

Министерство образования Республики Башкортостан
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Октябрьский нефтяной колледж им. С.И.Кувыкина

**Методические рекомендации по выполнению
внеаудиторных самостоятельных работ
по дисциплине
ФИЗИКА**

для специальности СПО

20.02.01 Рациональное использование природохозяйственных комплексов

г.Октябрьский
2015

РАССМОТРЕНО

УТВЕРЖДАЮ

на заседании ПЦК ОМЕНД

Заместитель директора

протокол № ____ от ____ 201 ____ г.

по учебно-методической работе

Председатель ПЦК

_____/Т.Н.Хайдарова/

_____/М.Ю.Тинякова/

_____/201 ____ г.

Методические рекомендации по выполнению внеаудиторных самостоятельных работ учебной дисциплины «Физика» разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) среднего общего образования; программы общеобразовательной учебной дисциплины «Физика», рекомендуемой Федеральным государственным автономным учреждением «Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО») в качестве примерной программы для реализации основной профессиональной образовательной программы СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего образования; Федерального компонента государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования государственного стандарта общего образования для специальностей среднего профессионального образования по специальности 20.02.01 Рациональное использование природохозяйственных комплексов для среднего профессионального образования по специальности 20.02.01 Рациональное использование природохозяйственных комплексов для среднего профессионального образования

Организация-разработчик:

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Октябрьский нефтяной колледж им. С.И. Кувыкина (ГБПОУ ОНК)

Разработчик: Моисеева Айгуль Фирдавиевна, преподаватель физики
ГБПОУ ОНК

Рецензенты: Газиева Оксана Фагимовна, преподаватель физики
ГБПОУ ОНК

Воронкова Галина Петровна, преподаватель физики ГБПОУ ОКСК

Пояснительная записка

На современном этапе развития общества государство предъявляет особые требования к подготовке конкурентоспособного специалиста, который обладает не только глубокими и разносторонними знаниями, умениями и навыками, но и развитыми аналитическими способностями, умением работать в команде, адаптироваться в любых ситуациях и саморазвиваться!

Согласно ГОСТам третьего поколения серьезное внимание уделяется организации самостоятельной работы как одному из видов учебных занятий.

Всем известно, что информация, исходящая от преподавателя, студентами не усваивается одновременно в виде знаний и умений. Потери, возникающие во время этого процесса, необходимо восполнять качественно организованной самостоятельной работой.

Эффективная самостоятельная работа должна быть:

Во-первых, запланирована на всех уровнях и иметь системный организованный характер. Поэтому, в календарно-тематическом плане указывается количество часов, отводимое на внеаудиторную самостоятельную работу студентов, а также тему и вид самостоятельной работы. Задания по выполнению самостоятельной работы выдаются студентам в начале изучения каждого раздела физики, а контроль осуществляю на консультациях и последних занятиях.

Во-вторых, внеаудиторная самостоятельная работа, должна иметь методическое обеспечение: общие методические рекомендации по выполнению самостоятельных работ. В частности рекомендации по правилам написания рефератов, подготовки докладов, оформлению и методам решения физических задач и выполнения практических заданий.

В-третьих, внеаудиторная самостоятельная работа студентов должна контролироваться на всех уровнях ее выполнения и иметь критерии оценки. В течение семестра необходимо контролировать ход выполнения самостоятельной работы на консультациях, а также на зачетных занятиях, предусмотренных календарно-тематическим планированием. При отчете о выполнении самостоятельной работы критериями оценки ответа служат полнота и правильность представленных на проверку заданий, знание теоретического материала и умение логично, кратко и аргументировано излагать последовательность выполняемых действий при решении задач и формулировке выводов.

Один из критериев качественной внеаудиторной самостоятельной работы является индивидуальный дифференцированный подход. За выполнение внеаудиторной самостоятельной работы студент получает дополнительные баллы, что позволяет ему повысить свой рейтинг. Причем студенту предоставляется выбор заданий самостоятельной работы, которая не является для него обязательной, но ее выполнение гарантирует ему получение более высокого рейтинга, а значит, повышает его самооценку и стимулирует для дальнейшей работы над собой, и достижение более высоких результатов.

Тематическое планирование внеаудиторных самостоятельных работ	4
Методические рекомендации по подготовке сообщения–доклада	6
Темы докладов–сообщений по дисциплине: физика	7
Творческие задания по разделам	8
Методические рекомендации при составлении теста	10
Как решать задачи по физике	12
Методика решения задач по кинематике	14
Задачи по теме: «Механическое движение».	15
Методика решения задач по разделам: «Динамика и законы сохранения в механике»	16
Задачи по теме: «Плотность вещества. Сила тяжести. Сила упругости»	18
Задачи по теме: «Сложение сил. Сила трения»	20
Задачи по теме: «Механическая работа. Мощность»	21
Задачи по теме: «Потенциальная и кинетическая энергия»	22
Задачи по теме: «Закон Паскаля. Давление в твердых телах»	23
Задачи по теме: «Гидростатическое и атмосферное давление»	24
Методика решения задач по молекулярной физике	25
Качественные задачи по теме: «Способы передачи теплоты. Количество теплоты»	29
Задачи по теме: «Превращение энергии в тепловых процессах».	30
Задачи по теме: «Тепловые двигатели»	31
Задачи по теме: «Жидкость и ее свойства»	32
Задачи по теме: «Твердые тела и их свойства»	33
Методика решения задач по электростатике	34
Качественные задачи по теме: «Электризация тел. Дискретность электрического заряда»	38
Задачи по теме: «Электростатика»	39
Методика решения задач по электродинамике	40
Задачи по теме: «Электрический ток. Сила тока. Напряжение. Сопротивление»	47
Задачи по теме: «Закон Ома для замкнутой цепи. Источники тока»	48
Задачи по теме: «Электромагнетизм»	49
Задачи по теме: «Математический и пружинный маятник»	50
Методика решения задач по теме: «Электромагнитная индукция»	51
Задачи по теме: «Электромагнитные явления»	52
Методика решения задач по квантовой оптике	53
Задачи по теме: «Законы внешнего фотоэффекта. Излучение и поглощение энергии»	55
Литература	56

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВНЕАУДИТОРНЫХ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ		
Тема	Внеаудиторная самостоятельная работа	Количество часов
Кинематика	- Решение задач по теме: «Механическое движение». -Сообщение по теме: «Практическое применение законов кинематики» -Выполнение индивидуальных творческих заданий по кинематике	2
Динамика	- Решение задач по теме: «Плотность вещества. Сила тяжести. Сила упругости» - Решение по теме: «Сложение сил. Сила трения» - Выполнение индивидуальных творческих заданий по динамике	3
Законы сохранения в механике	- Решение задач по теме: «Механическая работа. Мощность» - Решение задач по теме: «Потенциальная и кинетическая энергия» - Сообщение по теме: «Применение реактивного движения в освоении космического пространства» - Выполнение индивидуальных творческих заданий по разделу «Законы сохранения в механике»	2
Основы молекулярно-кинетической теории	-Решение задач по теме: «Закон Паскаля. Давление в твердых телах» -Решение задач по теме: «Гидростатическое и атмосферное давление» -Подготовить доклад – сообщение по теме: «Экспериментальные методы измерения скорости молекул газа» -Выполнение индивидуальных творческих заданий по молекулярной физике	3
Термодинамика	- Решение задач по теме: «Способы передачи теплоты. Количество теплоты» - Решение задач по теме: «Превращение энергии в тепловых процессах». - Решение задач по теме: «Тепловые двигатели» - Подготовить доклад – сообщение по теме: «Охрана природы и окружающей среды»	3
Свойства паров, жидкостей и твердых тел	- Решение задач по теме: «Жидкость и ее свойства» - Решение задач по теме: «Твердые тела и их свойства» - Выполнение индивидуальных творческих заданий по теме: «Агрегатные состояния вещества»	3
Электростатика	- Решение задач по теме: «Электризация тел. Дискретность электрического заряда». - Решение задач по теме: «Электростатика». - Доклад – сообщение по теме: «Применение конденсаторов»	3

Законы постоянного тока	<ul style="list-style-type: none"> - Решение задач по теме: «Электрический ток. Сила тока. Напряжение. Сопротивление». - Решение задач по теме: «Закон Ома для замкнутой цепи. Источники тока» - Доклад – сообщение по теме: «Применение полупроводниковых приборов» 	3
Магнитное поле и электромагнитная индукция	<ul style="list-style-type: none"> - Решение задач по теме: «Электромагнетизм» - Выполнение индивидуальных творческих заданий по теме: «Электромагнетизм» 	3
Механические колебания и волны	<ul style="list-style-type: none"> - Решение задач по теме «Математический и пружинный маятник» - Выполнение творческих заданий по теме: «Механические колебания и волны» 	1
Электромагнитные колебания и волны	<ul style="list-style-type: none"> - Решение задач по теме: «Электромагнитные явления». - Подготовить доклад – сообщение по теме: «Практическое применение различных видов электромагнитных излучений для развития радио- и телекоммуникаций», «Ультразвук и его применение» -Выполнение творческих заданий по теме: «Электромагнитные колебания и волны» 	2
Оптика	<ul style="list-style-type: none"> - Подготовить доклад – сообщение по теме: «Практическое применение интерференции и голографии» - Выполнение творческих заданий по оптике 	2
Кванты света	<ul style="list-style-type: none"> - Решение задач по теме: «Законы внешнего фотоэффекта. Излучение и поглощение энергии» 	2
Ядерная физика	<ul style="list-style-type: none"> - Сообщение- доклад: «Квантовые генераторы и их применение», «Радиоактивные изотопы и их применение в медицине, сельском хозяйстве, промышленности», «Проблемы ядерной энергетики» 	2
Эволюция Вселенной	<ul style="list-style-type: none"> - Сообщение- доклад: «Строение Вселенной» 	2
Связь физики и спецдисциплин	<ul style="list-style-type: none"> - Сообщение- доклад: «Применение физических законов в будущей профессиональной деятельности обучающихся». 	2
ВСЕГО		38

Методические рекомендации по подготовке сообщения-доклада

Для того чтобы написать доклад нужно сначала понять для чего вообще пишут этот самый доклад. Доклад – это одна из разновидностей самостоятельной работы студента, в которой, в краткой форме, отражают суть того или иного вопроса. В среднем объём доклада составляет не более 5 страниц. Поэтому всегда старайтесь придерживаться именно такого объема, чтобы ваш труд не перерос в реферат или не был слишком поверхностным.

При подготовке сообщения (доклада) целесообразно воспользоваться следующими рекомендациями:

- Уясните для себя суть темы, которая вам предложена.
- Подберите необходимую литературу (старайтесь пользоваться несколькими источниками для более полного получения информации).
- Тщательно изучите материал учебника по данной теме, чтобы легче ориентироваться в необходимой вам литературе и не сделать элементарных ошибок.
- Изучите подобранный материал (по возможности работайте карандашом), выделяя самое главное по ходу чтения.
- Составьте план сообщения.
- Напишите текст доклада.

Помните!

Выбирайте только интересную и понятную информацию. Не используйте неясные для вас термины и специальные выражения.

1. Не делайте сообщение очень громоздким.
2. При оформлении доклада используйте только необходимые, относящиеся к теме рисунки и схемы.
3. В конце сообщения составьте список литературы, которым вы пользовались при подготовке.
4. Прочитайте написанный текст заранее и постарайтесь его пересказать, выбирая самое основное.
5. Перед тем, как делать сообщение, выпишите необходимую информацию (термины, даты, основные понятия) на доску или подготовьте презентацию.
6. Никогда не читайте доклад! Чтобы не сбиться, пользуйтесь планом и выписанной на доске информацией или презентацией.
7. Говорите громко, отчётливо и не торопитесь. В особо важных местах делайте паузу или меняйте интонацию – это облегчит её восприятие для слушателей.

1. Практическое применение законов кинематики.
2. Применение реактивного движения в освоении космического пространства.
3. Экспериментальные методы измерения скорости молекул газа.
4. Охрана природы и окружающей среды.
5. Применение конденсаторов.
6. Применение полупроводниковых приборов.
7. Практическое применение различных видов электромагнитных излучений для развития радио- и телекоммуникаций.
8. Ультразвук и его применение.
9. Практическое применение интерференции и голографии.
10. Квантовые генераторы и их применение.
11. Радиоактивные изотопы и их применение в медицине, сельском хозяйстве, промышленности.
12. Проблемы ядерной энергетики.
13. Строение Вселенной.
14. Применение физических законов в будущей профессиональной деятельности обучающихся.

Творческие задания по разделам физики

«Кинематика»

1. Используя средства различных графических редакторов, изобразить траекторию своего движения в течение дня.

2. Определите координаты своего жизненного пространства (результат представьте в виде рисунка). Отметьте в этом пространстве свои перемещения.
3. Составить кроссворд, сканворд, чайнворд по разделу.
4. Создать презентации по темам раздела.
5. Составить тест по 20 вопросов 2 варианта.

«Динамика»

1. Написать мини-сочинение «Ощущения человека при переходе из ИСО в НСО»
2. Написать эссе «Движущиеся силы моего развития»
3. Какие события в вашей жизни свидетельствуют о выполнении/невыполнении законов Ньютона?
4. Написать доклад «Трение» в отношениях людей, причины, механизмы возникновения, виды.
5. Составить кроссворд, сканворд, чайнворд по разделу.
6. Создать презентации по темам раздела.
7. Составить тест по 20 вопросов 2 варианта.

«Законы сохранения в механике»

1. Какие внутренние и внешние силы изменяют/сохраняют импульс человека?
2. Каким образом уменьшают отдачу при выстреле из оружия? Как это отражается на конструкции новых образцов оружия (провести анализ).
3. При каких условиях и в каких ситуациях человек становится реактивным? Написать мини-сочинение.
4. Написать доклад «Трасология: следы транспортных средств, следы человека, следы орудий и инструментов»
5. Написать эссе «Изменение механической энергии в течение дня»
6. Провести анализ подсчета калорий (энергии) потребляемых продуктов в течение дня, недели. Данные представить в форме таблицы.
7. Провести анализ подсчета калорий (энергии) потребляемых продуктов в течение дня, недели с учетом физических нагрузок. Данные представить в форме таблицы.

