

**Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа № 152 г. Челябинска»**

(приложение к ООП СОО)

**Рабочая программа
курса по выбору «Решение физических задач – основа инженерного мышления»**

Одно из труднейших звеньев учебного процесса – научить учащихся решать задачи. Физическая задача – это ситуация, требующая от учащихся мыслительных и практических действий на основе законов и методов физики, направленных на овладение знаниями по физике и на развитие мышления. Организация деятельности по решению задач является одним из условий обеспечения глубоких и прочных знаний у учащихся.

Решение физических задач раскрывает, в том числе, внутренние ресурсы личности ученика, выявляет уже заложенный в него потенциал, раскрывает творческое взаимодействие учителя и ученика по всем каналам восприятия окружающего мира, а также формирует инженерное мышление учащихся.

Инженерное мышление – особый вид мышления, формирующийся и проявляющийся при решении инженерных задач, позволяющих быстро, точно и оригинально решать поставленные задачи, направленные на удовлетворение технических потребностей в знаниях, способах, приемах, с целью создания технических средств и организации технологий.

Настоящий элективный курс рассчитан на преподавание в объеме 68 часов (1 час в неделю на два года обучения 10-11 классы). Основная направленность курса - подготовить учащихся к ЕГЭ с опорой на знания и умения учащихся, приобретенные при изучении физики в 7-9 классах, а также углублению знаний по темам при изучении курса физики в 10-11 классах. Занятия проводятся 1 час в неделю в течение 4 полугодий (на два года обучения).

Цель элективного курса:

формирование у обучающихся осознанного стремления к получению образования по инженерным специальностям и рабочим профессиям технического профиля.

Задачи курса:

1. развить познавательные интересы, интеллектуальные и творческие способности в процессе решения физических задач и самостоятельного приобретения новых знаний;
2. формировать представление о постановке, классификаций, приемах и методах решения физических задач;
3. применять знания по физике для объяснения явлений природы, свойств вещества, решения физических задач, самостоятельного приобретения и оценки новой информации физического содержания;
4. углубить и систематизировать знания учащихся;
5. овладеть основными методами решения задач;
6. решать задачи, связанные современным производством.

Программа элективного курса составлена с учетом государственного образовательного стандарта и содержанием основной программы курса физики базовой школы. Она ориентирует ученика на дальнейшее совершенствование уже усвоенных учащимися знаний и умений. Для этого вся программа делится на несколько разделов. В программе выделены основные разделы школьного курса физики, в начале изучения которых с учащимися повторяются основные законы и формулы данного раздела. При подборе задач по каждому разделу можно использовать вычислительные, качественные, графические, экспериментальные задачи. Большинство задач имеют

практическую направленность. Решение задач прививает навыки логического рассуждения, эвристического мышления, вырабатывает исследовательские навыки.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ПО ВЫБОРУ «РЕШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ – ОСНОВА ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ»

Физическая задача. Классификация задач

Что такое физическая задача? Состав физической задачи. Физическая теория и решение задач. Значение задач в обучении и в жизни.

Классификация физических задач по требованию, содержанию, способу задания, способу решения. Примеры задач всех видов.

Составление физических задач. Основные требования к составлению задач. Способы и техника составления задач. Примеры задач всех видов.

Механика

Границы применимости классической механики. Важнейшие кинематические характеристики – перемещение, скорость, ускорение. Основные модели тел и движений.

Взаимодействие тел. Законы Всемирного тяготения, Гука, сухого трения. Инерциальная система отсчета. Законы механики Ньютона.

Импульс материальной точки и системы. Изменение и сохранение импульса. Механическая энергия системы тел. Закон сохранения механической энергии. Работа силы.

Равновесие материальной точки и твердого тела. Условия равновесия. Момент силы. Равновесие жидкости и газа. Движение жидкостей и газов.

Механические колебания и волны. Превращения энергии при колебаниях. Энергия волны.

Молекулярная физика и термодинамика

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) строения вещества и ее экспериментальные доказательства. Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц вещества. Модель идеального газа. Давление газа. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Менделеева–Клапейрона.

Агрегатные состояния вещества. *Модель строения жидкостей.*

Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии. Первый закон термодинамики. Необратимость тепловых процессов. Принципы действия тепловых машин.

Электродинамика

Электрическое поле. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Конденсатор.

Постоянный электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи. Электрический ток в проводниках, электролитах, полупроводниках, газах и вакууме. *Сверхпроводимость.*

Индукция магнитного поля. Действие магнитного поля на проводник с током и движущуюся заряженную частицу. Сила Ампера и сила Лоренца. Магнитные свойства вещества.

Закон электромагнитной индукции. Электромагнитное поле. Переменный ток. Явление самоиндукции. Индуктивность. *Энергия электромагнитного поля.*

Электромагнитные колебания. Колебательный контур.

Электромагнитные волны. Диапазоны электромагнитных излучений и их практическое применение.

Геометрическая оптика. Волновые свойства света.

Основы специальной теории относительности

Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна. Связь массы и энергии свободной частицы. Энергия покоя.

Квантовая физика. Физика атома и атомного ядра

Гипотеза М. Планка. Фотоэлектрический эффект. Фотон. Корпускулярно-волновой дуализм. *Соотношение неопределенностей Гейзенберга.*

Планетарная модель атома. Объяснение линейчатого спектра водорода на основе квантовых постулатов Бора.

Состав и строение атомного ядра. Энергия связи атомных ядер. Виды радиоактивных превращений атомных ядер.

Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Цепная реакция деления ядер.

Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.

Астрофизика

Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд. Классификация звезд. Звезды и источники их энергии.

Галактика. Представление о строении и эволюции Вселенной.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ КУРСА ПО ВЫБОРУ «РЕШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ – ОСНОВА ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ»

ЛИЧНОСТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

При составлении материалов учитывался системно-деятельностный подход в обучении, ориентированный на такие компоненты учебной деятельности, как познавательная мотивация, учебная задача, способы решения поставленной задачи или проблемы, самоконтроль и самооценка. В ходе работы учащегося с учебным формируются соответствующие предметные, метапредметные и личностные навыки.

Личностными результатами изучения предмета элективного курса «Решение физических задач – основа инженерного мышления» являются:

- умение замечать и описывать явления окружающего мира с точки зрения физики;
- сформированность самостоятельности в приобретении новых знаний и умений;
- сформированность познавательного интереса, интеллектуальных и творческих способностей.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате изучения курса по выбору на уровне СОО у обучающегося будут сформированы познавательные УУД, коммуникативные УУД, регулятивные УУД, совместная деятельность.

Регулятивные УУД

1. Анализировать существующие и планировать будущие образовательные результаты.
2. Ставить цель деятельности на основе определённой проблемы и существующих возможностей.
3. Формулировать учебные задачи как шаги достижения поставленной цели деятельности.
4. Определять необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и составлять алгоритм их выполнения.
5. Определять/находить (в том числе из предложенных вариантов) условия для выполнения учебной и познавательной задачи.
6. Выбирать из предложенных вариантов и самостоятельно искать средства/ресурсы для решения задачи/достижения цели.
7. Определять потенциальные затруднения при решении учебной и познавательной задач и находить средства для их устранения.
8. Планировать и корректировать свою индивидуальную образовательную траекторию.
9. Определять совместно с педагогом и сверстниками критерии планируемых результатов и критерии оценки своей учебной деятельности.
10. Систематизировать (в том числе выбирать приоритетные) критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности.
11. Находить достаточные средства для выполнения учебных действий в изменяющейся ситуации и/или при отсутствии планируемого результата.
12. Сверять свои действия с целью и при необходимости исправлять ошибки самостоятельно.
13. Определять критерии правильности (корректности) выполнения учебной задачи.
14. Свободно пользоваться выработанными критериями оценки и самооценки, исходя из цели и имеющихся средств, различая результат и способы действий.
15. Оценивать продукт своей деятельности по заданным и/или самостоятельно определённым критериям в соответствии с целью деятельности.
16. Фиксировать и анализировать динамику собственных образовательных результатов.
17. Наблюдать и анализировать собственную учебную и познавательную деятельность и деятельность других обучающихся в процессе взаимопроверки.
18. Принимать решение в учебной ситуации и нести за него ответственность.
19. Самостоятельно определять причины своего успеха или неуспеха и находить способы выхода из ситуации неуспеха.
20. Ретроспективно определять, какие действия по решению учебной задачи или параметры этих действий привели к получению имеющегося продукта учебной деятельности.

Познавательные УУД

1. Выделять общий признак двух или нескольких предметов или явлений и объяснять их сходство.
2. Объединять предметы и явления в группы по определённым признакам, сравнивать, классифицировать и обобщать факты и явления.
3. Выделять явление из общего ряда других явлений.

4. Определять обстоятельства, которые предшествовали возникновению связи между явлениями, из этих обстоятельств выделять определяющие, способные быть причиной данного явления, выявлять причины и следствия явлений.
5. Строить рассуждение от общих закономерностей к частным явлениям и от частных явлений к общим закономерностям.
6. Излагать полученную информацию, интерпретируя её в контексте решаемой задачи.
7. Объяснять явления, процессы, связи и отношения, выявляемые в ходе познавательной и исследовательской деятельности (приводить объяснение с изменением формы представления; объяснять, детализируя или обобщая; объяснять с заданной точки зрения).
8. Обозначать символом и знаком предмет и/или явление.
9. Определять логические связи между предметами и/или явлениями, обозначать данные логические связи с помощью знаков в схеме.
10. Строить модель/схему на основе условий задачи и/или способа её решения.
11. Находить в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности).
12. Ориентироваться в содержании текста, понимать целостный смысл текста, структурировать текст.

Коммуникативные УУД

1. Доносить свою позицию до других: оформлять свою речь в устной и письменной речи с учётом речевой ситуации.
2. Оформлять свои мысли в устной и письменной формах, адекватно использовать речевые средства для решения различных коммуникативных задач.
3. Владеть монологической и диалогической формами речи.
4. Учиться выполнять различные роли.
5. Договариваться и приходить к общему решению в совместной деятельности.
6. Задавать вопросы.
7. Строить позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности.
8. Целенаправленно искать и использовать информационные ресурсы, необходимые для решения учебных и практических задач с помощью средств ИКТ.

Раздел (тема) программы	Предметные результаты
Элективный курс «Решение физических задач – основа инженерного мышления»	Обучающийся научится:
	– использовать информацию физического содержания при решении учебных, практических, проектных и исследовательских задач, интегрируя информацию из различных источников и критически ее оценивая; – использовать для описания характера протекания физических процессов физические величины и демонстрировать взаимосвязь между ними; – использовать для описания характера протекания физических

Раздел (тема) программы	Предметные результаты
	процессов физические законы с учетом границ их применимости; – решать качественные задачи (в том числе и междисциплинарного характера): используя модели, физические величины и законы, выстраивать логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); – решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделять физическую модель, находить физические величины и законы, необходимые и достаточные для ее решения, проводить расчеты и проверять полученный результат; – учитывать границы применения изученных физических моделей при решении физических и междисциплинарных задач; – использовать информацию и применять знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач; Обучающийся получит возможность научиться: – решать практико-ориентированные качественные и расчетные физические задачи с выбором физической модели, используя несколько физических законов или формул, связывающих известные физические величины, в контексте междисциплинарных связей; – объяснять принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств; – объяснять условия применения физических моделей при решении физических задач, находить адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешать проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки.

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Основное содержание	Кол-во часов по классам		Всего фактически
	10 класс	11 класс	
Физическая задача. Классификация задач	1		1
Механика	18		18
Молекулярная физика и термодинамика	9		9
Электродинамика	6	6	12
Оптика. Основы специальной теории относительности		4	4
Квантовая физика. Физика атома и атомного ядра		4	4
Астрофизика		3	3
Всего	34	17	51

Утверждаю:

Директор МАОУ

«СОШ №152 г. Челябинска»

_____ Л.В. Баранова

Согласовано:

зам. директора МАОУ

«СОШ №152 г. Челябинска»

_____ В.Г. Топунова

Рассмотрено:

на заседании МО

_____ Е.А. Френцель

Тематическое планирование 10 класс 2025/2026 учебный год**Учитель:** _____

Календарно-тематическое планирование разрабатывается в соответствии с ФГОС ООО и ФОП ООО, УМК, рассмотренным и утвержденным на методическом совещании учителей.

