его индуктивность 1мГн, а емкость 100 нФ.
13. Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки n мДж, а индуктивность 0,12 Гн.
14. Индуктивность колебательного контура 500мкГн, какую емкость следует выбрать, чтобы настроить его на частоту 1МГц?
15. В установках для электрогидравлической обработки материалов конденсатор рабочего контура является емкостным накопителем энергии. Определите наибольшую силу кратковременного тока,

возникающего в цепи при прямой разрядке такого конденсатора на проводник, если известно, что запасенная энергия в конденсаторе 10 кДж, индуктивность контура 0,03 мГн.

16. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 3 мкФ и катушки индуктивностью  $2 \cdot 10^{-2}$  Гн. Определите собственную частоту электромагнитных колебаний в контуре.
17. В катушке индуктивностью  $n \cdot 10^{-2}$  Гн совершаются электромагнитные колебания с периодом  $10^{-5}$  с. Определите емкость системы.
18. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,601 мкФ и катушки с индуктивностью  $10^{-4}$  Гн. Определите период, частоту собственных электромагнитных колебаний контура.
19. Конденсатор емкостью  $3 \cdot 10^{-3}$  мкФ, заряженный до некоторого потенциала, разряжается, затем заряжается через катушку с индуктивностью 1,8 мГн. Определите период колебаний. Почему каждое последующее колебание дает на обмотках конденсатора меньшую разность потенциалов, чем предыдущее?
20. Определите период и частоту собственных колебаний в контуре при емкости 2,2 мкФ и индуктивности 0,6 мГн.
21. Вычислите частоту собственных колебаний в контуре с сопротивлением 0 Ом, если индуктивность в этом контуре 12 мГн, а емкость 0,88 мкФ. Как изменится частота колебаний, если последовательно включить в контур еще  $n$  таких же конденсаторов?
22. Чему равен период собственных колебаний в контуре с индуктивностью 2,5 мГн и емкостью 1,5 мкФ? Как изменится период колебаний, если параллельно к конденсатору присоединить еще 3 таких же конденсатора?
23. Резонанс в колебательном контуре наступает при частоте 4,2 кГц. Определите индуктивность катушки, если емкость конденсатора 2,2 мкФ.
24. В колебательном контуре с индуктивностью 0,4 Гн и емкостью  $2 \cdot 10^{-5}$  Ф амплитудное значение тока 0,1 А. Каким будет напряжение в конденсаторе в тот момент, когда энергии электрического и магнитного полей будут одинаковы? Колебания контура считать незатухающими.
25. Определить длину волны, если ее фазовая скорость 1500 м/с, а частота колебаний  $n$  Гц.
26. Какой путь пройдет фаза волнового движения за 0,02 с, если частота колебаний 2 МГц, а длина волны 150 м.
27. Определить частоту излучения ультразвукового генератора, если посылаемый им импульс, содержащий 100 волн, продолжается  $n$  с.
28. Определить длину волны ультразвукового генератора в алюминии, если частота ультразвука 3 МГц, а скорость в алюминии  $5,1 \cdot 10^3$  м/с.
29. Радиопередатчик работает на частоте 6 МГц. Сколько волн находится на расстоянии 100 км по направлению распространения радиосигнала?

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

Оценка «удовлетворительно» выставляется: выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны

### Практическое занятие № 11

#### Решение задач по теме: Характеристики переменного тока

**Цель работы:** изучить магнитное поле, знать его природу, его действие на другие магнитные поля, проводник с током, движущийся заряд.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР62, ПР66, ПР67,

МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:**

1. Дать понятие переменного тока, повторить устройство и принцип действия индукционного генератора.
2. Выяснить практическое значение использования переменного тока в быту, науке, производстве.
3. Применить изученный материал при решении задач на параметры переменного тока: мгновенные, амплитудные и действующие значения ЭДС, напряжения и силы переменного тока.

#### Порядок выполнения работы

Повторить основные вопросы темы «Переменный ток»

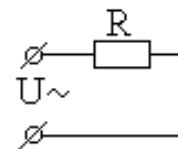
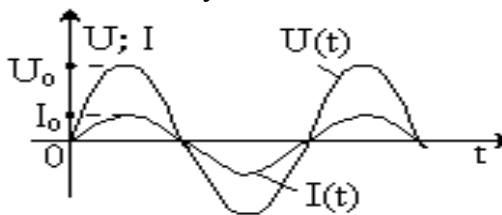
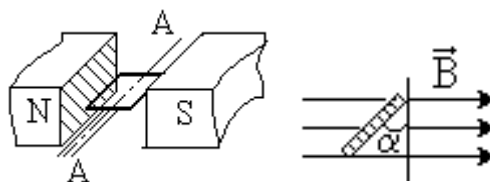
Переменный ток – вынужденные гармонические электромагнитные колебания в проводнике.

Вследствие электромагнитной индукции в рамке возникает гармонически меняющаяся ЭДС

$$\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t \quad \text{или} \quad \mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cdot \sin \omega t$$

( $\mathcal{E}_0 = BS \cdot \omega$  – амплитуда ЭДС индукции) и можно говорить, что получен переменный ток.

Переменный ток бытовой электросети имеет частоту  $\nu = 50$  Гц и  $\omega = 2\pi\nu = 100\pi$  [рад/с].



#### Резистор в цепи переменного тока

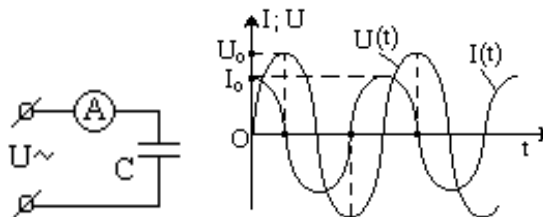
Включим резистор сопротивления  $R$  в сеть переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*). В каждый конкретный момент времени прохождение переменного тока в резисторе качественно ничем не отличается от прохождения постоянного и подчиняется закону Ома:  $I(t) = \frac{U(t)}{R}$ . Тогда

$$I(t) = \frac{U_0}{R} \sin \omega t \quad \text{или} \quad I(t) = I_0 \sin \omega t$$

Графики  $I(t)$  и  $U(t)$ , в одной системе координат, имеют вид:

Вся подводимая к резистору электрическая энергия превращается в тепловую, т. е. он обладает *активным сопротивлением*.

**Активное (омическое) сопротивление ( $R$ )** – сопротивление резистора без учёта его ёмкости и индуктивности.



### Ёмкость в цепи переменного тока

Известно, что конденсатор постоянный ток не проводит (цепь между обкладками разомкнута).

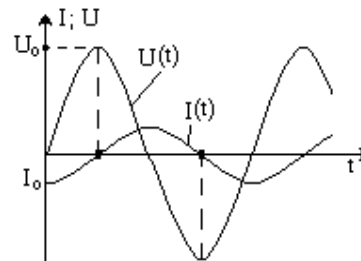
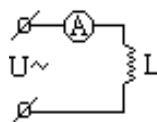
Включим конденсатор ёмкости  $C$  в цепь переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*).

Графики  $I(t)$  и  $U(t)$  в одной системе координат, имеют вид:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

– **ёмкостное сопротивление переменному току**.

$X_C$  уменьшается с ростом  $\omega$  и  $C$



### Индуктивность в цепи переменного тока

Включим катушку индуктивности  $L$  в цепь переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*) (активное сопротивление провода катушки  $R \approx 0$ ).

Графики  $I(t)$  и  $U(t)$  в одной системе координат, имеют вид:

$$X_L = \omega \cdot L$$

– **индуктивное сопротивление переменному току**. ( $X_L$  растёт с ростом  $\omega$  и  $L$ ).

**Действующее значение мощности переменного тока ( $P$ )** – величина, численно равная мощности постоянного тока  $P_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные количества теплоты  $Q$ .

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} \text{ и } U_0 = I_0 \cdot R \Rightarrow P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{U_0^2}{2R}.$$

Действующее значение мощности переменного тока часто называют **активной мощностью**.

**Действующее значение силы переменного тока ( $I$ )** – величина, численно равная силе постоянного тока  $I_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные мощности.

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} = I_{\text{пост}}^2 \cdot R = I^2 \cdot R = \frac{I_0^2 R}{2} \Rightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}.$$

**Действующее значение напряжения переменного тока ( $U$ )** – величина, численно равная напряжению постоянного тока  $U_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные мощности.

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} = \frac{U_0^2}{2R} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

На практике нас редко интересуют амплитудные или мгновенные значения силы, напряжения или мощности переменного тока. Интерес представляют их *действующие* значения.

## Закон Ома для переменного тока

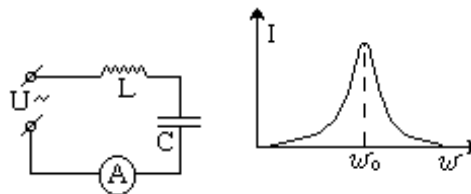
Известно, что в цепях переменного тока: а) для активного сопротивления  $R$ :  $I_0 = \frac{U_0}{R}$ ;

б) для ёмкости  $C$ :  $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$ ; в) для индуктивности  $L$ :  $I_0 = \frac{U_0}{X_L}$ .

Учтя, что  $I_0 = I \cdot \sqrt{2}$  и  $U_0 = U \cdot \sqrt{2}$ , получим закон Ома для переменного тока резистора, ёмкости и индуктивности:

$$I = \frac{U}{R}$$

для



### Резонанс в цепи переменного тока

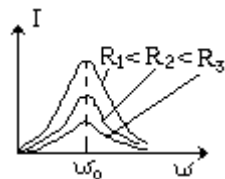
$$I = \frac{U}{X_C}$$

Соберём цепь из катушки индуктивности  $L$ , конденсатора  $C$ , амперметра переменного тока  $A$  и источника переменного напряжения  $U = U_0 \cdot \sin \omega t$  с изменяемой частотой  $\omega$ . Активное сопротивление проводов и катушки индуктивности  $R \approx 0$ .

Фиксируя  $U_0 = \text{const}$  и изменяя частоту  $\omega$  от 0 до максимально возможного значения, снимем зависимость силы действующего тока в цепи  $I(\omega)$ . Оказалось, что на частоте  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

наблюдается резкое увеличение тока.

**Резонанс** – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных электромагнитных колебаний при совпадении частоты вынуждающего напряжения с собственной частотой колебаний контура.



Электромагнитный резонанс (как и механический) наступает при совпадении частоты внешних воздействий с собственной частотой колебаний системы, при этом активное сопротивление действует аналогично силе трения – переводит энергию колебаний в энергию потерь (тепло).

Для разных  $R$  (при постоянных  $L, C$ ) кривые  $I(\omega)$  имеют вид:

При значительных  $R$  резонанс может быть практически незаметным.

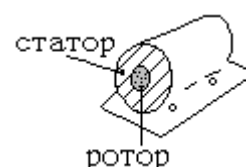
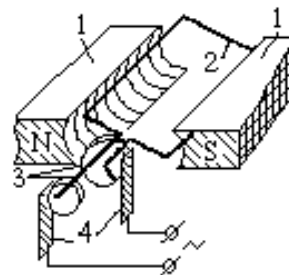
Резонанс широко используют в радиотехнике (при настройке контура радиоприёмника на частоту выбранной радиостанции и пр.).