«Молекулярная физика»

1. Написать эссе «Масса человека: инертная и гравитационная».
2. Составить схему «Статистические методы исследования в областях научного познания».
3. Написать доклады «Артериальное давление», «Влияние атмосферного давления на артериальное».
4. Составить кроссворд, сканворд, чайнворд по разделу.
5. Создать презентации по темам раздела.
6. Составить тест по 20 вопросов 2 варианта.

«Агрегатные состояния вещества»

1. Создать таблицу агрегатных состояний вещества на примере воды, с учетом физических и химических свойств.
2. Создать презентацию «Кристаллография в изобразительном искусстве».

«Электромагнетизм»

1. Подготовить презентацию о большом адронном коллайдере.
2. Суперпозиция МП-наложения одного магнитного поля на другое. Определить влияние взрослых на ребёнка.

3. Создать фотоальбом «Спектры магнитных полей».
4. Написать историческое эссе «Электрификация СССР», «Электрификация Республики Башкортостан»

«Механические колебания и волны»

1. Существует ли классификация музыкальных инструментов? Какие физические величины положены в основу этих классификаций?
2. Написать эссе «Электронная музыка в моей жизни»
3. Какие заболевания слуховой системы человека могут возникнуть при различных акустических воздействиях? Представить в виде таблицы.

«Электромагнитные колебания и волны»

1. Написать эссе «Возникает ли электромагнитное взаимодействие между людьми?»
2. Написать мини-сочинение на тему «Энергетическая характеристика человека».
3. В каких устройствах используются конденсаторы или их соединения. Объясните их предназначение.
4. В чём общность и различие конденсаторов и аккумуляторов. Работу представьте в виде таблицы.
5. Составить тест по 20 вопросов 2 варианта.

«Оптика»

1. Создать фотоальбом «Дифракционные и интерференционные картины»
2. Провести сравнительный анализ световых и механических волн на воде. Результаты представить в виде таблицы или презентации.
3. Подготовить доклад «Астрономические открытия, которые невозможны без развития волновой оптики»
4. Когерентные волны-волны с одинаковой частотой, поляризацией постоянной разностью фаз. Охарактеризуйте людей, про которых можно сказать, что они когерентны.

Методические рекомендации при составлении теста

Для современного образования тестирование – пожалуй, самая популярная форма проверки знаний. Оно позволяет за непродолжительный промежуток времени охватить довольно большой объем информации и дать объективную и независимую оценку результатов обучения. Однако при этом очень важно, чтобы тест был составлен корректно и был полностью доступен респондентам. Как составить тест правильно? Для этого нужно придерживаться несколько правил.

Правила составления тестовых заданий

1. Содержание задания должно отвечать программным требованиям и отражать содержание обучения.

2. Формулируйте каждое задание или вопрос на обычном и ясном (однозначность терминов) языке, понятном испытуемым.
3. При составлении вопросов следует особенно внимательно использовать слова "иногда", "часто", "всегда", "все", "никогда".
4. Вопрос должен быть четко сформулирован, избегая слова большой, небольшой, малый, много, мало, меньше, больше и т.д.
5. Избегайте вводных фраз и предложений, имеющих мало связи с основной мыслью, не следует прибегать к пространным утверждениям, так как они приводят к правильному ответу, даже если учащийся его не знает.
6. Помните, что при увеличении количества содержащихся в тесте заданий повышается его надежность;
7. Тест должен включать по возможности задания различных типов и видов, так как это повышается его достоверность;
8. Построение ответов по принципу "да" - "нет" снижает надежность тестов;
9. Не включайте в текст теста прямые цитаты из книг;
10. Не используйте в тесте задания-ловушки, провокационные вопросы;
11. В тесте не должно быть задач, дающих ответы на другие вопросы;
12. Избегайте вопросов, ответить на которые можно на основе общей эрудиции без специальных знаний, полученных при изучении данной дисциплины;
13. Используйте диаграммы, таблицы, рисунки, схемы, блок-схемы и другие поясняющие задания;
14. Неправильные ответы должны быть разумны, умело подобраны, не должно быть явных неточностей, подсказок.
15. Все варианты ответов должны быть грамматически согласованы с основной частью задания, используйте короткие, простые предложения, без зависимых или независимых оборотов.
16. Реже используйте отрицание в основной части, избегайте двойных отрицаний, таких как: "Почему нельзя не делать...?"
17. Ответ на поставленный вопрос не должен зависеть от предыдущих ответов.
18. Правильные и неправильные ответы должны быть однозначны по содержанию, структуре и общему количеству слов. Применяйте правдоподобные ошибочные варианты, взятые из опыта.
19. Если ставится вопрос количественного характера, ответы располагайте по возрастанию, если ответы представлены в виде слов текста, располагайте их в алфавитном порядке.
20. Лучше не использовать варианты ответов "ни один из перечисленных" и "все перечисленные".
21. Избегайте повторения.
22. Используйте ограничения в самом вопросе.
23. Не упрощайте вопросы.
24. Место правильного ответа должно быть определено так, чтобы оно не повторялось от вопроса к вопросу, не было закономерностей, а давалось в случайном порядке.

25. Лучше использовать длинный вопрос и короткий ответ.
26. Проанализируйте задания с точки зрения неверного ответа наиболее подготовленных учеников.

КАК РЕШАТЬ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

1. Решить физику: бояться или решиться?

Физика является чуть ли не самым сложным предметом в колледже для студентов первого курса. Некоторых только при одном упоминании о ней бросает в дрожь. И только несколько человек из группы способны схватывать все на лету. Остальные же, которые пытаются самостоятельно разобраться, найти решение, теряют силу воли и в определенный момент пускают все на самотек. Таким образом, можно начать получать плохие оценки. Согласитесь, что решение задачи по физике для большинства студентов является делом

не из легких. Но стоит ли бояться решить физику? Или необходимо всё-таки перебороть свой страх и доказать самому себе, что сможешь это сделать?

2. Желание чего-то достичь – основа успеха.

Самое главное – это желание. Если захотеть, можно разобраться во всех тонкостях этой науки и не отодвигать решение физики на задний план. Для того, чтобы помочь вам ниже приведём основные этапы, где опишем, как сделать так, чтобы решение задач по физике превратилось в увлекательное занятие. Если внимательно прочитать и осмыслить каждый пункт, вам под силу будет решить физику! Это поможет вам не только сэкономить время, но и выполнять работу продуктивнее, а также быстрее усваивать учебный материал.

3. Список необходимых «инструментов для решения задачи по физике.

Сначала предоставим перечень так называемых «инструментов» для решения задачи по физике. Это задача (имеется в виду условие), умение читать и писать, знание физики и внимательность, ластик, карандаш, тетрадка (листик), калькулятор, а также желание решить физику.

4. Первый этап. Извлечение данных из условия задачи

С самого начала нужно очень внимательно прочитать условие задачи по физике. Часто бывает так, что после того, как мы прочитали задачу и записали в “Дано” краткое условие задачи, мы вдруг обнаруживаем недостаток данных. Прежде всего, предлагается начать поиск с самого текста. Есть несколько моментов, на которые следует обратить внимание. Например, какие то цифры могут быть написаны письменно (например, слово “полусумма”, обычно не пишется так “в два раза”), а какие то показатели могут быть указаны в вопросе (например, вопрос поставлен так: “через, сколько минут, вторая машина догонит первую, если её скорость 80 км/час). Но простого списания данных в «дано» недостаточно. Необходимо перевести все данные в единую систему единиц, так называемую СИ (килограмм, метр, секунда, градус, ампер и др.) И надо определить, что от нас требуют найти и записать, но этот пункт обычно не вызывает сложностей.

5. Второй этап. Правильный рисунок – половина решенной задачи по физике.

Есть еще одна вещь, которая является очень важной. Многие даже считают, что она - это половина решенной задачи. Как вы уже догадались, это рисунок. На самом деле нельзя занижать одну из главнейших моментов при решении задачи по физике. Если рисунок был составлен четко и понятно, то, глядя на него можно сразу понять что, куда и как делать. Но бывают случаи, когда рисунок был составлен неправильно и все решение также накрывается. Остаётся только обида за зря потраченное время.

6. Третий этап. Решение задач по физике.

После того, как у нас составлено краткое условие задачи и нарисован рисунок, самое время приступить к ответственному этапу – решение задач по физике. Если попросить физика, специализирующегося на квантовой теории, решить задачу по теме механика, то он может и найдёт правильное решение, но не сразу. И его можно понять, так как сразу очень тяжело вспомнить все мелочи и тонкости решения задач по физике. Следовательно, стоит вспомнить основные формулы, законы, и правила той темы, на которой основана задача по физике.

7. Четвёртый этап. Выводим конечную формулу и подставляем значения.

Таким образом, к записанному “Дано”, “Найти”, нарисованному рисунку добавился перечень формул и законов. Теперь всё готово для того, чтобы начинать. Вы готовы решить физику? Тогда начинайте, но для простоты советуем начинать с формулы, где есть та неизвестная, которую надо найти вопросу задачи по физике. После этого, необходимо определить, какие данные в этой формуле заданы условием, а какие – нет. Для них написать уже другие формулы их нахождения. Данные подставляются уже в конечную формулу, после чего рассчитывается значение, Проводится проверка размерности для того, чтобы убедиться, что все подстановки и преобразования сделаны, верно.

8. Пятый этап. Решайте, решайте, решайте! Опыт бесценен!

Последний этап заключается в следующем: можно купить задачник и начинать решать задачи по физике. Самое главное – прорабатывать задачи, находить новые пути решения, так как и внимательно читать условие задачи! Надеемся, наши рекомендации помогли вам освоить решение задач по физике, и теперь вы с гордостью сможете ответить - «Я!» - на вопрос: «Кто может решить физику?»

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ

1. Сделать схематический чертеж, на котором следует, прежде всего, изобразить систему отсчета и указать траекторию движения точки. Удачно выбранная система координат может значительно упростить решение и сделать кинематические уравнения предельно простыми. Начало координат удобно совмещать с положением движущейся точки в начальный рассматриваемый момент времени, а оси направлять так, чтобы приходилось делать как можно меньше разложений векторов.

2. Установить связь между величинами, отмеченными на чертеже. При этом следует иметь в виду, что в уравнения скорости и перемещения входят все кинематические характеристики равнопеременного прямолинейного движения (скорость, ускорение, время, перемещение).
3. Составляя полную систему кинематических уравнений, описывающих движение точки, нужно записать в виде вспомогательных уравнений все дополнительные условия задачи, после чего, проверив число неизвестных в полученной системе уравнений, можно приступить к ее решению относительно искомых величин. Если неизвестных величин в уравнениях оказалось больше, то это может означать, что в процессе их определения, «лишние неизвестные» сократятся.
4. Составляя уравнения, необходимо следить за тем, чтобы начало отсчета времени было одинаковым для всех тел, участвующих в движении.
5. Решая задачи на движение тел, брошенных вертикально вверх, нужно обратить особое внимание на следующее. Уравнения скорости и перемещения для тела, брошенного вертикально вверх, дают общую зависимость скорости V и высоты h от времени t для всего времени движения тела. Они справедливы (со знаком минус) не только для замедленного подъема вверх, но и для дальнейшего равноускоренного падения тела, поскольку движение тела после мгновенной остановки в верхней точке траектории происходит с прежним ускорением. Под высотой h при этом всегда подразумевают перемещение движущейся точки по вертикали, т.е. ее координату в данный момент времени — расстояние от начала отсчета движения до точки.
6. Движение тел, брошенных под углом к горизонту, можно рассматривать как результат наложения двух одновременных прямолинейных движений по осям OX и OY , направленных вдоль поверхности Земли и по нормали к ней. Учитывая это, решение всех задач такого типа удобно начинать с разложения вектора скорости и ускорения по указанным осям и затем составлять кинематические уравнения движения для каждого направления. Необходимо при этом иметь в виду, что тело, брошенное под углом к горизонту, при отсутствии сопротивления воздуха и небольшой начальной скорости летит по параболе и время движения по оси OX равно времени движения по оси OY , поскольку оба эти движения происходят одновременно.
7. Время падения тела в исходную точку равно времени его подъема на максимальную высоту, а скорость падения равна начальной скорости бросания.
8. Решение задач о движении точки по окружности принципиально ничем не отличается от решения задач о прямолинейном движении. Особенность состоит лишь в том, что здесь наряду с общими формулами кинематики приходится учитывать связь между угловыми и линейными характеристиками движения.

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ»

1. Поезд длиной 240 м, двигаясь равномерно, прошел мост за 2 мин. Какова скорость поезда, если длина моста 360 м?
2. Сколько времени потребуется скорому поезду длиной 150 м, чтобы проехать мост длиной 850 м, если скорость поезда равна 72 км/ч?
3. Один автомобиль, двигаясь со скоростью 12 м/с в течение 10 с, совершил такое же

- перемещение, что и другой за 15 с. Какова скорость второго автомобиля, если оба двигались равномерно?
4. На какую максимальную высоту поднимется тело, брошенное вертикально вверх со скоростью 40 м/с?
 5. С какой скоростью вода выбрасывается насосом вверх, если струя воды достигает высоты 20 м?
 6. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх со скоростью 25 м/с, поражает цель через 2 с. Какую скорость будет иметь стрела к моменту достижения цели?
 7. Автомобиль движется по закруглению дороги радиусом 120 м со скоростью 36 км/ч. Чему равно центростремительное ускорение автомобиля?
 8. Вал диаметром 20 см при вращении делает один оборот за 0,4 с. Определите линейную скорость точек на поверхности вала.
 9. Колесо диаметром 50 см, двигаясь равномерно, проходит расстояние 2 м за 4с. Какова угловая скорость вращения колеса?
 10. Шлифовальный камень радиусом 30 см совершает один оборот за 0,6с. Где расположены точки, имеющие наибольшую линейную скорость, и чему она равна

Ответы:

- | | | |
|---------|-------------------------|-------------|
| 1. 5м/с | 5. 20м/с | 9. 2рад/с |
| 2. 50с | 6. 5м/с | 10. 1,57м/с |
| 3. 8м/с | 7. 0,83м/с ² | |
| 4. 80м. | 8. 1,57м/с | |

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ДИНАМИКЕ И ЗАКОНАМ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

1. Сделать схематический чертеж и указать на нем все кинематические характеристики движения, о которых говорится в задаче. При этом, если возможно, обязательно проставить вектор ускорения.

