

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕН:

Педагогическим советом

«17» *марта* 2023г., протокол № 550

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

«Общая физика (Волны и оптика)»

Направление подготовки: 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	3
1.1. Модели контролируемых компетенций	3
1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования	4
1.3. Основные показатели оценивания компетенций	4
1.4. Перечень оценочных средств	6
2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	8
2.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ	8
2.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	12
2.2.1. Контрольные работы на практическом занятии	12
• Контрольная работа №1	12
• Контрольная работа №2	18
2.2.2. Опросы	25
• Опрос №1	25
• Опрос №2	31
2.2.3. Лабораторные работы	37
• Лабораторные работы по разделу «Колебания и волны»	37
• Лабораторные работы по разделу «Оптика»	41
2.2.4. Индивидуальное домашнее задание	46
2.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	51
2.3.1. Оценочные средства для проведения экзамена	51
3. СВЕДЕНИЯ О СОСТАВИТЕЛЯХ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	57

1. Паспорт фонда оценочных средств

1.1. Модели контролируемых компетенций:

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физикоматематический аппарат

ОПК-1 Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов

УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи

УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства		
			Текущий контроль	Рубежный контроль	Промежуточная аттестация
5	Колебания и волны	ОПК-1; УЕК-1	ПР №1 ЛР №1,2,3 Опрос №1	КИ	Экзамен
6	Оптика	ОПК-1; УЕК-1	ПР №2 ЛР №4,5,6 Опрос №2 ИДЗ	КИ	

ПР – контрольная работа на практическом занятии; ИДЗ – индивидуальное домашнее задание; ЛР – лабораторная работа; КИ – контроль по итогам.

1.3. Основные показатели оценивания компетенций:

Соотнесение формируемых компетенций со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Общая физика (Волны и оптика)» и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
ОПК-1; УЕК-1	31, 32	У1	В1, В2	ПР, ИДЗ, ЛР, опрос
ОПК-1; УЕК-1				

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимых для формирования компетенций, представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Результаты освоения дисциплины «Общая физика (Волны и оптика)», подлежащие проверке.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции
31 – основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических	<p>Формулировка, запись и пояснение следующих понятий и формул:</p> <p>-свободные гармонические колебания, затухающие и вынужденные колебания, переменный ток, активное и реактивное сопротивление, волна, энергия волн, интерференция, дифракция дисперсия, поляризация света, тепловое излучение;</p>	ОПК-1; УЕК-1

<p>приложениях;</p> <p>32 – основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы измерения.</p>	<p>- фотоэффект, эффект Комптона, световое давление, масса и импульс фотона.</p> <p>Формулировка, запись и пояснение следующих законов, теорем, правил:</p> <p>законы гармонических колебаний, законы геометрической оптики, принцип Гюйгенса, законы теплового излучения (закон Кирхгофа, законы Стефана – Больцмана и Вина, формулы Рэля – Джинса и Планка)</p>	
<p>У1 – указать, какие законы описывают данное явление или эффект, и записывать уравнения для физических величин.</p> <p>В1 – навыками использования основных общезначимых законов и принципов в важнейших практических приложениях.</p>	<p>Применение знаний для решения задач по темам:</p> <p>- кинематика и динамика свободных гармонических колебаний; затухающие колебания, вынужденные колебания, резонанс; электромагнитные колебания; упругие волны; электромагнитные волны;</p> <p>- законы геометрической оптики; интерференция света; дифракция света; поляризация света; законы теплового излучения; внешний фотоэффект.</p> <p>Выполнение измерений с применением приборов и оборудования в рамках лабораторных работ.</p> <p>Обработка результатов измерений, выполненных в рамках лабораторных работ, вручную и с применением ПК.</p> <p>Построение графиков, характеристик вручную и с применением ПК (программы MS Excel и др.).</p> <p>Описание и объяснение физических явлений и свойств объектов, результатов экспериментов.</p>	<p>ОПК-1; УЕК-1</p>
<p>В2 – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента и работы с учебно-методической литературой.</p>	<p>Оценка погрешностей измерений и формулировка заключений по результатам опытов в рамках лабораторных работ.</p> <p>Обладание умением работать с информацией, умением принять правильное решение на основе анализа исходных данных.</p>	<p>ОПК-1; УЕК-1</p>

1.4 Перечень оценочных средств

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице:

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Опрос	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное в виде	Вопросы по разделам дисциплины,

		письменных ответов обучающихся на заданные вопросы и/или тестирование	фонд тестовых заданий
2	Контрольная работа на практическом занятии	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по разделу	Комплект контрольных заданий
3	Лабораторная работа	Конечный продукт, получаемый в результате выполнения комплекса учебных заданий в соответствии с заданным алгоритмом проведения работ. Позволяет оценить: 1) умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач; 2) владения навыками проведения эксперимента. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Комплект лабораторных работ по разделам
4	Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой регламентированное задание, позволяющее диагностировать: 1) знание теоретического материала (базовые понятия, определения, законы); 2) умение интегрировать знания различных разделов дисциплины; 3) владение навыками практического применения законов физики.	Комплект заданий по вариантам

Распределение баллов представлено в таблице:

Семестр	Контролируемый раздел дисциплины	Оценочные средства	Балл	
			max	min
3	Колебания и волны	Контрольная работа №1	3	2
		Лабораторные работы	10	6
		Опрос №1	7	4
	Оптика	Контрольная работа №2	3	2
		Лабораторные работы	10	8
		Опрос №2	7	4
		ИДЗ	10	4

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для оценки знаний, умений, навыков по дисциплине

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

сами оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов и контрольных работ);

критерии и шкалы оценивания.

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль знаний по дисциплине «Общая физика» осуществляется в виде диагностического интернет- тестирования уровня знаний и умений студентов-первокурсников с помощью программы через Федеральный портал интернет-экзамена «ФЭПО» в период с 01 сентября по 31 декабря текущего учебного года.

В таблице 2.1 представлена обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине.

В таблице 2.2 приведены результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Таблица 2.1 Обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине «Общая физика».