### Генератор переменного тока (ГПТ)

Простейший ГПТ состоит из: постоянных магнитов 1; контура 2; контактных колец 3; щеток 4. При вращении контура с угловой скоростью  $\omega$  его магнитный поток

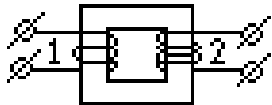
$\Phi = BS \cdot \cos \omega t$  и ЭДС  $\varepsilon = -\Phi' = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t$ . Для контура из  $n$  витков  $\varepsilon = n \cdot \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t$ .

Конструктивно ГПТ состоит из двух основных частей: неподвижной – **статора** и вращающейся – **ротора**, изготовленных из электротехнической стали.



С целью увеличения КПД генератора (более полного использования магнитного потока) зазор между статором и ротором делают минимальным. значительно улучшаются.

### Трансформатор



**Трансформатор** – устройство, предназначенное для изменения значений напряжения и силы переменного тока.

Трансформатор был сконструирован в 1876 г. Петром Николаевичем Яблочковым (1847–1894, Россия).

Простейший трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника и двух надетых на него катушек с обмотками. Одна обмотка – **первичная** – подключается к источнику переменного напряжения, другая – **вторичная** – к потребителю. Ток первичной обмотки создает в сердечнике переменное магнитное поле, которое пронизывает витки вторичной обмотки и наводит в ней ЭДС индукции.

Пусть первичная обмотка содержит  $N_1$  витков, вторичная –  $N_2$  витков и к первичной обмотке приложено переменное напряжение  $U_1$ .

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = K, \text{ где } K \text{ – коэффициент трансформации.}$$

Если  $N_2 > N_1$ , то трансформатор называют **повышающим**,  $N_2 < N_1$  – **понижающим**.

#### Решить задачи по вариантам

В условии задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. ЭДС индукции, возникшая в рамке при вращении её в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 \cdot \sin \omega t$  (см. таблицу 1). Определить амплитудное значение ЭДС, мгновенное значение ЭДС при  $t = 0,002$  с, период и частоту тока.
2. Магнитный поток в рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\Phi = \Phi_0 \cos 6280t$ . Найти зависимость ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени и определить амплитудные и действующие значения ЭДС, период и частоту тока.
3. Определить действующее значение силы тока, изменяющегося по закону  $I(t) = I_0 \cdot \sin 54t$ .
4. Определить частоту переменного тока, циклическая частота которого равна  $110\pi$ .
5. Конденсатор ёмкостью  $10^{-4}$  Ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить ёмкостное сопротивление конденсатора.
6. Конденсатор ёмкостью  $C$  включен в сеть промышленного тока. Определить ёмкостное сопротивление.
7. Катушка индуктивностью 0,5 Гн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить индуктивное сопротивление катушки.
8. Катушка индуктивностью  $L$  включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить индуктивное сопротивление катушки.
9. Напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора  $U_1$  и  $U_2$  соответственно. Число витков вторичной обмотки  $N_2$ . Определить: число витков первичной обмотки  $N_1$ ,

коэффициент трансформации  $K$  и вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.

10. Определить мощности первичной и вторичной цепей трансформатора  $P_1$  и  $P_2$ , если известны: напряжения  $U_1$  и  $U_2$ , ток  $I_1$  первичной обмотки. Рассчитать коэффициент трансформации  $K$  и указать вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.

#### Форма предоставления результата

|    | 1                                        | 2              | 3            | 6            | 8            | 9          |            |             | 10         |         |         |
|----|------------------------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|-------------|------------|---------|---------|
|    | -                                        | $\Phi_0$<br>Вб | $I_0$ ,<br>А | $C$ ,<br>мкФ | $L$ ,<br>мГн | $U_1$<br>В | $U_2$<br>В | $N_2$<br>шт | $U_1$<br>В | $U_2$ В | $I_1$ А |
| 1  | $\varepsilon(t)=110 \cdot \sin 100\pi t$ | 0,01           | 100          | 1            | 10           | 220        | 1100       | 5           | 1100       | 220     | 0,1     |
| 2  | $\varepsilon(t)=120 \cdot \sin 200\pi t$ | 0,02           | 200          | 2            | 20           | 220        | 1100       | 10          | 1100       | 220     | 0,2     |
| 3  | $\varepsilon(t)=130 \cdot \sin 300\pi t$ | 0,03           | 300          | 3            | 30           | 220        | 1100       | 20          | 1100       | 220     | 0,3     |
| 4  | $\varepsilon(t)=140 \cdot \sin 400\pi t$ | 0,04           | 400          | 4            | 40           | 220        | 1100       | 25          | 1100       | 220     | 0,4     |
| 5  | $\varepsilon(t)=150 \cdot \sin 500\pi t$ | 0,05           | 500          | 5            | 50           | 220        | 1100       | 30          | 1100       | 220     | 0,5     |
| 6  | $\varepsilon(t)=160 \cdot \sin 600\pi t$ | 0,06           | 600          | 6            | 60           | 220        | 1100       | 35          | 1100       | 220     | 0,6     |
| 7  | $\varepsilon(t)=170 \cdot \sin 700\pi t$ | 0,07           | 700          | 7            | 70           | 220        | 1100       | 40          | 1100       | 220     | 0,7     |
| 8  | $\varepsilon(t)=180 \cdot \sin 800\pi t$ | 0,08           | 800          | 8            | 80           | 220        | 1100       | 45          | 1100       | 220     | 0,8     |
| 9  | $\varepsilon(t)=190 \cdot \sin 900\pi t$ | 0,09           | 900          | 9            | 90           | 220        | 1100       | 50          | 1100       | 220     | 0,9     |
| 10 | $\varepsilon(t)=110 \cdot \sin 50\pi t$  | 0,11           | 990          | 10           | 99           | 220        | 1100       | 55          | 1100       | 220     | 1       |

Выполненные задачи в тетради для практических работ

#### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

### Тема 5.3 Оптика

#### Практическое занятие №12

#### Решение задач по теме «Законы геометрической оптики»

**Цель работы:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями, умения выполнять расчетные и графические задачи

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР63 ПР62, ПР66, ПР67, МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

**Порядок выполнения работы:**

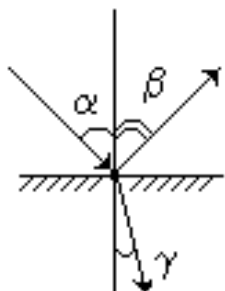
1. Перед решением задач разобрать краткие теоретические сведения
2. Провести анализ величин, входящих в формулы.
3. Решить задачи с применением формул геометрической и волновой оптики, а именно применить законы отражения, преломления и полного внутреннего отражения, формулы интерференции и дифракционной решетки (самостоятельная работа).

**Ход работы**

### Краткие теоретические сведения

#### Геометрическая оптика

**Законы отражения:**



1) **первый закон отражения:** падающий луч, отражённый луч и перпендикуляр к границе раздела сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости;

2) **второй закон отражения:** угол отражения равен углу падения

**Законы преломления:**

1) **первый закон преломления:** падающий луч, преломлённый луч и перпендикуляр к границе раздела сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости;

2) **второй закон преломления:** отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для двух данных сред есть величина постоянная.

|                                                                    |                                                     |                            |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|
| $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}$ | $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ | $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|

**Относительный показатель преломления** (второй среды относительно первой) ( $n_{21}$ ) –  $n_{21}$  показывает, во сколько раз скорость света в среде 2 меньше скорости света в среде 1.

**Абсолютный показатель преломления среды** ( $n$ ) – относительный показатель преломления этой среды  $n_{21}$  относительно вакуума.

**Полное отражение света** – явление, при котором свет полностью отражается от границы раздела сред.

**Предельный угол полного отражения** – угол падения, соответствующий углу преломления  $\gamma = 90^\circ$

### Пример решения задачи

1. Предельный угол полного отражения для воздуха и стекла  $34^\circ$ . Определить скорость света в этом сорте стекла.

| Дано:                          | Решение                                                                                   | Вычисление                                        |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| воздух, стекло                 | $\frac{1}{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v}{c}$                              | $v = 3 \cdot 10^8 \cdot \sin 34^\circ =$          |
| $\beta_{np} = 90^\circ$        | $\frac{1}{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{1} = \sin \alpha_{np}$ | $3 \cdot 10^8 \cdot 0,559$                        |
| $\alpha_{np} = 34^\circ$       | $\Rightarrow v = c \cdot \sin \alpha_{np}$                                                | $= 1,667 \cdot 10^8 = 167760$                     |
| $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ |                                                                                           | $\text{км/с} \approx 1,7 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$ |
| $v = ?$                        |                                                                                           |                                                   |

Ответ:  $1,7 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$

### Решить задачи (n - номер вашего варианта по списку)

1. При угле падения  $60^\circ$  угол преломления  $n^\circ$ . Определите угол преломления в этой же среде, если световой пучок направить под углом падения  $30^\circ$ .
2. Определите показатели преломления глицерина относительно воды и воды относительно глицерина, если абсолютный показатель преломления глицерина 1,47, а воды 1,33.
3. Определите угол отклонения луча стеклянной призмой, преломляющий угол которой  $n$  градусов, если угол падения луча на переднюю грань призмы равен нулю. Показатель преломления стекла 1,5.
4. Луч света падает на поверхность воды под углами  $n^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления оказался таким же?
5. Угол падения луча света на поверхность подсолнечного масла  $60^\circ$ , а угол преломления  $36^\circ$ . Найти показатель преломления масла.
6. Луч света переходит со стекла «легкий крон»  $n=1,57$  в воду. Угол падения увеличивают. Каков предельный угол полного внутреннего отражения?
7. Вычислите предельный угол полного внутреннего отражения для алмаза на границе с водой, зная, что абсолютный показатель преломления алмаза 2,417, а воды 1,333.
8. Определите относительный показатель преломления, если угол падения  $30^\circ$ , а преломления  $n^\circ$ .
9. Лучи солнечного света падают на поверхность воды под углом  $74^\circ$ . Под каким, углом к горизонту водолаз, опустившийся в воду, будет видеть солнце?
10. Определите показатель преломления вещества, если предельный угол полного отражения  $42^\circ$ .
11. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом  $60^\circ$ . Какова толщина пластинки  $d$ , если при выходе из нее луч сместился на 20 мм?
12. Луч света падает на плоскую стеклянную пластинку толщиной  $d = 3 \text{ см}$  под углом  $70^\circ$ . Определите смещение луча внутри пластинки. Показатель преломления стекла 1,5.
13. Угол падения светового пучка, идущего из стекла с показателем преломления стекла 1,67 в воду с показателем преломления 1,33, равен  $60^\circ$ . На какой угол отклоняется световой пучок на границе, то же при угле падения  $53^\circ$ ?