2. Изобразить все силы, действующие на данное тело (материальную точку), в текущий (произвольный) момент времени.

Выражение «на тело действует сила» всегда означает, что данное тело взаимодействует с другим телом, в результате чего приобретает ускорение. Следовательно, к данному телу всегда приложено столько сил, сколько имеется других тел, с которыми оно взаимодействует

Расставляя силы, приложенные к телу, необходимо все время руководствоваться третьим законом Ньютона, помня, что силы могут действовать на это тело только со стороны каких-то других тел: со стороны Земли это будет сила тяжести \vec{P} , со стороны нити — сила натяжения \vec{T} , со стороны поверхности — силы нормальной реакции опоры \vec{N} и трения $\vec{F}_{\text{тр}}$.

Полезно также иметь в виду и то обстоятельство, что для тел, расположенных вблизи поверхности Земли, надо учитывать только силу тяжести и силы, возникающие в местах непосредственного соприкосновения тел.

Силы притяжения, действующие между отдельными телами, настолько малы по сравнению с силой земного притяжения, что во всех задачах, где нет специальных оговорок, ими пренебрегают.

3. Говоря о движении какого-либо тела, например поезда, самолета, автомобиля и т.д., то под этим подразумевают движение материальной точки.

Материальную точку нужно при этом изображать отдельно от связей, заменив их действие силами. Связями в механике называют тела (нити, опоры, подставки и т.д.), ограничивающие свободу движения рассматриваемого тела.

4. Расставив силы, приложенные к материальной точке, необходимо составить основное уравнение динамики:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m \cdot \vec{a}$$

5. Далее, пользуясь правилом параллелограмма, определяют величину равнодействующей, выразив ее через заданные силы, и подставляют выражение для модуля равнодействующей в исходное уравнение.

В большинстве случаев, и особенно когда дается три и более сил, выгоднее поступать иначе: движение частицы (на плоскости) описывать двумя скалярными уравнениями. Для этого нужно разложить все силы, приложенные к частице, по линии скорости (касательной к траектории движения — оси OX) и по направлению, ей перпендикулярному (нормали к траектории — оси OY), найти проекции F_x и F_y составляющих сил по этим осям и затем составить основное уравнение динамики точки в проекциях:

$$\sum F_x = m \cdot a_x; \quad \sum F_y = m \cdot a_y,$$

где a_x и a_y — ускорения точки по осям.

Положительное направление осей удобно выбирать так, чтобы оно совпадало с направлением ускорения частицы. При указанном выборе осей легко установить, какие из приложенных сил (или их составляющие) влияют на величину вектора скорости, какие — на направление.

Само собой разумеется, что, если все силы действуют по одной прямой или по двум взаимно перпендикулярным направлениям, раскладывать их не надо и можно сразу записывать уравнение динамики в проекциях.

В случае прямолинейного движения материальной точки одно из ускорений (a_x или a_y)

обычно равно нулю.

При наличии трения силу трения, входящую в уравнение динамики, нужно сразу же представить через коэффициент трения и силу нормального давления, если известно, что тело скользит по поверхности или находится на грани скольжения.

6. Составив основное уравнение динамики и, если можно, упростив его (проведя возможные сокращения), необходимо еще раз прочитать задачу и определить число неизвестных в уравнении. Если число неизвестных оказывается больше числа уравнений динамики, то недостающие соотношения между величинами, фигурирующими в задаче, составляют на основании формул кинематики, законов сохранения импульса и энергии. После того как получена полная система уравнений, можно приступить к ее решению относительно искомого неизвестного.
7. Выписав числовые значения заданных величин в единицах одной системы, принятой для расчета, и подставив их в окончательную формулу, прежде чем делать арифметический подсчет, нужно проверить правильность решения методом сокращения наименований. В задачах динамики, особенно там, где ответ получается в виде сложной формулы, этого правила в начальной стадии обучения желательно придерживаться всегда, поскольку в этих задачах делают много ошибок.
8. Задачи на динамику движения материальной точки по окружности с равномерным движением точки по окружности решают только на основании законов Ньютона и формул кинематики с тем же порядком действий, о котором говорилось в пп. 1-7, но только уравнение второго закона динамики здесь нужно записывать в форме:

$$\left| \sum \vec{F}_i \right| = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad \text{или} \quad \left| \sum \vec{F}_i \right| = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВА. СИЛА ТЯЖЕСТИ. СИЛА УПРУГОСТИ»

1. Какая жидкость налита в сосуд объемом 62,5 л, если ее масса равна 50 кг?
2. Масса пустой стеклянной бутылки равна 520 г. Определите объем стекла,

- которое пошло на изготовление этой бутылки.
3. На сколько увеличилась общая масса автомобиля, когда в его бак долили 50 л бензина?
 4. Масса алюминиевого чайника 0,4 кг. Определите массу такого же медного чайника.
 5. Чугунная болванка имеет объем $1,8 \text{ м}^3$. Какой объем будет иметь алюминиевое тело такой же массы?
 6. Стальная деталь массой 75 кг имеет объем 15 дм^3 . Определите, имеет ли она внутри полость.
 7. Определите массу оконного стекла длиной 60 см, высотой 50 см и толщиной 0,5 см.
 8. Медный шар имеет массу 890 г при объеме 150 см^3 . Определите объем полости внутри этого шара.
 9. Кузов грузовой автомашины имеет площадь 6 м^2 и высоту 50 см. Какую массу песка можно поместить в кузов? Плотность песка 1500 кг/м^3 . Какую площадь двора можно засыпать слоем песка высотой 2,5 см?
 10. Для получения латуни сплавляли куски меди массой 178 кг и цинка массой 355 кг. Определите плотность латуни. (Объем сплава равен сумме объемов его составных частей.)
 11. Гранитная глыба для памятника «Медный всадник» до обработки имела массу 1600 т. Сколько колонн объемом 4 м^3 можно было бы изготовить из такой массы гранита? Плотность гранита 2600 кг/м^3 .
 12. Определите силу тяжести, действующую на чугунный брусок массой 30 кг.
 13. Определите массу ведра воды, на которое действует сила тяжести 120 Н.
 14. В бидон массой 1 кг налили 5 л керосина. Какую силу нужно приложить, чтобы приподнять бидон?
 15. С какой силой растянута пружина, к которой подвесили брусок из латуни размером $10 \times 8 \times 5 \text{ см}$? Плотность латуни 8500 кг/м^3 .
 16. Какой объем воды находится в сосуде, если на нее действует сила тяжести 500 Н?
 17. Мальчик массой 50 кг надел на плечи рюкзак массой 5 кг. С какой силой мальчик давит на пол?
 18. При открывании двери длина дверной пружины увеличилась на 12 см; при этом сила упругости пружины составила 4 Н. При каком удлинении пружины сила упругости равна 10 Н?
 19. На медный шар объемом 120 см^3 действует сила тяжести 8,5 Н. Сплошной этот шар или имеет внутри полость?
 20. Вагонетка с грузом имеет массу 300 кг. Какую силу необходимо приложить для равномерного движения вагонетки, если сила трения составляет 0,05 веса вагонетки с грузом?
 21. Для равномерного перемещения саней по снегу необходимо приложить силу 24 Н. Определите массу саней, если сила трения составляет 0,03 веса саней.

Ответы

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1. Нефть, спирт или керосин | 8. 50см^3 | 15. 34 Н |
| 2. 200см^3 | 9. 4,5т, 120м^2 | 16. $0,05\text{м}^3$ |
| 3. На 35,5 кг | 10. 7614кг/м^3 | 17. 550 Н |
| 4. 1,32кг | 11. 153 | 18. 30см |
| 5. $4,67\text{м}^3$ | 12. 300Н | 19. Шар имеет полость |
| 6. Деталь имеет полость | 13. 12кг | 20. 150Н |
| 7. 3,75кг | 14. 50Н | 21. 80кг |

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «СЛОЖЕНИЕ СИЛ. СИЛА ТРЕНИЯ»

1. а) Действует ли сила трения на неподвижный автомобиль?

б) С каким максимальным ускорением может двигаться автомобиль, если коэффициент трения равен 0,3?

2.а) Идущий человек ускоряет ход. Какая сила вызывает изменение скорости человека?

б) Деревянный брусок массой 2 кг тянут равномерно по деревянной доске, расположенной горизонтально, с помощью пружины жесткостью 100 Н/м. Коэффициент трения равен 0,3. Найти удлинение пружины.

3.а) Может ли сила трения, действующая на тело, находящееся на наклонной плоскости, быть направлена вдоль склона вниз? Приведите пример,

подтверждающий ваш ответ.

б) Через какое время после начала аварийного торможения остановится автобус, движущийся со скоростью 12 м/с , если коэффициент трения равен $0,4$?

4. а) Может ли сила трения разгонять тело?

б) Лыжник массой 60 кг , имеющий в конце спуска скорость 10 м/с , останавливается через 40 с после окончания спуска. Определите силу трения и коэффициент трения.

5. а) какая сила разгоняет автомобиль, когда водитель нажимает педаль газа?

б) Какова начальная скорость шайбы, пущенной по поверхности льда, если она остановилась, пройдя 40 м ? Коэффициент трения шайбы о лед $0,05$.

6. а) При езде по хорошей дороге шины туго накачивают. Для чего это делают?

б) Мальчик массой 50 кг , скатившись на санках с горки, Проехал по горизонтальной дороге до остановки путь 20 м за 10 с . Найти силу трения и коэффициент трения.

7.а) Почему на размытой дождем грунтовой дороге нагруженный автомобиль буксует меньше, чем ненагруженный?

б) Стальной магнит массой 50 г прилип к вертикально расположенной стальной плите. Для скольжения магнита вниз прикладывают силу $1,5 \text{ Н}$. С какой силой магнит прижимается к плите? Какую силу надо приложить, чтобы равномерно перемещать магнит вертикально вверх, если коэффициент трения равен $0,2$?

Ответы

1. 3м/с
2. 0,06 м
3. 3,1с
4. 15 H, 0,025

5. 6,3 м/с
6. 20 H, 0,04
7. 10H, 2,5 H

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. МОЩНОСТЬ»

1. Металлический шар массой 500 г падает на землю с высоты 3 м. Какую работу при этом совершает сила тяжести?
2. Штангист поднял штангу на высоту 2 м, совершив при этом работу 3 кДж. Какова масса штанги?
3. Какую работу совершил за 1 ч насос, поднимающий 15 кг воды на высоту 4 м за 1 с?
4. Трактор перемещает платформу со скоростью 7,2 км/ч, развивая тяговое усилие 25 кН. Какую работу совершает трактор за 10 мин?
5. Определите работу, совершаемую краном при равномерном подъеме гранитной плиты объемом $0,5 \text{ м}^3$ на высоту 10 м. Плотность гранита 2600 кг/м^3 ,
6. Определите работу, совершаемую насосом за 2 ч, если за 1 с он поднимает 10 л воды на высоту 2 м.
8. Определите объем гранитной плиты, которую равномерно поднимают на высоту 10 м, если при этом была совершена работа 1,56 МДж. Плотность гранита 2600 кг/м^3 .
9. Грузный автомобиль массой 5 т, равномерно перемещаясь по горизонтальному участку дороги, проехал расстояние 2 км. Какую работу совершил двигатель автомобиля, если сила трения составляет 0,001 силы тяжести автомобиля?

Ответы

- | | | |
|-------------|-------------|--------------------|
| 1. 15 Дж | 4. 30 МДж | 7. 6 м^3 |
| 2. 150 кг | 5. 130 кДж | 8. 98 кДж |
| 3. 2,16 МДж | 6. 1,44 МДж | |

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ»

1. На сколько увеличилась потенциальная энергия мальчика массой 50 кг, который поднялся по лестнице своего дома на высоту 10 м?
2. По горизонтальному столу катится шарик массой 500 г с постоянной скоростью 20 см/с. Чему равна его кинетическая энергия?
3. За счет какой энергии открываются и закрываются двери в автобусах, трамваях? Опишите, какие при этом происходят превращения энергии.
4. а) При каком условии тела равной массы обладают разной потенциальной энергией? разной кинетической энергией?
б) В какой реке - горной или равнинной - вода обладает большей механической энергией? (Площадь поперечного сечения реки считать одинаковой.) На каких реках устанавливают более высокие плотины при постройке гидроэлектростанций? Почему?
5. а) Морские волны производят большую работу по разрушению берегов. Какой энергией они обладают и что является источником этой энергии?
б) Что обладает большей энергией: гранитная или бетонная плита одинакового объема, поднятые на одну и ту же высоту? Во сколько раз?
6. При каком условии тела массой 2 кг и 10 кг могут обладать одинаковой потенциальной энергией? кинетической энергией?
7. Ударившись о землю, мяч подпрыгивает несколько раз. Почему при каждом последующем прыжке он подскакивает на меньшую высоту?
8. На соревнованиях по прыжкам в воду спортсмен сначала прыгает на доску-трамплин, а затем вверх. Почему этот прыжок получается более высоким?

Ответы

1. 5кДж

2. 0,001Дж

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ЗАКОН ПАСКАЛЯ. ДАВЛЕНИЕ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ»

1. Определите давление воды на самой большой глубине Тихого океана, равной 11 035 м.
2. Какова сила давления на каждый квадратный дециметр поверхности тела водолаза, находящегося на глубине 100 м?
3. Паскаль установил в г. Руане водяной барометр. Какой высоты столб воды в этом барометре при нормальном атмосферном давлении?
4. Какая сила давления воздуха сжимает в опыте Герике «магдебургские полушария», из которых выкачан воздух, если площадь поверхности полушарий 1500 см²? Атмосферное давление нормальное.
5. Высота столба керосина в сосуде 10 см. Какой должна быть высота столба воды, налитой в сосуд вместо керосина, чтобы давление на дно осталось прежним?
6. Бак объемом 1 м³, имеющий форму куба, заполнен нефтью. Чему равна сила давления нефти на дно бака?
7. В левом колене сообщающихся сосудов налит керосин, в правом - вода. Высота столба воды 4 см. Определите, на сколько уровень керосина в левом колене выше верхнего уровня воды.
9. Площадь меньшего поршня гидравлической машины 10 см², и на него действует сила 200 Н. Площадь большего поршня 200 см². Чему равна сила давления на больший поршень?
10. Высота столба ртути в ртутном барометре равна 760 мм. Во сколько раз больше высота столба воды, уравнивающего это же давление?
11. Рассчитайте силу, с которой воздух давит на поверхность стола длиной 1,2 м и шириной 60 см. Атмосферное давление нормальное.
12. Рассчитайте давление атмосферы в шахте глубиной 360 м, если на поверхности Земли давление 750 мм рт. ст.
13. На какой высоте летит самолет, если барометр в кабине летчика показывает 100641 Па, а на поверхности Земли давление нормальное?