№ п/п	Наименование темы	Перечень учебных элементов
1	Прямолинейное равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение	<i>знать:</i> скорость, путь и перемещение при равномерном движении; ускорение, скорость и перемещение при равнопеременном движении <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
2	Движение точки по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение	<i>знать:</i> центростремительное ускорение, скорость и угловое смещение при равномерном движении по окружности <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
3	Сила. Суперпозиция сил. Законы Ньютона	<i>знать:</i> законы Ньютона <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
4	Силы в механике. Гравитационная сила (закон всемирного тяготения)	<i>знать:</i> силу тяжести, вес тела, силу упругости, силу трения <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
5	Момент силы. Условия равновесия твердого тела	<i>знать:</i> условия равновесия твердого тела <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
6	Давление жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условия плавания тел	<i>знать:</i> закон Паскаля <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
7	Импульс тела. Закон сохранения импульса	<i>знать:</i> закон сохранения импульса <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
8	Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии	<i>знать:</i> понятия «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», «мощность», закон сохранения энергии <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
9	Гармонические колебания (амплитуда, фаза, период, частота). Маятники (математический и пружинный). Энергия	<i>знать:</i> понятия «амплитуда», «фаза», «период», «частота», «энергия» колебаний <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

	колебаний	
10	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного движения молекул идеального газа. Связь температуры со средней кинетической энергией атомов вещества	<i>знать:</i> основное уравнение молекулярно-кинетической теории <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
11	Уравнение Клапейрона - Менделеева. Изопроцессы	<i>знать:</i> уравнение Менделеева – Клапейрона <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
12	Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. КПД тепловой машины	<i>знать:</i> понятие «работа» в термодинамике; формулу для КПД тепловой машины <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
13	Закон сохранения заряда. Закон Кулона	<i>знать:</i> закон Кулона <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
14	Действие электрического поля на электрические заряды. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей	<i>знать:</i> принцип суперпозиции электростатических полей <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
15	Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов	<i>знать:</i> свойства электростатического поля <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
16	Электрическая емкость. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора	<i>знать:</i> последовательное и параллельное соединение конденсаторов <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
17	Постоянный электрический ток. Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников	<i>знать:</i> закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
18	Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока. Закон Ома для полной электрической цепи	<i>знать:</i> закон Ома для полной электрической цепи <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
19	Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля - Ленца	<i>знать:</i> закон Джоуля-Ленца <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
20	Магнитное поле проводника с током. Сила Ампера. Сила Лоренца	<i>знать:</i> закон Ампера; влияние магнитного поля на движение заряженной частицы <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления

		и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
21	Явление электромагнитной индукции. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность	<i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
22	Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	<i>знать:</i> уравнение гармонических колебаний <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
23	Прямолinéйнóе распространение света. Закон отражения света. Построение изображений в плоском зеркале. Закон преломления света. Полное внутреннее отражение. Линзы. Оптическая сила линзы. Формула тонкой линзы. Построение изображений в линзах	<i>знать:</i> законы отражения и преломления света; формулу тонкой линзы <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
24	Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решетка	<i>знать:</i> понятие разности фаз, условия дифракционных минимумов и максимумов <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
25	Гипотеза М. Планка о квантах. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	<i>знать:</i> гипотезу Планка о квантах <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
26	Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-распад. Закон радиоактивного распада. Нуклонная модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра. Ядерные реакции	<i>знать:</i> закон смещения при альфа-, бета- и гамма-распадах; закон смещения в ядерных реакциях <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

Таблица 2.2
Результаты тестирования студентов по ВУЗ у за 201 _ г.

Процент правильно выполненных заданий	Доля студентов
80% - 100%	
60% - 80%	
40% - 60%	
0% - 40%	
Всего	

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

2.2.1 Контрольные работы на практическом занятии.

Контрольная работа № 1

Контрольная работа по разделу «Колебания и волны».

Задание для работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за работу – 3 балла, минимальное – 2 балла.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. Максимальная скорость $(dx/dt)_{\max}$ точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение $(d^2x/dt^2) = 100 \text{ см/с}^2$. Найти циклическую частоту ω колебаний, их период T и амплитуду A . Написать уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной нулю.

Решение.

Уравнение колебаний точки вдоль оси Ox при нулевой начальной фазе имеет вид:

$$x(t) = A \cos \omega t$$

Скорость точки:

$$(dx/dt) = -A\omega \sin \omega t$$

Ускорение:

$$(d^2x/dt^2) = -A\omega^2 \cos \omega t = -\omega^2 x$$

Амплитуды координаты, скорости и ускорения составляют:

$$x_{\max} = A = \frac{(dx/dt)_{\max}}{\omega}; \quad (dx/dt)_{\max} = A\omega; \quad (d^2x/dt^2)_{\max} = A\omega^2 = (dx/dt)_{\max} \omega$$

Отсюда циклическая частота:

$$\omega = \frac{(d^2x/dt^2)_{\max}}{(dx/dt)_{\max}}$$

Период:

$$T = 2\pi/\omega$$

Подставляем значения, выраженные в единицах СИ:

$$\omega = \frac{1 \text{ м/с}^2}{0,1 \text{ м/с}} = 10 \text{ с}^{-1};$$

$$A = \frac{0,1 \text{ м/с}}{10 \text{ с}^{-1}} = 10^{-2} \text{ м} = 1 \text{ см};$$

$$T = 2\pi / (10 \text{ с}^{-1}) = 0,628 \text{ с}$$

Уравнение колебаний:

$$x(t) = 10^{-2} \cos(10t), \text{ где } x \text{ – в метрах, } t \text{ – в секундах.}$$

Ответ: $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, $A = 1 \text{ см}$, $T = 0,628 \text{ с}$;

$x(t) = 10^{-2} \cos(10t)$, где x – в метрах, t – в секундах.

2. Найти возвращающую силу F в момент $t = 1$ с и полную энергию E материальной точки, совершающей колебания по закону $x = A \cos \omega t$, где $A = 20$ см, $\omega = 2\pi/3$ с⁻¹. Масса m материальной точки равна 10 г.

Решение.

Величина возвращающей силы при гармонических колебаниях:

$$F(t) = m(d^2 x / dt^2) = -m\omega^2 x(t)$$

Полная энергия гармонического осциллятора равна его максимальной кинетической энергии:

$$E = \frac{m(dx/dt)_{max}^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Подставляем значения (в единицах СИ):

$$F = -10^{-2} \text{ кг} \cdot (4 \pi^2 / 9) \text{ с}^{-2} \cdot 0,2 \cos(2 \pi / 3) \text{ м} = 4,38 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 4,38 \text{ мН}$$

$$E = \frac{10^{-2} \text{ кг} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 4 \pi^2 \text{ с}^{-2}}{2 \cdot 9} = 8,76 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} = 0,876 \text{ мДж}$$

Ответ: $F = 4,38$ мН; $E = 0,876$ мДж.