14. Постройте ход луча, если показатель преломления вещества призмы больше показателя преломления воздуха.
15. Постройте ход луча, если показатель преломления вещества призмы меньше показателя преломления

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## **Тема 5.3 Оптика**

### **Практическое занятие №13**

#### **Решение задач по теме «Волновые свойства света»**

**Цель работы:** используя формулу дифракционной решетки научиться рассчитывать длину волны света, параметры решетки

### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР63 ПР62, ПР66, ПР67, МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание:** решить задачи

### **Порядок выполнения работы:**

1. Повторить явление дифракции
2. Повторить формулу дифракционной решетки

### **Ход работы**

### **Краткие теоретические сведения**

#### **Волновая оптика**

*I. Интерференция. Для когерентных источников:*

|             |          |
|-------------|----------|
| ослабление. | усиление |
|-------------|----------|

|                                                                                                            |                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| $\Delta r_{\max} = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda, k = 0, 1, 2, 3$                                        | $\Delta r_{\min} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, k = 1, 2, 3, \dots$ |
| В плоскопараллельной пластинке: где $d$ -толщина пленки; $n$ - показатель преломления, $k$ - номер спектра |                                                                    |
| $\lambda_{\max} = \frac{4dn}{2k + 1}$                                                                      | $\lambda_{\min} = \frac{2dn}{k}$                                   |

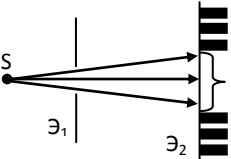
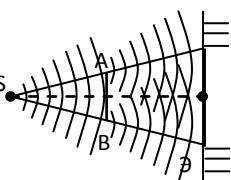
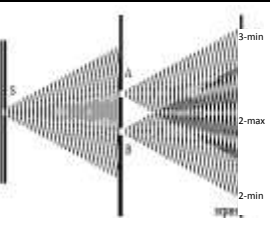
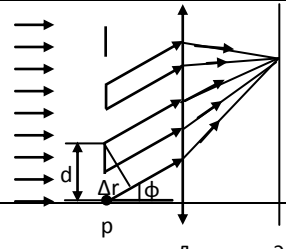
Обобщенная формула:  $\Delta r = n \cdot \Delta S = \frac{\lambda}{2} m = b \lambda$   $m_{\text{чет}}$ ;  $b$  - целое – max,  $m_{\text{неч}}$ ;  $b$  - дробное – min

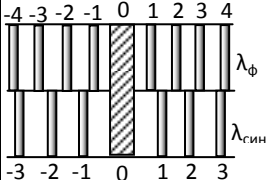
$\lambda = \frac{c}{\nu}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с;  $\Delta r$ - оптическая разность хода;  $\Delta S$ - геометрическая разность хода

II. Дифракция.  $\Delta r = k\lambda = d \sin \varphi$

для малых углов:  $\sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{k\lambda}{d} = \frac{a}{\ell}$ ;  $d = \frac{1}{100} \text{ мм} = \frac{10^{-3}}{100} \text{ м} = 10^{-5} \text{ м}$  (100 штрихов на мм) – постоянная дифракционной решетки.

Дифракция света – отклонение световых волн от прямолинейного распространения (рассеивание) при встрече с препятствием или экраном с щелью.

| Препятствие                                    | Рисунок                                                                             | Объяснение                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Узкая щель $\lambda = 10^{-4} - 10^{-5}$ см |  | На экране в центре образуется светлое пятно больше размера отверстия. На краях щели образуются вторичные волны и лучи света рассеиваются. На экране за пятном чередуются темные и светлые полосы       |
| 2) Тонкое препятствие (проволочка)             |  | Края проволочки являются когерентными источниками волн, в результате дифракции которых на экране возникает интерференция, а в центре экрана волны приходят в одинаковой фазе, поэтому «тень» – светлая |
| 3) Когерентные источники. Опыт Юнга 1802 г.    |  | <u>Интерференция</u> на экране является <u>следствием дифракции</u> от двух когерентных источников. С помощью опыта измерены длины волн, соответствующие световым лучам разного цвета                  |
| 4) Дифракционная решетка                       |  | <u>Дифракционная решетка</u> – совокупность большого числа узких параллельных щелей, расположенных на малых равных расстояниях ( $d$ ) друг от друга. Пример: частый гребешок, ресницы, перо.          |

|                                     |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     |                                                                                   | $\sin\varphi = \frac{\Delta r}{d} = \frac{k\lambda}{d}$ <p><math>\Delta r = k\lambda = d \cdot \sin\varphi</math> – формула дифракционной решетки, где</p> <p><math>\Delta r</math> – оптическая разность хода лучей; <math>\varphi</math> – угол отклонения лучей от перпендикуляра к плоскости решетки; <math>\varphi_{\text{ф}} - \text{min}</math>, <math>\varphi_{\text{к}} - \text{max}</math>;</p>                                                                                                               |
| Максимумы разных световых излучений |  | <p><math>k</math> – число длин волн; <math>k</math> – целое – max – светлая полоса; максимумы расположены на равных расстояниях друг от друга;</p> <p><math>d</math> – период (постоянная) решетки – расстояние от начала одной щели до начала следующей щели.</p> <p>Позволяет вычислять длину волны:</p> $\lambda = \frac{d \cdot \sin\varphi}{k}$ <p>Дифракционную решетку используют для определения состава светового излучения, т.к. свет, соответствующий разным длинам волн, дает максимумы в разных местах</p> |

2. В воде интерферируют когерентные волны частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц. Усилится или ослабнет свет в точке, если геометрическая разность хода лучей в ней равна 1,8 мкм? Показатель преломления воды 1,33.

| Дано:                                                                                                             | Решение                                                                                                  | Вычисления                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц<br>$\Delta S = 1,8 \cdot 10^{-6}$ м<br>$n = 1,33$<br>$c = 3 \cdot 10^8$ м/с<br>$m - ?$ | $\Delta r = n \cdot \Delta S = \frac{\lambda}{2} \quad m = \frac{ck}{2\nu}$ $m = \frac{2\nu\Delta S}{c}$ | $m = \frac{2 \cdot 1,33 \cdot 5 \cdot 10^{14} \cdot 1,8 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^8}$ <p><math>7,98 \approx 8 - \text{четн.}</math></p> <p>max усиление света</p> |

Решить задачи:

1. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на 1мм. Под какими углами видны max первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?
2. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре второго порядка, совпадающей с изображением линии спектра третьего порядка с длиной волны 500 нм.
3. На дифракционную решетку с постоянной 0,01 мм направлена монохроматическая волна. Первый дифракционный max получен на экране смещенным на 3 см от первоначального

направления света. Определите длину волны монохроматического излучения, если расстояние между экраном и решеткой 70 см.

4. Определите оптическую разность хода волн длиной 540 нм, прошедших через дифракционную решетку и образовавших  $m$ -ый второй порядка.
5. Дифракционная решетка с постоянной 0,004 мм освещается светом с длиной волн 687 нм. Под каким углом к решетке нужно производить наблюдения, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?
6. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волн 656 нм спектр второго порядка виден под углом 15°.
7. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре 3-го порядка, совпадающей с линией в спектре четвертого порядка с длиной волны 490 нм.
8. Какой наибольший порядок спектра можно видеть в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм при освещении ее светом с длиной волны 720 нм?
9. В некоторую точку пространства приходят два пучка когерентного излучения с оптической разностью хода  $\Delta$  мкм. Определите, произойдет усиление или ослабление в этой точке света с длиной волны 760 нм, 600 нм, 400 нм.
10. Какова оптическая разность хода двух когерентных монохроматических волн в веществе с показателем преломления 1,6, если разность хода лучей  $\Delta$  см?
11. На тонкую пленку с показателем преломления 1,5 перпендикулярно ее поверхности падает параллельный пучок желтых лучей с длиной волны 600 нм. При какой наименьшей толщине пленки она в отраженном свете будет казаться желтой?
12. Два когерентных луча с длинами волн 404 нм пересекаются в одной точке на экране. Что будет наблюдаться в этой точке – усиление или ослабление света, если оптическая разность хода лучей  $\Delta$  мкм?
13. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр с длиной волны  $25 \cdot 10^{-5}$  см заменить красным с длиной волны  $6,5 \cdot 10^{-5}$  см?
14. В некоторую точку пространства приходят две когерентные волны с геометрической разностью хода 1,2 мкм, длина которых в вакууме 600 нм. Определите, что произойдет в этой точке вследствие интерференции в воздухе, в воде (1,33), в стекле (1,5).
15. Разность хода лучей двух когерентных источников света с длиной волны  $6 \cdot 10^{-7}$  м, сходящихся в некоторой точке, равна  $1,5 \cdot 10^{-6}$  м. Усиление или ослабление света будет в этой точке?
16. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на мм. Под какими углами видны  $m$ -ый первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется: выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 7.1 Корпускулярно-волновой дуализм.

### Практическое занятие №14 Решение задач по теме «Законы фотоэффекта»

**Цель работы:** изучить квантовую теорию, Теорию Максвелла, и Планка. понятие фотона., кванта. Законы фотоэффекта.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР63 ПР62, ПР66, ПР67, МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

**Материальное обеспечение:** посадочные места по количеству обучающихся; раздаточный материал с заданиями; сборники задач, справочные материалы

**Задание: решить задачи**

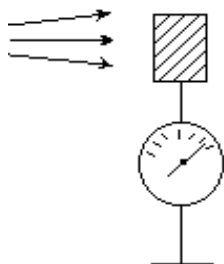
#### Порядок выполнения работы

1. Изучить физическую природу и свойства внутреннего и внешнего фотоэффектов, их различие.
2. Выяснить практическое значение использования явления фотоэффекта в быту, природе, науке, производстве, медицине, их вредное и полезное действие.
3. Применить уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта при решении задач.

#### Ход работы

##### Краткие теоретические сведения

Квантовая оптика – раздел оптики, изучающий явления, в которых существенны квантовые свойства света и атомов веществ.



Внешний фотоэффект – явление выхода электронов из вещества под действием света.

Фотон (квант) – порция световой энергии  $E = h \cdot \nu$ .

Фотоэлектрон – электрон, участвующий в фотоэффекте.

- Фотоэффект обнаружил Герц и исследовал Александр Григорьевич Столетов (1839–1896, Россия).

## Законы внешнего фотоэффекта

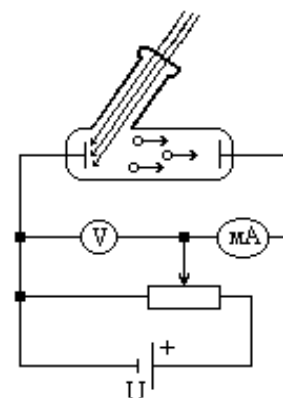
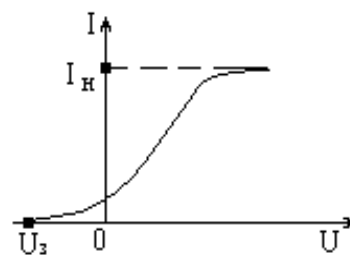
Максимальная сила фототока – ток насыщения  $I_n$  – определяется числом электронов, выходящих из металла в единицу времени при данной освещённости.