№ п \п	Дата проведения		Тема урока	Количество часов	Оценочная деятельность	ЦОР
	план	факт				
Физическая задача. Классификация задач (1 ч)						
1.			Что такое физическая задача? Состав физической задачи. Классификация физических задач. Примеры задач всех видов.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
Механика (18 ч)						
Кинематика (5 ч)						
2.			Перемещение, путь, скорость. Прямолинейное равномерное движение.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
3.			Относительность движения. Классический закон сложения скоростей.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
4.			Движение с переменной скоростью. Прямолинейное равноускоренное движение.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
5.			Характеристики движения тел по окружности: угловая скорость, циклическая частота, центростремительное ускорение, период и частота обращения Криволинейное движение. Станки на производстве.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
6.			Проверочный тест по теме «Кинематика»	1	самостоятельная работа	
Динамика (6 ч)						

7.			Основные понятия динамики. Силы в механике.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
8.			Решение задач на законы Ньютона по алгоритму. Движение тела под действием нескольких сил.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
9.			Движение тел по наклонной плоскости.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
10.			Движение связанных тел. Использование блоков в строительстве.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
11.			Решение задач на законы для сил тяготения: свободное падение; движение тела, брошенного вертикально вверх. Движение тела, брошенного под углом к горизонту, и движение тела, брошенного горизонтально: определение дальности, времени полета, максимальной высоты подъема. Движение в поле гравитации и решение астрономических задач. Космические скорости и их вычисление.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
12.			Проверочный тест по теме «Динамика»	1	самостоятельная работа	
Законы сохранения (3 ч)						
13.			Импульс силы. Решение задач на закон сохранения импульса и реактивное движение. Движение тел с переменной массой.		работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
14.			Механическая работа и мощность.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
15.			Потенциальная и кинетическая энергия. Решение задач на закон сохранения и превращения энергии.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
Гидростатика (4 ч)						
16.			Закон Паскаля. Гидравлический пресс. Атмосферное давление.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
17.			Закон Архимеда.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики

18.		Уравнение Бернулли. Трубопроводы.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
19.		Тестовая работа по теме «Законы сохранения. Гидростатика».	1	самостоятельная работа	
Молекулярная физика и термодинамика (9 ч) Газовые законы. Уравнение МКТ (6 ч)					
20.		Решение задач на основные характеристики частиц (масса, размер, скорость). Решение задач на основное уравнение МКТ и его следствия.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
21.		Решение задач на применение уравнения Менделеева-Клапейрона.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
22.		Решение задач на характеристики состояния газа в изопроцессах. Графические задачи на изопроцессы.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
23.		Решение задач на свойство паров.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
24.		Решение задач на определение характеристик твердого тела: закон Гука в двух формах, графические задачи на закон Гука. Учет деформации в строительстве.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
25.		Проверочная работа по теме «МКТ».	1	самостоятельная работа	
Основы термодинамики (3 ч)					
26.		1 –ый и 2-ой законы термодинамики.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
27.		Фазовые превращения первого рода.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
28.		Решение задач на уравнение теплового баланса.	1	работа в тетради	
Электродинамика (7 ч) Электростатика (3 ч)					
29.		Электрический заряд. Закон Кулона. Напряженность.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
30.		Потенциал. Разность потенциалов.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики

31.			Электрическая емкость конденсатора. Энергия заряженного конденсатора.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
Постоянный ток (2 ч)						
32.			Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение резисторов.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
33.			Закон Ома для полной цепи. Тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
Токи в различных средах (1 ч)						
34.			Условие существования электрического тока в различных средах. Гальванические элементы на производстве.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ

Утверждаю:

Директор МАОУ

«СОШ №152 г. Челябинска»

_____ Л.В. Баранова

Согласовано:

зам. директора МАОУ

«СОШ №152 г. Челябинска»

_____ В.Г. Топунова

Рассмотрено:

на заседании МО

_____ Е.А. Френцель

Тематическое планирование 11 класс 2025/2026 учебный год**Учитель:** _____

Календарно-тематическое планирование разрабатывается в соответствии с ФГОС ООО и ФОП ООО, УМК, рассмотренным и утвержденным на методическом совещании учителей.

№ п \п	Дата проведения		Тема урока	Количество	Оценочная деятельность	ЦОР
	план	факт				
Электродинамика (10 ч)						
Явление электромагнитной индукции (3 ч)						
1.			Задачи разных видов на описание магнитного поля тока и его действия: вектор магнитной индукции и магнитный поток.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
2.			Задачи разных видов на описание магнитного поля тока и его действия: сила Ампера. Электромагниты на производстве.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
3.			Задачи разных видов на описание магнитного поля тока и его действия: сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитных и электромагнитных полях. Самоиндукция. Индуктивность.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
Колебания и волны (4 ч)						
4.			Механические колебания. Уравнение колебаний. Преобразование колебаний при гармонических колебаниях.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
5.			Вынужденные колебания. Резонанс. Разрушение мостов.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
6.			Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Переменный ток. Действующее значение силы тока и напряжения.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ

			Трансформаторы.			
7.			Упругие волны. Уравнение плоской волны. Задачи на описание различных свойств электромагнитных волн: скорость, отражение, преломление.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
Оптика. Специальная теория относительности (4 ч)						
8.			Задачи по геометрической оптике: зеркала, призмы, линзы, оптические схемы. Зеркала и линзы на производстве и в быту.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
9.			Задачи на описание различных свойств электромагнитных волн: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
10.			Классификация задач по СТО и примеры их решения.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
11.			Задачи по теме «Излучение и спектры»	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
Квантовая физика (4 ч)						
12.			Квантовые свойства света. Решение задач на характеристики фотона. Решение задач на фотоэффект.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
13.			Состав атома и ядра. Ядерные реакции. Решение задач на атомную и ядерную физику: на расчет дефекта масс и энергетический выход реакций.	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
14.			Решение задач на закон радиоактивного распада.	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
15.			Решение задач по теме «Элементарные частицы».	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики
Астрофизика (3 ч)						
16.			Задачи по теме «Солнечная система: планеты земной группы, планеты-гиганты, малые тела Солнечной системе».	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
17.			Задачи по теме «Звезды. Их эволюция и характеристики».	1	работа в тетради	Образовательные анимации для уроков физики

			Задачи по теме «Галактики». Обобщение по теме «Астрофизика».	1	работа в тетради	Интерактивный урок в РЭШ
--	--	--	--	---	------------------	-----------------------------

Нормативно-правовое обеспечение

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Федеральный закон от 24 сентября 2022 г. № 371-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации»;
3. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 02 июля 2021 г. № 400;
4. Основы государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей, утвержденные Указом Президента Российской Федерации от 09 ноября 2022 г. № 809;
5. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», утвержденные Указом Президента Российской Федерации от 07 мая 2024 г. № 309;
6. Основы государственной политики Российской Федерации в области исторического просвещения, утвержденные Указом Президента Российской Федерации от 08 мая 2024 г. № 314;
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 11 октября 2023 г. № 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»;
8. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413;
9. Федеральная образовательная программа среднего общего образования, утвержденная приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 18 мая 2023 г. № 371;
10. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 09 мая 2024 г. № 704 «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства просвещения Российской Федерации, касающиеся федеральных образовательных программ начального общего образования, основного общего образования и среднего общего образования»;
11. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18 июля 2024 г. № 499 «Об утверждении федерального перечня электронных образовательных ресурсов, допущенных к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования»;
12. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 22 марта 2021 г. № 115 «О порядке организации и осуществления образовательной деятельности по основным общеобразовательным программам – образовательным программам начального общего, основного общего и среднего общего образования»;
13. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 05 ноября 2024 г. № 769 «Об утверждении федерального перечня учебников, допущенных к

использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования организациями, осуществляющими образовательную деятельность и установления предельного срока использования исключенных учебников»;

14. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 06 ноября 2024 г. № 779 «Об утверждении перечня документов, подготовка которых осуществляется педагогическими работниками при реализации основных общеобразовательных программ, образовательных программ среднего профессионального образования»;
15. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 28 ноября 2024 г. № 838 «Об утверждении перечня средств обучения и воспитания, соответствующих современным условиям обучения, необходимых при оснащении общеобразовательных организаций в целях реализации мероприятий государственной программы Российской Федерации «Развитие образования», направленных на содействие созданию (создание) в субъектах Российской Федерации новых (дополнительных) мест в общеобразовательных организациях, модернизацию инфраструктуры общего образования, школьных систем образования, критериев его формирования и требований к функциональному оснащению общеобразовательных организаций»;
16. Санитарные правила СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи, утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 28;
17. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и/или безвредности для человека факторов среды обитания», утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2 (в редакции постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30 декабря 2022 г. № 24);
18. Письмо ГБУ ДПО «Челябинский институт развития образования» от 29 апреля 2025 г. № 1468 «О направлении методических комментариев об изменениях в основные общеобразовательные программы начального общего, основного общего и среднего общего образования»;
19. Письмо ГБУ ДПО «Челябинский институт развития образования» от 23.06.2025 № 5780 «Об особенностях реализации основной общеобразовательной программы среднего общего образования в соответствии с ФГОС и ФОП среднего общего образования в 2025/2026 учебном году».

Учебно-методический комплекс курса по выбору «Решение физических задач – основа инженерного мышления» на 2025/2026 учебный год

Класс	Учебник	Методическое и дидактическое обеспечение
10	Мякишев, Г.Я., Буховцев, Б.Б., Сотский, Н.Н. Парфентьева, Н.А., Физика: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений / Мякишев Г.Я. Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Парфентьева Н.А. - М.: Просвещение, 2018	Зорин, Н.И., Элективный курс «Методы решения физических задач». – М.: ВАКО, 2007 Парфентьева, Н.А., Решение задач по физике. 25 шагов к сдаче ЕГЭ. Учебное пособие.- М.: Лаборатория знаний, 2017 Безуглова, Г.С., Физика. ЕГЭ-2019. Раздел «Элементы астрофизики»: учебное пособие. – Ростов-н/Д: Легион, 2018
11	Мякишев, Г.Я., Буховцев, Б.Б., Сотский, Н.Н. , Физика: учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений / Мякишев Г.Я. Буховцев Б.Б., Чаругин, В.М., - М.: Просвещение, 2008	Зорин, Н.И., Элективный курс «Методы решения физических задач». – М.: ВАКО, 2007 Парфентьева, Н.А., Решение задач по физике. 25 шагов к сдаче ЕГЭ. Учебное пособие.- М.: Лаборатория знаний, 2017 Безуглова, Г.С., Физика. ЕГЭ-2019. Раздел «Элементы астрофизики»: учебное пособие. – Ростов-н/Д: Легион, 2018

Учебно-методический комплекс по данному курсу полностью соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта, входит в федеральный перечень учебников и учебных пособий на 2025/2026 учебный год и обеспечивает реализацию рабочей программы.

Характеристика оценочных материалов
Планирование контроля и оценки знаний учащихся

Каждая тема элективного курса завершается обобщающим уроком, на котором осуществляется оценка успешности освоения темы курса в различных формах проверочных работ: самостоятельная работа, физический диктант и т.п.

10 класс

Тема	Количество часов	Количество проверочных работ
Физическая задача. Классификация задач	1	
Механика	18	3
Молекулярная физика и термодинамика	9	1
Электродинамика	6	1
Всего:	34 часов	5

11 класс

Тема	Количество часов	Количество проверочных работ
Электродинамика	6	1
Оптика. Основы специальной теории относительности	4	1
Квантовая физика. Физика атома и атомного ядра	4	1
Астрофизика	3	1
Всего:	17 часов	4

Источники оценочных материалов

№ п/п	Название	Автор	Выходные данные
1.	Решение задач по физике. 25 шагов к сдаче ЕГЭ. Учебное пособие.	Парфентьева, Н.А.	М.: Лаборатория знаний, 2017
2.	Физика. ЕГЭ-2019. Раздел «Элементы астрофизики»: учебное пособие.	Безуглова, Г.С.	Ростов-н/Д: Легион, 2018

Представленные в рабочей программе оценочные материалы соответствуют требованиям ФГОС и ФОП СОО и входят в перечень организаций, осуществляющих выпуск учебных пособий, которые допускаются к использованию при реализации программы по физике среднего (полного) общего образования.

Реализация рабочей программы элективного курса «Решение физических задач – основа инженерного мышления» для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

Реализация рабочей программы для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья соответствует содержанию рабочей программы элективного курса по физике с учетом требований к планируемым результатам освоения учебного предмета. При этом скорректированы оценочные материалы в части объема заданий для выполнения и время выполнения. При подборе содержания занятий для учащихся с ОВЗ учитываются, с одной стороны, принцип доступности, а с другой стороны, не допускаются излишнего упрощения материала. Содержание становится эффективным средством активизации учебной деятельности в том случае, если оно соответствует психическим, интеллектуальным возможностям детей и их потребностям.

В ходе обучения элективного курса «Решение физических задач – основа инженерного мышления» применение средств активизации учебной деятельности является необходимым условием успешности процесса обучения школьников с ОВЗ.