Ответы

- | | |
|---------------|------------|
| 1. 113660 кПа | 3. 10,3м |
| 2. 10кН | 4. 15,2 кН |

5. 8см
6. 8кН
7. На 1 см
8. 4кН

9. В 13, 6 раза
10. 73 кН
11. 780 мм рт ст
12. 60м

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ И АТМОСФЕРНО-Е ДАВЛЕНИЕ»

1. Может ли тело, имеющее больший вес, чем другое тело, производить на опору меньшее давление?
2. С какой целью опорную площадь губок у плоскогубцев делают больше, чем у кусачек?
3. Одинаковое ли давление мы оказываем на карандаш, затачивая его тупым и острым ножом, если прилагаемое усилие одно и то же?
4. а) Почему болото перейти легче, если под ноги положить хворост?
б) Почему человек, идущий на лыжах, не проваливается в снег?
5. а) Известно, что солдат со снаряжением оказывает такое же давление на землю, как и средний по весу танк. Почему?
б) Лед выдерживает давление 8 кПа. Сможет ли пройти по этому льду автомобиль массой 3000 кг, если площадь всей поверхности его опоры 800 см²?
6. Два одинаковых бруска поставлены друг на друга разными способами (рис. 30). Одинаково ли давление, производимое ими на стол? Будут ли уравновешены весы, если бруски в указанных положениях поставить на чашки весов?
7. Какой из двух одинаковых по объему кубов - алюминиевый или медный оказывает на опору меньшее давление?
8. Какое давление производит на пол мальчик массой 35 кг, если общая площадь подошв его ботинок, соприкасающихся с полом, равна 200 см²?
9. Масса автомобиля 1,5 т. Какое давление оказывает автомобиль на дорогу, если площадь опоры каждого колеса равна 125 см²?
10. Какое давление оказывает на снег лыжник массой 90 кг, если длина каждой лыжи 2 м, а ширина 12 см?
11. На опору какой площади надо поставить груз массой 20 кг, чтобы про извести давление 400 кПа?
12. Опорная площадь гусениц трактора 1,2 м². Какова масса трактора, если его давление на почву равно 35 кПа?
13. Давление, производимое коренными зубами человека, достигает 800 Н/см². Чему равна сила давления, создаваемая одним зубом, если принять площадь его опоры равной 40 мм²?
14. Площадь дна кастрюли равна 1300 см³. Вычислите, на сколько увеличил ось давление кастрюли на стол, если в нее налить воду объемом 3,9 л.
15. Определите давление, оказываемое на грунт гранитной плитой объемом 10 м³,

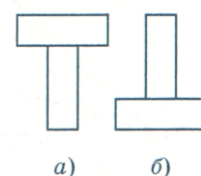


Рис. 30

если площадь ее основания 4 м^2 . Плотность гранита 2600 кг/м^3 .

16. Кирпичная стена производит на фундамент давление 80 кПа . Какова ее высота?

Ответы

- 8. 17.5 кПа
- 9. 300 кПа
- 10. $1,875 \text{ кПа}$
- 11. $0,0005 \text{ м}^2$
- 12. 4200 кг

- 13. 320 Н
- 14. на 300 Па
- 15. 65 кПа
- 16. $4,4 \text{ м}$

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Уравнением, характеризующим состояние идеального газа, является уравнение Менделеева–Клапейрона. Составив это уравнение для каждого из рассматриваемых состояний, газа и записав дополнительные условия в виде формул, можно сравнительно легко решить почти любую задачу на газы элементарного курса физики.

Однако этот метод решения в ряде случаев усложняет решение и приводит к лишним математическим выкладкам, мало поясняющим физическую сущность явления.

Учитывая это, задачи на расчет параметров состояния газов можно разделить на две основные группы.

К первой следует отнести такие задачи, где даны два или несколько состояний газа, в которых его масса остается неизменной ($m = \text{const}$) и к которым, следовательно, применимо уравнение объединенного газового закона:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const}$$

Вторую группу составляют задачи, в условии которых дана масса газа или рассматриваются такие процессы, в которых масса газа изменяется. При решении этих задач пользоваться объединенным газовым законом нецелесообразно, более удобно применять уравнение Менделеева — Клапейрона:

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$$

Решение задач на нагревание и работу газа при изохорическом и изобарическом процессе основано на первом начале термодинамики и формулах:

$$A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V.$$

$$A = \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} R \Delta T.$$

Если по условию задачи даны два состояния газа и при переходе газа из одного состояния в другое его масса не меняется, то для решения задачи можно рекомендовать следующую последовательность:

1. Прочитав условие задачи, нужно ясно представить, какой газ участвует в том или ином процессе, и убедиться, что при изменении параметров состояния газа его масса не меняется.
2. Сделать, если это возможно, схематический чертёж и, отметив каждое состояние газа, указать параметры p , V , T , характеризующие эти состояния. Определить из условия задачи, какой из этих трех параметров не меняется и какому газовому зако-

ну подчиняются переменные параметры.

В общем случае могут изменяться все три параметра p , V и T .

3. Записать уравнение объединенного газового закона Клапейрона для двух данных состояний. Если какой-либо параметр остается неизменным, уравнение автоматически переходит в одно из трех уравнений:

закон Бойля — Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.

В тех случаях, когда газ заключен в цилиндрический сосуд и объем газа меняется только за счет изменения высоты его столба h , но не сечения, уравнение Клапейрона нужно сразу записывать в виде:

$$\frac{p_1 \cdot h_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot h_2}{T_2}.$$

4. Представить в развернутом виде параметры p_1 , V_1 , p_2 , V_2 выразив их через заданные величины. Вполне естественно, что расшифровывать нужно только те параметры, которые заданы косвенно, но не те, что даны явно. Особое внимание здесь следует обратить на определение давления. Чтобы его найти, часто приходится использовать закон Паскаля: провести нулевой уровень через границу, отделяющую газ от жидкости, и записать уравнение равновесия жидкости.
5. Записать математически все вспомогательные условия и решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины. Если в задаче рассматривают процессы, связанные с изменением состояния двух или трех газов, отделенных друг от друга поршнями или входящих в состав смеси, то все указанные действия нужно проделать для каждого газа отдельно. ~ В задачах на газовые законы рекомендуется пользоваться только абсолютной температурой и сразу же переводить значения температуры по шкале Цельсия в значения по шкале Кельвина.

Если по условию задачи дано только одно состояние газа и требуется определить какой-либо параметр этого состояния или же даны два состояния с разной массой газа, то рекомендуется поступать так:

1. Установить, какие газы участвуют в рассматриваемых процессах.
2. Для каждого состояния каждого газа (если их несколько) составить уравнение Менделеева — Клапейрона. Если дана смесь газов, то это уравнение записывают для каждого компонента. Связь между значениями давлений отдельных газов и результирующим давлением смеси устанавливается **законом Дальтона**.
3. Записать математически дополнительные условия задачи и решить полученную систему уравнений относительно искомой величины. В комбинированных задачах, где рассматривается движение сосуда с газом, уравнение газового состояния добавляют к уравнениям механики.

Решение задач термодинамики основано на уравнении закона сохранения и превращения энергии с учетом формул изменения внутренней энергии тел и некоторых уравнений механики. Умение правильно применять закон сохранения энергии к конкретным физическим процессам представляет основную трудность при решении задач на теплоту.

Особое внимание здесь нужно обратить на различие между количеством теплоты и изменением внутренней энергии и на выбор системы тел (или тела), для которой составляется

основное уравнение.

Нередко возникают затруднения при числовых расчетах в задачах, связанных с превращением одного вида энергии в другой. Здесь нужно помнить, что в **уравнении закона сохранения и превращения энергии (1)**:

$$Q = \Delta U + A$$

все три величины **количество теплоты Q , изменение внутренней энергии ΔU и работы A** должны быть выражены в одних единицах.

Задачи об изменении внутренней энергии тел можно разделить на три группы

В задачах первой группы рассматривают такие явления, где в изолированной системе при взаимодействии тел изменяется лишь их внутренняя энергия без совершения работы над внешней средой.

Одни из тел, участвующих в теплообмене, при этом охлаждаются, другие — нагреваются. Согласно закону сохранения и превращения энергии (1) для тел, внутренняя энергия которых уменьшается, можно записать:

$$Q_{\text{отд}} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots + \Delta U_n = \sum_{i=1}^n \Delta U_i \quad (2)$$

поскольку ни сами тела, ни над телами работу не совершают ($A = 0$).

Аналогично для тел, энергия которых возрастает, мы получим:

$$Q_{\text{получ}} = \Delta U'_1 + \Delta U'_2 + \dots + \Delta U'_m = \sum_{k=1}^m \Delta U'_k \quad (2')$$

Из определения понятия количества теплоты и закона сохранения энергии как следствие вытекает:

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{получ}} \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^n \Delta U_i = \sum_{k=1}^m \Delta U'_k \quad (3)$$

Перенеся все члены в левую часть равенства, уравнение (3) представим в ином виде:

$$\sum_{i=1}^n \Delta U_i - \sum_{k=1}^m \Delta U'_k = 0,$$

или короче:

$$\sum \Delta U = 0. \quad (3')$$

Последнее уравнение является очевидным следствием первого начала термодинамики — в изолированной системе тел, где происходят только процессы теплопередачи, внутренняя энергия системы не изменяется и, следовательно, алгебраическая сумма изменений энергии отдельных тел равна нулю.

Уравнение (3) называют **уравнением теплового баланса**, оно обычно служит основным расчетным соотношением для всех задач **первой группы**.

Правила решения задач первой группы:

1. Прочитав условие задачи, нужно установить, у каких тел внутренняя энергия уменьшается, у каких — возрастает.

Особое внимание следует обращать на то, происходят ли в процессе теплообмена агрегатные превращения или нет.

2. Составить уравнения (2) для тел, энергия которых уменьшается, и (2') — для тел, энергия которых возрастает, и приравнять полученные суммы.
3. При записи уравнения теплового баланса в виде (3) нужно **в выражении**
 $c \cdot m(t_2 - t_1)$
для изменения внутренней энергии всегда вычитать из большей температуры тела меньшую и суммировать все члены арифметически, если же уравнение записывается в виде (3'), необходимо вычитать из конечной температуры тела начальную и суммировать члены с учетом получающегося знака.
4. В ряде задач задается к.п.д. (η) — теплообмена; в этом случае его всегда нужно ставить множителем перед $Q_{\text{отд.}}$.

В задачах второй группы рассматривают явления, связанные с превращением одного вида энергии в другой при взаимодействии двух тел. Результат такого взаимодействия — изменение внутренней энергии одного тела вследствие совершенной им или над ним работы. Теплообмен между телами здесь, как правило, не учитывают.

Уравнение закона сохранения и превращения энергии в этом случае имеет вид:

$$0 = \Delta U + A \quad (4)$$

Решение задач второй группы удобно проводить по следующей схеме:

1. Анализируя условие задачи, нужно прежде всего установить, у какого из двух взаимодействующих тел изменяется внутренняя энергия и что является причиной этого изменения — работа, совершенная самим телом, или работа, совершенная над телом. Кроме того, следует убедиться, что в процессе взаимодействия тел теплота извне к ним не подводится, т.е. действительно ли $Q = 0$.

2. Записать уравнение (4) для тела, у которого изменяется внутренняя энергия, учтя знак перед A и КПД (η) рассматриваемого процесса. При записи уравнения (4) с учетом к.п.д. удобно вступать так. Если по смыслу задачи работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии одного из тел и по каким-либо причинам лишь часть ее идет на совершение работы A , то

$$A = \eta \cdot \Delta U \quad (4')$$

Если же из условия видно, что внутренняя энергия тела увеличивается за счет работы, совершенной над телом, и по каким-либо причинам лишь часть ее идет на увеличение U , то

$$\eta \cdot A = \Delta U \quad (4'')$$

3. Составив уравнение (4') или (4''), нужно найти выражение для A и ΔU .

Для A возможно одно из следующих соотношений:

$$A = F \cdot s;$$

$$A = N \cdot \tau;$$

$$A = W_2 - W_1.$$

Здесь F — сила, s — перемещение, N — мощность, τ — время выполнения работы, W — энергия.

4. Для ΔU чаще всего достаточно использовать одну из формул:

$$\Delta U = q \cdot m \quad (\text{сжигание топлива});$$

$$\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta t + \lambda \cdot m \quad (\text{нагрев и плавление тела});$$

$$\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta t + r \cdot m \quad (\text{нагрев и испарение}).$$

Подставляя в исходное уравнение вместо A и ΔU их выражения, получим окончательное соотношение для определения искомой величины. Если в условиях задачи даются дополнительные условия, то к основному уравнению следует, как обычно, добавить вспомогательные.

5. Далее нужно выписать числовые значения известных величин, проверить число неизвестных в уравнениях и решить систему уравнений относительно искомой величины.

Задачи третьей группы объединяют в себе две предыдущие. В этих задачах рассматривают взаимодействие трех и более тел. В процессе такого взаимодействия к одному из тел подводится некоторое количество теплоты Q , в результате чего изменяется его внутренняя энергия и совершается работа.