Первый закон фотоэффекта: количество фотоэлектронов, покидающих поверхность металла в единицу времени, прямо пропорционально энергии световой волны, поглощаемой за это время данной поверхностью.

Второй закон фотоэффекта: максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, прямо пропорциональна частоте излучения и зависит от материала электрода.

Красная граница фотоэффекта ( $\nu_{\min}$ ) – наименьшая частота ЭМВ, вызывающей фотоэффект.

Третий закон фотоэффекта: красная граница фотоэффекта определяется только материалом электрода и состоянием его поверхности.



$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$$

– уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}; m_e=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; C=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Решить задачи. В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1:  
по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Электромагнитное излучение имеет частоту  $\nu$ . Какова энергия квантов  $E$ ?
2. Кванты электромагнитного излучения имеют энергию  $E$ . Определить частоту их колебаний  $\nu$ .
3. При какой минимальной частоте излучения  $\nu_{\min}$ , падающий на поверхность закиси меди, начнется фотоэффект, если работа равна из этого вещества выхода  $A_{\text{вых}}=8,24 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ?
4. На поверхность цезия падает излучение с частотой  $\nu$ . Вылетающие в результате фотоэффекта электроны имеют кинетическую энергию  $W_k=2,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . Какова работа выхода  $A_{\text{вых}}$ ?
5. Излучение с частотой колебания  $\nu$  вызывает фотоэффект на поверхности вещества. Какую кинетическую энергию получают электроны, если работа выхода составляет  $2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ?
6. Какую частоту колебаний  $\nu$  имеет излучение, если выбиваемые им электроны имеют энергию  $E_{\text{кин.}}$ , а работа выхода  $A_{\text{вых}}=6,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . Какова энергия фотонов  $E$ , вызывающих этот фотоэффект?
7. При какой минимальной частоте излучения  $\nu_{\min}$ , падающий на поверхность закиси меди, начнется фотоэффект, если работа равна из этого вещества выхода  $A_{\text{вых}}=8,24 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ?
8. Работа выхода электронов с поверхности цезия составляет  $1,9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . Какую частоту колебаний  $\nu_{\min}$  должно иметь излучение, способное вызвать фотоэффект на поверхности этого вещества?
9. Работа выхода электронов из бария  $A_{\text{вых}}=1,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . При какой длине волны  $\lambda_{\min}$  начнется

фотоэффект на поверхности этого минерала?

10. Какую кинетическую энергию будут иметь электроны, выбиваемые из натрия квантами зеленого света ( $\lambda_{\text{зел}}=500$  нм), если работа выхода электронов из натрия составляет  $3,36 \cdot 10^{-19}$  Дж?
11. Скорость света в воде  $\vec{v}=225 \cdot 10^3 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , а длина световой волны  $\lambda$ . Какова энергия фотонов света?

Таблица 1

|    | 1                  | 2                    | 4                  | 5                  | 6                     | 11             |
|----|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|----------------|
|    | $\nu$ , Гц.        | Е, Дж                | $\nu$ , Гц.        | $\nu$ , Гц.        | Е <sub>кин</sub> , Дж | $\lambda$ , нм |
| 1  | $1 \cdot 10^{14}$  | $6,1 \cdot 10^{-19}$ | $1 \cdot 10^{14}$  | $1 \cdot 10^{14}$  | $1,1 \cdot 10^{-19}$  | 100            |
| 2  | $2 \cdot 10^{14}$  | $6,2 \cdot 10^{-19}$ | $2 \cdot 10^{14}$  | $2 \cdot 10^{14}$  | $2,2 \cdot 10^{-19}$  | 200            |
| 3  | $3 \cdot 10^{14}$  | $6,3 \cdot 10^{-19}$ | $3 \cdot 10^{14}$  | $3 \cdot 10^{14}$  | $3,3 \cdot 10^{-19}$  | 300            |
| 4  | $4 \cdot 10^{14}$  | $6,4 \cdot 10^{-19}$ | $4 \cdot 10^{14}$  | $4 \cdot 10^{14}$  | $4,4 \cdot 10^{-19}$  | 400            |
| 5  | $5 \cdot 10^{14}$  | $6,5 \cdot 10^{-19}$ | $5 \cdot 10^{14}$  | $5 \cdot 10^{14}$  | $5,5 \cdot 10^{-19}$  | 500            |
| 6  | $6 \cdot 10^{14}$  | $6,6 \cdot 10^{-19}$ | $6 \cdot 10^{14}$  | $6 \cdot 10^{14}$  | $6,6 \cdot 10^{-19}$  | 600            |
| 7  | $7 \cdot 10^{14}$  | $6,7 \cdot 10^{-19}$ | $7 \cdot 10^{14}$  | $7 \cdot 10^{14}$  | $7,7 \cdot 10^{-19}$  | 700            |
| 8  | $8 \cdot 10^{14}$  | $6,8 \cdot 10^{-19}$ | $8 \cdot 10^{14}$  | $8 \cdot 10^{14}$  | $8,8 \cdot 10^{-19}$  | 800            |
| 9  | $9 \cdot 10^{14}$  | $6,9 \cdot 10^{-19}$ | $9 \cdot 10^{14}$  | $9 \cdot 10^{14}$  | $9,9 \cdot 10^{-19}$  | 900            |
| 10 | $10 \cdot 10^{14}$ | $7,0 \cdot 10^{-19}$ | $10 \cdot 10^{14}$ | $10 \cdot 10^{14}$ | $10 \cdot 10^{-19}$   | 990            |

#### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 7.2 Строение атома

## Практическое занятие №15

### «Запись ядерных реакций. Строение атомов и атомных ядер. Закон радиоактивного распада».

**Цель работы:** изучить ядерную модель атома. Опыты Э. Резерфорда. Модель атома водорода по Н. Бору.

**Выполнение работы способствует формированию:**

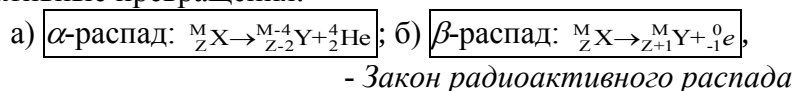
ПР62, ПР66, ПР67, МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

#### Ход работы

#### Краткие теоретические сведения

#### Состав радиоактивного излучения. Свойства $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ -излучений

Радиоактивные превращения:

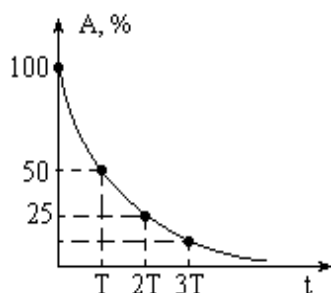


Резерфорд установил:

- 1) р/а вещества убывает с течением времени;
- 2) для каждого р/а вещества существует интервал времени, в течение которого убывает в два раза.

Период полураспада ( $T$ ) – время, в течение которого распадается половина от начального числа р/а атомов.

График  $A(t)$  зависимости р/а (скорости распада) в % от времени:



Пусть начальное число молекул вещества  $N_0$  (100%), тогда через  $T$  число молекул будет  $\frac{N_0}{2}$  (50%), через  $2T$  –  $\frac{N_0}{2^2}$  (25%), через  $3T$  –  $\frac{N_0}{2^3}$ , т. е.  $N = N_0 \cdot \frac{1}{2^n}$ . Так как  $n = \frac{t}{T}$ , то  $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$  – закон радиоактивного распада.

Искусственное превращение ядер  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^{1}\text{H}$ .

- В опытах  $\alpha$ -частица захватывается примерно одним из 50000 ядер азота.
- Фотографии треков тщательно изучают и расшифровывают.
- Впоследствии удалось обнаружить превращения ядер фтора, натрия, алюминия и др., сопровождающиеся испусканием протонов.
- В ядрах тяжёлых элементов (в конце периодической системы) таких превращений не наблюдалось (вероятно большой заряд этих ядер не позволяет  $\alpha$ -частице вплотную приблизиться к ним).
- Такие превращения и называют искусственными ядерными реакциями.

- Испускание протонов при ядерных реакциях и кратность заряда ядра заряду протона говорили о том, что протон входит в состав ядра. Однако, масса ядра (по результатам расчётов и опытов) оказывалась больше произведения общего заряда всех протонов (в  $e$ ) на массу протона (в а.е.м.), т. е. помимо протонов в ядре должны были находиться и *другие* элементарные частицы.

Открытие нейтрона, протонно-нейтронная модель атома

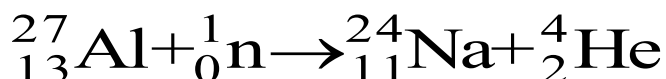
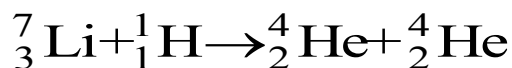
Исследования показали, что масса нейтрона в 1838,6 больше массы электрона и почти равна массе протона (1836,1 масс электрона). При попадании  $\alpha$ -частиц в ядра бериллия происходит реакция:  ${}^4_2\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ , где  ${}^1_0\text{n}$  – нейтрон.

Нейтрон – нестабильная частица (с временем жизни  $\tau \approx 15$  мин), которая распадается на протон, электрон и нейтрино (частица, лишённая массы покоя).

Массовое число ( $A$ ) – сумма чисел протонов  $Z$  и нейтронов  $N$  в ядре  $A = N + Z$

Ядерные реакции

Ядерная реакция – изменение атомного ядра при взаимодействии с другим ядром или с элементарной частицей.

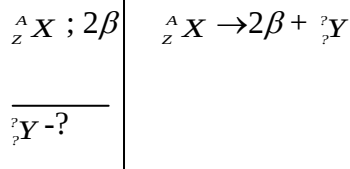


2 Решить задачи:

1. Куда смещается элемент  $Y$  в таблице Менделеева в результате 2-х  $\beta$ -распадов?

Дано:

Решение

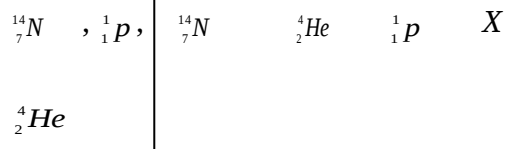


Ответ:

2. В результате захвата  $\alpha$ -частицы ядром изотопа азота  ${}^{14}_7\text{N}$  образуется неизвестный элемент и протон. Написать реакцию и определить неизвестный элемент.

Дано:

Решение



$X - ?$

Ответ:

Решить задания:

1. Элемент курчатовий получили, облучая плутоний  ${}_{94}^{242}\text{Pu}$  ядрами неона  ${}_{10}^{22}\text{Ne}$ . Напишите реакцию, если известно, что в результате образуется еще четыре нейтрона.

2. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

а)  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1n \rightarrow ? + {}_2^4\text{He}$ ; б)  $? + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_{11}^{22}\text{Na} + {}_2^4\text{He}$ ;

в)  ${}_{25}^{55}\text{Mn} + ? \rightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe} + {}_0^1n$ ; г)  ${}_{13}^{27}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}_{12}^{26}\text{Mg} + ?$ ;

д)  ${}_{5}^{10}\text{B} + {}_0^1n \rightarrow ? + \alpha$ ; е)  ${}_{25}^{55}\text{Mn} + {}_1^1p \rightarrow ? + {}_0^1n$ ;

ж)  ${}_3^7\text{Li} + {}_2^4\text{He} \rightarrow ? + {}_2^3\text{He}$ ; з)  ${}_1^2\text{H} + \gamma \rightarrow ? + {}_0^1n$ .

3. Протактиний  ${}_{91}^{231}\text{Pa}$   $\alpha$ -радиоактивен. Определите, какой элемент получается с помощью этого распада?

4. В какой элемент превращается  ${}_{92}^{239}\text{U}$  после двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?

5. Изотоп гелия  ${}_2^3\text{He}$  получается в результате бомбардировки ядер трития  ${}_1^3\text{H}$  протонами. Найдите энергетический выход этой реакции.

6. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующий в сутки 220 г изотопа  ${}_{92}^{235}\text{U}$  и имеющей КПД=25 %?

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 8.1 Элементы астрономии и астрофизики.

### Практическая работа №16

#### Работа с подвижной картой звездного неба.

**Цель:** систематизировать и углубить знания по теме, отработать моменты восхода и захода, верхней и нижней кульминаций светил по подвижной карте звездного неба

ПР62, ПР66, ПР67, МР1, МР3, МР15, МР12, МР13, МР17, МР19, МР 20, МР45, МР42, МР 43, МР8, МР10

#### Задание:

1. поработать с картой звездного неба;
2. определить горизонтальные координаты;
3. определить моменты захода и восхода солнца;
4. определить объекты по заданным координатам.

**Оборудование:** подвижная карта звездного неба

Ход работы

1. Определить экваториальные координаты:

| Звезда                       | Склонение | Прямое восхождение |
|------------------------------|-----------|--------------------|
| Алголь( $\beta$ Персея)      |           |                    |
| Кастор( $\alpha$ Близнецов)  |           |                    |
| Альдебаран( $\alpha$ Тельца) |           |                    |
| Мицар( $\xi$ Б.Медведицы)    |           |                    |
| Альтаир( $\alpha$ Орла)      |           |                    |

2. Определить горизонтальные координаты на 21.00 в день выполнения практической работы:

| Звезда                             | Азимут | Высота |
|------------------------------------|--------|--------|
| Поллукс ( $\beta$ Близнецов)       |        |        |
| Антарес( $\alpha$ Скорпиона)       |        |        |
| Полярная( $\alpha$<br>М.Медведицы) |        |        |
| Арктур( $\alpha$ Волопаса)         |        |        |
| Процион( $\alpha$ М.Пса)           |        |        |

3. Определить моменты восхода и захода, верхней и нижней кульминаций в день выполнения практической работы:

| Звезда                           | Восход | Заход | В.кульминация | Н.кульминация |
|----------------------------------|--------|-------|---------------|---------------|
| Беллатрикс( $\gamma$<br>Ориона)  |        |       |               |               |
| Регул( $\alpha$ Льва)            |        |       |               |               |
| Бетельгейзе( $\alpha$<br>Ориона) |        |       |               |               |
| Ригель( $\beta$<br>Ориона)       |        |       |               |               |
| Вега( $\alpha$ Лиры)             |        |       |               |               |

4. Определить объекты по заданным координатам

| Координаты         | Объект | Высота<br>кульминации<br>верхней |
|--------------------|--------|----------------------------------|
| 20ч 41 мин., + 45  |        |                                  |
| 5 ч 17 мин., +46   |        |                                  |
| 6 ч 45 мин., - 17  |        |                                  |
| 13 ч 25 мин., - 11 |        |                                  |
| 22 ч 58 мин., - 30 |        |                                  |

5.Какие созвездия восходят в 22.35 в день проведения практической работы? Заходят? Кульминируют?

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задания в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## **Тема 2.1 Кинематика. Кинематика твёрдого тела**

### **Лабораторное занятие № 1 «Определение плотности вещества»**

**Цель работы:** экспериментальное определение плотности жидкости и твердого тела.

#### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64 ПР61, ПР62, ПР63, ПР64, ПР65, ПР69, , ЛР25, МР4, МР6, ЛР32, МР21, МР23, МР46, ЛР14, ЛР13, ЛР12

**Материальное обеспечение:** весы с разновесами; линейка масштабная; штангенциркуль; мензурка; вещество, плотность которого нужно определить.

**Задание:** определите массу и объем исследуемого вещества. Вычислите плотность вещества.

#### **Ход работы Краткие теоретические сведения**

Плотностью веществ называется отношение массы вещества к его объему. Физический смысл: плотность показывает, чему равна масса одного кубического метра вещества/

$\rho = m/v$  где  $\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>);  $m$  – масса тела (кг);  $v$  – объем тела (м<sup>3</sup>)

Порядок выполнения работы

Для определения плотности твердого тела вычислите его объем.

Объем прямоугольного параллелепипеда вычислите по формуле:  $V=a \cdot b \cdot h$ ,

где  $a$  – длина, м;  $b$  – ширина, м;  $h$  – высота, м.

Объем цилиндра вычислите по формуле:

$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$ ,  $h$  – высота цилиндра, м;  $d$  – его диаметр, м.

Если твердое тело имеет неправильную форму, то его объем определите с помощью мензурки, в которую он может быть погружен.

2. На весах, прежде уравновешенных, определите массу тела.
3. По формуле  $\rho = m/v$  вычислите плотность твердого тела.
4. Результаты измерений занесите в таблицу и сделайте вычисления.

| Вещество | а<br>ширина<br>(м) | Длина, в (м) | н<br>Высота,<br>(м) | Объем,<br>$V (m^3)$ | м<br>Масса,<br>(кг) | $\rho_{\text{лаб}}, \text{кг/м}^3$ | $\rho_{\text{табл}}, \text{кг/м}^3$ | Относительная<br>погрешность                          |
|----------|--------------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|          |                    |              |                     |                     |                     |                                    |                                     | $\delta = \frac{\rho_T - \rho_L}{\rho_T} \cdot 100\%$ |
|          |                    |              |                     |                     |                     |                                    |                                     |                                                       |

Опытное определение плотности воды

1. Для определения плотности воды необходимо: найти массу тары, в которую нужно поместить воду и определить массу воды без тары.
2. Определите цену деления мензурки и найдите объем взвешенной жидкости (воды).
3. Результаты опыта занесите в таблицу и вычисления произведите в системе СИ.

| Вещество | масса<br>$m_1$<br>тары, кг | масса<br>$m_2$<br>и<br>жидкости<br>тары, кг | Масса<br>жидкости<br>$m = m_1 - m_2$ , кг | $V$ объем, $m^3$ | Плотность<br>лаборат, $\text{кг/м}^3$ | Плотность<br>табличная<br>$\rho_{\text{табл}}, \text{кг/м}^3$ | Относительная<br>погрешность                          |
|----------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|          |                            |                                             |                                           |                  |                                       |                                                               | $\delta = \frac{\rho_T - \rho_L}{\rho_T} \cdot 100\%$ |
|          |                            |                                             |                                           |                  |                                       |                                                               |                                                       |

### Контрольные вопросы

1. Из двух разных металлов изготовлены одинаковые по размерам кубики. Взвешивание показало, что масса одного кубика больше массы другого в 3,3 раза. Одинакова ли плотность металла? Если нет, то во сколько раз отличаются плотности?
2. Три детали – медная, железная и алюминиевая – имеют одинаковые объёмы. Какая деталь имеет наибольшую массу, какая наименьшую? Пустот в деталях нет.
3. Кусок металла объёмом  $250 \text{ см}^3$  имеет массу 1750 г. что это за металл?
4. На чашки уравновешенных весов поставлены одинаковые стаканы. После того, как в один стакан налили молоко, а в другой – подсолнечное масло, равновесие весов не нарушилось. Объём какой из жидкостей больше?

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении

работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

### Тема 3.3 Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы

#### Лабораторное занятие № 2

#### «Определение удельной теплоемкости вещества»

**Цель работы:** научиться определять удельную теплоемкость твердого тела экспериментальным способом.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР62, ПР66, ПР68,

ПР610, Пру2, Пру12, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32

**Материальное обеспечение:** весы и разновесы, калориметр, термометр, вода, твердое тело, нагреватель.

#### Порядок выполнения работы:

Определить массу внутреннего сосуда калориметра ( $m_k$ ).

Налить во внутренний сосуд калориметра 100 мл воды и определить ее массу ( $m_g$ ).

Поместить внутренний сосуд калориметра во внешний.

Измерить начальную температуру воды ( $t_g$ ) и калориметра ( $t_k$ ), ( $t_g = t_k$ )

Измерить массу тела ( $m_T$ ).

Нагреть тело и определить его температуру ( $t_T$ ).

Опустить тело в калориметр на 3-5 мин. и измерить температуру жидкости ( $\theta$ ).

Используя данные опыта и уравнение теплового баланса, определить удельную теплоемкость тела.

$$Q_{отд.} = Q_{пол.} = Q_1 + Q_2$$

, где  $Q_{отд.}$  – теплота, отданная телом, Дж;

$Q_{пол.}$  – полученная теплота, Дж;

$Q_1$  – теплота, полученная водой, Дж;

$Q_2$  – теплота, полученная внутренним сосудом калориметра, Дж.

$$Q_{отд.} = c_T m_T (t_T - \theta)$$

, где  $c_T$  – теплоемкость тела,  $\frac{Дж}{кг \cdot K}$ ;

$m_T$  – масса тела, кг;  $t_T$  – температура тела, °C;

$\theta$  – установившаяся температура, °C.

$$Q_1 = m_B c_B (\theta - t_B)$$

где  $m_B$  – масса воды, кг;  $c_B$  – теплоемкость воды  $\frac{Дж}{кг \cdot K}$ ;

$t_B$  – температура воды, °C;

$\theta$  – установившаяся температура, °C.

где  $m_K$  – масса калориметра, кг;

$c_K$  – удельная теплоёмкость алюминия °C;

$t_K$  – температура калориметра, °C;  $\theta$  – установившаяся температура, °C.

Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1:

Таблица

| Масса                     |                    |                    | Начальная температура         |                                      |                                 | Удельная теплоемкость                                     |                                                                            | Температура смеси<br>$\theta, ^\circ\text{C}$ | Удельная теплоемкость смеси                               |                                                         | Абсолютная погрешность<br>$\Delta, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ | Относительная погрешность<br>$\varepsilon, \%$ |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Калориметра<br>$m_K$ , кг | воды<br>$m_B$ , кг | теплой<br>$m$ , кг | воды<br>$t_B, ^\circ\text{C}$ | калориметра<br>$t_K, ^\circ\text{C}$ | теплой<br>$t_T, ^\circ\text{C}$ | воды<br>$c_B, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ | материала калориметра<br>$c_K, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ |                                               | С полу ч.<br>$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ | С табл.<br>$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ |                                                                                |                                                |
|                           |                    |                    |                               |                                      | 100                             | 4200                                                      | 880                                                                        |                                               |                                                           |                                                         |                                                                                |                                                |

Сравнить полученный результат ( $c_K$ ) с табличным. Вычислить абсолютную ( $\Delta$ ) и относительную ( $\varepsilon$ ) погрешности по формулам:

$$\Delta = |C_{\text{табл}} - C_{\text{получ}}| \quad \varepsilon_{\text{отн}} = \frac{\Delta}{C_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

Сделать вывод по работе

Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

#### 1 вариант

**Задача:** 2кг воздуха в замкнутом сосуде медленно нагревают от 0 до 100°C. Какое количество теплоты получил воздух? ( $C_B=1$  кДж/кг·К)

**Задача:** Какое количество теплоты требуется для плавления 10<sup>6</sup> кг стального лома в мартеновской печи, если  $\lambda=82$  кДж/кг.