3. Логарифмический декремент колебаний θ маятника равен 0,003. Определить число N полных колебаний, которые должен сделать маятник, чтобы амплитуда уменьшилась в два раза.

Решение.

Амплитуда затухающих колебаний:

где δ – коэффициент затухания.

Отсюда:

$$\delta T = \delta T \cdot N = -\ln(A/A_0) = \ln(A_0/A) \quad (1)$$

Логарифмический декремент колебаний:

$$\theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T \quad (2)$$

Подставим (2) в (1):

$$\theta \cdot N = \ln(A_0/A), \quad N = \frac{\ln(A_0/A)}{\theta}$$

Подставляем значения:

$$N = \frac{\ln(2)}{0,003} = 231$$

Ответ: $N = 231$.

4. Определить период T затухающих колебаний, если период T_0 собственных колебаний системы равен 1 с и логарифмический декремент колебаний $\theta = 0,628$.

Решение.

Циклическая частота затухающих колебаний:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (1)$$

где ω_0 – циклическая частота собственных колебаний, δ – коэффициент

затухания.

Коэффициент затухания связан с логарифмическим декрементом колебаний:

$$\theta = \delta T, \quad \delta = \theta / T. \quad (2)$$

Период и циклическая частота колебаний:

$$T = 2\pi / \omega, \quad \omega = 2\pi / T. \quad (3)$$

Перепишем (1), возведя обе части в квадрат и учтя (2) и (3):

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2}{T_0^2} - \frac{\theta^2}{T^2}. \quad (4)$$

Умножим обе части (4) на T^2 :

$$4\pi^2 = 4\pi^2 \frac{T^2}{T_0^2} - \theta^2 \rightarrow T/T_0 = \sqrt{1 + (\theta/2\pi)^2}, \quad \text{или}$$

$$T = T_0 \sqrt{1 + (\theta/2\pi)^2}.$$

Подставляем значения:

$$T = 1 \text{ с} \sqrt{1 + (0,628/6,28)^2} = 1,005 \text{ с}.$$

Ответ: $T = 1,005 \text{ с}$.

5. Под действием силы тяжести электродвигателя консольная балка, на которой он установлен, прогнулась на $h = 1 \text{ мм}$. При какой частоте вращения n якоря электродвигателя может возникнуть опасность резонанса?

Решение.

Отметим, что вибрация электродвигателя во время работы связана с наличием гироскопических сил при смещении центра масс якоря от оси вращения. При этом циклическая частота вибрации (колебаний) равна угловой скорости вращения якоря, а частота колебаний в герцах равна частоте n вращения якоря в об./с.

Резонанс возникает при равенстве частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний. Тогда:

$$n = 1/T = \frac{1}{2\pi \sqrt{m/k}} = \frac{\sqrt{k/m}}{2\pi}, \quad (1)$$

где k – жесткость балки, m – масса двигателя.

Отношение k/m выразим из второго закона Ньютона для неработающего двигателя на балке:

$$mg = kh \rightarrow k/m = g/h. \quad (2)$$

Подставим (2) в (1):

$$n = \frac{\sqrt{g/h}}{2\pi}.$$

Подставим значения (в единицах СИ):

$$n = \frac{\sqrt{9,8/10^{-3}}}{2 \cdot 3,14} = 15,8.$$

Проверим размерность:

$$[n] = \sqrt{\frac{M}{c^2 \square M}} = c^{-1}$$

Ответ: $n = 15,8$ об./с.

6. Колебательная система совершает затухающие колебания с частотой $\nu = 1000$ Гц. Определить частоту ν_0 собственных колебаний, если резонансная частота $\nu_{\text{рез}} = 998$ Гц.

Решение.

Циклическая частота затухающих колебаний:

$$\omega = 2\pi\nu = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}, \quad (1)$$

где δ – коэффициент затухания.

Резонансная циклическая частота:

$$\omega_{\text{рез}} = 2\pi\nu_{\text{рез}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}. \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) возведем обе части в квадрат и вычтем из одного другое, при этом получим:

$$4\pi^2(\nu^2 - \nu_{\text{рез}}^2) = \omega_0^2 - \delta^2 - \omega_0^2 + 2\delta^2 = \delta^2. \quad (3)$$

Из (1) с учетом (3) выразим частоту собственных колебаний:

$$4\pi^2\nu_0^2 = 4\pi^2\nu^2 + \delta^2 = 4\pi^2(\nu^2 + \nu^2 - \nu_{\text{рез}}^2), \quad \text{или}$$

$$\nu_0 = \sqrt{2\nu^2 - \nu_{\text{рез}}^2}.$$

Подставляем значения:

$$\nu_0 = \sqrt{2 \cdot 10^6 \text{ Гц}^2 - 998^2 \text{ Гц}^2} = 1002 \text{ Гц}.$$

Ответ: 1002 Гц.

7. Волна распространяется в упругой среде со скоростью $v = 100$ м/с. Наименьшее расстояние Δx между точками среды, фазы которых противоположны, равно 1 м. Определить частоту ν колебаний.

Решение.

Поскольку колебания точек, отстоящих на Δx , противофазны, то разность фаз между этими точками равна π , что соответствует половине периода колебаний. За половину периода волна распространяется на расстояние, равное половине длины волны:

$$\Delta x = \lambda/2.$$

Скорость распространения упругой волны в среде:

$$v = \lambda\nu.$$

Отсюда:

$$\nu = v/\lambda = v/(2\Delta x).$$

Подставим значения:

$$\nu = (100 \text{ м/с})/(2 \cdot 1 \text{ м}) = 50 \text{ с}^{-1} = 50 \text{ Гц}.$$

Ответ: 50 Гц.

8. Определить разность фаз $\Delta\phi$ колебаний источника волн, находящегося в

упругой среде, и точки этой среды, отстоящей на $x = 2$ м от источника. Частота ν колебаний равна 5 Гц, волны распространяются со скоростью $v = 40$ м/с.

Решение.

Пусть источник волн совершает колебания по закону:

$$\xi = A \cos(2\pi\nu t)$$

Тогда на расстоянии x от источника частицы среды будут совершать колебания по закону:

$$\xi_1 = A \cos(2\pi\nu t - kx),$$

где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число.