При работе с обучающимися с ограниченными возможностями здоровья соблюдаются общие принципы и правила:

- 1). индивидуальный подход к каждому ученику;
- 2). предотвращение наступления утомления, используя для этого разнообразные средства (чередование умственной и практической деятельности, преподнесение материала небольшими дозами, использование интересного и красочного дидактического материала и средств наглядности);
- 3). использование методов, активизирующих познавательную деятельность учащихся, развивающих их устную и письменную речь и формирующих необходимые учебные навыки;
- 4). проявление педагогического такта. Постоянное поощрение за малейшие успехи, своевременная и тактическая помощь каждому ребёнку, развитие в нём веры в собственные силы и возможности.

Эффективными приемами воздействия на эмоциональную и познавательную сферу детей с отклонениями в развитии являются:

- игровые ситуации;
- дидактические игры, которые связаны с поиском видовых и родовых признаков предметов;
- игровые тренинги, способствующие развитию умения общаться с другими;
- психогимнастика и релаксация, позволяющие снять мышечные спазмы и зажимы, особенно в области лица и кистей рук.

Реализация национальных, региональных и этнокультурных особенностей при изучении курса по выбору

При проектировании основных образовательных программ среднего общего образования учитываются национальные, региональные и этнокультурные особенности.

Нормативными основаниями учета таких особенностей в содержании основных образовательных программ являются Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» и федеральные государственные образовательные стандарты среднего общего образования. В соответствии с требованиями ФГОС в образовательные программы включены вопросы, связанные с учетом национальных, региональных и этнокультурных особенностей.

В соответствии с Приказом Министерства образования и науки Челябинской области от 30.05. 2014 №01/1839 «О внесении изменений в областной базисный учебный план для образовательных организаций Челябинской области, реализующих программы основного общего и среднего общего образования» при реализации Федерального государственного образовательного стандарта для изучения национальных, региональных и этнокультурных особенностей в предметное содержание с выделением 10-15% учебного времени от общего количества часов инвариантной части.

Включение национальных, региональных и этнокультурных особенностей содержания образования обогащает образовательные цели и выступает важным средством воспитания и обучения, источником распространения о жизни региона и всей страны. Кроме этого, происходит расширение и углубление знаний о регионе на макро- и мегауровнях, широкого вовлечения школьников в доступную им учебную исследовательскую проектную деятельность по региональной тематике. Учащиеся получают реальную возможность применения полученных знаний и умений на практике. Реализация национально-регионального содержания образования осуществляется путем включения регионального материала в содержание соответствующих тем уроков. Отбор национально-регионального содержания изучаемых вопросов произведен в соответствии с рекомендациями ЧИПКРО и методическими рекомендациями по использованию национально-регионального содержания среднего образования.

Изучение НРЭО на уроках элективного курса по физике предусмотрено базисным учебным планом. В каждой параллели на этот вопрос отводится не менее 10% учебного времени в год.

Целями разработки моделей регионального компонента школьного физического образования является содействие старшим школьникам в формировании осмысленной, активной и деятельностной позиции за счет включения в решение национальных, региональных (на макро- и мегауровнях) и этнокультурных проблем современности; поддержка старшеклассников в самоопределении в части поиска своего места и роли в развитии и преобразовании национальных, региональных и этнокультурных достижений. Данные модели синтезируются и обогащаются технологиями

проблемного, развивающего и личностно ориентированного обучения на основе совокупности подходов: системного, компетентностного, деятельностного.

Использование национальных, региональных и этнокультурных особенностей на занятиях курса и во внеклассной деятельности проводится в следующих аспектах:

1. формирование умений владеть приемами оценки, анализа и прогноза изменений природы своего региона под влиянием хозяйственной деятельности человека;
2. вовлечение учащихся в активную исследовательскую деятельность по изучению родного края;
3. формирование знаний о вкладе в науку известных ученых-физиков;
4. выполнение правил природоохранного поведения;
5. знакомить с состоянием окружающей среды, с вопросами ее охраны;
6. проводить профориентационную работу, заключающуюся в знакомстве с профессиями физического профиля, необходимыми на предприятиях области;
7. информировать об учебных заведениях, готовящих будущих специалистов;
8. работать со специальной литературой, расширять кругозор учащихся, развивать способность к самообразованию.

Варианты, в которых проводится реализации содержания НРЭО

1. фрагментарное включение материалов в урок в виде сообщений, кроссвордов, расчетных задач;
2. готовятся презентации;
3. выполняются реферативные работы;
4. проводятся экскурсии.

Содержание национальных, региональных и этнокультурных особенностей наполняется сведениями из истории науки *физики*; экологическими, оценочными знаниями; вопросами прикладного характера.

Знания из истории науки на курсе по выбору:

1. Знания об открытиях, исторических опытах в городе, области, послуживших ключевыми моментами в развитии физики как науки.
2. Сведения из жизни ученых-физиков города.

Экологические знания. Основными физическими факторами, загрязняющими окружающую среду на территории края, являются шум и электромагнитные поля. К источникам шума относятся: производственные объекты, внутригородской автомобильный транспорт. Источниками электромагнитных полей являются радиотехнические объекты, излучающие электромагнитную энергию в окружающую среду. В последние годы наблюдается широкое распространение маломощных источников электромагнитного излучения (ЭМИ) и приближение их к местам пребывания людей. Это источники излучения базовых станций сотовой, пейджинговой связи.

В рамках промышленной экологии рассматриваются вопросы газопылевых выбросов и их рассеяния через высокие трубы; вопросы энергетики предприятий; аспекты выработки электроэнергии на тепловых электростанциях; вопросы городской и экологии; о физическом загрязнении окружающей среды, его источниках, предельно

допустимой концентрации (ПДК) уровня загрязнения в городе; влиянии физических параметров окружающей среды на здоровье человека.

Оценочные знания формируются при выявлении проблем промышленности, науки, медицины, оценки эффективности деятельности предприятий, экологической чистоты их технологий.

Вопросы прикладного характера. Достижения и открытия физики оказывают воздействие на все отрасли материального производства: энергетика, электроника, электротехника. Прикладной характер политехнического материала предполагает изучение отдельных технических объектов и процессов. При отборе политехнического материала и примеров прикладного характера учитывается региона.

В результате использования НРЭО на занятиях, предполагается, что реализация моделей регионального компонента школьного физического образования повысит: качество знаний и умений учащихся по физике и уровень познавательного интереса у учащихся.

10 класс

Тема раздела	Тема урока	Содержание материала НРЭО
Механика	Импульс силы. Решение задач на закон сохранения импульса и реактивное движение. Движение тел с переменной массой.	Роль космических аппаратов в контроле за состоянием атмосферы, в том числе Челябинской области
Молекулярная физика. Термодинамика	Решение задач на свойство паров.	Среднегодовая влажность в г.Челябинске и ее влияние на человека. Влияние загрязнения атмосферы Челябинска на конденсацию пара в ней.
	1 –ый и 2-ой законы термодинамики.	Физические процессы, сопровождающие работу теплового двигателя и загрязняющие окружающую среду Южного Урала. Влияние увеличения количества машин, на улицах Челябинска, на окружающую среду.
Электродинамика	Условие существования электрического тока в различных средах. Гальванические элементы на производстве.	Практическое применение закона на Челябинском цинковом заводе. Экологические аспекты электролитического производства.

11 класс

Тема раздела	Тема урока	Содержание материала НРЭО
Электродинамика	Задачи разных видов на описание магнитного поля тока и его действия: сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитных и электромагнитных полях.	Биологическое действие электромагнитных волн сверхвысокой частоты и защита от них на предприятиях г.Челябинска.
Колебания и волны	Вынужденные колебания. Резонанс. Разрушение мостов.	Отрицательное воздействие резонанса на человека, проживающего в промышленных зонах г.Челябинска.
	Переменный ток. Действующее значение силы тока и напряжения. Трансформаторы.	Значение переменного тока и его применение в Челябинской области. Влияние переменного тока на работающих южноуральцев.
	Электромагнитные колебания. Колебательный контур.	Загрязнение атмосферы ТЭС на территории Челябинска. Меры защиты людей, проживающих вблизи ТЭС, от теплового и химического загрязнения.
Квантовая физика	Квантовые свойства света.	Влияние радиации на человека на Южном Урале. Загрязнение биосферы Южного Урала продуктами ядерных взрывов. Радиоактивное загрязнение природных сред.
	Состав атома и ядра. Ядерные реакции.	Изучение последствий радиоактивного следа ПО «Маяк». Физиологические действия нейтронов и способы защиты от нейтронного излучения.
	Решение задач на закон радиоактивного распада	Проблема строительства Южноуральской АЭС. Техника безопасности на ядерных установках. Проблемы захоронения радиоактивных отходов на территории Челябинской области.

Список литературы, используемый при реализации НРЭО на уроках элективного курса по физике

1. 1. Про Маяк». Газета производственного объединения «Маяк». № 19 – 23.
2. Борисенко, Е.Б. изменение климата и человека – М.: Знание, 1990 г.
3. Винокурова, Н.Ф., Трушин В.В. глобальная экология. 10 – 11 классы. – М.: Просвещение, 1998 г.
4. Газеты «Зеленый мир». Экология: проблемы и программы. Общероссийская некоммерческая научно – публицистическая и информационно – методическая газета. № 3-13.

5. Гордиец, Б.Ф., Марков, М.Н., Шемкин, Л.А. Солнечная активность и Земля. – М.: Знание, 1999 г.
6. Еженедельное приложение к газете «Первое сентября. Физика». 1999 – 2015 гг.
7. Изменение климата. Потепление. // Физика в школе, № 6, 2006 г.
8. Информационный центр атомной отрасли – Росатом.
9. Колбовский, Е.Ю. Изучаем природу в городе. – Ярославль: Академия развития, 2006 г.
10. Комплексный доклад о состоянии природной среды Челябинской области. – Челябинск, 2002 г.
11. Комплексный доклад. Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды на службе области. – Челябинск, 2002 г.
12. Коркинский стекольный завод.
13. Курчатowski район г.Челябинска. – Челябинск, ЗАО Фирма Горо, 2006 г.
14. Левит, А.И. Южный Урал: география, экология, природопользование. – Челябинск: Юж.- Ур. Кн. Изд., 2005 г.
15. Лисин, В.С., Юсорова Ю.С. ресурсо-экологические проблемы XXI века и металлургия. – М.: Высшая школа, 1998 г.
16. Лучич, С.И. Радиобеседы об экологии (отдельные ксерокопии).
17. Мир металла. Специализированный информационный журнал. – Санкт – Петербург, «Полиграфический центр «Мультипринт»», 2001 г.
18. Муниципальное учреждение здравоохранения Городская клиническая поликлиника № 5 Курчатowski района г.Челябинска
19. Научно – методический журнал «Физика в школе». 1999- 2015 гг.
20. Охрана природы Южного Урала – 2008. Областной экологический альманах. – Челябинск, ОАО «Челябинский Дом печати», 2005 г.
21. Парк чудес «Галилео».
22. Петрянов, И.С., Сутугин, А.Г. Аэрозоли. – М.: Знание, 1999 г.
23. Познай свой край. Челябинская область. Краткий справочник. – Челябинск: Абрис, 2006 г.
24. Проблемы экологии Южного Урала. Ежеквартальный научно – технический журнал. № 2, 1997 г.
25. Рефераты учащихся.
26. Рыженков, Е.Б. Физика. Человек. Окружающая среда. 7 класс. М.: Просвещение, 2000 г.
27. Рыженков, Е.Б. Физика. Человек. Окружающая среда. 8 класс. М.: Просвещение, 2000 г.
28. Рыженков, Е.Б. Физика. Человек. Окружающая среда. 9 класс. М.: Просвещение, 2000 г.
29. Савинцев, Ю.В. Ядерная энергетика и экология. – М.: Наука, 1999 г.
30. Социально – экономический журнал. Челябинск. № 7. – Челябинск, Восточные ворота, 2000 г.
31. Территория обслуживания сотовой связи стандарт GSM.
32. Триумф гравитации. Журнал «Вокруг света». № 12, 2001 г.
33. Урал и экология. – Екатеринбург, 2001 г.
34. Челябинская область. Краткий справочник: авторы – составители М.С. Гитис, А.П. Моисеев – Челябинск, АБРИС, 2006 г.
35. Экологическая карта Челябинской области.
36. Экология. Энциклопедия для детей. – М.: Аванта +, 2001 г.