Каков физический смысл КПД тепловой машины?

Удельная теплота сгорания нефти 4,6·10<sup>7</sup> Дж/кг. Что это значит?

Что называют термодинамической системой?

#### 2 вариант

**Задача:** При плавлении олова затратили 1,3кДж теплоты. Определить массу расплавленного олова.  $\lambda_{\text{олова}}=59$  кДж/кг

**Задача:** Определить КПД тепловой машины, если  $T_1=420^\circ\text{C}$ ,  $T_2=130^\circ\text{C}$ .

Удельная теплота плавления серебра 87000 Дж/кг. Что это значит?

Приведите несколько примеров изменения энергии тела при теплообмене и при совершении работы.

Что называют термодинамическим процессом?

## Тема 4.2 Постоянный электрический ток

### Лабораторное занятие №3

#### «Определение удельного сопротивления проводника»

**Цель работы:** определение удельного сопротивления проводника экспериментальным путем  
ПР62, ПР66, ПР68 ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32,

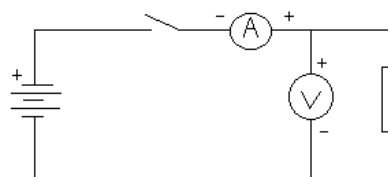
**Материальное обеспечение:** источник тока, амперметр, вольтметр, соединительные провода, ключ, штангенциркуль, линейка, кусок провода, удельное сопротивление которого определяется.

#### Задание

1. Самостоятельно собрать электрическую цепь по схеме.
2. Снять показания амперметра и вольтметра.
3. Используя штангенциркуль и линейку, научиться определять геометрические размеры проводника.
4. Определить величину удельного сопротивления металла.

#### Порядок выполнения работы:

1. Собрать цепь по схеме и показать для проверки руководителю.
2. Замкнуть цепь и снять показания амперметра и вольтметра.
3. Вычислить сопротивление проводника по формуле:



R

, где  $I$  - ток в проводнике, А;  $U$  - падение напряжения на проводнике, В.

$$R = \frac{U}{I}$$

4. Измерить длину и вычислить площадь поперечного сечения проводника по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

, где  $d$  - диаметр проводника.

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

5. Вычислить удельное сопротивление по формуле
6. Данные занести в таблицу .
7. Вычислить абсолютную ( $\Delta$ ) и относительную ( $\varepsilon$ ) погрешности измерений по формулам:

$$\Delta = |\rho_{\text{ТАБЛ.}} - \rho_{\text{ПОЛУЧ.}}|$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{\rho_{\text{ТАБЛ.}}} \cdot 100\%$$

8. Сделать вывод по работе.

## Форма предоставления результата

Таблица

| $U, В$   | $I, А$ | $R, Ом$ | $l, м$ | $d, м$ | $S, м^2$ | $\rho, Ом \cdot м$ | $\rho_{табл}$<br>$Ом \cdot м$ | $\Delta, Ом \cdot м$ | $\varepsilon, \%$ |
|----------|--------|---------|--------|--------|----------|--------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| вещество |        |         |        |        |          |                    |                               |                      |                   |
|          |        |         |        |        |          |                    |                               |                      |                   |

### Контрольные вопросы

- От каких величин и как зависит сопротивление прямолинейного металлического проводника?
- Два медных проводника имеют одинаковую длину, но различную площадь поперечного сечения:  $1,6 \text{ мм}^2$  и  $0,8 \text{ мм}^2$ . Какой проводник имеет меньшее сопротивление и во сколько раз?
- Сколько метров никелинового провода площадью поперечного сечения  $0,1 \text{ мм}^2$  потребуется для изготовления реостата с максимальным сопротивлением  $180 \text{ Ом}$ ? Удельное сопротивление никелина  $0,42 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

#### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 4.2 Постоянный электрический ток

### Лабораторное занятие №4

#### «Проверка закона Ома для участка цепи»

**Цель работы:** измерение тока и напряжения лабораторными приборами экспериментальная проверка выполнения закона Ома.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР62, ПР66, ПР68 ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32,

**Материальное обеспечение:** амперметр лабораторный, вольтметр лабораторный, источник питания, набор из трёх резисторов сопротивлениями 4 Ом, 6 Ом, 12 Ом, реостат, ключ замыкания тока, соединительные провода.

### Задание

1. Практически убедиться в физической сущности закона Ома для участка цепи.
2. Установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

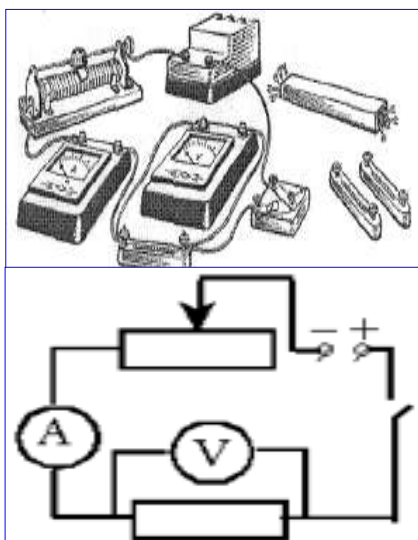
### Порядок выполнения работы

Электрический ток и напряжение являются основными физическими величинами, характеризующими электромагнитные процессы в электрической цепи.

Напряжение на участке электрической цепи измеряется вольтметром, включенным между двумя точками цепи параллельно этому участку.

Ток цепи измеряется амперметром, включенным последовательно с цепью.

Схема включения вольтметра  $V$  и амперметра  $A$  показана на рисунках:



Ток и напряжение на участке электрической цепи с резистивным элементом  $R$  связаны законом Ома: 
$$I = \frac{U}{R}$$

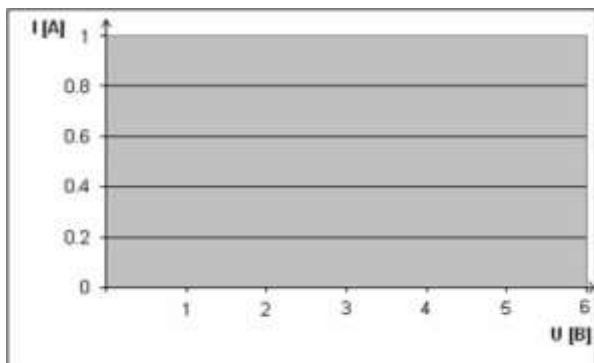
#### 1. Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.

Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1.5 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1.

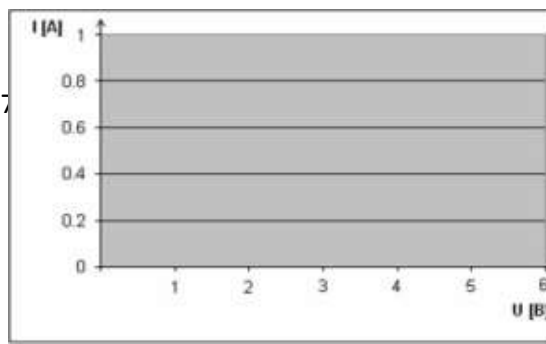
|                    |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|
| U, В<br>напряжение |  |  |  |
| I, А<br>сила тока  |  |  |  |

Построить график зависимости силы тока от напряжения



#### Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах.

Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор



сначала сопротивлением **4 Ом**, затем **6 Ом** и **12 Ом**. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, **2 В**. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в таблицу 2.

Таблица 2.

|                                      |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|
| <b>R, Ом</b><br><b>сопротивление</b> |  |  |  |
| <b>I, А</b><br><b>сила тока</b>      |  |  |  |

Построить график зависимости силы тока от сопротивления

### Форма предоставления результата

1. Результаты измерений и вычислений занести в таблицы 1 и 2 с построением соответствующих

графиков.

2. Сделать вывод по работе.

### Контрольные вопросы

1. Напряжение на зажимах электрического утюга 220В, Сопротивление нагревательного элемента утюга 50 Ом. Чему равна сила тока в нагревательном элементе?
2. Сила тока спирали электрической лампы 0,7А, сопротивление лампы 310Ом. Определите напряжение, под которым находится лампа.
3. Можно ли включить в сеть с напряжением 220Вольт реостат, на котором написано: а) 300м, 5А; б) 2000 Ом, 0,2 А.
4. Даны графики зависимости силы тока от напряжения для каждого из двух параллельно соединённых проводников (см.рис.1). Определить силу тока в неразветвлённой части, цепи, когда напряжение на концах участка. 2 В.

Рис.1

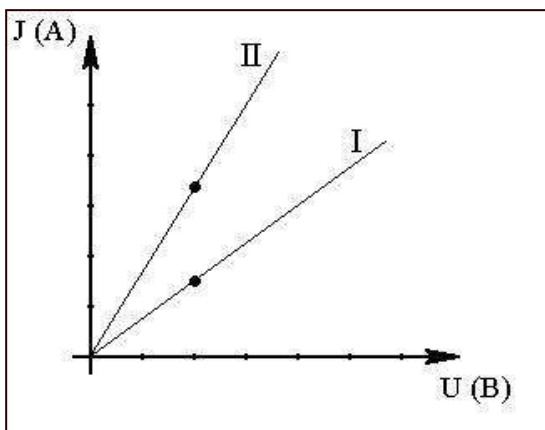
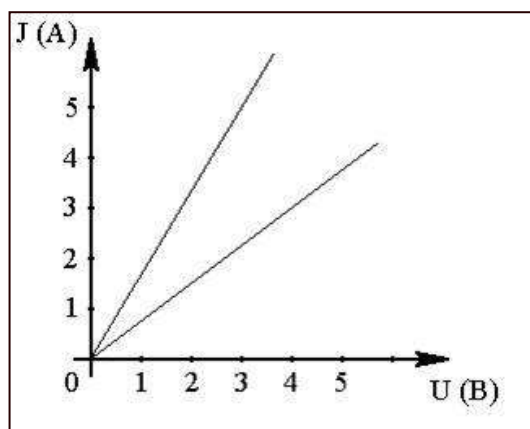


Рис. 2



5. Даны графики зависимости силы тока от напряжения двух участков цепи (см.рис.2). На каком участке сопротивление больше и во сколько раз?