Для решения этих задач надо **составить полное уравнение закона сохранения и превращения энергии** (1). Составление такого уравнения включает в себя приемы, описанные в предыдущих пунктах.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОТЫ. КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ»

1. На что расходуется больше энергии: на нагревание воды или алюминиевой кастрюли, если их массы одинаковы?
2. В каком случае горячая вода в стакане охладится больше: если в него опустить серебряную или алюминиевую ложку той же массы?
3. Что эффективнее использовать в качестве грелки - 2 кг воды или 2 кг песка при той же температуре?
4. Медной и стальной гирькам одинаковой массы передали равные количества теплоты. У какой гири температура изменится сильнее?
5. Почему железные печи скорее нагревают комнату, чем кирпичные, но не так долго остаются теплыми?
6. По куску свинца и куску стали такой же массы ударили молотком одинаковое число раз. Какой кусок нагрелся больше?

**ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ:
«ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ»**

1. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, если ему сообщили количество теплоты 20 кДж и совершили над ним работу 30 кДж?
2. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, который совершил работу 100 кДж, получив количество теплоты 135 кДж?
3. Над газом была совершена работа 75 кДж, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 25 кДж. Получил или отдал тепло газ в этом процессе? Какое именно количество теплоты?
4. Какое количество теплоты нужно передать газу, чтобы его внутренняя энергия увеличилась на 45 кДж и при этом газ совершил работу 65 кДж?
5. Во время расширения газа, вызванного его нагреванием, в цилиндре с поперечным сечением 100 см^2 газу было передано количество теплоты $0,75 \cdot 10^5 \text{ Дж}$, причем давление газа оставалось постоянным и равным $1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, если поршень передвинулся на расстояние 40 см?
6. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль, на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определить работу газа и приращение его внутренней энергии.

Ответы

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. на 50 кДж | 4. 110 кДж |
| 2. на 35 кДж | 5. 3, 3 МДж |
| 3. -50 кДж | 6. 1МДж |

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»

1. Каков КПД идеальной тепловой машины, если температура нагревателя равна 140°C , а температура холодильника 17°C ?
2. КПД идеального теплового двигателя 40%. Газ получил от нагревателя 5 кДж теплоты. Какое количество теплоты отдано холодильнику?
3. КПД идеальной паровой турбины 60%, температура нагревателя 480°C . Какова температура холодильника и какая часть теплоты, получаемой от нагревателя, уходит в холодильник?
4. Температура нагревателя тепловой машины 150°C , а холодильника 25°C ; машина получила от нагревателя $4 \cdot 10^4$ Дж энергии. Как велика работа, произведенная машиной?
5. В идеальной тепловой машине, КПД которой 30%, газ получил от нагревателя 10 кДж теплоты. Какова температура нагревателя, если температура холодильника 20°C ? Сколько джоулей теплоты машина отдала холодильнику?
6. Температура пара, поступающего в турбину, 227°C , а температура холодильника 30°C . Определите КПД турбины и количество теплоты, получаемой от нагревателя каждую секунду, если за это же время бесполезно теряется 12 кДж энергии.

Ответы

- | | |
|---------|-------------------|
| 1. 30% | 4. $Q_2=0,4Q_1$ |
| 2. 3кДж | 5. 419 К; 7000 Дж |
| 3. 301К | 6. 40%; 20000 Дж |

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ «ЖИДКОСТЬ И ЕЁ СВОЙСТВА»

1. Какую массу имеет капля воды, вытекающая из стеклянной трубки диаметром 10^{-3} м, если считать, что диаметр шейки капли равен диаметру трубки.
2. Вычислите коэффициент поверхностного натяжения масла, если при пропускании через пипетку $3,6 \cdot 10^{-3}$ кг масла получено 304 капли. Диаметр шейки пипетки $1,2 \cdot 10^{-3}$ м.
3. С помощью пипетки отмерили 152 капли минерального масла. Их масса оказалась равной 1,82 г. определите диаметр шейки пипетки, если коэффициент поверхностного натяжения минерального масла $3 \cdot 10^{-2}$ Н/м.
4. В спирт опущена трубка. Диаметр её внутреннего канала равен $5 \cdot 10^{-4}$ м. На какую высоту поднимется спирт в трубке? Плотность спирта 800 кг/м^3 .
5. Керосин поднялся по капиллярной трубке на высоту $15 \cdot 10^{-3}$ м. Определите радиус трубки, если коэффициент поверхностного натяжения керосина $24 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а его плотность 800 кг/м^3 .
6. В капиллярной трубке радиусом $0,5 \cdot 10^{-3}$ м жидкость поднялась на $11 \cdot 10^{-3}$ м. определите плотность данной жидкости, если её коэффициент поверхностного натяжения $0,022 \text{ Н/м}$.
7. Тонкое металлическое кольцо диаметром 15 см соприкасается с водой. Какую силу нужно приложить к кольцу, чтобы оторвать его от воды? Масса кольца 10 г, коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным $0,072 \text{ Н/м}$.
8. Рамка с подвижной перекладиной длиной 10 см затянута мыльной плёнкой. Какую работу надо совершить против сил поверхностного натяжения, чтобы переместить перекладину на 2 см. ($\sigma = 0,045 \text{ Н/м}$)
9. К проволочке АВ длиной 3 см прикреплена нить, при помощи которой можно перемещать проволочку, растягивая мыльную плёнку. Каково поверхностное натяжение мыльной воды, если при перемещении проволочки на 2 см была совершена работа $0,5 \cdot 10^{-4}$ Дж.

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ «ТВЕРДЫЕ ТЕЛА И ИХ СВОЙСТВА»

1. Плуг сцеплен с трактором стальным тросом. Допустимое напряжение материала троса $\sigma = 20$ ГПа. Какой должна быть площадь поперечного сечения троса, если сопротивление почвы движению плуга равно $1,6 \cdot 10^5$ Н?
2. К закрепленной одним концом проволоке диаметром 2 мм подвешен груз массой 10 кг. Найти механическое напряжение в проволоке.
3. Какую наименьшую длину должна иметь свободно подвешенная за один конец стальная проволока, чтобы она разорвалась под действием силы тяжести? Предел прочности стали равен $3,2 \cdot 10^8$ Па, плотность – 7800 кг/м³.
4. Под действием силы 100 Н проволока длиной 5 м и площадью поперечного сечения $2,5$ мм² удлинилась на 1 мм. Определить напряжение, испытываемое проволокой, и модуль Юнга.
5. Чему равна относительная деформация стального стержня, сжатого силой $3,14 \cdot 10^5$ Н, если диаметр стержня 2 см, а его модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па?
6. Латунная проволока диаметром 0,8 мм, имеет длину 3,6 м. Под действием силы 25 Н проволока удлиняется на 2 мм. Определите модуль Юнга для латуни.
7. Каким должен быть модуль силы, приложенной к стержню вдоль его оси, чтобы в стержне возникло напряжение $1,5 \cdot 10^8$ Па? Диаметр стержня равен 0,4 см.
8. Балка длиной 5 м с площадью поперечного сечения 100 см² под действием сил по 10 кН, приложенных к её концам сжалась на 1 см. Найти относительное сжатие и механическое напряжение.
9. Какие силы надо приложить к концам стальной проволоки длиной 4 м и сечением $0,5$ мм² для удлинения ее на 2 мм? ($E = 210$ ГПа)

Ответы

- | | | |
|-------------------------------------|--|------------------------|
| 1. $8 \cdot 10^{-6}$ м ² | 4. $\sigma = 4 \cdot 10^7$ Па, $E = 200 \cdot 10^9$ Па | 7. $0,19 \cdot 10^4$ Н |
| 2. $0,32 \cdot 10^4$ Па | 5. $0,5 \cdot 10^{-2}$ | 8. $1 \cdot 10^6$ Па |
| 3. 4186 м | 6. $89,5 \cdot 10^9$ Па | |

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ

1. ТИПИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ СОСТОЯТ В ТОМ, ЧТОБЫ:

- а) По заданному распределению зарядов в пространстве найти созданное ими поле — вычислить напряженность и потенциал поля в произвольной точке, или, наоборот, зная характеристики поля, найти создающие его заряды.
- б) По заданному расположению и форме проводников, зная потенциал каждого проводника или их общий заряд, найти распределение зарядов в проводниках и вычислить поля, создаваемые этими проводниками.

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

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

2. ЗАДАЧИ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ В КУРСЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ФИЗИКИ УДОБНО РАЗДЕЛИТЬ НА ДВЕ ГРУППЫ

К первой группе можно отнести задачи о точечных зарядах и системах, сводящихся к ним, ко второй — все задачи о заряженных телах, размерами которых нельзя пренебречь.

Решение задач первой группы основано на применении законов механики с учетом закона Кулона и вытекающих из него следствий.

Такие задачи рекомендуется решать в следующем порядке:

- Расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.
- Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и поля и подставить эти выражения в исходное уравнение.

Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов. Далее, как обычно, надо записать вспомогательные формулы и полученную систему уравнений решить относительно неизвестной величины.

Задачи на расчет полей, созданных точечными зарядами, заряженными сферами и плоскостями, — нахождение напряженности или потенциала в какой-либо точке пространства основаны на использовании формул для расчета этих величин.

Особое внимание следует обращать на векторный характер напряженности \vec{E} и помнить, что знак перед потенциалом φ определяется знаком заряда, создающего поле.

Вычисление работы, совершенной полем над точечным зарядом, а также энергии, которую приобретает заряд в результате действия сил поля, особых затруднений не представляет. Эти величины могут быть найдены с помощью [формул](#) и уравнения закона сохранения и превращения энергии $A = W_1 - W_2$.

Как и раньше, под W_1 и W_2 здесь можно понимать только полную механическую энергию заряженного тела, под A — работу внешних сил, к которым можно отнести и силы электрического поля.

Решение задач второй группы основано на использовании формул для расчета энергии (работы) электрического поля и емкости заряженного конденсатора.

В задачах на систему заряженных тел (обычно плоских конденсаторов) прежде всего необходимо установить тип соединения; выяснить, какие из конденсаторов соединены между собой последовательно, какие параллельно.

Соединение элементов цепи, в том числе и конденсаторов, может не относиться ни к последовательному, ни к параллельному.

Общую емкость такого сложного соединения методами элементарной физики можно найти сравнительно просто лишь в тех случаях, когда в схеме есть точки с одинаковыми потенциалами. Такие точки можно соединять и разъединять, распределение зарядов и потенциалов на конденсаторах от этого не изменяется.

Соединяя или разъединяя точки с одинаковыми потенциалами, можно сложное включение конденсаторов свести к комбинации последовательных и параллельных соединений.

Точки с одинаковым потенциалом всегда есть в схемах, обладающих осью или плоскостью симметрии относительно точек подключения источника питания. Здесь можно различать два случая.

Если схема симметрична относительно оси (плоскости), проходящей через точки входа и выхода тока (имеется продольная плоскость симметрии), то точки одного потенциала находятся на концах симметричных сопротивлений, поскольку по ним идут одинаковые токи.

Если схема симметрична относительно оси (плоскости), перпендикулярной линии, на которой лежат точки входа и выхода тока — в схеме имеется поперечная ось (плоскость) симметрии, то одинаковым потенциалом обладают все точки, лежащие на пересечении этой оси (плоскости) с проводниками.

Это почти очевидное обстоятельство вытекает из того, что работа электрических сил над зарядами не зависит от формы пути.

Когда установлен тип соединения (последовательный или параллельный) конденсаторов и ясно, как найти их общую емкость, дальнейший расчет сведется к тому, чтобы определить связь между зарядами и напряжениями на конденсаторах и выразить через них емкости конденсаторов.

3. ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ И ОТВЕТАХ НА ОТДЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ ПОЛЕЗНО ИМЕТЬ В ВИДУ СЛЕДУЮЩЕЕ:

1. Положительные электрические заряды, предоставленные самим себе, движутся в электрическом поле от точек с большим потенциалом к точкам, где потенциал меньше. Отрицательные заряды перемещаются в обратном направлении.
2. Напряженность электрического поля внутри статически заряженного проводника равна нулю. Этот результат не зависит от того, наложено ли на проводник внешнее электрическое поле или нет. Потенциал всех точек, лежащих на проводнике, имеет при этом одинаковое значение, т.е. поверхность проводника **является эквипотенциальной**.
3. Потенциал земли и всех тел, соединенных проводником с землей, принимается равным нулю.
4. Работа сил электростатического поля по любому замкнутому контуру равна нулю.
5. Если два уединенных шара соединить тонким и длинным проводом, то их общая емкость будет равна сумме емкостей отдельных шаров, поскольку потенциалы шаров будут одинаковыми, а общий заряд системы равен сумме зарядов шаров. По этой же причине уединенный шар можно рассматривать как два конденсатора, соединенные между собой параллельно, с емкостями, равными $2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot r_{ш}$.
6. Если конденсатор состоит из двух проводящих сфер радиусами R и r с общим центром (сферический конденсатор), то его емкость равна:

$$C = \frac{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot r \cdot R}{R - r}$$
 где ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, разделяющей сферы.
7. Электрическое поле заряженного конденсатора можно рассматривать как результат наложения двух полей, созданных каждой обкладкой конденсатора. Если поля, создаваемые обкладками плоского заряженного конденсатора, можно считать однородными, то напряженность поля в конденсаторе будет в 2 раза больше напряженности поля, создаваемое одной бесконечной заряженной плоскостью.
8. В плоском конденсаторе одну пластину можно рассматривать как тело с зарядом q , помещенное в однородное электрическое поле с напряженностью E_1 , созданное другой пластиной. Тогда со стороны первой пластины на вторую (и наоборот) будет действовать сила:

$$F = q \cdot E_1 = \frac{q^2}{2\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}$$

Если плоский конденсатор подключить к источнику питания, зарядить его и затем отключить, то при изменении емкости C конденсатора вследствие раздвижения (сближения) или смещения пластин, внесения (удаления) диэлектрика заряд на конденсаторе не меняется.

Что при этом происходит с величинами q , U , E , F или W , устанавливают, **анализируя формулы связи напряженности электрического поля с разностью потенциалов, определения емкости, емкости плоского конденсатора.**

В том случае, когда между пластинами конденсатора вставляют (или вынимают) незаряженную металлическую пластинку, не замыкающую конденсатор, область поля конденсатора уменьшается на величину объема этой пластинки. Все величины будут при этом изменяться точно так же, как если бы мы сближали (или раздвигали) обкладки. Если конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения, то при всех указанных выше изменениях емкости конденсатора между его пластинка-

ми остается неизменным напряжение. Величины q , C , E и F могут при этом меняться.