Реализация воспитательного потенциала курса по выбору «Решение физических задач – основа инженерного мышления» на уровне среднего общего образования

Воспитательный потенциал курса по выбору «Решение физических задач – основа инженерного мышления» реализуется через:

- формирование представления об устройстве мира, формирование основных фундаментальных физических законов, умение их анализировать, интерпретировать, применять, уметь прогнозировать развитие ситуации и находить пути решения;
- реализацию исторического подхода, который позволяет раскрыть содержание физики, как составной части Мировой общечеловеческой культуры, а также показать учащимся общие закономерности и принципы научного познания;
- раскрытие человеческого смысла науки о Природе, так как историзм формирует научное мировоззрение, развивает интерес к науке, способствует повышению качества знаний, помогает нравственно воспитывать учащихся, совершенствует методику преподавания физики;
- обоснование научного, философского и методологического значения учебного материала и выявление его важности; раскрытие ценностных аспектов физики как науки; анализ ценности самой жизни и проблемы самореализации личности человека на примерах творчества выдающихся учёных – физиков, а следовательно воспитание патриотизма, прежде всего, связано с воспитанием благодарной памяти к героическому прошлому нашего народа;
- формирование современных научных взглядов на экологические проблемы, понимание их значимости в условиях стремительно развивающегося в мире научно-технического прогресса, показывать научно обоснованные способы уменьшения вредного воздействия хозяйственной деятельности человека на природу, знакомство учащихся с современными методами изучения и охраны природы, обобщить полученные на других уроках знания;
- решение задач, интересных по содержанию, богатых идеями, имеющих несколько способов решения, которые выполняют на уроках учащиеся, в том числе и решение задач с экологическим содержанием, которые у учащихся вызывают большой интерес;
- привлечение внимания обучающихся к ценностному аспекту изучаемых на уроках явлений, организацию их работы с получаемой на уроке социально значимой информацией – инициирование ее обсуждения, высказывания обучающимися своего мнения по ее поводу, выработки своего к ней отношения;
- демонстрацию обучающимся примеров ответственного, гражданского поведения, проявления человеколюбия и добросердечности, через подбор соответствующих текстов для чтения, задач для решения, проблемных ситуаций для обсуждения в классе;
- применение на уроках интерактивных форм работы с обучающимися: интеллектуальных игр, стимулирующих познавательную мотивацию обучающихся; дидактического театра, где полученные на уроке знания обыгрываются в театральных постановках; дискуссий, которые дают обучающимся возможность

приобрести опыт ведения конструктивного диалога; групповой работы или работы в парах, которые учат обучающихся командной работе и взаимодействию с другими обучающимися;

- инициирование и поддержку исследовательской деятельности обучающихся в рамках реализации ими индивидуальных и групповых исследовательских проектов, что даст обучающимся возможность приобрести навык самостоятельного решения теоретической проблемы, навык генерирования и оформления собственных идей, навык уважительного отношения к чужим идеям, оформленным в работах других исследователей, навык публичного выступления перед аудиторией, аргументирования и отстаивания своей точки зрения;

Формирование функциональной грамотности на занятиях курса по выбору «Решение физических задач – основа инженерного мышления»

Функционально грамотный человек – это человек, который способен использовать приобретаемые в течение жизни знания, умения, и навыки для решения максимально широкого диапазона жизненных задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений. Повышение уровня функциональной грамотности обучающихся обеспечивается:

- за счет достижения планируемых предметных, метапредметных и личностных результатов;
- реализацией системно-деятельностного подхода;
- решением различных учебно-познавательных и учебно-практических задач.

В качестве основных составляющих функциональной грамотности выделены шесть:

- математическая грамотность;
- читательская грамотность;
- естественнонаучная грамотность;
- финансовая грамотность;
- глобальные компетенции;
- креативное мышление.

Главной характеристикой каждой составляющей является способность действовать и взаимодействовать с окружающим миром, решая при этом разнообразные задачи, в том числе и на уроках физики.

Математическая грамотность – это способность индивидуума проводить математические рассуждения и формулировать, применять, интерпретировать математику для решения проблем в разнообразных контекстах реального мира. На уроках физики предлагается решать учебные задачи, близкие к реальным проблемные ситуации, представленные в некотором контексте и разрешаемые доступными учащемуся средствами математики. Учитель представляет на уроке особенности и элементы окружающей обстановки, представленные в задании в рамках предлагаемой ситуации. Эти ситуации связаны с разнообразными аспектами окружающей жизни и требуют для своего решения большей или меньшей математизации.

Читательская грамотность – одна из важнейших составляющих оценки функциональной грамотности школьника. Предметом реализации является чтение как сложноорганизованная деятельность по восприятию, пониманию и использованию текстов. В преподавании физики необходимо уделять особое внимание значимости умений, связанных как с пониманием прочитанного, так и с развитием способности применять полученную в процессе чтения информацию в разных ситуациях, в том числе нестандартных.

Для того чтобы человек мог в полной мере участвовать в жизни общества, ему необходимо уметь находить в текстах различную информацию, понимать и анализировать её, уметь интерпретировать и оценивать прочитанное. В современном образовательном пространстве школьнику необходимо постоянно проявлять способность находить информационно-смысловые взаимосвязи текстов разного типа

и формата, в которых поднимается одна и та же проблема, соотносить информацию из разных текстов с внетекстовыми фоновыми знаниями, критически оценивать информацию и делать собственный вывод.

Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по общественно значимым вопросам, связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться естественнонаучными идеями. Естественнонаучная грамотность на уроках физики развивает способность человека применять естественнонаучные знания и умения в реальных жизненных ситуациях, в том числе в случаях обсуждения общественно значимых вопросов, связанных с практическими применениями достижений естественных наук.

Компетенции ЕНГ и требования ФГОС ООО к образовательным результатам

Компетенции ЕНГ	Требования ФГОС ООО к образовательным результатам
Научное объяснение явлений, включая: применение естественнонаучных знаний для объяснения явлений; использование и создание объяснительных моделей; и др.	Создание, применение и преобразование знаков и символов, моделей и схем для решения учебных и познавательных задач (<i>метапредметный результат образования</i>).
Понимание основных особенностей естественнонаучного исследования, включая: распознавание и формулирование цели данного исследования; выдвижение объяснительных гипотез и предложение способов их проверки; предложение или оценка способов научного исследования данного вопроса.	Овладение научным подходом к решению различных задач; овладение умениями формулировать гипотезы (<i>общие предметные результаты изучения физики</i>). Приобретение опыта применения научных методов познания (<i>предметный результат изучения физики</i>).
Интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов, включая: анализ, интерпретацию данных и получение соответствующих выводов; преобразование одной формы представления данных в другую; и др.	Определение понятий, создание обобщений, установление аналогий, классификация, установление причинно-следственных связей, построение логических рассуждений, умозаключений (индуктивных, дедуктивных и по аналогии) и получение выводов (<i>метапредметный результат образования</i>). Оценка результатов экспериментов, представление научно обоснованных аргументов своих действий (<i>общие предметные результаты изучения физики</i>).

Физика, особенно в современную информационную эпоху, должны преподаваться не как огромный набор сведений, предназначенный для запоминания, а

как действенный инструмент познания мира.

Финансовая грамотность - способность личности принимать разумные, целесообразные решения, связанные с финансами, в различных ситуациях собственной жизнедеятельности. Эти решения касаются и сегодняшнего опыта учащихся, и их ближайшего будущего (от простых решений по поводу расходования карманных денег до решений, имеющих долгосрочные финансовые последствия, связанных с вопросами образования и работы). На этапе знакомства с такими статьями планирования семейного бюджета как жилищно-коммунальное хозяйство и услуги важные качества и навыки, выражающиеся в наблюдении в раннем возрасте за работой приборов учета потребления электроэнергии и воды, могут эффективно трансформироваться в такие умения как проведение анализа показателей электроприборов, среднегодовой расчет потребляемой электроэнергии, ведение статистики счетчиков, проведение анализа общедомового расхода электроэнергии и т. д.

Глобально компетентная личность - человек, который способен воспринимать местные и глобальные проблемы и вопросы межкультурного взаимодействия, понимать и оценивать различные точки зрения и мировоззрения, успешно и уважительно взаимодействовать с другими людьми, а также ответственно действовать для обеспечения устойчивого развития и коллективного благополучия. Глобальную компетентность (глобальные компетенции) можно рассматривать как специфический обособленный ценностно-интегративный компонент функциональной грамотности, имеющий собственное предметное содержание, ценностную основу и нацеленный на формирование универсальных навыков. Парадокс формирования глобальной компетентности как базового личностного образования связан с пониманием ее открытого, незавершенного состояния. Опосредованно это выражается в постоянной готовности глобально компетентного человека к переработке дополнительной информации, к получению новых знаний о мире и социальных взаимодействиях, под влиянием которых может меняться представление о соотношении глобального и локального, о целевых установках самостоятельной деятельности и коммуникаций. С другой стороны, стабильность глобальной компетентности связана с ее ценностной основой: направленностью на понимание ценности другого, на осознанное ответственное отношение к окружающим.

Креативное мышление - способность продуктивно участвовать в процессе выработки, оценки и совершенствовании идей, направленных на получение инновационных и эффективных решений, нового знания и эффектного выражения воображения. Креативное мышление на физике может проявлять себя разными способами: в виде новой идеи, привносящей вклад в научное знание; в виде замысла эксперимента для проверки гипотезы; в виде развития научной идеи; в виде изобретения, имеющего прикладную ценность; в виде планирования новых областей применения научной, инженерной деятельности. Несмотря на значительное пересечение с естественнонаучными умениями и навыками, креативное мышление в физике больше сфокусировано:

- на процессе выдвижения новых идей, а не на применении уже известных знаний;

- на оригинальности предлагаемых подходов и решений (при условии, что ответы имеют смысл и ценность);
- на открытых проблемах, допускающих альтернативные решения и потому требующих серии приближений и уточнений;
- на способах и процессе получения решения, а не на ответе.

Функциональная грамотность	Составляющие функциональной грамотности на уроках физики
Финансовая грамотность	Совокупность знаний, навыков и установок в сфере финансового поведения человека, ведущих к улучшению благосостояния и повышению качества жизни.
Глобальные компетенции	Сочетание знаний, умений, взглядов, отношений и ценностей, успешно применяемых при личном или виртуальном взаимодействии с людьми, которые принадлежат к другой культурной среде, и при участии отдельных лиц в решении глобальных проблем
Креативное мышление	Способность продуктивно участвовать в процессе выработки, оценки и совершенствовании идей, направленных на получение инновационных и эффективных решений, и/или нового знания, и/или эффектного выражения воображения.
Естественно-научная грамотность	Способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественно-научными идеями и технологиями промышленного производства.
Читательская грамотность	Способность человека понимать и использовать письменные тексты, размышлять о них и заниматься чтением, чтобы достигать своих целей, расширять свои знания и возможности, участвовать в социальной жизни
Математическая грамотность	Способность формулировать, применять и интерпретировать математику в разнообразных контекстах: применять математические рассуждения; использовать математические понятия и инструменты

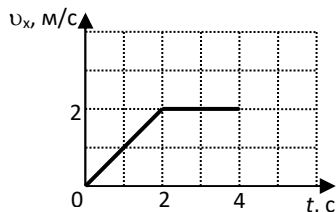
Оценочный материал для проведения промежуточной аттестации (демоверсия)

10 класс

Часть 1

К каждому из заданий А1-А7 даны 4 варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа обведите кружком.

А1.



1)

Тело движется по оси Ox . На графике показана зависимость проекции скорости тела на ось Ox от времени. Каков путь, пройденный телом к моменту времени $t = 2$ с?

- 8 м 2) 6 м 3) 2 м 4) 4 м

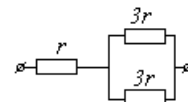
А2. Подъёмный кран поднимает груз с постоянным ускорением. На груз со стороны каната действует сила, равная по величине 6000 Н. На канат со стороны груза действует сила, которая
1) равна 6000 Н 2) меньше 6000 Н 3) больше 6000 Н 4) равна силе тяжести, действующей на груз

А3. Газ совершил работу 200 Дж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 300 Дж. В этом процессе газ
1) отдал количество теплоты 500 Дж 2) получил количество теплоты 500 Дж
3) отдал количество теплоты 100 Дж 4) получил количество теплоты 100 Дж

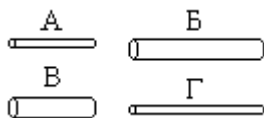
А4. Объём 6 моль азота в сосуде при температуре 500 К и давлении p равен V . Чему равен объём 6 моль кислорода в сосуде при той же температуре и том же давлении?
1) $V/8$ 2) $24V$ 3) $8V$ 4) V

А5. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 2 раза, а один из зарядов увеличили в 6 раз. Сила электрического взаимодействия между ними
1) не изменилась 2) уменьшилась в 2 раза 3) увеличилась в 1,5 раза 4) увеличилась в 32 раза

А6. На рисунке показан участок цепи постоянного тока. Каково сопротивление этого участка, если $r = 3$ Ом?
1) 3 Ом 2) 12 Ом 3) 14 Ом 4) 4,5 Ом



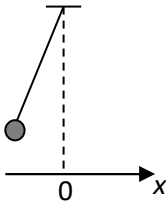
А7. Чтобы экспериментально проверить, что жесткость упругого стержня зависит от площади поперечного сечения, надо использовать пару стальных стержней
1) А и Б 2) Б и В 3) В и Г 4) Б и Г



Часть 2

В заданиях В1-В2 требуется указать последовательность цифр, соответствующих правильному ответу. Эту последовательность следует записать в текст проверочной работы. (Цифры в ответе могут повторяться).