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 4.2 Постоянный электрический ток

### Лабораторное занятие №5

#### Изучение работы мультиметра. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника электрической энергии

**Цель работы:** опытным путём научиться определять ЭДС, источника и его внутреннее сопротивление.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64 ПР62, ПР66, ПР68 ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32,

**Материальное обеспечение:** источник электрической энергии, амперметр, ключ, вольтметр, соединительные провода, потребитель электрической энергии.

#### Задание

1. Используя вольтметр, определить ЭДС источника тока.
2. Определить величину ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока, используя показания амперметра и вольтметра.

#### Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме (Рис.1)
2. Определите цену деления электроизмерительных приборов.
3. Измерьте ЭДС источника тока. Для этого определите показания вольтметра при разомкнутом ключе.
4. Измерьте величины силы тока и напряжения на внешней

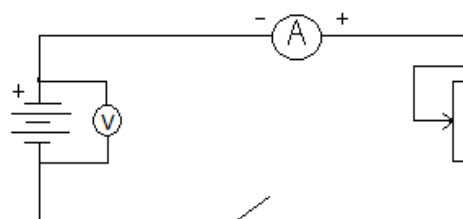


Рис. 1

части цепи, замыкая ключ. Рассчитайте сопротивление по формуле:

$$R = \frac{U}{I}$$

5. Изменяя положения движка реостата, повторите измерения (п.3) ещё дважды.
6. Вычислите величину внутреннего сопротивления по формуле:
7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1.
8. Сделать вывод по работе.

$$r = \frac{\varepsilon - IR}{I}$$

### Форма предоставления результата

| №<br>п\п | $\varepsilon$ , В | U, В | I, А | R, Ом | R, Ом | R, Ом | $\varepsilon_{\text{ср}}$ , В | $\delta = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{\text{ср}}}{\varepsilon} \cdot 100\%$ |
|----------|-------------------|------|------|-------|-------|-------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1        |                   |      |      |       |       |       |                               |                                                                                  |
| 2        |                   |      |      |       |       |       |                               |                                                                                  |
| 3        |                   |      |      |       |       |       |                               |                                                                                  |

### Контрольные вопросы

1. Почему показания вольтметра при разомкнутом и замкнутом ключе различны?
2. Для измерения ЭДС источника тока и его внутреннего сопротивления студент собрал схему, изображённую выше. При этом вольтметр показал 5 вольт, а амперметр – 1 Ампер. После размыкания ключа вольтметра показал 6 Вольт. Чему равны ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление?
3. ЭДС источника тока 3 В, а внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Сопротивление внешней части цепи 10 Ом. Найдите силу тока в цепи.
4. Сила тока в цепи равна 0,4 А., внутреннее сопротивление источника тока 0,5 Ом, внешнее-4,5 Ом. Какова ЭДС источника?

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 4.2 Постоянный электрический ток

### Лабораторное занятие №6

## «Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах»

**Цель работы:** исследовать зависимость мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР62, ПР66, ПР68 ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32,

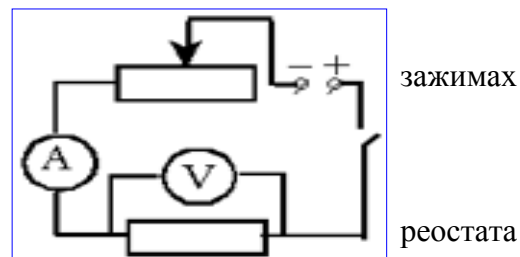
**Материальное обеспечение:** батарея аккумулятора, электрическая лампочка с патроном, реостат со скользящим контактом, амперметр, вольтметр постоянного тока, соединительные провода, ключ.

### Задание

1. Выяснить, как зависит мощность электрического тока от напряжения и силы тока в цепи.
2. Экспериментальным путём подтвердить эту зависимость.

### Порядок выполнения работы

1. Собрать цепь по схеме.
2. Замкнуть цепь и измерить наибольшее напряжение на лампы и величину тока в цепи, а затем вычислить мощность тока  $P=I \cdot U$ .
3. Уменьшить напряжение на зажимах лампы с помощью и измерить силу тока в цепи, а затем вычислить мощность тока.
4. Произвести опыт ещё раз, уменьшив напряжение на зажимах.
5. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу 1.
6. Проанализировать изменение мощности, потребляемой лампой накаливания, при изменении напряжения на её зажимах.
7. Сделать вывод по работе.



### Форма предоставления результата

Таблица 1.

| № п\п | Сила тока, А | Напряжение, В | Мощность, Вт |
|-------|--------------|---------------|--------------|
| 1     |              |               |              |
| 2     |              |               |              |
| 3     |              |               |              |

## Контрольные вопросы

1. Что называют мощностью и как её рассчитать?
2. Что принимают за единицу мощности? Как выражается единица мощности через единицы напряжения и силы тока?
3. Какие единицы мощности используют в практике?
4. В цепь с напряжением 127В включена электрическая лампа, сила тока в которой 0,6А. Найти мощность тока в лампе.
5. Электроплитка рассчитана на напряжение 220В и силу тока 3А. Определите мощность тока в плитке.

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## Тема 4.3 Электрический ток в различных средах

### Лабораторное занятие №7

#### Зависимость сопротивления от температуры образцов металла и полупроводника

**Цель работы:** углубить понимание физического смысла понятия полупроводник и механизма его проводимости.

#### Выполнение работы способствует формированию:

ПР62, ПР66, ПР68, ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32,

**Материальное обеспечение:** источник тока, амперметр, реостат, ключ, диод, соединительные провода.

#### Задание

1. Изучить свойства электронно-дырочного перехода и использование его в полупроводниковых приборах.
2. Уметь начертить электрическую схему и объяснить принцип действия выпрямителя и усилителя тока на полупроводниковых диодах и триодах.

#### Порядок выполнения работы

Полупроводники характеризуются отличной от проводников проводимостью: собственной, дырочной (р-типа) и электронной (n-типа).

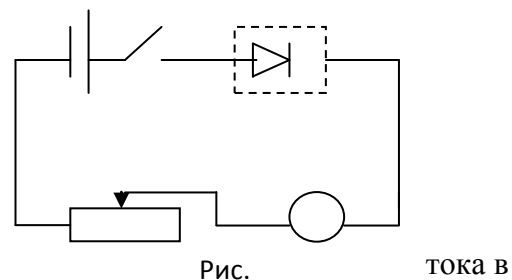
Полупроводники могут иметь два типа примесной проводимости: электронную (n-тип), обусловленную донорными примесями, и дырочную (р-тип), обусловленную акцепторными примесями. В n-полупроводнике основные носители заряда – электроны, а в р-полупроводнике – дырки. Кроме основных носителей заряда в каждом веществе в значительно меньшем количестве содержатся и неосновные носители заряда противоположного знака. Они возникают за счет разрушения ковалентных связей.

Если два проводника с проводимостью разного рода привести в контакт, то на месте контакта образуется запирающий слой, который хорошо проводит ток в одном направлении и практически не проводит тока в другом. Это свойство используется в полупроводниковой технике.

Граница соприкосновения двух полупроводников, один из которых имеет электронную, а другой – дырочную проводимость, называется р-n переходом. Практически р-n переход создается не механическим контактом двух полупроводников, а внесением донорных и акцепторных примесей в различные части чистого полупроводника. Эти переходы являются основной большинства современных полупроводниковых приборов.

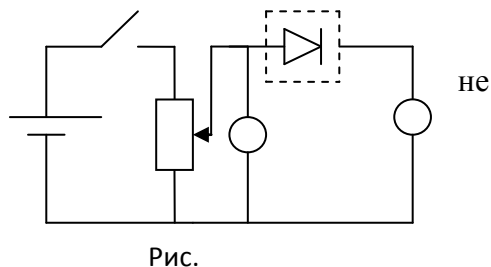
#### Проверка односторонней проводимости диода.

1. Составить цепь по схеме рисунка 1.
2. Диод Д2 включить в прямом (пропускном) направлении: отметка «+» должна быть обращена к полюсу источника ЭДС. Замкнуть цепь и отметить показания амперметра. Цепь разомкнуть.
3. Диод Д2 включить в обратном направлении (запорном). Цепь замкнуть и убедиться в отсутствии цепи. Цепь разомкнуть.
4. Результаты наблюдений занести в таблицу 1.



#### Снятие вольтамперной характеристики диода.

1. Составить цепь по схеме рисунка 2:
2. Диод включить в пропускном направлении.
3. Замкнуть цепь. Подобрать положение движка реостата так, чтобы вольтметр показал самое малое напряжение. Снять показания измерительных приборов.
4. Перемещать постепенно движок реостата и снять менее 7 значений напряжения и силы тока. Разомкнуть цепь.
5. Результаты измерений занести в таблицу 2.
6. Построить график зависимости  $I(U)$ . По оси ОХ откладывать  $U$  (В), по оси ОУ –  $I$  (А).
7. Сделать вывод.



#### Форма предоставления результата

Таблица 1

### Проверка односторонней проводимости диода.

| № п\п | Способ включения | Показания амперметра |
|-------|------------------|----------------------|
|       |                  |                      |
|       |                  |                      |

Таблица 2

### Снятие вольтамперной характеристики диода.

| № п\п | Ток, проходящий через диод,<br>I (A) | Напряжение, поданное на диод,<br>U (В) |
|-------|--------------------------------------|----------------------------------------|
|       |                                      |                                        |
|       |                                      |                                        |

### Контрольные вопросы

1. В чём различие проводимости проводников и полупроводников?
2. Какой тип полупроводника получится, если к германию добавить примесь фосфора?
3. Какой тип полупроводника получится, если к германию добавить примесь индия?
4. Какое явление наблюдается при встрече свободного электрона с дыркой в полупроводнике?
5. Как можно усилить интенсивность генерации пар «электрон-дырка»?
6. Как объяснить увеличение удельного сопротивления полупроводника при уменьшении температуры?
7. Что является в схеме триода входной цепью, а что – выходной?
8. как следует включить в цепь транзистор, чтобы он действовал и как диод в прямом направлении?
9. Что показывает вольт-амперная характеристика диода?

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

### Критерии оценки:

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

### Тема 4.1 Механические колебания и волны

## Лабораторное занятие №8

### «Проверка законов колебаний математического маятника»

#### Цель работы:

1. Определить период и частоту колебаний математического маятника.
2. Показать зависимость периода и частоты колебаний от длины самого маятника

#### Выполнение работы способствует формированию:

ПР62, ПР66, ПР68, ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32

**Материальное обеспечение:** штатив с держателем, шарик, подвешенный на нити длиной около метра, линейка, секундомер.

#### Задание

1. Изучить колебательное движение нитяного маятника.
2. Определить период и частоту при колебаниях маятника с разной длиной нити.
3. Выяснить, как эти характеристики зависят от длины маятника.

#### Порядок выполнения работы

1. Измерить длину нити
2. Подсчитать число колебаний, время и вычислить период колебаний по формуле:  $T = \frac{t}{n}$
3. Изменить длину нити, посчитать число колебаний, время и вычислить период колебаний при данной длине.
4. Данные измерений и вычислений занести в таблицу
5. Определить частоту колебаний по формуле:  $\nu = \frac{1}{T}$
6. Полученные данные занести в таблицу 1.
7. Сравнить период и частоту математического маятника, полученные разными способами.
8. Сделать вывод по работе.