9. Если батарею конденсаторов, подключить к источнику напряжения и сообщить ей некоторый заряд, то алгебраическая сумма зарядов любой группы обкладок, изолированных от источника, всегда должна быть равна нулю, поскольку **заряды** в этой группе пластин **разделяются вследствие индукции**.
10. При расчете полей, возникающих в системе заряженное тело — незаряженная проводящая поверхность, удобно использовать **метод зеркального изображения зарядов**. Этот метод основан на следующем принципе:
Если в электрическом поле заменить какую-либо эквипотенциальную поверхность проводником, имеющим потенциал и форму этой поверхности, то электрическое поле после такой замены останется прежним. Отсюда, в частности, следует, что при помещении точечного заряда вблизи бесконечной проводящей плоскости на последней заряды перераспределяются так, что электрическое поле между плоскостью и зарядом оказывается тождественным полю, создаваемому рассматриваемым зарядом и его зеркальным изображением в проводящей плоскости.

КРАТКО, ИЗЛОЖЕННОЕ ВЫШЕ, МОЖНО ВЫРАЗИТЬ В ВИДЕ СЛЕДУЮЩИХ ПРАВИЛ:

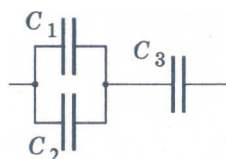
1. Сделать рисунок с изображением взаимодействующих зарядов, заданных проводников, емкостей, полей;
2. При изображении электростатических полей обязательно использовать правила проведения силовых линий и эквипотенциальных поверхностей;
3. Помнить, что сила взаимодействия между зарядами рассчитывается по закону Кулона только в том случае, если заряды можно считать точечными;
4. Учитывать, в какой среде находятся заряды или создано электростатическое поле (если в условии задачи не указана среда, то подразумевается вакуум ($\epsilon = 1$) или воздух, диэлектрическая проницаемость которого близка к единице);
5. Для нахождения величин зарядов после соприкосновения заряженных тел применять закон сохранения зарядов;
6. При действии на точечный заряд нескольких сил или полей использовать принцип суперпозиции (наложения);
7. Знать, что точечный заряд или система точечных зарядов будут в равновесии, если сумма всех сил, действующих на каждый заряд, равна нулю;
8. Расчет скоростей, энергий точечных зарядов или работы по их перемещению в неоднородных полях производить на основании закона сохранения энергии.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ. ДИСКРЕТНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА»

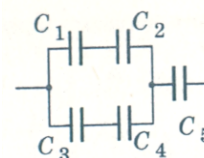
1. а) Правильно ли выражение: «При трении создаются заряды»? Почему?
б) Почему заряженный электроскоп разрядится быстрее, если его шар покрыт пылью?
2. а) Что надо сделать, чтобы наэлектризовать металлический предмет, держа его в руке?
б) Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить положительно другой такой же шарик, не изменяя заряда первого шарика?
3. а) Будет ли обнаружен на электроскопе заряд, если его шарик потереть наэлектризованной эбонитовой палочкой?
б) Отрицательно заряженное тело притягивает подвешенный на шелковой нити легкий шарик. Можно ли утверждать, что шарик заряжен положительно?
4. а) Можно ли на концах эбонитовой палочки получить одновременно два разноименных заряда? Как это сделать?
б) Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить отрицательно другой такой же шарик, не изменяя заряда первого шарика?
5. а) На тонкой шелковой нити висит заряженная бумажная гильза. Как узнать знак заряда гильзы, имея каучуковую расческу? б) На тонких шелковых нитях подвешены две одинаковые легкие бумажные гильзы. Одна из них заряжена, а другая - нет. Как определить, какая из них заряжена?
6. а) Можно ли наэлектризовать с помощью трения какой-нибудь проводник? Как это сделать?
б) Что произойдет, если к электроскопу, заряженному отрицательно, поднести, не прикасаясь к нему, положительно заряженную палочку из стекла?
7. а) Почему шарик, висящий на шелковой нити, притянувшись к наэлектризованному предмету, после соприкосновения с ним отскакивает?
б) Что произойдет, если заряд сообщить не стержню электроскопа, а его металлической оправе? Электроскоп стоит на изолирующей подставке.
8. а) Почему электризация при трении раньше всего была замечена на непроводящих электричество телах?
б) К легкой незаряженной станиолевой гильзе, подвешенной на шелковой нити, поднесли наэлектризованную стеклянную палочку и слегка коснулись гильзы пальцем руки. Что произойдет?

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»

1. Два заряда по $3,3 \cdot 10^{-8}$ Кл, разделенные слоем слюды, взаимодействуют с силой $5 \cdot 10^{-2}$ Н. Определите толщину слоя слюды, если её диэлектрическая проницаемость равна 8.
2. Заряд в $1,3 \cdot 10^{-9}$ Кл в керосине на расстоянии 0,005 м притягивает к себе второй заряд с силой $2 \cdot 10^{-4}$ Н. Найдите величину второго заряда. Диэлектрическая проницаемость керосина равна 2.
3. В некоторой точке поля на заряд 3 нКл действует сила 0,6 мкН. Найти напряженность поля в этой точке.
4. Металлическому шару радиусом 30 см сообщен заряд 6 нКл. Определите напряженность электрического поля на поверхности шара.
5. Два заряда $6 \cdot 10^{-7}$ и $-2 \cdot 10^{-7}$ Кл расположены в керосине на расстоянии 0,4 м друг от друга. Определить напряженность поля в точке, расположенной на середине отрезка прямой, соединяющей центры зарядов.
6. Какую скорость может сообщить электрону, находящемуся в состоянии покоя, ускоряющая разность потенциалов в 1000 В? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.
7. Из ядра атома радия со скоростью $2 \cdot 10^7$ м/с вылетает α - частица массой $6,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Определите энергию частицы и разность потенциалов, которая бы обеспечила частице такую энергию. Заряд частицы $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл.
8. Между двумя плоскими пластинами, к которым приложена разность потенциалов 500 В, находится во взвешенном состоянии пылинка массой 10^{-7} г. Расстояние между пластинами 5 см. Определить электрический заряд пылинки.
9. Определите толщину диэлектрика конденсатора, ёмкость которого 1400 пФ, площадь перекрывающих друг друга пластин $1,4 \cdot 10^{-3}$ м². Диэлектрик - слюда ($\epsilon = 6$).
10. Плоский конденсатор представляет собой две плоские металлические пластины площадью 36 см², между которыми находится слюдяная пластинка толщиной 0,14 см. Чему равна емкость конденсатора? Каков заряд конденсатора, если напряжение на нем равно 300 В?
11. Найти заряд, который нужно сообщить двум параллельно соединенным конденсаторам с ёмкостями 2 мкФ и 1 мкФ, чтобы зарядить их до разности потенциалов 20 кВ.
12. Определить электроёмкость батареи конденсаторов, если $C_1 = C_2 = 2$ нФ и $C_3 = 500$ пФ.



13. Определить электроёмкость батареи конденсаторов, если $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ и $C_3 = 1$ мкФ. $C_4 = 2$ мкФ, $C_5 = 6$ мкФ.



14. Энергия плоского воздушного конденсатора $2 \cdot 10^{-7}$ Дж. Определите энергию конденсатора после заполнения его диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$, если конденсатор подключен к источнику питания.
15. Конденсаторы емкостью 2 и 8 мкФ соединены последовательно и подключены к источнику напряжением 200 В. Определить разность потенциалов на каждом

конденсаторе и энергию конденсаторов.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

1. Задачи о движении электрических зарядов по проводникам и о явлениях, связанных с этим движением, удобно разделить на три типа:

- a) задачи **на вычисление сопротивлений, токов или напряжений** на каком-либо участке цепи;
- b) задачи **на работу, мощность в тепловое действие тока**
- c) задачи **на электролиз**.

Из задач первого типа можно выделить вспомогательную группу — задачи на вычисление сопротивлений отдельных проводников и различных соединений из них.

2. Если в условии задачи указано, из какого материала изготовлен проводник, или приводятся сведения о его геометрических размерах или массе, то для нахождения неизвестной величины, от которой зависит сопротивление проводника, нужно воспользоваться формулой сопротивления и соотношением между массой, плотностью и объемом проводника. Следует при этом иметь в виду, что, пользуясь представлениями электронной теории, удельное сопротивление можно выразить через величины, характеризующие свойства и движение элементарных зарядов.

Задачи о температурной зависимости сопротивлений, как правило, не представляют большой трудности, их легко решать с помощью уравнений

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \text{и} \quad \rho = \rho_0 (1 + \alpha \cdot t)$$

и тех указаний, которые были сделаны к задачам о линейном расширении тел.

При вычислении общего сопротивления какого-либо контура, составленного из нескольких проводников, необходимо, прежде всего, установить, есть ли в нем проводники, соединенные между собой последовательно или параллельно, или в схеме таких подключений нет.

В первом случае решение задачи основано на использовании формул для последовательного или параллельного соединения проводников, во втором нужно применять другие методы расчета, в которых формулы сопротивления играют уже не главную, а вспомогательную роль.

Решение задач на вычисление сопротивлений сложных соединений нужно начинать с анализа схемы и отыскания в ней каких-нибудь двух проводников, соединенных друг с другом последовательно или параллельно.

При этом все время надо следить за тем, чтобы в случае последовательного соединения ток между проводниками не разветвлялся, а в случае параллельного — их концы соединялись непосредственно.

Если в схеме удастся найти такие проводники, их следует заменить одним эквивалентным сопротивлением, используя формулы для последовательного или параллельного соединения проводников, и получить упрощенную схему.

В схемах, представляющих собой комбинацию последовательно и параллельно включенных проводников, этот прием нужно применять несколько раз и таким образом найти общее сопротивление.

Если в схеме не окажется ни последовательно, ни параллельно соединенных проводников, для вычисления общего сопротивления используют следующие два свойства электрической цепи:

- Во всякой электрической цепи точки с одинаковым потенциалом можно соединить и разъединить. Режим тока от этого не нарушается, поскольку ток между такими точками не идет.

- Работа по перемещению единичного заряда из одной точки однородной цепи в другую не зависит от сопротивления проводников, по которым проходит заряд, а определяется только разностью потенциалов между этими точками.

Иными словами, какой бы мы ни выбрали путь движения заряда по однородной цепи, алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках этой цепи равна разности потенциалов между начальной и конечной точками:

$$\sum U_i = \sum R_i \cdot I_i = U_0,$$

где I_i и R_i — токи и сопротивления отдельных участков.

Следует при этом помнить, что такое утверждение справедливо лишь в тех случаях, когда на заряды действуют только электрические силы, и на участках нет э.д.с.

Установив, что в схеме нет последовательно и параллельно соединенных проводников, нужно попытаться найти точки с одинаковыми потенциалами.

Точки с одинаковым потенциалом всегда есть в схемах, обладающих осью или плоскостью симметрии относительно точек подключения источника питания. Здесь можно различать два случая.

Если схема симметрична относительно оси (плоскости), проходящей через точки входа и выхода тока (имеется продольная плоскость симметрии), то точки одного потенциала находятся на концах симметричных сопротивлений, поскольку по ним идут одинаковые токи.

Если схема симметрична относительно оси (плоскости), перпендикулярной линии, на которой лежат точки входа и выхода тока — в схеме имеется поперечная ось (плоскость) симметрии, то одинаковым потенциалом обладают все точки, лежащие на пересечении этой оси (плоскости) с проводниками.

Это почти очевидное обстоятельство вытекает из того, что работа электрических сил над зарядами не зависит от формы пути.

Найдя в схемах точки с одинаковым потенциалом, нужно соединить их (если они были разъединены) или разъединить (если точки были соединены), после чего мы получим эквивалентную схему, составленную из последовательно и параллельно соединенных сопротивлений.

В общем случае, когда нет точек с равным потенциалом, обычно поступают так.

Проставляют токи на каждом сопротивлении и указывают их предполагаемое направление. Обозначив затем через I_0 суммарный ток, проходящий через данный контур (он равен току, подходящему к контуру), составляют уравнение токов для каждой точки разветвления (узла): сумма токов, подходящих к узлу, должна равняться сумме токов, исходящих из узла. Затем выбирают все возможные пути прохождения заряда между точками подключения контура и составляют для каждого из них уравнение падения напряжения вида:

$$I_0 R_0 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n,$$

где R_0 — общее сопротивление, всего контура, которое требуется найти.

Эти уравнения составляются на основании того, что падение напряжения $I_0 R_0$ на всем контуре равно алгебраической сумме падений напряжения на отдельных сопротивлениях, замыкающих цепь.

Если оказывается, что по какому-либо проводнику, входящему в рассматриваемую часть цепи, ток идет в направлении, противоположном начальному току участка, то падение напряжения на этом проводнике берут со знаком «минус»; в остальных случаях — со знаком «плюс».

Так как неизвестным является сопротивление R_0 , то число уравнений токов и напряжений должно быть на одно больше числа токов, введенных в решение.

Исключая из этих уравнений все токи, находят R_0 .

3. При решении задач на определение силы тока, напряжения или сопротивления на каком-либо участке цепи надо:

а) Начертить схему и указать на ней все элементы цепи: источники тока, сопротивления и конденсаторы.

б) Установить, если схема дана в готовом виде, какие элементы цепи включены последовательно, какие — параллельно.

в) Расставить токи и напряжения на каждом участке цепи и записать для каждой точки разветвления (если они есть) уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи.

При составлении таких уравнений для схем, в которых нет ни последовательных, ни параллельных соединений, следует руководствоваться указаниями п. 2.

г) Используя закон Ома (или формулу для напряжения на участке, содержащем э.д.с.), установить связь между токами, напряжениями и э.д.с. В результате получится система уравнений, полностью отражающая условия задачи и позволяющая определить искомую величину. Если в схеме делают какие-либо переключения сопротивлений или источников, уравнения составляют для каждого режима работы цепи.

При расчетах шунтов или добавочных сопротивлений к гальванометру можно использовать готовые формулы.

Чтобы расширить пределы измерения тока в n раз и измерять токи до значений $I > I_0$, параллельно амперметру нужно присоединить шунт с сопротивлением

$$R_{\text{ш}} = \frac{I_0 R_0}{I - I_0} = \frac{R_0}{n - 1},$$

где R_0 — внутреннее сопротивление амперметра.