В1. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



А	Б

ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
А)	1) координата x 2) проекция скорости v_x 3) кинетическая энергия E_k 4) потенциальная энергия E_p
Б)	

В2. Камень брошен вертикально вверх. Изменяются ли перечисленные в первом столбце физические величины во время его движения вверх и если изменяются, то как?

Установите соответствие между физическими величинами, перечисленными в первом столбце, и возможными видами их изменений, перечисленными во втором столбце. Влиянием сопротивления воздуха пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) скорость
- Б) ускорение
- В) кинетическая энергия
- Г) потенциальная энергия

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

11 класс

1. Движущийся электрический заряд создает...

А. только электрическое поле. Б. только магнитное поле В. как электрическое, так и магнитное поле. Г. Среди ответов А-В нет правильного.

2. Чем объясняется взаимодействие двух параллельных проводников с постоянным током?

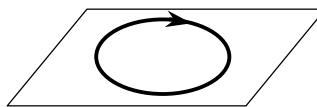
А. Взаимодействием электрических зарядов.
Б. Действием электрического поля одного проводника с током на ток в другом проводнике.
В. Действием магнитного поля одного проводника на ток в другом проводнике.
Г. Среди ответов А-В нет правильного.

3. В бегущей волне происходит перенос...

А. вещества без переноса энергии. Б. перенос энергии без переноса вещества.
В. перенос энергии и вещества. Г. Среди ответов А-В нет правильного.

4. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

А. вертикально вверх ↑
Б. горизонтально влево ←
В. горизонтально вправо →
Г. вертикально вниз ↓



5. Основным отличием колебательного движения от других видов движения, является...

А. периодичность. Б. изменение скорости движения тел.
В. изменение ускорения движения тела. Г. Среди ответов А-В нет правильного.

6. Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 12° . Угол между падающим лучом и зеркалом

А. 12° Б. 102° В. 24° Г. 78°

7. Выберите верное утверждение

А. Скорость света в воде меньше, чем в вакууме.
Б. Скорость света в воде больше, чем в вакууме.
В. Скорость света в воде такая же, как в вакууме.
Г. Среди ответов А-В нет правильного.

8. Каким должен быть угол падения светового луча, чтобы отраженный луч составлял с падающим лучом угол 50° ?

А. 100° . Б. 25° . В. 40° . Г. 50° .

9. Траектория полета протона, влетающего в однородное магнитное поле под углом 90° к линиям магнитной индукции...

- А. прямая. Б. окружность.
В. парабола. Г. винтовая линия.

10. Как называется явление огибания светом препятствий

- А. Преломление Б. Дифракция
В. Интерференция Г. Поляризация

Проверяемые предметные результаты освоения основной образовательной программы среднего общего образования

10 КЛАСС

Код проверяемого результата	Проверяемые предметные результаты освоения основной образовательной программы среднего общего образования
10.1	Демонстрировать на примерах роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей
10.2	Учитывать границы применения изученных физических моделей: материальная точка, инерциальная система отсчёта, абсолютно твёрдое тело, идеальный газ; модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел, точечный электрический заряд – при решении физических задач
10.3	Распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе законов механики, молекулярно-кинетической теории строения вещества и электродинамики: равномерное и равноускоренное прямолинейное движение, свободное падение тел, движение по окружности, инерция, взаимодействие тел; диффузия, броуновское движение, строение жидкостей и твёрдых тел, изменение объёма тел при нагревании (охлаждении), тепловое равновесие, испарение, конденсация, плавление, кристаллизация, кипение, влажность воздуха, повышение давления газа при его нагревании в закрытом сосуде, связь между параметрами состояния газа в изопроцессах; электризация тел, взаимодействие зарядов
10.4	Описывать механическое движение, используя физические величины: координата, путь, перемещение, скорость, ускорение, масса тела, сила, импульс тела, кинетическая энергия, потенциальная энергия, механическая работа, механическая мощность; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами
10.5	Описывать изученные тепловые свойства тел и тепловые явления, используя физические величины: давление газа, температура, средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул, среднеквадратичная скорость молекул, количество теплоты, внутренняя энергия, работа газа, коэффициент полезного действия

	теплового двигателя; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами
10.6	Описывать изученные электрические свойства вещества и электрические явления (процессы), используя физические величины: электрический заряд, электрическое поле, напряжённость поля, потенциал, разность потенциалов; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы; указывать формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами
10.7	анализировать физические процессы и явления, используя физические законы и принципы: закон всемирного тяготения, I, II и III законы Ньютона, закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса, принцип суперпозиции сил, принцип равноправия инерциальных систем отсчёта; молекулярно-кинетическую теорию строения вещества, газовые законы, связь средней кинетической энергии теплового движения молекул с абсолютной температурой, первый закон термодинамики; закон сохранения электрического заряда, закон Кулона; при этом различать словесную формулировку закона, его математическое выражение и условия (границы, области) применимости
10.8	Объяснять основные принципы действия машин, приборов и технических устройств; различать условия их безопасного использования в повседневной жизни
10.9	Выполнять эксперименты по исследованию физических явлений и процессов с использованием прямых и косвенных измерений; при этом формулировать проблему (задачу) и гипотезу учебного эксперимента, собирать установку из предложенного оборудования, проводить опыт и формулировать выводы
10.10	Осуществлять прямые и косвенные измерения физических величин; при этом выбирать оптимальный способ измерения и использовать известные методы оценки погрешностей измерений
10.11	Исследовать зависимости между физическими величинами с использованием прямых измерений; при этом конструировать установку, фиксировать результаты полученной зависимости физических величин в виде таблиц и графиков, делать выводы по результатам исследования
10.12	Соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента, учебно-исследовательской и проектной деятельности с использованием измерительных устройств и лабораторного оборудования
10.13	Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы; на основе анализа

	условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для её решения, проводить расчёты и оценивать реальность полученного значения физической величины
10.14	Решать качественные задачи: выстраивать логически непротиворечивую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления
10.15	Использовать при решении учебных задач современные информационные технологии для поиска, структурирования, интерпретации и представления учебной и научно-популярной информации, полученной из различных источников; критически анализировать получаемую информацию
10.16	Приводить примеры вклада российских и зарубежных учёных-физиков в развитие науки, объяснение процессов окружающего мира, в развитие техники и технологий
10.17	Использовать теоретические знания по физике в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, для сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде
10.18	Работать в группе с выполнением различных социальных ролей, планировать работу группы, рационально распределять обязанности и планировать деятельность в нестандартных ситуациях, адекватно оценивать вклад каждого из участников группы в решение рассматриваемой проблемы

11 КЛАСС

Код проверяемого результата	Проверяемые предметные результаты освоения основной образовательной программы среднего общего образования
11.1	Демонстрировать на примерах роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей, целостность и единство физической картины мира
11.2	Учитывать границы применения изученных физических моделей: точечный электрический заряд, ядерная модель атома, нуклонная модель атомного ядра при решении физических задач
11.3	Распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе законов электродинамики и квантовой физики: электрическая проводимость, тепловое, световое, химическое, магнитное действия тока, взаимодействие магнитов, электромагнитная индукция, действие магнитного поля на проводник с током и движущийся заряд, электромагнитные

	колебания и волны, прямолинейное распространение света, отражение, преломление, интерференция, дифракция и поляризация света, дисперсия света, фотоэлектрический эффект (фотоэффект), световое давление, возникновение линейчатого спектра атома водорода, естественная и искусственная радиоактивность
11.4	Описывать изученные свойства вещества (электрические, магнитные, оптические, электрическую проводимость различных сред) и электромагнитные явления (процессы), используя физические величины: электрический заряд, сила тока, электрическое напряжение, электрическое сопротивление, разность потенциалов, ЭДС, работа тока, индукция магнитного поля, сила Ампера, сила Лоренца, индуктивность катушки, энергия электрического и магнитного полей, период и частота колебаний в колебательном контуре, заряд и сила тока в процессе гармонических электромагнитных колебаний, фокусное расстояние и оптическая сила линзы; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы; указывать формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами
11.5	Описывать изученные квантовые явления и процессы, используя физические величины: скорость электромагнитных волн, длина волны и частота света, энергия и импульс фотона, период полураспада, энергия связи атомных ядер; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы; указывать формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами, вычислять значение физической величины
11.6	Анализировать физические процессы и явления, используя физические законы и принципы: закон Ома, законы последовательного и параллельного соединения проводников, закон Джоуля – Ленца, закон электромагнитной индукции, закон прямолинейного распространения света, законы отражения света, законы преломления света, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения электрического заряда, закон сохранения массового числа, постулаты Бора, закон радиоактивного распада; при этом различать словесную формулировку закона, его математическое выражение и условия (границы, области) применимости
11.7	Определять направление вектора индукции магнитного поля проводника с током, силы Ампера и силы Лоренца
11.8	Строить и описывать изображение, создаваемое плоским зеркалом, тонкой линзой
11.9	Выполнять эксперименты по исследованию физических явлений и процессов с использованием прямых и косвенных измерений; при

	этом формулировать проблему (задачу) и гипотезу учебного эксперимента, собирать установку из предложенного оборудования, проводить опыт и формулировать выводы
11.10	Осуществлять прямые и косвенные измерения физических величин; при этом выбирать оптимальный способ измерения и использовать известные методы оценки погрешностей измерений
11.11	Исследовать зависимости физических величин с использованием прямых измерений; при этом конструировать установку, фиксировать результаты полученной зависимости физических величин в виде таблиц и графиков, делать выводы по результатам исследования
11.12	Соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента, учебно-исследовательской и проектной деятельности с использованием измерительных устройств и лабораторного оборудования
11.13	Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы; на основе анализа условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для её решения, проводить расчёты и оценивать реальность полученного значения физической величины
11.14	Решать качественные задачи: выстраивать логически непротиворечивую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления
11.15	Использовать при решении учебных задач современные информационные технологии для поиска, структурирования, интерпретации и представления учебной и научно-популярной информации, полученной из различных источников; критически анализировать получаемую информацию
11.16	объяснять принципы действия машин, приборов и технических устройств; различать условия их безопасного использования в повседневной жизни
11.17	Приводить примеры вклада российских и зарубежных учёных-физиков в развитие науки, в объяснение процессов окружающего мира, в развитие техники и технологий
11.18	Использовать теоретические знания по физике в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, для сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде
11.19	Работать в группе с выполнением различных социальных ролей, планировать работу группы, рационально распределять обязанности и планировать деятельность в нестандартных ситуациях, адекватно оценивать вклад каждого из участников группы в решение рассматриваемой проблемы

Проверяемые элементы содержания

10 КЛАСС

Код раздела	Код проверяемого элемента	Проверяемые элементы содержания
1	ФИЗИКА И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ	
	1.1	Физика – наука о природе. Научные методы познания окружающего мира. Роль эксперимента и теории в процессе познания природы. Эксперимент в физике
	1.2	Моделирование физических явлений и процессов. Научные гипотезы. Физические законы и теории. Границы применимости физических законов. Принцип соответствия. Роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в практической деятельности людей
2	МЕХАНИКА	
2.1	КИНЕМАТИКА	
	2.1.1	Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчёта. Траектория
	2.1.2	Перемещение, скорость (средняя скорость, мгновенная скорость) и ускорение материальной точки, их проекции на оси системы координат. Сложение перемещений и сложение скоростей
	2.1.3	Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение. Графики зависимости координат, скорости, ускорения, пути и перемещения материальной точки от времени
	2.1.4	Свободное падение. Ускорение свободного падения
	2.1.5	Криволинейное движение. Равномерное движение материальной точки по окружности. Угловая скорость, линейная скорость. Период и частота. Центробежное ускорение
	2.1.6	Технические устройства: спидометр, движение снарядов, цепные и ременные