Искомая разность фаз:

$$\Delta\phi = kx = 2\pi x/\lambda.$$

Длину волны определим из соотношения:

$$v = \lambda \nu \Rightarrow \lambda = v/\nu.$$

Окончательно имеем:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi\nu x}{v}.$$

Подставим числовые значения:

$$\Delta\phi = \frac{6,28 \cdot 5 \cdot 2}{40} = 1,57$$

Проверим размерность:

$$[\Delta\phi] = \frac{\text{рад} \cdot \text{Гц} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{рад}$$

$$\Delta\phi = 1,57 \text{ рад.}$$

Ответ: $\Delta\phi = 1,57$ рад.

9. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 20$ мкГн и конденсатора электроемкостью $C = 80$ нФ. Величина емкости может отклоняться от указанного значения на 2%. Вычислить, в каких пределах может изменяться длина волны, на которую резонирует контур.

Решение.

Искомая длина волны связана с резонансной частотой контура соотношением:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2\pi c}{\omega} = \frac{2\pi c}{\sqrt{LC}},$$

где c – электродинамическая постоянная.

Погрешность длины волны определим с помощью логарифмической производной в предположении, что все величины за исключением емкости определены точно:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \ln(C^{1/2}) \Delta C = \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C}$$

Подставляем значения (в единицах СИ):

$$\lambda = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 10^{-8}} = 1,18 \cdot 10^5$$

Проверим размерность:

$$[\lambda] = \frac{M}{c \sqrt{H \Phi}} = M$$

$$\lambda = 1,18 \cdot 10^5 \text{ м} = 118 \text{ км.}$$

Относительная погрешность длины волны:

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{1}{2} \cdot 0,02 = 0,01$$

Абсолютная погрешность:

$$\Delta \lambda = 0,01 \cdot 118 \text{ км} = 1,18 \text{ км}$$

Ответ: $\lambda = (118 \pm 1,18) \text{ км.}$

10. Колебательный контур содержит конденсатор электроемкостью $C = 8 \text{ пФ}$ и катушку индуктивностью $L = 0,5 \text{ мГн}$. Каково максимальное напряжение U_{\max} на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока $I_{\max} = 40 \text{ мА}$?

Решение.

В колебательном контуре происходят взаимопревращения «кинетической» энергии магнитного поля катушки и «потенциальной» энергии электрического поля в конденсаторе. Закон сохранения энергии для контура имеет вид:

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} = \frac{C U_{\max}^2}{2}$$

Отсюда искомое напряжение:

$$U_{\max} = I_{\max} \sqrt{L/C}$$

Подставляем значения (в единицах СИ):

$$U_{\max} = 0,04 \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-12}}} = 316$$

Проверим размерность:

$$[U_{\max}] = A \sqrt{\frac{Гн}{Ф}} = A \sqrt{\frac{Ом \cdot с \cdot В}{Кл}} = A \cdot Ом = В$$

$$U_{\max} = 316 \text{ В.}$$

Ответ: 316 В.

Критерии и шкалы оценивания.

2,7-3,0 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

2,2-2,7 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

2,0-2,2 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной

величины.

Менее 2,0 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

Контрольная работа № 2

Контрольная работа по разделу «Оптика».

Задание для практической работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за работу – 3балла, минимальное – 2 балла.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. Линза изготовлена из стекла, показатель преломления которого для красных лучей $n_k = 1,50$, а для фиолетовых $n_\phi = 1,52$. Радиусы кривизны R обеих поверхностей линзы одинаковы и равны 1 м. Определить расстояние Δf между фокусами линзы для красных и фиолетовых лучей.

Решение.

Фокусное расстояние определим из формулы линзы:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где n_l – абсолютный показатель преломления материала линзы, n_{cp} – абсолютный показатель преломления среды, в данном случае линза находится в воздухе, т. е. $n_{cp} = 1$, R_1 и R_2 – радиусы кривизны линзы, в данном случае $R_1 = R_2 = R$.

Определим фокусное расстояние для красных лучей:

$$\frac{1}{f_k} = \left(\frac{n_k}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{2}{R} \right) = \frac{2(n_k - n_{cp})}{R n_{cp}}, \text{ или } f_k = \frac{R n_{cp}}{2(n_k - n_{cp})}.$$

То же для фиолетовых лучей:

$$\frac{1}{f_\phi} = \left(\frac{n_\phi}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{2}{R} \right) = \frac{2(n_\phi - n_{cp})}{R n_{cp}}, \text{ или } f_\phi = \frac{R n_{cp}}{2(n_\phi - n_{cp})}.$$

Тогда расстояние между фокусами составляет:

$$\Delta f = f_k - f_\phi = \frac{R n_{cp}}{2} \left(\frac{1}{n_k - n_{cp}} - \frac{1}{n_\phi - n_{cp}} \right).$$

Подставим значения (в СИ):

$$\Delta f = \frac{1 \text{ м}}{2} \left(\frac{1}{1,50 - 1} - \frac{1}{1,52 - 1} \right) = 0,5 \text{ м} \left(\frac{1}{0,50} - \frac{1}{0,52} \right) = 0,0384 \text{ м} = 3,84 \text{ см}$$

Ответ: 3,84 см.

2. Тонкая линза, помещенная в воздухе, обладает оптической силой $\Phi_1 = 5$ дптр, а в некоторой жидкости $\Phi_2 = -0,48$ дптр. Определить показатель преломления n_2 жидкости, если показатель преломления n_1 стекла, из которого изготовлена линза, равен 1,52.

Решение.

Формула тонкой линзы в воздухе:

$$\Phi_1 = (n_1 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Формула тонкой линзы в жидкости:

$$\Phi_2 = \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Отношение оптических сил линзы в жидкости и в воздухе:

$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{n_1/n_2 - 1}{n_1 - 1}$$

Выразим n_2 :

$$\frac{n_1}{n_2} = 1 + \frac{\Phi_2}{\Phi_1} (n_1 - 1), \quad n_2 = n_1 \left(1 + \frac{\Phi_2}{\Phi_1} (n_1 - 1) \right)^{-1}$$

Подставим значения (в СИ):

$$n_2 = 1,52 \left[1 - \frac{0,48 \text{ дптр}}{5 \text{ дптр}} (1,52 - 1) \right]^{-1} = 1,6$$

Ответ: 1,6.

3. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода интерферирующих волн $\Delta = 1,8$ мкм.

Решение.