Таблица 1.

| № опыта                      | 1 | 2 |
|------------------------------|---|---|
| Длина маятника l, м          |   |   |
| Число колебаний n            |   |   |
| Время колебаний t, с         |   |   |
| Период колебаний T, с        |   |   |
| Частота колебаний $\nu$ , Гц |   |   |

#### Контрольные вопросы

##### 1 вариант

1. Что называют колебанием? Когда колебания называются свободными, вынужденными, собственными?

2. Какая сила называется возвращающей?
3. Сформулируйте определение математического маятника.
4. Что называется фазой колебания?
5. При каких условиях можно наблюдать явление механического резонанса?
6. Маятник совершил 20 колебаний за 1 минуту 10 секунд. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.
7. Уравнение колебаний имеет вид:  $X=8 \cos 0,8t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\varphi_0$ .
8. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 350 Н/м делает 30 колебаний.

### **2 вариант**

1. Какие условия необходимы для возникновения и поддержания колебаний?
2. Каково различие между затухающими и незатухающими колебаниями?
3. Что называется периодом колебаний, в каких единицах он измеряется?
4. Как зависит период колебаний математического маятника от его длины?
5. При каких условиях можно наблюдать явление механического резонанса?
6. Сколько колебаний совершает математический маятник длиной 2 метра за 6 минут? Какова собственная частота этих колебаний?
7. Уравнение колебаний имеет вид:  $X=10 \cos 1,2t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\varphi_0$ .
8. Найти частоту колебаний груза массой 200 грамм, подвешенного к пружине жесткостью 16 Н/м.

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоеременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.

## **Тема 5.2 Электромагнитные колебания и волны**

### **Лабораторное занятие №9**

#### **«Устройство трансформатора, генератора»**

**Цель работы:** изучить устройство и принцип работы трансформатора. генератора.

### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР62, ПР66, ПР68; ПР610, ПР610, МР3, МР5, МР15, МР23, ЛР26, , МР28, МР31, МР32, МР33, МР34, МР37, МР44, МР47, МР48, МР54, МР55, МР 56, МР 43, ЛР34, ЛР32,

**Материальное обеспечение:** трансформатор лабораторный, лампа накаливания, ключ замыкания тока, комплект проводов соединительных.

## Задание

1. Изучить строение, назначение и принцип действия трансформатора
2. Изучить строение, назначение и принцип действия генератора.

## Порядок выполнения работы

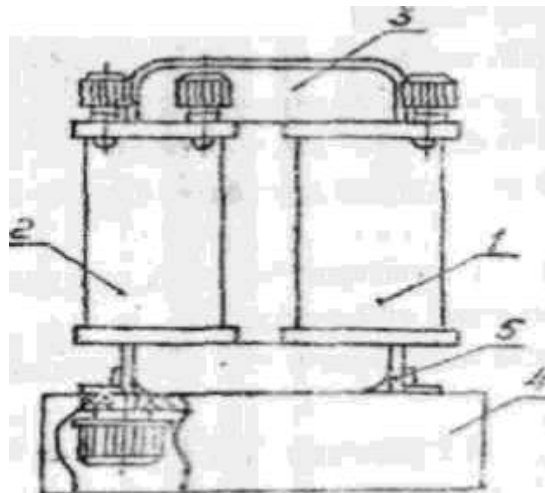
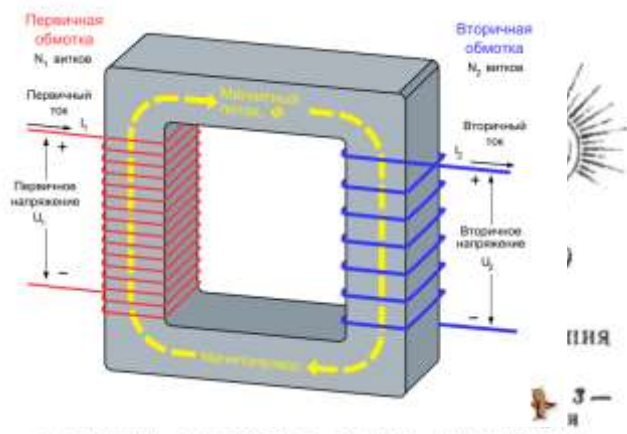
### 1. Изучение устройства трансформатора

Трансформатор преобразует переменный ток одного напряжения при неизменной частоте. Он состоит из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой трансформаторной стали, на котором располагаются две катушки (их называют обмотками) с разным числом витков из медной проволоки.

Одна из обмоток, называется первичной, подключается к источнику переменного напряжения. Устройства, потребляющие электроэнергию, подключаются к вторичной обмотке, их может быть несколько.

При выполнении работы следует изучить устройство трансформатора, включить его в сеть переменного тока (36 В). В режиме холостого хода измерить напряжение на обмотках и вычислить коэффициент трансформации, а при работе трансформатора «под нагрузкой» установить связь токами и напряжением в обмотках.

Трансформатор состоит из двух катушек



и  
сердечн  
ика.  
Сердеч  
ник  
состоит  
из двух  
полови  
н,  
которы  
е  
вставля  
ют в

катушку и с помощью скобы закрепляют на основании.

1, 2 – катушки, 3 - магнитопровод; 4 – основания; 5 – обойма.

### Ход работы

1. Рассмотрите устройство трансформатора. Определите первичную обмотку (клеммы с надписью: 36 или 42 В) и две вторичных клеммы 2,2 В и 4,4 В)

2. Начертите электрическую схему трансформатора.

3. Разберите трансформатор. Для этого поверните его основанием вверх и открутите две гайки крепления скобы. Выньте сердечник и рассмотрите его устройство.

4. Соберите трансформатор. Для этого вставьте сердечник со скобой в катушки. Установите трансформатор на основание и закрепите его гайками.

## 2. Изучение устройства генератора.

Генератор постоянного тока (рис. 1) состоит из двух частей: неподвижной и вращающейся. Неподвижная часть (статор) является остовом машины и одновременно служит для создания магнитного потока. Во вращающейся части, называемой якорем (ротором), индуцируется электродвижущая сила - ЭДС.

Конструкция генератора постоянного тока (см. рис.2).

Неподвижная часть состоит из станины (1), главных полюсов (2) с обмоткой возбуждения (3) и дополнительных полюсов (4), уменьшаемых искрение под щетками.

Якорь имеет сердечник (5), набираемый из тонких стальных листов, обмотку якоря (6), заложенную в пазы сердечника и коллектор (7). На поверхность коллектора наложены угольно-графитовые щетки (8), обеспечивающие скользящий контакт с обмоткой вращающегося якоря. Коллектор имеет форму цилиндра и выполняется из изолированных медных пластин - ламелей - к которым подсоединены секции якорной обмотки. Вращаясь вместе с обмоткой, коллектор выполняет роль механического выпрямителя.

Обмотка возбуждения создает главный магнитный поток  $\Phi$  полюсов. В генераторах с независимым возбуждением она питается от постороннего источника постоянного тока (выпрямителя, аккумулятора и т.п.). С генератором с параллельным возбуждением обмотка главных полюсов подключена к главным щеткам, т.е. параллельно цепи якоря. В связи с этим для возникновения магнитного потока и ЭДС необходим хотя бы слабый остаточный магнитный поток. Благодаря наличию остаточного магнетизма возникает процесс самовозбуждения генератора.

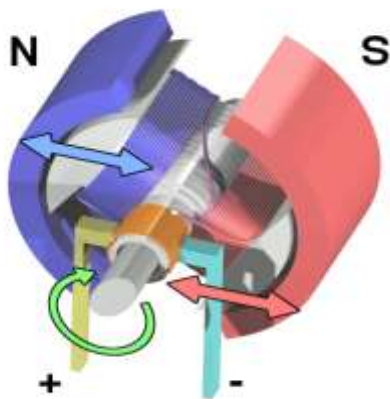


Рис. 1.

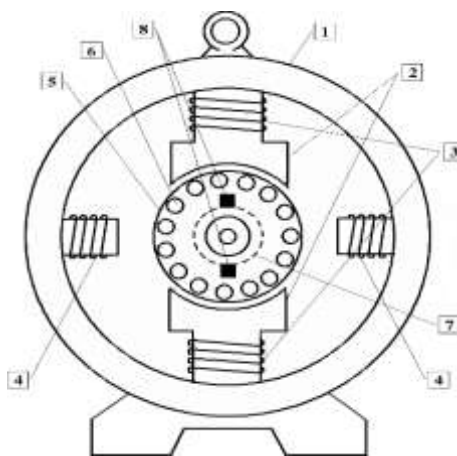


Рис. 2.

### Изучение устройства трансформатора:

Строение трансформатора начертить, составные части указать, формулы записать, на контрольные вопросы ответить.

### Изучение устройства генератора.

Строение генератора начертить, составные части указать, формулы записать, на контрольные вопросы ответить.

### **Контрольные вопросы**

#### **1 вариант**

1. Что называют индукционными генераторами?
2. Какой трансформатор называют повышающим, а какой понижающим?
3. Что такое холостой ход трансформатора?
4. Почему сердечник трансформатора изготавливают из стали, а не из меди?
5. В первичной обмотке трансформатора, включенной в сеть с напряжением 380В. Содержится 1320 витков. Определить напряжение на вторичной обмотке, если она содержит 300 витков. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

#### **2 вариант**

1. Назовите основные части генератора переменного тока.
2. Доказать, что у повышающего трансформатора  $K > 1$ .
3. Изменяет ли трансформатор частоту преобразуемого переменного тока?
4. Почему сердечник трансформатора собирают из отдельных пластин?
5. Если на первичную обмотку трансформатора подается напряжение 220В, то на вторичной обмотке при холостом ходе получается напряжение 130В. Число витков первичной обмотки равно 400. Определить число витков во вторичной обмотке. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

#### **3 вариант**

1. Какова роль индуктора и якоря в устройстве генератора переменного тока?
2. Что такое понижающий трансформатор?
3. Почему сердечник трансформатора делают не сплошным. А из множества пластин, изолированных друг от друга?
4. Почему мощность, потребляемая от вторичной обмотки, меньше мощности, подводимой к первичной обмотке?
5. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора для понижения напряжения с 12000 до 120В, если первичная обмотка содержит 4000 витков? Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для лабораторных работ.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется:* правильно выполнены все задания в соответствии с требованиями, правильно выполнены дополнительные задания, своевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «хорошо» выставляется:* правильно выполнены все задания в основной части, дополнительные задания выполнены не в полном объеме, предоставлен отчет о выполнении работы, либо в случае несвоевременного предоставления отчета или с наличием несущественных ошибок в выполнении задания.

*Оценка «удовлетворительно» выставляется:* выполнены не все, но более 50% заданий работы, дополнительные задания не выполнены, несвоевременно предоставлен отчет о выполнении работы.

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется:* выполнено менее 50% работы, не выполнены дополнительные задания, отчет о выполнении работы не предоставлен.