		передачи
	2.1.7	Практические работы. Измерение мгновенной скорости. Исследование соотношения между путями, пройденными телом за последовательные равные промежутки времени при равноускоренном движении с начальной скоростью, равной нулю. Изучение движения шарика в вязкой жидкости. Изучение движения тела, брошенного горизонтально
2.2	ДИНАМИКА	
	2.2.1	Принцип относительности Галилея. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта
	2.2.2	Масса тела. Сила. Принцип суперпозиции сил
	2.2.3	Второй закон Ньютона для материальной точки в инерциальной системе отсчёта (ИСО). Третий закон Ньютона для материальных точек
	2.2.4	Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Первая космическая скорость. Вес тела
	2.2.5	Сила упругости. Закон Гука
	2.2.6	Сила трения. Сухое трение. Сила трения скольжения и сила трения покоя. Коэффициент трения. Сила сопротивления при движении тела в жидкости или газе
	2.2.7	Поступательное и вращательное движение абсолютно твёрдого тела
	2.2.8	Момент силы относительно оси вращения. Плечо силы. Условия равновесия твёрдого тела в ИСО
	2.2.9	Технические устройства: подшипники, движение искусственных спутников
	2.2.10	Практические работы. Изучение движения бруска по наклонной плоскости под действием нескольких сил. Исследование зависимости сил упругости, возникающих в деформируемой пружине и резиновом образце, от величины их деформации. Исследование условий равновесия твёрдого тела, имеющего ось вращения
2.3	ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ	
	2.3.1	Импульс материальной точки, системы

		материальных точек. Импульс силы и изменение импульса тела
	2.3.2	Закон сохранения импульса в ИСО. Реактивное движение
	2.3.3	Работа силы
	2.3.4	Мощность силы
	2.3.5	Кинетическая энергия материальной точки. Теорема о кинетической энергии
	2.3.6	Потенциальная энергия. Потенциальная энергия упруго деформированной пружины. Потенциальная энергия тела вблизи поверхности Земли
	2.3.7	Потенциальные и непотенциальные силы. Связь работы непотенциальных сил с изменением механической энергии системы тел. Закон сохранения механической энергии
	2.3.8	Упругие и неупругие столкновения
	2.3.9	Технические устройства: движение ракет, водомёт, копер, пружинный пистолет
	2.3.10	Практические работы. Изучение связи скоростей тел при неупругом ударе. Исследование связи работы силы с изменением механической энергии тела
3	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	
3.1	ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ	
	3.1.1	Основные положения молекулярно-кинетической теории. Броуновское движение. Диффузия. Характер движения и взаимодействия частиц вещества
	3.1.2	Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел и объяснение свойств вещества на основе этих моделей
	3.1.3	Масса молекул. Количество вещества. Постоянная Авогадро
	3.1.4	Тепловое равновесие. Температура и её измерение. Шкала температур Цельсия
	3.1.5	Модель идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа
	3.1.6	Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц газа. Шкала температур Кельвина

	3.1.7	Уравнение Клапейрона – Менделеева. Закон Дальтона
	3.1.8	Газовые законы. Изопроцессы в идеальном газе с постоянным количеством вещества: изотерма, изохора, изобара
	3.1.9	Технические устройства: термометр, барометр
	3.1.10	Практические работы. Измерение массы воздуха в классной комнате. Исследование зависимости между параметрами состояния разреженного газа
3.2	ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	
	3.2.1	Термодинамическая система. Внутренняя энергия термодинамической системы и способы её изменения
	3.2.2	Количество теплоты и работа. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа
	3.2.3	Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Теплоёмкость тела. Удельная теплоёмкость вещества. Расчёт количества теплоты при теплопередаче
	3.2.4	Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Графическая интерпретация работы газа
	3.2.5	Тепловые машины. Принципы действия тепловых машин. Преобразования энергии в тепловых машинах. Коэффициент полезного действия (далее – КПД) тепловой машины. Цикл Карно и его КПД
	3.2.6	Второй закон термодинамики. Необратимость процессов в природе. Тепловые двигатели. Экологические проблемы теплоэнергетики
	3.2.7	Технические устройства: двигатель внутреннего сгорания, бытовой холодильник, кондиционер
	3.2.8	Практические работы. Измерение удельной теплоёмкости
3.3	АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА. ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ	
	3.3.1	Парообразование и конденсация. Испарение и кипение. Удельная теплота парообразования. Зависимость температуры кипения от давления

	3.3.2	Абсолютная и относительная влажность воздуха. Насыщенный пар
	3.3.3	Твёрдое тело. Кристаллические и аморфные тела. Анизотропия свойств кристаллов. Жидкие кристаллы. Современные материалы
	3.3.4	Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления. Сублимация
	3.3.5	Уравнение теплового баланса
	3.3.6	Технические устройства: гигрометр и психрометр, калориметр, технологии получения современных материалов, в том числе наноматериалов, и нанотехнологии
	3.3.7	Практические работы. Измерение влажности воздуха
4	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	
4.1	ЭЛЕКТРОСТАТИКА	
	4.1.1	Электризация тел. Электрический заряд. Два вида электрических зарядов
	4.1.2	Проводники, диэлектрики и полупроводники
	4.1.3	Закон сохранения электрического заряда
	4.1.4	Взаимодействие зарядов. Закон Кулона
	4.1.5	Электрическое поле. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции. Линии напряжённости электрического поля
	4.1.6	Работа сил электростатического поля. Потенциал. Разность потенциалов
	4.1.7	Проводники и диэлектрики в постоянном электрическом поле. Диэлектрическая проницаемость
	4.1.8	Емкость. Конденсатор. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора
	4.1.9	Технические устройства: электроскоп, электрометр, электростатическая защита, заземление электроприборов, конденсатор, ксерокс, струйный принтер
	4.1.10	Практические работы. Измерение емкости конденсатора
4.2	ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ТОКИ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ	
	4.2.1	Условия существования постоянного электрического тока. Источники тока. Сила

	тока. Постоянный ток
4.2.2	Напряжение. Закон Ома для участка цепи
4.2.3	Электрическое сопротивление. Удельное сопротивление вещества
4.2.4	Последовательное, параллельное, смешанное соединение проводников
4.2.5	Работа электрического тока. Закон Джоуля – Ленца
4.2.6	Мощность электрического тока
4.2.7	электродвижущая сила (далее – ЭДС) и внутреннее сопротивление источника тока. Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи. Короткое замыкание
4.2.8	Электронная проводимость твёрдых металлов. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Сверхпроводимость
4.2.9	Электрический ток в вакууме. Свойства электронных пучков
4.2.10	Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Свойства р-п перехода. Полупроводниковые приборы
4.2.11	Электрический ток в электролитах. Электролитическая диссоциация. Электролиз
4.2.12	Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряд. Различные типы самостоятельного разряда. Молния. Плазма
4.2.13	Технические устройства: амперметр, вольтметр, реостат, источники тока, электронагревательные приборы, электроосветительные приборы, термометр сопротивления, вакуумный диод, термисторы и фоторезисторы, полупроводниковый диод, гальваника
4.2.14	Практические работы. Изучение смешанного соединения резисторов. Измерение ЭДС источника тока и его внутреннего сопротивления. Наблюдение электролиза

Код раздела	Код проверяемого элемента	Проверяемые элементы содержания
4	ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	
4.3	МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	
	4.3.1	Постоянные магниты. Взаимодействие постоянных магнитов
	4.3.2	Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции. Линии магнитной индукции. Картина линий магнитной индукции поля постоянных магнитов
	4.3.3	Магнитное поле проводника с током. Картина линий поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током. Опыт Эрстеда. Взаимодействие проводников с током
	4.3.4	Сила Ампера, её модуль и направление
	4.3.5	Сила Лоренца, её модуль и направление. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Работа силы Лоренца
	4.3.6	Явление электромагнитной индукции
	4.3.7	Поток вектора магнитной индукции
	4.3.8	ЭДС индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея
	4.3.9	Вихревое электрическое поле. ЭДС индукции в проводнике, движущемся поступательно в однородном магнитном поле
	4.3.10	Правило Ленца
	4.3.11	Индуктивность. Явление самоиндукции. ЭДС самоиндукции
	4.3.12	Энергия магнитного поля катушки с током
	4.3.13	Электромагнитное поле
	4.3.14	Технические устройства: постоянные магниты, электромагниты, электродвигатель, ускорители элементарных частиц, индукционная печь
	4.3.15	Практические работы. Изучение магнитного поля катушки с током. Исследование действия постоянного магнита на рамку с током. Исследование

		явления электромагнитной индукции
5	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
5.1	МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ	
	5.1.1	Колебательная система. Свободные колебания. Гармонические колебания. Период, частота, амплитуда и фаза колебаний
	5.1.2	Пружинный маятник. Математический маятник
	5.1.3	Уравнение гармонических колебаний. Кинематическое и динамическое описание колебательного движения
	5.1.4	Превращение энергии при гармонических колебаниях. Связь амплитуды колебаний исходной величины с амплитудами колебаний её скорости и ускорения
	5.1.5	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре. Аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями. Формула Томсона
	5.1.6	Закон сохранения энергии в идеальном колебательном контуре
	5.1.7	Вынужденные механические колебания. Резонанс. Резонансная кривая. Вынужденные электромагнитные колебания.
	5.1.8	Переменный ток. Синусоидальный переменный ток.
	5.1.9	Мощность переменного тока. Амплитудное и действующее значение силы тока и напряжения
	5.1.10	Трансформатор. Производство, передача и потребление электрической энергии. Экологические риски при производстве электрической энергии. Культура использования электроэнергии в повседневной жизни
	5.1.11	Технические устройства: сейсмограф, электрический звонок, линии электропередач
	5.1.12	Практические работы. Исследование зависимости периода малых колебаний

		груза на нити от длины нити и массы груза. Исследование переменного тока в цепи из последовательно соединённых конденсатора, катушки и резистора
5.2	МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ	
	5.2.1	Механические волны, условия распространения. Период. Скорость распространения и длина волны. Поперечные и продольные волны
	5.2.2	Интерференция и дифракция механических волн
	5.2.3	Звук. Скорость звука. Громкость звука. Высота тона. Тембр звука
	5.2.4	Электромагнитные волны. Условия излучения электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов E , B и v в электромагнитной волне в вакууме
	5.2.5	Свойства электромагнитных волн: отражение, преломление, поляризация, дифракция, интерференция. Скорость электромагнитных волн
	5.2.6	Шкала электромагнитных волн. Применение электромагнитных волн в технике и быту
	5.2.7	Принципы радиосвязи и телевидения. Радиолокация. Электромагнитное загрязнение окружающей среды
	5.2.8	Технические устройства: музыкальные инструменты, ультразвуковая диагностика в технике и медицине, радар, радиоприёмник, телевизор, антенна, телефон, СВЧ-печь
5.3	ОПТИКА	
	5.3.1	Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света
	5.3.2	Отражение света. Законы отражения света. Построение изображений в плоском зеркале
	5.3.3	Преломление света. Законы преломления света. Абсолютный показатель преломления
	5.3.4	Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения
	5.3.5	Дисперсия света. Сложный состав белого

		света. Цвет
	5.3.6	Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы. Построение изображений в собирающих и рассеивающих линзах. Формула тонкой линзы. Увеличение, даваемое линзой
	5.3.7	Пределы применимости геометрической оптики
	5.3.8	Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников
	5.3.9	Дифракция света. Дифракционная решётка. Условие наблюдения главных максимумов при падении монохроматического света на дифракционную решётку
	5.3.10	Поляризация света
	5.3.11	Технические устройства: очки, лупа, фотоаппарат, проекционный аппарат, микроскоп, телескоп, волоконная оптика, дифракционная решётка, поляроид
	5.3.12	Практические работы. Измерение показателя преломления. Исследование свойств изображений в линзах. Наблюдение дисперсии света
6	ЭЛЕМЕНТЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	
	6.1	Границы применимости классической механики. Постулаты теории относительности: инвариантность модуля скорости света в вакууме, принцип относительности Эйнштейна
	6.2	Относительность одновременности. Замедление времени и сокращение длины
	6.3	Энергия и импульс свободной частицы
	6.4	Связь массы с энергией и импульсом свободной частицы. Энергия покоя свободной частицы
7	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	
7.1	ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ОПТИКИ	
	7.1.1	Фотоны. Формула Планка связи энергии

		фотона с его частотой. Энергия и импульс фотона
	7.1.2	Открытие и исследование фотоэффекта. Опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта
	7.1.3	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. «Красная граница» фотоэффекта
	7.1.4	Давление света. Опыты П.Н. Лебедева
	7.1.5	Химическое действие света
	7.1.6	Технические устройства: фотоэлемент, фотодатчик, солнечная батарея, светодиод
7.2	СТРОЕНИЕ АТОМА	
	7.2.1	Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда по исследованию строения атома. Планетарная модель атома
	7.2.2	Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой. Виды спектров. Спектр уровней энергии атома водорода
	7.2.3	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах
	7.2.4	Спонтанное и вынужденное излучение. Устройство и принцип работы лазера
	7.2.5	Технические устройства: спектральный анализ (спектроскоп), лазер, квантовый компьютер
	7.2.6	Практические работы. Наблюдение линейчатого спектра
7.3	АТОМНОЕ ЯДРО	
	7.3.1	Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц
	7.3.2	Открытие радиоактивности. Опыты Резерфорда по определению состава радиоактивного излучения. Свойства альфа-, бета-, гамма-излучения. Влияние радиоактивности на живые организмы
	7.3.3	Открытие протона и нейтрона. Нуклонная модель ядра Гейзенберга – Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы
	7.3.4	Альфа-распад. Электронный и позитронный бета-распад. Гамма-