Чтобы расширить пределы измерения напряжения в n раз и измерять напряжение до значений $U > U_0$, последовательно вольтметру нужно присоединить добавочное сопротивление

$$R_{\text{д}} = \frac{(U - U_0) R_0}{U_0} = (n - 1) R_0,$$

где R_0 — внутреннее сопротивление вольтметра.

д) Составляя зависимости между заданными и искомыми величинами, характеризующими элементы цепи и режим ее работы, нужно стараться не вводить в решение дополнительные величины, которые не даны и которые не требуется находить по условию задачи.

Решение большинства задач на ток построено на применении закона Ома. Этот закон можно записать в обычном, наиболее распространенном виде

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad \text{и в форме} \quad U = \frac{\mathcal{E} \cdot R}{R + r}.$$

В общем случае эти выражения не эквивалентны друг другу, второе из них имеет известное ограничение — оно справедливо, если на участке нет э.д.с.

Тем не менее, очень часто расчеты значительно сокращаются, если использовать именно вторую формулу, а не первую.

Обычно, когда составляют простую цепь, то известными являются элементы цепи: э.д.с. и сопротивления, и требуется найти на каком-либо участке ток или напряжение.

При некотором навыке вторая из указанных формул позволяет легко и быстро находить напряжение на отдельных участках цепи, не используя токи.

Для этого нужно все сопротивления или их группы, соединенные последовательно с сопротивлением рассматриваемого участка $R_{\text{уч}}$, внести во внутреннее сопротивление источника и считать его равным не r , а $r + R_0$,

где R_0 — общее сопротивление внешней цепи без сопротивления $R_{\text{уч}}$.

Нетрудно заметить, что после этого участок, на котором требуется найти напряжение, оказывается подключенным к зажимам источника и согласно формулам

$$U = I \cdot R = \frac{\mathcal{E} \cdot R}{R + r} = \mathcal{E} - I \cdot r,$$

напряжение на нем будет равно:

$$U_{\text{уч}} = \frac{\mathcal{E} \cdot R_{\text{уч}}}{R_{\text{уч}} + r + R_0}.$$

Зная напряжение на участке, можно найти и ток в нем по закону Ома для участка цепи.

е) Большие затруднения у учащихся вызывают задачи на расчет цепей, содержащих несколько источников тока, соединенных между собой последовательно или параллельно.

В первом случае можно рекомендовать такую последовательность действий:

- Найти общую э.д.с. контура \mathcal{E}_0 для последовательно соединенных батарей:

$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n.$$

Их общее внутреннее сопротивление

$$r_0 = r_1 + r_2 + \dots + r_n$$

- найти общее сопротивление контура $R + r_0$,

- найти ток в контуре I_0 по формуле

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{R + r_0}$$

(он будет одинаковый на всех участках) и затем

- применить для рассматриваемого участка **формулу разности потенциалов**

$$U_0 = \varphi_1 - \varphi_2 = \mathcal{E}_0 \mp I_0 (R + r_0),$$

где φ_1 и φ_2 — потенциалы начала и конца участка в направлении тока.

В этой формуле предполагается, что э.д.с. направлена от φ_2 к φ_1 , т.е. начало и конец участка примыкают соответственно к положительному и отрицательному полюсу источника. Знак "минус" перед I_0 , берется в тех случаях, когда ток по участку течет от φ_2 к φ_1 (внутри источника от положительного полюса к отрицательному). Последнее возможно при условии, что на других участках данной цепи содержатся э.д.с., включенные навстречу э.д.с. рассматриваемого участка.

Во втором случае удобно поступать так:

- расставить токи, протекающие через элементы цепи (иногда направление токов можно предвидеть заранее; если же этого сделать не удастся, то их направление ставится наугад);
- записать уравнение токов для узлов и после этого использовать **формулу разности потенциалов** для параллельных ветвей, содержащих э.д.с. Так как ветви соединены параллельно, напряжение на них будет одинаковым. Чаще всего этими уравнениями условия задачи математически исчерпываются полностью.

Указанная последовательность действий при решении всех задач рассматриваемой группы будет правильной всегда, но она не всегда обязательна.

При достаточном навыке в решении задач многие промежуточные выкладки можно опускать и записывать лишь наиболее важные соотношения, которые нужны непосредственно для определения искомой величины.

4. Задачи на работу, мощность и тепловое действие тока в свою очередь можно разбить на три группы.

К первой группе относятся задачи на расчет электрической цепи, аналогичные тем, что рассматривались выше. Для их решения составляют те же уравнения закона Ома, но к ним добавляют формулы мощности.

Если по условию задачи даны значения мощности, выделяемой в проводниках, и требуется найти силу тока, напряжение или сопротивление проводников, то эти формулы играют вспомогательную роль.

Если же значение мощности нужно определить, эти формулы можно рассматривать как основное расчетное соотношение и начинать решение с их составления.

Особое внимание здесь нужно обратить на **выбор исходной формулы мощности**.

Анализируя условия задачи, необходимо, прежде всего, установить, идет ли речь о мощности, выделяемой на участке цепи, или о мощности, развиваемой источником — полной мощности в цепи, или же о мощности во внешней цепи источника.

В каждом из этих случаев нужно, в свою очередь, обратить внимание на то, какие из величин даны и какие требуется найти, и подобрать соответствующее расчетное соотношение.

В большинстве случаев удачное использование этих формул бывает достаточным для решения.

Решая задачи на мощность, выделяемую во внешней цепи, желательно помнить, что она будет максимальной, когда внешнее сопротивление цепи равно сопротивлению источника. Этим результатом можно пользоваться как готовым и значительно сократить вычисления.

Ко второй группе относятся задачи на тепловое действие тока.

Основным расчетным соотношением в них является закон Джоуля-Ленца.

Перед тем как приступать к составлению уравнений, необходимо установить, какую из

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{или} \quad Q = I \cdot U \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

формул

принять за исходную.

Обе формулы можно применять в том случае, когда участок цепи не содержит источников тока; если же на участке имеются э.д.с., в качестве основной расчетной формулы надо взять формулу

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Если в уравнении закона Джоуля-Ленца окажется два и более неизвестных, к нему нужно добавить формулы теплоты и сопротивления.

В задачах на сравнение количества теплоты, выделяемой в разных проводниках, при выборе исходных уравнений можно руководствоваться следующим.

Если при переходе от одного участка цепи к другому или при подключении и выключении сопротивлений сила тока в проводниках остается одинаковой, удобно брать формулу

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{и составлять уравнение закона Джоуля-Ленца для каждого участка.}$$

Если же при переходе от участка к участку или подключении сопротивлений одинаковым оказывается напряжение на проводниках, удобнее воспользоваться формулой

$$Q = I \cdot U \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

лой

На задачи третьей группы следует обратить особое внимание, хотя их сравнительно мало. Эту группу составляют **задачи о превращении электрической энергии в механическую, тепловую и химическую при работе электромашины постоянного тока.**

Решение таких задач основано на применении уравнения закона сохранения и превращения энергии:

$$I \cdot \mathcal{E} = I^2 \cdot R + N_{\text{мех}} + N_{\text{х}}$$

Проанализировав условия и установив, на каких участках цепи электрическая энергия превращается в теплоту и механическую энергию, необходимо записать это исходное уравнение

для каждого режима работы цепи.

В простейших случаях этого достаточно, в более сложных задачах к основному уравнению приходится добавлять формулы законов постоянного тока и механики.

5. Решение задач на электролиз всегда удобно начинать с составления уравнения обобщенного закона Фарадея

$$m = \frac{1}{e \cdot N_A} \cdot \frac{M}{n} \cdot I \cdot t$$

В большинстве случаев все величины, входящие в это уравнение, кроме одной, заданы и нахождение неизвестного не представляет почти никакого труда.

Если даны два вещества или более, это уравнение составляют для каждого из них.

Для решения более сложных задач нужно воспользоваться вспомогательными формулами для нахождения m , q или I и, используя уравнение закона Фарадея, составить формулу, в которую входили бы величины, связанные с электролизом, но не входящие в основное уравнение.

Ими могут быть, например, толщина слоя металла, выделившегося на катоде, скорость роста этого слоя, расход электроэнергии на единицу массы получаемого металла, отношение

заряда иона к его массе.

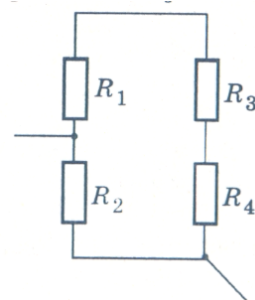
Эти формулы нет надобности запоминать, но знать об их существовании необходимо.

Если в задаче рассматривается выделение газа при электролизе, то следует иметь в виду, что масса газа входит и в формулу закона Фарадея, и в уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона и через нее можно установить связь между всеми остальными величинами, входящими в эти формулы.

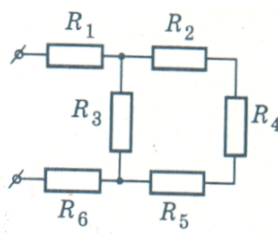
ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. СИЛА ТОКА. НАПРЯЖЕНИЕ. СОПРОТИВЛЕНИЕ»

1. Через электрическую лампочку за 5 мин проходит заряд в 150 Кл. Какова сила тока в лампочке?
2. Через проводник длиной 12 м и сечением $0,1\text{мм}^2$, находящийся под

- напряжением 220 В, протекает ток 4 А. Определите удельное сопротивление проводника.
- Длина провода, подводящего ток к потребителю, равна 60 м. Какое сечение должен иметь медный провод, если при силе протекающего по нему тока 160 А потеря напряжения составляет 8 В?
 - Рассчитайте силу тока, проходящего по медному проводу длиной 100 м и площадью поперечного сечения $0,5 \text{ мм}^2$ при напряжении 6,8 В.
 - Определите напряжение на концах стального проводника длиной 140 см и площадью поперечного сечения $0,2 \text{ мм}^2$, в котором сила тока 250 мА.
 - В спирали электронагревателя, изготовленного из никелиновой проволоки площадью поперечного сечения $0,1 \text{ мм}^2$, при напряжении 220 В сила тока 4 А. Какова длина проволоки, составляющей спираль?
 - Линия электропередачи имеет длину 200 км. Для ее изготовления использован провод из алюминия сечением 150 мм^2 . Сила тока в линии 150 А. Определите падение напряжения в линии.
 - Сопротивление медного проводника при 0°C равно 4 Ом. Каково его сопротивление при 100°C , если температурный коэффициент сопротивления меди равен $0,0043 \text{ K}^{-1}$?
 - Чему равно общее сопротивление участка, изображенного на рисунке, если $R_1 = 60 \text{ Ом}$, $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$, $R_4 = 3 \text{ Ом}$?



- Найдите полное сопротивление R показанной на рисунке цепи, если $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 24 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$.



Ответы

- | | |
|---|------------|
| 1. 0,5A | 6. 13,75м |
| 2. $0,45 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ | 7. 37В |
| 3. $40,8 \text{ мм}^2$ | 8. 5,72 Ом |
| 4. 2А | 9. 10,4 Ом |
| 5. 0,26В | 10. 18 Ом |

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ:

«ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ. ИСТОЧНИКИ ТОКА»

- Аккумулятор мотоцикла имеет ЭДС 6 В и внутреннее сопротивление 0,5 Ом. К нему подключен реостат сопротивлением 5,5 Ом. Найдите силу тока в реостате.
- ЭДС батарейки карманного фонарика равна 3,7 В, внутреннее сопротивление

- 1,5 Ом. Батарейка замкнута на сопротивление 11,7 Ом. Каково напряжение на зажимах батарейки?
3. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах источника.
 4. ЭДС батареи 6 В. Внешнее сопротивление цепи равно 11,5 Ом, а внутреннее - 0,5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах батареи.
 5. Проводник какого сопротивления надо включить во внешнюю цепь генератора с ЭДС 220 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом, чтобы на его зажимах напряжение оказалось равным 210 В?
 6. При подключении внешней цепи напряжение на полюсах источника равно 9 В, а сила тока в цепи - 1,5 А. Каково внутреннее сопротивление батареи и сопротивление внешней цепи? ЭДС источника 15 В.

Ответы

- | | |
|------------|-----------------|
| 1. 1А | 4. 0,5А; 5,75 В |
| 2. 3,28В | 5. 2,1 Ом |
| 3. 2А; 10В | 6. 4Ом; 6Ом |

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ»

1. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с длиной активной части 5 см действует сила 50 мН? Сила тока в проводнике 25 А. Проводник расположен перпендикулярно индукции магнитного поля.
2. В однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл на проводник с током В 30 А, длина активной части которого 10 см, действует сила 1,5 Н. Под каким углом к вектору индукции расположен проводник?
3. Какова сила тока в проводнике, находящемся в однородном магнитном поле с

- индукцией 2 Тл, если длина активной части проводника 20 см, сила, действующая на проводник, 0,75 Н, а угол между направлением линий индукции и током 49° ?
4. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с током $I = 25$ А действует сила 0,05 Н? Длина активной части проводника 5 см. Направление линий индукции и тока взаимно перпендикулярны.
 5. На прямой проводник длиной 0,5 м, расположенный перпендикулярно силовым линиям поля с индукцией 0,02 Тл, действует сила 0,15 Н. Найти силу тока, протекающего по проводнику.
 6. На проводник длиной 50 см с током 2 А в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл действует сила 0,05 Н. Определите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

Ответы

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. 40 мТл | 4. 0,04 Тл |
| 2. 39° | 5. 15А |
| 3. 2,5 А | 6. 30° |

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ «МАТЕМАТИЧЕСКИЙ И ПРУЖИННЫЙ МАЯТНИК»

1. Какова длина математического маятника, если период его колебания равен 2 с?
2. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
3. Пружина под действием прикрепленного к ней груза массой 5 кг совершает 45 колебаний в минуту. Найти коэффициент жесткости пружины.
4. Ускорение свободного падения на поверхности Луны равно $1,6 \text{ м/с}^2$. Какой

длины должен быть математический маятник, чтобы его период колебания на Луне был равен 4,9 с?