Условие максимума интерференции:

$$\Delta = m\lambda, \text{ где } m - \text{целое число.}$$

Максимально усилен будет свет с длинами волн, удовлетворяющими условию:

$$\lambda = \Delta/m, \text{ где } m - \text{целое число.}$$

Этому условию соответствуют длины волн:

$$0,9 \text{ мкм } (m = 2), 0,6 \text{ мкм } (m = 3), 0,45 \text{ мкм } (m = 4), 0,36 \text{ мкм } (m = 5).$$

Из них видимому диапазону принадлежат:

$$0,6 \text{ мкм}, 0,45 \text{ мкм}.$$

Условие минимума интерференции:

$$\Delta = (2m + 1) (\lambda/2), \text{ где } m - \text{целое число.}$$

Отсюда длины волн:

$$\lambda = \Delta / (m + 1/2).$$

Этому условию соответствуют длины волн:

$$1,2 \text{ мкм } (m = 1), 0,72 \text{ мкм } (m = 2), 0,514 \text{ мкм } (m = 3), 0,4 \text{ мкм } (m = 4), 0,327 \text{ мкм } (m = 5).$$

Видимому диапазону принадлежат длины волн:

$$0,72 \text{ мкм}, 0,514 \text{ мкм}, 0,4 \text{ мкм}.$$

Ответ: максимально усилены длины волн: 0,6 мкм, 0,45 мкм; максимально ослаблены длины волн 0,72 мкм, 0,514 мкм, 0,4 мкм.

4. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок

лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

Решение.

Волна, отраженная от передней поверхности пленки, получает набег фазы π , а волна, отраженная от задней поверхности пленки, проходит оптический путь величиной $2dn$, где n – показатель преломления. Для максимального усиления разность хода волн должна быть кратна длине волны, условие максимума имеет вид:

$$m\lambda = 2dn + \lambda/2$$

Минимальная толщина пленки соответствует $m = 1$:

$$\lambda = 2dn + \lambda/2 \Rightarrow 2dn = \lambda/2 \Rightarrow d = \lambda/(4n)$$

Подставляем значения:

$$d = 0,55 \text{ мкм} / (4 \cdot 1,3) = 0,11 \text{ мкм}.$$

Ответ: 0,11 мкм.

5. На дифракционную решетку, содержащую $n = 100$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi = 20^\circ$. Определить длину волны λ света.

Решение.

Условие максимума дифракции на решетке:

$$m\lambda = d \sin\alpha,$$

где m – порядок максимума, d – постоянная решетки, α – угол между нормалью к решетке и направлением на максимум.

Из условия следует, что угол между направлениями на максимумы 3-го порядка равен 20° , т. е. для $m = 3$ величина α составляет 10° .

Постоянная решетки: $d = 1/n$, где n – число штрихов на единицу длины.

Тогда:

$$\lambda = \frac{\sin\alpha}{nm}$$

Подставим числовые значения:

$$\lambda = \frac{\sin 10^\circ}{100 \text{ мм}^{-1} \cdot 3} = 5,79 \cdot 10^{-4} \text{ мм} = 579 \text{ нм}$$

Ответ: 579 нм.

6. Дифракционная картина получена с помощью дифракционной решетки длиной $\ell = 1,5$ см и периодом $d = 5$ мкм. Определить, в спектре какого наименьшего порядка этой картины получаются отдельные изображения двух спектральных линий с разностью длин волн $\Delta\lambda = 0,1$ нм, если линии лежат в крайней красной части спектра ($\lambda \approx 760$ нм).

Решение.

Разрешающая способность дифракционной решетки:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = k N$$

где k – порядок максимума, $N = \ell/d$ – число штрихов в решетке.

Тогда:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = k \frac{\ell}{d}, \text{ откуда } k = \frac{\lambda d}{\Delta\lambda \ell}$$

Подставим значения (в СИ):

$$k = \frac{760 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{0,1 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 2,53$$

Поскольку $k > 2$, то в спектре второго порядка указанные линии не будут разрешены. Поэтому наименьший искомый порядок спектра $k = 3$.

Ответ: 3.

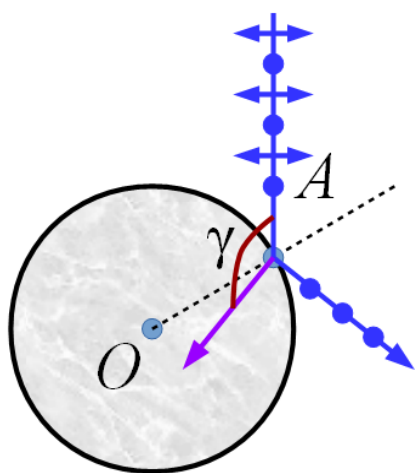


Рисунок 1 – Пояснение к задаче 7

7. Пучок естественного света падает на стеклянный шар ($n = 1,54$). Найти угол γ между преломленным и падающим пучками в точке А (см. рис.1).

Решение.

Отраженный луч полностью поляризован, т. е. угол падения равен углу Брюстера, а угол между отраженным и преломленным лучами равен 90° . По закону геометрической оптики угол падения равен углу отражения. Тогда искомый угол составляет:

$$\gamma = 360^\circ - (2\alpha + 90^\circ)$$

Угол Брюстера:

$$\alpha = \arctg(n_2/n_1),$$

где n_1 и n_2 – показатели преломления воздуха и стекла,

соответственно, $n_1 = 1$. Тогда:

$$\gamma = 360^\circ - (2 \arctg n + 90^\circ) = 156^\circ$$

Ответ: 156° .

8. Пластинку кварца толщиной $d = 2$ мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол 53° . Определить толщину h пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор.

Решение.

Свет не пройдет через анализатор, если плоскость поляризации света при прохождении через пластинку повернется на 90° , т. е.

$$\alpha h = 90^\circ,$$

где α – постоянная вращения. Величину α можно определить по формуле:

$\alpha = \phi/d$, где ϕ – угол поворота плоскости поляризации при прохождении толщины d оптически активного вещества.

Тогда:

$$h = \frac{90^\circ}{\alpha} = \frac{90^\circ}{\phi} d$$

где угол ϕ выражается в градусах.

Подставим значения:

$$h = \frac{90^\circ}{53^\circ} \cdot 2 \text{ мм} = 3,4 \text{ мм}$$

Ответ: 3,4 мм.

9. Мощность P излучения шара радиусом $R = 10$ см при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом черноты $a_T = 0,25$. Постоянная Стефана – Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

Решение.