		излучение. Закон радиоактивного распада
	7.3.5	Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы. Дефект массы ядра
	7.3.6	Ядерные реакции. Деление и синтез ядер
	7.3.7	Ядерный реактор. Термоядерный синтез. Проблемы и перспективы ядерной энергетики. Экологические аспекты ядерной энергетики
	7.3.8	Элементарные частицы. Открытие позитрона. Фундаментальные взаимодействия
	7.3.9	Технические устройства: дозиметр, камера Вильсона, ядерный реактор, атомная бомба
	7.3.10	Практические работы. Исследование треков частиц (по готовым фотографиям)
	ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ	
	8.1	Вид звёздного неба. Созвездия, яркие звёзды, планеты, их видимое движение
	8.2	Солнечная система. Планеты земной группы. Планеты-гиганты и их спутники, карликовые планеты. Малые тела Солнечной системы
8	8.3	Солнце, фотосфера и атмосфера. Солнечная активность
	8.4	Источник энергии Солнца и звёзд
	8.5	Звёзды, их основные характеристики: масса, светимость, радиус, температура, их взаимосвязь. Диаграмма «спектральный класс – светимость». Звёзды главной последовательности. Зависимость «масса – светимость» для звёзд главной последовательности
	8.6	Внутреннее строение звёзд. Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звёзд. Этапы жизни звёзд
	8.7	Млечный Путь – наша Галактика. Спиральная структура Галактики, распределение звёзд, газа и пыли. Положение и движение Солнца в Галактике. Плоская и сферическая подсистемы Галактики

8.8	Типы галактик. Радиогалактики и квазары. Чёрные дыры в ядрах галактик
8.9	Вселенная. Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Разбегание галактик. Возраст и радиус Вселенной, теория Большого взрыва. Модель «горячей Вселенной». Реликтовое излучение
8.10	Масштабная структура Вселенной. Метагалактика. Нерешённые проблемы астрономии

Приложение 11

Проверяемые на ЕГЭ по физике требования к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования

Код проверяемого требования	Проверяемые требования к предметным результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования
1	Сформированность умений распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе изученных законов
2	Владение основополагающими физическими понятиями и величинами, характеризующими физические процессы
3	Сформированность умений применять законы классической механики, молекулярной физики и термодинамики, электродинамики, квантовой физики для анализа и объяснения явлений микромира, макромира и мегамира, различать условия (границы, области) применимости физических законов, понимать всеобщий характер фундаментальных законов и ограниченность использования частных законов; анализировать физические процессы, используя основные положения, законы и закономерности
4	Сформированность умения различать условия применимости моделей физических тел и процессов (явлений)
5	Сформированность умения решать расчетные задачи с явно заданной и неявно заданной физической моделью: на основании анализа условия выбирать физические модели, отвечающие требованиям задачи, применять формулы, законы, закономерности и постулаты физических теорий при использовании математических методов решения задач, проводить расчеты на основании имеющихся данных, анализировать результаты и корректировать методы решения с учетом полученных результатов
6	Решать качественные задачи, требующие применения знаний из разных разделов школьного курса физики, а также интеграции знаний из других предметов естественнонаучного цикла: выстраивать логическую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления
7	Владение основными методами научного познания, используемыми в физике: проводить прямые и косвенные измерения физических величин, выбирая оптимальный способ измерения и используя известные методы оценки погрешностей измерений, проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений, объяснять полученные результаты, используя физические теории, законы и понятия, и делать выводы; соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента и

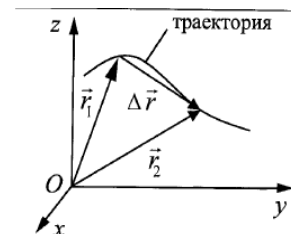
	учебно-исследовательской деятельности с использованием цифровых измерительных устройств и лабораторного оборудования
8	Сформированность умений анализировать и оценивать последствия бытовой и производственной деятельности человека, связанной с физическими процессами, с позиций экологической безопасности; представлений о рациональном природопользовании, а также разумном использовании достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества
9	Овладение различными способами работы с информацией физического содержания с использованием современных информационных технологий; развитие умений критического анализа и оценки достоверности получаемой информации
10	Сформированность умений применять основополагающие астрономические понятия, теории и законы для анализа и объяснения физических процессов, происходящих на звездах, в звездных системах, в межгалактической среде; движения небесных тел, эволюции звезд и Вселенной

	$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = F \Delta t$ при $F = \text{const}$
5	Третий закон Ньютона для материальных точек: $F_{12} = -F_{21}$
6	Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами равны $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ Сила тяжести. Центр тяжести тела. Зависимость силы тяжести от высоты h над поверхностью планеты радиусом R_0 :

ие 12

е

Код раздела / темы	Код элемента	Проверяемые элементы содержания
1	МЕХАНИКА	
1.1	КИНЕМАТИКА	
	1.1.1	Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчёта
	1.1.2	Материальная точка. Ее радиус-вектор: $\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$ траектория, перемещение: $\Delta \vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (\Delta x, \Delta y, \Delta z),$ путь. Сложение перемещений: $\Delta \vec{r}_1 = \Delta \vec{r}_2 + \Delta \vec{r}_0$
	1.1.3	Скорость материальной точки: $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{r}'_t = (v_x, v_y, v_z),$ $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t, \text{ аналогично } v_y = y'_t, v_z = z'_t.$ $\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0$ Сложение скоростей: Вычисление перемещения и пути материальной точки при прямолинейном движении вдоль оси x по графику зависимости $v_x(t)$
	1.1.4	Ускорение материальной точки: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}'_t = (a_x, a_y, a_z),$ $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = (v_x)'_t,$ аналогично $a_y = (v_y)'_t, a_z = (v_z)'_t.$
	1.1.5	Равномерное прямолинейное движение: $x(t) = x_0 + v_{0x} t$ $v_x(t) = v_{0x} = \text{const}$
	1.1.6	Равноускоренное прямолинейное движение:



$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t$$

$$a_x = \text{const}$$

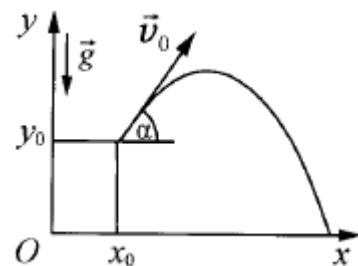
$$v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$$

$$S = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t$$

1.1.7

При движении в одном направлении путь
Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом α к горизонту:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t \\ v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt \\ g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases}$$



1.1.8

Криволинейное движение. Движение материальной точки по окружности.

Угловая и линейная скорость точки: $v = \omega R$. При равномерном

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

движении точки по окружности

$$a_{\text{ис}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$$

Центростремительное ускорение точки:

Полное ускорение материальной точки

1.1.9

Твёрдое тело. Поступательное и вращательное движение твёрдого тела

1.2

ДИНАМИКА

1.2.1

Инерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея

1.2.2

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Масса тела. Плотность вещества:

1.2.3

$$\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

Сила. Принцип суперпозиции сил:

1.2.4

Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО

$$\vec{F} = m\vec{a}; \Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t \text{ при } \vec{F} = \text{const}$$

1.2.5



Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

для материальных точек:

1.2.6

Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

равны

Сила тяжести. Центр тяжести тела. Зависимость силы тяжести от высоты h над поверхностью планеты радиусом R_0 :

$$mg = \frac{GMm}{(R_0 + h)^2}$$

1.2.7

Сила упругости. Закон Гука: $F_x = -kx$

1.2.8

Сила трения. Сухое трение.

Сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N$

Сила трения покоя: $F_{\text{тр}} \leq \mu N$

Коэффициент трения

1.2.9

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

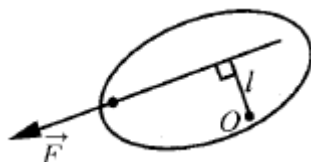
Давление:

1.3

СТАТИКА

1.3.1

Момент силы относительно оси вращения:



$|M| = Fl$, где l – плечо силы $\vec{F}$

1.3.2

Относительно оси, проходящей через точку O перпендикулярно рисунку
Центр масс тела. Центр масс системы материальных точек:

$$\vec{r}_{\text{ц.м.}} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots}$$

$$(\vec{g} = \text{const})$$

В однородном поле тяжести

центр масс тела совпадает с его центром тяжести

1.3.3

Условия равновесия твёрдого тела в ИСО:

$$\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \end{cases}$$

1.3.4

Закон Паскаля

1.3.5

Давление в жидкости, покоящейся в ИСО:

$$p = p_0 + \rho gh$$

1.3.6

Закон Архимеда: $\vec{F}_{\text{Арх}} = -\vec{P}_{\text{вытесн}}$,

если тело и жидкость покоятся в ИСО, то $F_{\text{Арх}} = \rho g V_{\text{вытесн}}$

Условие плавания тел

1.4

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

1.4.1

Импульс материальной точки: $\vec{p} = m\vec{v}$

1.4.2 $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$

Импульс системы тел:

1.4.3 Закон изменения и сохранения импульса:

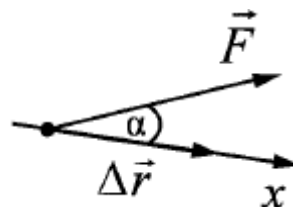
в ИСО $\Delta \vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = \vec{F}_{1\text{внешн}} \Delta t + \vec{F}_{2\text{внешн}} \Delta t + \dots$;

в ИСО $\Delta \vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = 0$, если $\vec{F}_{1\text{внешн}} + \vec{F}_{2\text{внешн}} + \dots = 0$

Реактивное движение

1.4.4 Работа силы на малом перемещении:

$$A = |\vec{F}| \cdot |\Delta \vec{r}| \cdot \cos \alpha = F_x \cdot \Delta x$$

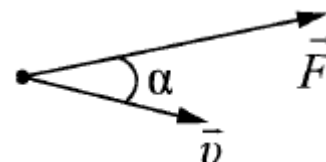


1.4.5 Мощность силы:

если за время Δt работа силы изменяется

на ΔA , то мощность силы

$P =$



1.4.6 Кинетическая энергия материальной точки:

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}.$$

Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек:

в ИСО $\Delta E_{\text{кин}} = A_1 + A_2 + \dots$

1.4.7 Потенциальная энергия:
для потенциальных сил

$$A_{12} = E_{1\text{потенц}} - E_{2\text{потенц}} = -\Delta E_{\text{потенц}}$$

Потенциальная энергия материальной точки в однородном поле тяжести:

$$E_{\text{потенц}} = mgh$$

Потенциальная энергия упруго деформированного тела:

$$E_{\text{потенц}} = \frac{kx^2}{2}$$

1.4.8 Закон изменения и сохранения механической энергии:

$$E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}}$$

в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех непотенц. сил}}$

в ИСО $\Delta E_{\text{мех}} = 0$, если $A_{\text{всех непотенц. сил}} = 0$

1.5

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

1.5.1 Гармонические колебания материальной точки. Амплитуда и фаза колебаний. Кинематическое описание:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$v_x(t) = x'_t,$$

$$a_x(t) = (v_x)'_t = -\omega^2 x(t) \Rightarrow a_x + \omega^2 x = 0, \text{ где } x, \text{ смещение из}$$

положения равновесия

Динамическое описание:

$$ma_x = -kx, \text{ где } k = m\omega^2. \text{ Это значит, что } F_x = -kx.$$

Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии):

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const}$$

Связь амплитуды колебаний смещения материальной точки с амплитудами

$$v_{\max} = \omega A, \quad a_{\max} = \omega^2 A$$

колебаний её скорости и ускорения:

1.5.2

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}.$$

Период и частота колебаний:

Период малых свободных колебаний математического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Период свободных колебаний пружинного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

1.5.3

Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая

1.5.4

Поперечные и продольные волны. Скорость распространения и длины

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu},$$

волны:

Интерференция и дифракция волн

1.5.5

Звук. Скорость звука

2

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКИ

2.1

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

2.1.1

Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. Пусть термодинамическая система (тело) состоит из N одинаковых молекул.