5. Математический маятник длиной 99,5 см за одну минуту совершал 30 полных колебаний. Определить период колебания маятника и ускорение свободного падения в том месте, где находится маятник.
6. Груз массой 9,86 кг колеблется на пружине, имея период колебаний 2 с. Чему равна жесткость пружины? Какова частота колебаний груза?
7. Пружина под действием груза удлинилась на 1 см. Определите, с каким периодом начнет совершать колебания этот груз на пружине, если его вывести из положения равновесия.

Ответы

- | | |
|------------|-----------------------------|
| 1. 1м | 5. 2с; 9,81м/с ² |
| 2. 4кг | 6. 97 Н/м; 0,5Гц |
| 3. 110 Н/м | 7. 0,2с |
| 4. 0,98м | |

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ»

1. Анализируя условия задачи, необходимо прежде, всего установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром, и определить, какая из величин B , S или α , входящих в выражение для магнитного потока Φ , изменяется с течением времени. После этого нужно записать закон электромагнитной индукции Фарадея для одного витка или для нескольких витков

$$\mathcal{E} = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

Если в задаче речь идет о поступательном движении прямого проводника, то э.д.с. ин-

дукции определяют по формуле

$$\mathcal{E} = B \cdot v \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

вытекающей из закона электромагнитной индукции.

2. Затем выражение для Φ надо представить в развернутом виде. Для этого выбирают два момента времени t_1 и t_2 и для каждого из них определяют потоки Φ_1 и Φ_2 , связанные с данным контуром. Изменение магнитного потока за время $\Delta t = t_2 - t_1$ в зависимости от условия задачи, будет равно или

$$\Delta \Phi = (B_2 - B_1) \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

если изменяется магнитная индукция поля, в котором находится контур, или

$$\Delta \Phi = B \cdot S (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1),$$

если изменяется положение рамки в поле, или, наконец,

$$\Delta \Phi = B \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha,$$

где ΔS — площадь, описанная в пространстве движущимся проводником.

3. Далее надо подставить выражение для $\Delta \Phi$ в исходную формулу закона электромагнитной индукции и, записав дополнительные условия, решить полученные уравнения совместно относительно искомой величины.

Наибольшие затруднения возникают обычно при расчете электрических цепей, содержащих аккумуляторы, когда на одном из участков цепи возникает э.д.с. индукции, вызванная движением проводника в магнитном поле.

Решение в этом случае нужно начинать с определения величины и направления этой э.д.с, после чего задача сведется к расчету обычной цепи постоянного тока с несколькими источниками э.д.с., соединенными между собой последовательно или параллельно.

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ»

1. Какова индуктивность катушки, если при равномерном изменении в ней тока от 5 до 10 А за 0,1 с возникает ЭДС самоиндукции, равная 20 В?
2. Какова скорость изменения силы тока в обмотке реле с индуктивностью 3,5 Гн, если в ней возбуждается ЭДС самоиндукции 105 В?
3. Катушка индуктивностью 1 Гн включается на напряжение 20 В. Определить время, за которое сила тока в ней достигает 30 А.
4. В катушке сопротивлением 5 Ом течет ток 17 А. Индуктивность катушки 50 мГн. Каким будет напряжение на зажимах катушки, если ток в ней равномерно возрастает со скоростью 1000 А/с?
5. Какова индуктивность витка проволоки, если при силе тока 6 А создается

магнитный поток $12 \cdot 10^{-3}$ Вб? Зависит ли индуктивность витка от силы тока в нем?

6. Индуктивность контура 0,05 Гн. Чему равен магнитный поток, пронизывающий контур, если сила тока в нем 8 А?

Ответы

1. 0,4Гн
2. 30А/с
3. 1,5с

4. 133 В
5. 2мГн
6. 0,4Вт

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КВАНТОВОЙ ОПТИКЕ

Задачи по этому разделу в частности решаются на **уравнение Эйнштейна для фотоэффекта**:

$$E_{\phi} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к.}}$$

E_{ϕ} -энергия фотона падающего на поверхность металла.

$$E_{\phi} = h\nu = hc/\lambda.$$

h -постоянная Планка. ν -частота падающего света. $h=6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с. $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

$A_{\text{вых}}$ -это работа выхода электрона из поверхности металла.

$A_{\text{вых}}$ – это энергия, которой должен обладать электрон, для того, чтобы преодолеть силу притяжения со стороны узлов кристаллической решетки и вылететь на поверхность металла. Работа выхода зависит только от свойств металла и для данного металла является величиной постоянной (табличное значение).

E_k – кинетическая энергия движение электронов после вылета на поверхность металла.

$$E_k = mv^2/2 = q_e U_z, \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$$

v – скорость движения электрона. q_e – заряд электрона = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

U_z – задерживающее напряжение.

Красная граница фотоэффекта – минимальная частота (максимальная длина волны) при которой возможен фотоэффект. Считается, что фотоэффект произойдет уже в том случае, если энергия фотона хватит на совершение работы выхода.

Примеры задач:

Задача 1.

Определить энергию и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 0,1$ мкм, а также красную границу фотоэффекта.

Решение

Энергию фотоэлектронов и максимальную скорость фотоэлектронов можно определить из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта

$$\varepsilon = A + T_{\text{max}},$$

где ε – энергия фотонов, падающих на поверхность металла; A – работа выхода (для серебра $A = 4,7$ эВ); T_{max} – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

Энергию фотона ультрафиолетового излучения определим по формуле

$$\varepsilon = h\nu = hc/\lambda,$$

где h – постоянная Планка ($h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$); ν и λ – частота и длина волны электромагнитного излучения; c – скорость света ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$).

В данном случае энергия фотона $\varepsilon = 12,41$ эВ, что много меньше энергии покоя электрона ($E_0 = 0,51 \text{ МэВ}$). Следовательно, для данного случая воспользуемся классической формулой для нахождения кинетической энергии и скорости фотоэлектрона.

$$T_{\text{max}} = \varepsilon - A = 19,86 \cdot 10^{-19} - 7,52 \cdot 10^{-19} = 1,234 \cdot 10^{-18} \text{ Дж.}$$

$$\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = T_{\text{max}}, \text{ откуда } v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2T_{\text{max}}}{m}};$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,234 \cdot 10^{-18}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,65 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Красная граница фотоэффекта λ_{max} находится из условия

$$A_{\text{вых}} = hc/\lambda_{\text{max}}, \text{ откуда}$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{7,52 \cdot 10^{-19}} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Задача 2.

На фотоэлемент с катодом из лития падает свет с длиной волны $\lambda = 150$ нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов U_3 , которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

Решение

Запишем закон Эйнштейна для фотоэффекта

$$hc/\lambda = A + mV_{\max}^2/2,$$

где h - постоянная Планка, c - скорость света в вакууме; λ - длина волны; A - работа выхода электрона из лития ($A=2,39$ эВ); $T=mV_{\max}^2/2$ - кинетическая энергия вылетевших с поверхности металла фотоэлектронов.

Фототок прекратится тогда, когда кинетическая энергия фотоэлектронов будет равна работе электрического поля по торможению электронов

$$T=mV_{\max}^2/2=A_{\text{эл}}=eU_3, \text{ или } hc/\lambda=A + eU_3,$$

где e - заряд электрона; U_3 - задерживающий потенциал, ($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $c=3 \cdot 10^8$ м/с; $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

$$U_3 = \frac{hc}{\lambda e} - \frac{A}{e},$$

$$U_3 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^{-7} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} - 2,39 = 5,885 \text{ В}.$$

ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ:

«ЗАКОНЫ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА. ИЗЛУЧЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ»

1. Наибольшая длина волны света, при которой наблюдается фотоэффект для калия, $6,2 \cdot 10^{-5}$ см. Найти работу выхода электронов из калия.
2. Определить наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с длиной волны 400 нм.
3. Определить красную границу фотоэффекта для платины.
4. Найти работу выхода электрона с поверхности некоторого материала, если при облучении этого материала желтым светом скорость выбитых электронов равна $0,28 \cdot 10^6$ м/с. Длина волны желтого света равна 590 нм.
5. Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные с поверхности меди, при облучении ее светом с частотой $6 \cdot 10^{16}$ Гц?
6. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом частотой 1 ПГц?
7. Какой длины волны свет надо направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 2 Мм/с?
8. Наибольшая длина волны света, при которой происходит фотоэффект для вольфрама, 0,275 мкм. Найти работу выхода электронов из вольфрама; наибольшую скорость электронов, вырывающихся из вольфрама светом с длиной волны 0,18 мкм.

Ответы

1. $3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж
2. $6,5 \cdot 10^5$ м/с
3. $2,34 \cdot 10^{-7}$ м
4. $3,02 \cdot 10^{-19}$ Дж
5. $3,93 \cdot 10^{-17}$ Дж
6. 3,14 эВ
7. 94,4 нм
8. $7,2 \cdot 10^{-19}$ Дж; $9,1 \cdot 10^5$ м/с

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

ЛИТЕРАТУРА

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных федеральными конституционными зако-

- нами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ) // СЗ РФ. — 2009. — № 4. — Ст. 445.
2. Федеральный закон от 29.12. 2012 № 273-ФЗ (в ред. федеральных законов от 07.05.2013 № 99-ФЗ, от 07.06.2013 № 120-ФЗ, от 02.07.2013 № 170-ФЗ, от 23.07.2013 № 203-ФЗ, от 25.11.2013 № 317-ФЗ, от 03.02.2014 № 11-ФЗ, от 03.02.2014 № 15-ФЗ, от 05.05.2014 № 84-ФЗ, от 27.05.2014 № 135-ФЗ, от 04.06.2014 № 148-ФЗ, с изм., внесенными Федеральным законом от 04.06.2014 № 145-ФЗ) «Об образовании в Российской Федерации».
 3. Приказ Министерства образования и науки РФ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования» (зарегистрирован в Минюсте РФ 07.06.2012 № 24480).
 4. Приказ Минобрнауки России от 29.12.2014 № 1645 «О внесении изменений в Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413 “Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования”».
 5. Письмо Департамента государственной политики в сфере подготовки рабочих кадров и ДПО Минобрнауки России от 17.03.2015 № 06-259 «Рекомендации по организации получения среднего общего образования в пределах освоения образовательных программ среднего профессионального образования на базе основного общего образования с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов и получаемой профессии или специальности среднего профессионального образования».
 6. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 25.06.2012, с изм. от 05.03.2013) // СЗ РФ. — 2002. — № 2. — Ст. 133.
 7. Примерная программа общеобразовательной учебной дисциплины «Физика» для профессиональных образовательных организаций *(Рекомендовано Федеральным государственным автономным учреждением «Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО»)) в качестве примерной программы для реализации основной профессиональной образовательной программы СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего образования Протокол № 3 от 21 июля 2015 г. Регистрационный номер рецензии 384 от 23 июля 2015 г. ФГАУ «ФИРО»*

Основные источники

1. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.. Базовый уровень.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. - М., 2014.- 287с.
2. Касьянов В.А Физика. 11 кл. Базовый уровень.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. - М., 2015. -272с.:ил., 6 л.цв.вкл.
3. Р. А. Гладкова, А. Л. Косоруков, Ф. С. Цодиков Сборник задач и упражнений по физике. Учебное пособие. – М., 2011.-400с.
4. Трофимова Т. И., Фирсов А. В. Физика для профессий и специальностей технического и естественнонаучного профилей: Сборник задач. — М., 2013.-288с.
5. Трофимова Т. И., Фирсов А. В. Физика для профессий и специальностей технического и естественнонаучного профилей: Решения задач. — М., 2012.- 400с.
6. Трофимова Т. И., Фирсов А. В. Физика. Справочник. — М.:Издательский центр «Академия», 2012.-272с.
7. Фирсов А. В. Физика для профессий и специальностей технического и естественнонаучного профилей: учебник для образовательных учреждений сред. проф. образования / под ред.Т. И. Трофимовой. — М.:Издательский центр «Академия», 2014. -352с.

Дополнительные источники

1. Громов С.В. Шаронова Н.В. Физика, 10-11: Книга для учителя. - М., 2013.-189с.
2. Кабардин О.Ф., Орлов В.А Экспериментальные задания по физике. 9-11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. - М, 2011. -201с.
3. Касьянов В.А Методические рекомендации по использованию учебников В.А.Касьянова «Физика. 10 кл.», «Физика. 11 кл.» при изучении физики на базовом и профильном уровне. - М., 2012. -64с.
4. Касьянов В.А. Физика. 10, 11 кл. Тематическое и поурочное планирование. - М., 2012. -72с.
5. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10-11 кл. общеобразовательных учреждений. - М., 2011. -254с.
6. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования / Министерство образования РФ. - М., 2012. -156с.
7. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. Учебник для 10 кл. - М., 2011.-352с.
8. Генденштейн Л.Э. Дик Ю.И. Физика. Учебник для 11 кл. - М., 2014. -384с.
9. Громов С.В. Физика: Механика. Теория относительности. Электродинамика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. - М., 2011. -383с.
10. Громов С.В. Физика: Оптика. Тепловые явления. Строение и свойства вещества: Учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений. - М., 2011.-378с.
11. Дмитриева В.Ф. Задачи по физике: учеб. пособие. - М., 2012. -336с.
12. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник. - М., 2012. -464с.
13. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Сборник задач и вопросы по физике: учеб. пособие. - М., 2013-176с..

Интернет - ресурсы

1. www.alleng.Ru
2. Metodist.ibz.ru
3. Imc.tomsk.ru
4. www.scheptikin.narod
5. www.den-za-dnem.ru
6. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
7. www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
8. www.booksgid.com (Books Gid. Электронная библиотека).
9. www.globalteka.ru (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
10. www.window.edu.ru (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
11. www.st-books.ru (Лучшая учебная литература).
12. www.school.edu.ru (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
13. www.ru/book (Электронная библиотечная система).
14. www.alleng.ru/edu/phys.htm (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
15. www.school-collection.edu.ru (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).
16. <https://fiz.1september.ru> (учебно-методическая газета «Физика»).
17. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
18. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
19. www.college.ru/fizika (Подготовка к ЕГЭ).
20. www.kvant.mccme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»).
21. www.yos.ru/natural-sciences/html (естественно-научный журнал для молодежи «Путь в науку»).