Интенсивность теплового излучения серого тела:

$$I = \frac{P}{S} = a_T \sigma T^4$$

где S – площадь излучающей поверхности. Для шара $S = 4\pi R^2$. Тогда:

$$\frac{P}{4\pi R^2} = a_T \sigma T^4$$

откуда:

$$T = \left(\frac{P}{4\pi R^2 a_T \sigma} \right)^{1/4}$$

Проверим размерность:

$$[T] = \left(\frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4}{\text{м}^2 \cdot \text{Вт}} \right)^{1/4} = (\text{К}^4)^{1/4} = \text{К}$$

Подставим числовые значения (в СИ):

$$T = \left(\frac{10^3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} \cdot 0,25 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} \right)^{1/4} = (5,62 \cdot 10^{11})^{1/4} = 866$$

Ответ: 866 К.

10. При увеличении термодинамической температуры абсолютно черного тела в 2 раза длина волны λ_m , на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности $(r_{\lambda,T})_{\max}$, уменьшилась на $\Delta\lambda = 400$ нм. Определить начальную и конечную температуры T_1 и T_2 . Постоянная Вина $b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$.

Решение.

Запишем закон Вина для тела с температурой T_1 и с температурой $T_2 = 2T_1$:

$$\lambda_1 T_1 = b,$$

$$(\lambda_1 - \Delta\lambda) 2T_1 = b.$$

Из первого уравнения выразим λ_1 и подставим во второе уравнение:

$$\left(\frac{b}{T_1} - \Delta\lambda \right) 2T_1 = b, \quad 2b - 2T_1 \Delta\lambda = b$$

Отсюда:

$$T_1 = \frac{b}{2\Delta\lambda}$$

Размерность:

$$[T] = \frac{\text{м}\cdot\text{К}}{\text{м}} = \text{К}$$

Подставим значения (в СИ):

$$T_1 = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-7}} = 3625$$

$$T_1 = 3625 \text{ К}; T_2 = 2T_1 = 7250 \text{ К}.$$

Ответ: 3625 К, 7250 К.

11. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 307$ нм и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона $T_{\max} = 1$ эВ? Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, электродинамическая постоянная $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Решение.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + T_{\max} = \frac{hc}{\lambda_0} + T_{\max}$$

где $A = hc/\lambda_0$ – работа выхода электрона.

Тогда искомая доля энергии составляет:

$$\omega = \frac{A}{A + T_{\max}} = \left(1 + \frac{T_{\max}}{A}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{T_{\max} \lambda_0}{hc}\right)^{-1}$$

Размерность:

$$[\omega] = \left(1 + \frac{\text{Дж}\cdot\text{м}\cdot\text{с}}{\text{Дж}\cdot\text{с}\cdot\text{м}}\right)^{-1} = (1)^{-1} = 1 \quad \text{– безразмерная величина.}$$

Подставим значения (в СИ):

$$\omega = \left(1 + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3,07 \cdot 10^{-7}}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{4,912 \cdot 10^{-26}}{19,89 \cdot 10^{-26}}\right)^{-1} = (1 + 0,247)^{-1} = 0,8$$

Ответ: 0,8.

12. На зеркальце с идеально отражающей поверхностью площадью $S = 1,5$ см² падает нормально свет от электрической дуги. Определить импульс p , полученный зеркальцем, если поверхностная плотность потока излучения Φ , падающего на зеркальце, равна $0,1$ МВт/м². Продолжительность облучения $t = 1$ с. Электродинамическая постоянная $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Решение.

Мощность излучения, падающего на зеркальце, составляет $S \cdot \Phi$.

Количество фотонов, падающих на зеркальце в единицу времени, составляет:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{S \cdot \phi}{\varepsilon}$$

где ε – энергия фотона.

За время t на зеркальце попадет число фотонов

$$N = \frac{\phi S t}{\varepsilon}$$

Поскольку зеркальце идеально отражающее, то каждый попавший на него фотон претерпевает «абсолютно упругое соударение», при этом зеркальце получает импульс, равный удвоенному импульсу фотона.

Связь энергии и импульса фотона:

$$\varepsilon = p_0 c,$$

где c – электродинамическая постоянная.

Тогда зеркальце получит импульс:

$$p = 2 N p_0 = \frac{2 \phi S t p_0}{p_0 c} = \frac{2 \phi S t}{c}$$

Размерность:

$$[p] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{с}}{\text{м}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{Н} \cdot \text{с}$$

Подставим значения (в СИ):

$$p = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^8} = 10^{-7}$$

Ответ: $p = 10^{-7}$ Н·с.

Критерии и шкалы оценивания.

2,7-3,0 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

2,2-2,7 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

2,0-2,2 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 2,0 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

2.2.2 Опросы.

Опрос № 1.

Опрос по разделу «Колебания и волны»:

- включает в себя:
 - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 минут;
 - тестирование, выполняется 30 минут;
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- вариант теста содержит 8 заданий;
- оценивается:
 - ответ на каждый вопрос, максимальный балл – 5 баллов;
 - количество правильно выполненных тестовых заданий, максимальный балл – 2 балла.

Вопросы:

1. Свободные гармонические колебания в колебательном контуре
2. Свободные затухающие колебания
3. Вынужденные колебания
4. Переменный электрический ток
5. Гармонические колебания и их характеристики
6. Механические гармонические колебания
7. Свободные гармонические колебания в колебательном контуре
8. Сложение гармонических колебаний одинакового направления
9. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний
10. Свободные затухающие колебания
11. Вынужденные колебания
12. Переменный электрический ток
13. Волновые процессы. Продольные и поперечные волны
14. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Волновое уравнение
15. Принцип суперпозиции. Групповая скорость
16. Интерференция волн. Стоячие волны
17. Эффект Доплера в акустике
18. Электромагнитные волны и их свойства
19. Энергия электромагнитных волн

Типовые тесты по разделу «Колебания и волны».

Вариант теста 1

Задание 1

Точка совершает гармонические колебания согласно уравнению:

$$x = 0,2 \cos(5t + 2),$$

где x – в метрах, t – в секундах.