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}, \quad \text{где } N_A - \text{число Авогадро,}$$

Тогда количество вещества

где N_A - число Авогадро,

m - масса системы (тела), μ молярная масса вещества

2.1.2

Тепловое движение атомов и молекул вещества

2.1.3

Взаимодействие частиц вещества

2.1.4

Диффузия. Броуновское движение

2.1.5

Модель идеального газа в МКТ

2.1.6

Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ):

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \cdot \left(\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{2}{3} n \cdot \overline{\varepsilon_{\text{пост}}}, \text{ где } m_0 - \text{масса одной}$$

молекулы, $n = \frac{N}{V}$ – концентрация молекул

$$2.1.7 \quad T = t^\circ + 273 \text{ К}$$

Абсолютная температура:

2.1.8 Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его молекул:

$$\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left(\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$$

$$2.1.9 \quad p = nkT$$

Уравнение:

2.1.10 Модель идеального газа в термодинамике:

{ Уравнение Менделеева – Клапейрона
Выражение для внутренней энергии

Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$$

Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$$

2.1.11 Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов:

$$p = p_1 + p_2 + \dots$$

2.1.12 Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом молекул N (с постоянным количеством вещества ν):

изотерма: $(T = \text{const}): pV = \text{const},$

изохора $(V = \text{const}): \frac{p}{T} = \text{const},$

изобара $(p = \text{const}): \frac{V}{T} = \text{const}$

Графическое представление изопроцессов на диаграммах. pV -, pT - и VT -

Объединенный газовый закон:

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

для постоянного количества вещества ν

2.1.13 Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности

и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объёма насыщенного пара

2.1.14 Влажность воздуха.

Относительная влажность:

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ. пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ. пара}}(T)}$$

2.1.15 Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости

2.1.16 Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация

2.1.17 Преобразование энергии в фазовых переходах

2.2 ТЕРМОДИНАМИКА

2.2.1 Тепловое равновесие и температура

2.2.2 Внутренняя энергия

2.2.3 Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение

2.2.4 Количество теплоты.

Удельная теплоёмкость вещества с: $Q = cm\Delta T$

2.2.5 Удельная теплота парообразования

L: $Q = Lm$.

Удельная теплота плавления λ : $Q = \lambda m$.

Удельная теплота сгорания топлива q : $Q = qm$

2.2.6 Элементарная работа в термодинамике: . Вычисление работы по графику процесса на pV-диаграмме

$$A = p\Delta V$$

2.2.7 Первый закон термодинамики:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}.$$

Адиабата:

$$Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2 = -\Delta U_{12}$$

2.2.8 Второй закон термодинамики. Необратимые процессы

2.2.9 Принципы действия тепловых машин. КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - |Q_{\text{хол}}|}{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{хол}}|}{Q_{\text{нагр}}}$$

2.2.10 Максимальное значение КПД. Цикл Карно:

$$\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}$$

2.2.11 Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

3 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

3.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

3.1.1 Электризация тел и её проявления. Электрический заряд. Два вида заряда. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда

3.1.2

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

Взаимодействие зарядов.

Точечные заряды. Закон Кулона: в однородном веществе с диэлектрической проницаемостью

3.1.3 Электрическое поле. Его действие на электрические заряды

3.1.4

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пробный}}}$$

Напряжённость электрического поля:

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

Поле точечного заряда:

однородное поле: $\vec{E} = \text{const.}$

Картины линий напряжённости этих полей

3.1.5

Потенциальность электростатического поля.

Разность потенциалов и напряжение:

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU.$$

$W = q\varphi.$ Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле:

$$A = -\Delta W$$

$$\varphi = \frac{W}{q}.$$

Потенциал электростатического поля:

Связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля:

$$U = Ed$$

3.1.6

Принцип суперпозиции электрических полей:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots, \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots$$

3.1.7

Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов:

внутри проводника $\vec{E} = 0$;

внутри и на поверхности проводника $\varphi = \text{const}$

3.1.8

Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества ϵ

3.1.9

Конденсатор. Электроёмкость конденсатора:

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

Электроёмкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_0$$

3.1.10

Параллельное соединение конденсаторов:

$$q = q_1 + q_2 + \dots, \quad U_1 = U_2 = \dots, \quad C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots$$

Последовательное соединение конденсаторов:

$$U = U_1 + U_2 + \dots, \quad q_1 = q_2 = \dots, \quad \frac{1}{C_{\text{послед}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

3.1.11

Энергия заряженного конденсатора:

$$W_C = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

3.2

ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

3.2.1

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0}$$

Сила тока:

$$I = \text{const}$$

Постоянный ток:

Для постоянного тока $q = It$

3.2.2

Условия существования электрического тока. Напряжение U и ЭДС E

3.2.3

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

Закон Ома для участка цепи:

3.2.4

Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и сечения. Удельное сопротивление вещества.

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

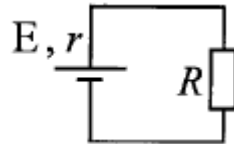
3.2.5

$$E = \frac{A_{\text{сторонних сил}}}{q}$$

Источники тока. ЭДС источника тока:

Внутреннее сопротивление источника тока

3.2.6

Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи: $E = IR + Ir$, откуда

$$I = \frac{E}{R + r}$$

3.2.7

Параллельное соединение проводников:

$$I = I_1 + I_2 + \dots, U_1 = U_2 = \dots, \frac{1}{R_{\text{паралл}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Последовательное соединение проводников:

$$U = U_1 + U_2 + \dots, I_1 = I_2 = \dots, R_{\text{послед}} = R_1 + R_2 + \dots$$

3.2.8

Работа электрического тока: $A = IUt$.Закон Джоуля - Ленца: $Q = I^2 R t$

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

На резисторе:

3.2.9

$$P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = IU$$

Мощность электрического тока:

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = IU$$

Тепловая мощность, выделяемая на резисторе:

$$P_E = \frac{\Delta A_{\text{ст. сил}}}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = EI$$

Мощность источника тока:

3.2.10

Свободные носители электрических зарядов в проводниках. Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и расплавов электролитов,

газов. Полупроводники. Полупроводниковый диод

3.3

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

3.3.1

Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots$

Линии индукции магнитного поля. Картина линий индукции магнитного поля полосового и подковообразного постоянных магнитов

3.3.2

Опыт Эрстеда. Магнитное поле проводника с током. Картина линий индукции магнитного поля длинного прямого проводника и замкнутого кольцевого проводника, катушки с током

3.3.3

Сила Ампера, её направление и величина:

$$F_A = I l \sin \alpha, \text{ где } \alpha - \text{угол между направлением проводника и вектором } \vec{B}$$

3.3.4

Сила Лоренца, её направление и величина: $F_{\text{Лор}} = |q| v B \sin \alpha,$

где α - угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле

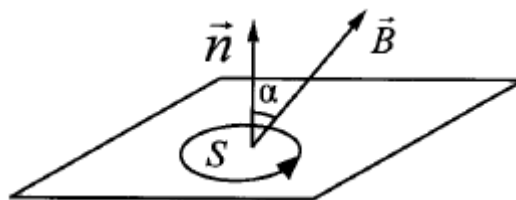
3.4

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

3.4.1

Поток вектора магнитной индукции:

$$\Phi = B_n S = B S \cos \alpha$$



3.4.2

Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции

3.4.3

Закон электромагнитной индукции Фарадея:

$$E_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = - \Phi'_i$$

3.4.4

ЭДС индукции в прямом проводнике длиной l ,

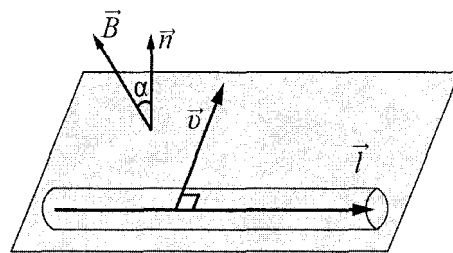
движущемся со скоростью $\vec{v}$

$$(\vec{v} \perp \vec{l})$$

в однородном магнитном поле B :

$$|E_i| = B l v \cos \alpha,$$

где α - угол между вектором B и нормалью $\vec{n}$



к плоскости, в которой лежат векторы $\vec{l}$ и $\vec{v}$; если

$$\vec{l} \perp \vec{B} \text{ и } \vec{v} \perp \vec{B}, \text{ то } |E_i| = B l v$$

3.4.5

Правило Ленца

3.4.6

$$L = \frac{\Phi}{I}, \text{ или } \Phi = L I.$$

Индуктивность:

$$E_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = -LI'_t$$

Самоиндукция. ЭДС самоиндукции:

3.4.7

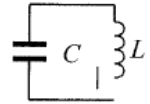
$$W_L = \frac{LI^2}{2}$$

Энергия магнитного поля катушки с током:

3.5 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

3.5.1 Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре:

$$\begin{cases} q(t) = q_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0) \\ I(t) = q'_t = \omega q_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) = I_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$$



$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \text{ откуда } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Формула Томсона:

Связь амплитуды заряда конденсатора с амплитудой силы тока при свободных электромагнитных колебаниях в идеальном колебательном

$$q_{\max} = \frac{I_{\max}}{\omega}$$

контуре:

3.5.2 Закон сохранения энергии в идеальном колебательном контуре:

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = \text{const.}$$

3.5.3 Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс

3.5.4 Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии

3.5.5 Свойства электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов в

$$\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$$

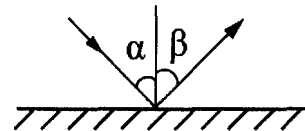
электромагнитной волне в вакууме:

3.5.6 Шкала электромагнитных волн. Применение электромагнитных волн в технике и быту

3.6 ОПТИКА

3.6.1 Прямолинейное распространение света в однородной среде. Точечный источник. Луч света

3.6.2 Законы отражения света. $\alpha = \beta$



3.6.3 Построение изображений в плоском зеркале

3.6.4 Законы преломления света.

Преломление света:

Абсолютный показатель

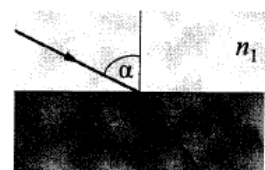
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta.$$

$$n_{\text{абс}} = \frac{c}{v}.$$

преломления:

Относительный показатель преломления:

$$n_{\text{отн}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$



Соотношение частот и соотношение длин волн при переходе

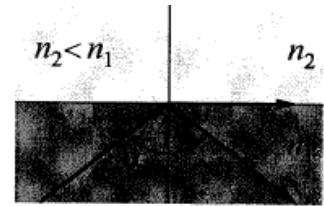
монохроматического света через границу раздела двух оптических сред:

$$v_1 = v_2, \quad n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

3.6.5 Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{n_{\text{отн}}} = \frac{n_2}{n_1}$$

отражения:

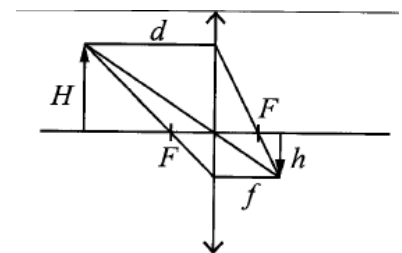


3.6.6 Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{F}$$

3.6.7 Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$



Увеличение, даваемое линзой:

$$\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{|f|}{d}$$

В случае рассеивающей линзы:

$$D < 0 \Rightarrow F = \frac{1}{D} < 0,$$

$$\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{|f|}{d} < 1$$

3.6.8 Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к её главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах

3.6.9 Фотоаппарат как оптический прибор. Глаз как оптическая система

3.6.10 Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников:

$$\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots,$$

максимумы

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

минимумы

3.6.11 Дифракция света. Дифракционная решётка. Условия наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны λ на решетку с периодом d :

$$d \sin \varphi_m = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

- 4 3.6.12 Дисперсия света
- 4.1 КВАНТОВАЯ ФИЗИКА
- 4.1.1 КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ
- 4.1.1.1. Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка: $E = h\nu$
- 4.1.2
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = pc$$
- Фотоны. Энергия фотона:
- $$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$
- Импульс фотона:
- 4.1.3 Фотоэффект. Опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта
- 4.1.4 Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:
- $$E_{\text{фотона}} = A_{\text{выхода}} + E_{\text{кин max}},$$
- где $E_{\text{фотона}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, $A_{\text{выхода}} = h\nu_{\text{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$
- $$E_{\text{кин max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{зап}}$$
- 4.1.5 Давление света. Давление света на полностью отражающую поверхность и на полностью поглощающую поверхность
- 4.2 ФИЗИКА АТОМА
- 4.2.1 Планетарная модель атома
- 4.2.2 Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой:
- $$h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} = |E_n - E_m|$$
- 4.2.3 Линейчатые спектры.
Спектр уровней энергии атома водорода:
- $$E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$
- 4.3 ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА
- 4.3.1 Нуклонная модель ядра Гейзенберга - Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы
- 4.3.2 Радиоактивность.
- Альфа-распад:
- $${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$$
- Бета-распад.
- Электронный β -распад:
- $${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}_e$$
- Позитронный β -распад:
- $${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_{+1}^0\bar{e} + \nu_e$$
- Гамма-излучение
- 4.3.3
$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$
- Закон радиоактивного распада:
- $$m(t) = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$
- Пусть m - масса радиоактивного вещества. Тогда
- 4.3.4 Ядерные реакции. Деление и синтез ядер