Частота колебаний составляет:

- 1) 5 Гц 2) **31,4 Гц** 3) 15,7 Гц 4) 10 Гц 5) 62,8 Гц

Задание 2

Математический маятник длиной $\ell = 0,5$ м совершает свободные колебания с циклической частотой $\omega = 4 \text{ с}^{-1}$. Ускорение свободного падения в условиях опыта составляет

- 1) 10,2 м/с² 2) 16 м/с² 3) 32 м/с² 4) 25,1 м/с² 5) **8 м/с²**

Задание 3

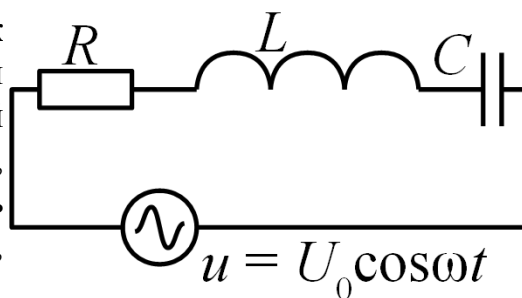
За время $t = 10$ с амплитуда затухающих колебаний уменьшилась в $A_0/A(t) = 2$ раза.

Во сколько раз уменьшится амплитуда за 30 с?

- 1) **в 8 раз** 2) в 6 раз 3) в 16 раз 4) в 4 раза 5) в 12 раз

Задание 4

Последовательный RLC-контур подключен к источнику гармонической ЭДС. При некоторой частоте ЭДС амплитуды падений напряжения на сопротивлении, индуктивности и емкости оказались соответственно равны $U_R = 10$ В, $U_L = 5$ В, $U_C = 15$ В. Определите амплитуду ЭДС U_0 .



- 1) 10 В 2) 30 В 3) 16 В 4) **14 В** 5) 21 В

Задание 5

В сплошной среде распространяется упругая волна, ее уравнение имеет вид:

$$\xi = 0,01 \sin(600t - 10x),$$

где ξ и x выражены в метрах, t – в секундах.

Фазовая скорость v волны составляет

- 1) **60 м/с** 2) 188 м/с 3) 600 м/с 4) 10 м/с 5) 191 м/с

Задание 6

Упругая волна в сплошной среде распространяется с фазовой скоростью $v = 400$ м/с. Плотность потока энергии волны составляет $I = 2$ Вт/м². Определите объемную плотность w энергии волны.

- 1) 200 Дж/м³ 2) 10 Дж/м³ 3) **50 мДж/м³** 4) 0,1 Дж/м³ 5) 10 мДж/м³

Задание 7

Электромагнитная волна с частотой $\nu = 40$ МГц распространяется в немагнитной среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 16$. Длина этой волны в среде составляет

- 1) 1,875 м 2) 0,469 м 3) 3,75 м 4) 2,5 м 5) 7,5 м

Задание 8

В некоторой непроводящей среде распространяется электромагнитная волна, в которой амплитуды напряженностей полей составляют $E_{\max} = 300$ В/м, $H_{\max} = 20$ А/м. Амплитуда интенсивности такой волны равна

- 1) 1,5 кВт/м² 2) 67 мВт/м² 3) 15 Вт/м² 4) **6 кВт/м²** 5) 3 кВт/м²

Вариант теста 2

Задание 1

Точка совершает гармонические колебания согласно уравнению:

$$x = 0,4 \cos(5t + 2),$$

где x – в метрах, t – в секундах.

Максимальная скорость точки составляет:

- 1) 12,5 м/с 2) **2 м/с** 3) 0,08 м/с 4) 4 м/с 5) 1 м/с

Задание 2

Складываются два однонаправленных колебания одинаковой частоты. Амплитуды колебаний составляют $A_1 = 3$ см, $A_2 = 5$ см, а сдвиг фаз колебаний равен 90° . Определите амплитуду результирующего колебания.

- 1) 8 см 2) 6,28 см 3) 4,62 см 4) **5,83 см** 5) 4 см

Задание 3

Осциллятор совершает затухающие колебания согласно уравнению:

$$x = 7 \exp(-0,1t) \cos(3t + 5),$$

где x выражено в метрах, t – в секундах.

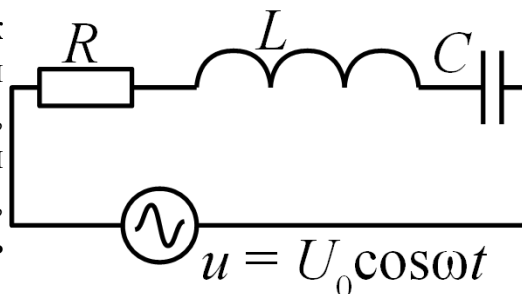
Через 20 с амплитуда колебаний станет равной

- 1) **0,95 м** 2) 5,73 м 3) 5,1 м 4) 0,7 м 5) 3,5 м

Задание 4

Последовательный RLC-контур подключен к источнику гармонической ЭДС. Номиналы элементов составляют $R = 10$ Ом, $L = 5$ мГн, $C = 2$ мкФ. При некоторой частоте падения напряжения на сопротивлении, индуктивности и емкости оказались соответственно равны $U_R = 10$ В, $U_L = 50$ В, $U_C = 50$ В. Определите амплитуду тока в цепи.

- 1) 5 А 2) 3 А 3) **1 А** 4) 0,5 А 5) 2 А



Задание 5

В сплошной среде распространяется упругая волна, ее уравнение имеет вид:

$$\xi = 0,02 \sin(400t - 10x),$$

где ξ и x выражены в метрах, t – в секундах.

Длина волны λ составляет

- 1) **0,628 м** 2) 1,59 м 3) 40 м 4) 0,2 м 5) 0,8 м

Задание 6

В сплошной среде распространяется упругая волна с фазовой скоростью $v = 0,6$ км/с. Объемная плотность энергии волны равна $w = 0,2$ Дж/м³. При этом интенсивность волны составляет

- 1) **120 Вт/м²** 2) 377 Вт/м² 3) 3 кВт/м² 4) 300 Вт/м² 5) 1,91 кВт/м²

Задание 7

Плоская электромагнитная волна распространяется в немагнитной непроводящей среде. Частота волны равна $\nu = 30$ МГц, длина волны $\lambda = 4$ м. Диэлектрическая проницаемость ϵ среды составляет

- 1) 2,5 2) **6,25** 3) 3,57 4) 1,25 5) 12,5

Задание 8

Если в электромагнитной волне амплитуда колебаний электрического поля увеличится в 5 раз, а амплитуда колебаний магнитного поля уменьшится в 2 раза, то интенсивность волны

- 1) уменьшится в 2,5 раза 2) уменьшится в 5 раз
3) увеличится в 5 раз 4) **увеличится в 2,5 раза**
5) увеличится в 10 раз

Вариант теста 3

Задание 1

Точка совершает гармонические колебания, причем ее скорость зависит от времени согласно уравнению:

$$v = 6 \sin(2t + 3),$$

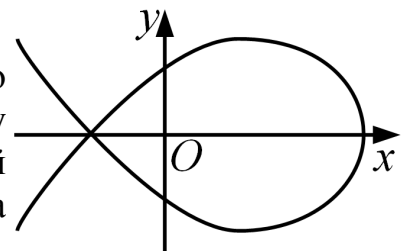
где v выражена в м/с, t – в секундах.

Амплитуда колебаний точки составляет

- 1) 2 м 2) 0,96 м 3) 1,2 м 4) 4 м 5) **3 м**

Задание 2

Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях. Фигура Лиссажу имеет вид, показанный на рисунке. Частота колебаний вдоль оси Ox равна 750 Гц. Чему равна частота колебаний вдоль оси Oy ?



- 1) **500 Гц** 2) 1125 Гц 3) 750 Гц 4) 600 Гц 5) 375 Гц

Задание 3

Осциллятор массой $m = 0,5$ кг совершает затухающие колебания согласно

уравнению:

$$x = 4 \exp(-0,2t) \sin(5t + 3),$$

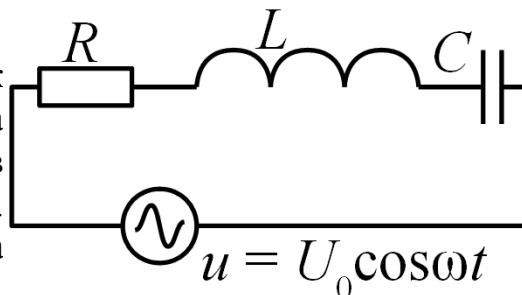
где x выражено в метрах, t – в секундах.

Коэффициент сопротивления r составляет

- 1) 0,8 кг/с 2) 0,4 кг/с 3) 0,6 кг/с **4) 0,2 кг/с** 5) 0,1 кг/с

Задание 4

Последовательный RLC-контур подключен к источнику гармонической ЭДС, амплитуда ЭДС равна $U_0 = 12$ В. Номиналы элементов составляют $R = 20$ Ом, $L = 2$ Гн, $C = 50$ мкФ. Определите амплитуду напряжения на емкости при резонансе.



- 1) 600 В 2) 240 В **3) 120 В** 4) 60 В 5) 12 В

Задание 5

В сплошной среде распространяется упругая волна, ее уравнение имеет вид:

$$\xi = 0,1 \sin(500t - 20x),$$

где ξ и x выражены в метрах, t – в секундах.

Длина волны λ составляет:

- 1) **0,314 м** 2) 125,6 м 3) 0,251 м 4) 12,56 м 5) 0,628 м

Задание 6

В сплошной среде распространяется упругая волна с фазовой скоростью $v = 400$ м/с. Поток энергии волны через площадь $S = 0,2$ м² составляет $\Phi = 10$ Вт. Определите объемную плотность энергии волны.

- 1) 250 мДж/м³ 2) 25 мДж/м³ 3) 50 мДж/м³ 4) 800 мДж/м³ **5) 125 мДж/м³**

Задание 7

Фазовая скорость электромагнитной волны в немагнитной непроводящей среде составляет $v = 120$ Мм/с. Определите диэлектрическую проницаемость среды. (электродинамическая постоянная $c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

- 1) 2,5 **2) 6,25** 3) 1,4 4) 2 5) 4

Задание 8

Электромагнитная волна, распространяющаяся в непроводящей среде, имеет амплитуды электрического и магнитного полей $E_{\max} = 400$ В/м и $H_{\max} = 30$ А/м. Средняя по времени интенсивность волны составляет

- 1) 1,2 кВт/м² 2) 13,3 Вт/м² 3) 75 мВт/м² **4) 0,6 кВт/м²** 5) 2,4 кВт/м²

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за письменные ответы на вопросы – 5 баллов, минимальный – 3 балла.

4,5-5,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

3,5-4,5 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

3,0-3,5 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 3,0 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 2 балла, минимальный – 1 балл.
2 балла выставляется, если студент правильно решил 8 заданий;
1,5 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 заданий;
1 балл выставляется, если студент правильно решил 5 заданий;
Менее 1 балла выставляется, если студент правильно решил менее 5 заданий.

Опрос № 2.

Опрос по разделу «Оптика»:

- включает в себя:
 - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 минут;
 - тестирование, выполняется 30 минут;
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- вариант теста содержит 8 заданий;
- оценивается:
 - ответ на каждый вопрос, максимальный балл – 5 баллов;
 - количество правильно выполненных тестовых заданий, максимальный балл – 2 балла.

Вопросы.

1. Основные законы оптики.
2. Интерференция волн. Когерентность. Условия максимумов и минимумов при интерференции.
3. Принцип Гюйгенса-Френеля. Явление дифракции. Дифракция на щели, дифракционная решетка.
4. Поглощение, рассеяние и дисперсия света. Излучение Вавилова-Черенкова. Закон Бугера.
5. Поляризация света при отражении и преломлении на границе раздела двух диэлектрических сред. Двойное лучепреломление.
6. Поляризация. Получение поляризованных волн.
7. Закон Малюса. Закон Брюстера.
8. Искусственная оптическая анизотропия. Вращение плоскости поляризации.
9. Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Гипотеза де Бройля.
10. Тепловое излучение. Характеристики и законы теплового излучения. Гипотеза Планка.
11. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана и Вина.
12. Формулы Рэлея – Джинса и Планка. Оптическая пирометрия. Тепловые источники света.
13. Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
14. Масса и импульс фотона. Опыты П.Н. Лебедева. Давление света.
15. Эффект Комптона. Корпускулярно-волновая двойственность свойств света.

Типовые тесты по разделу «Оптика»

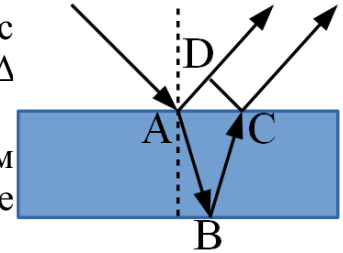
Вариант теста 1

Задание 1

Две когерентные волны имеют равные интенсивности $I_1 = I_2 = 2 \text{ Вт/м}^2$. В некоторую точку пространства эти волны приходят с разностью фаз $\Delta\varphi = \pi/3$. При этом результирующая интенсивность волн в данной точке равна

- 1) 4 Вт/м^2 2) **6 Вт/м^2** 3) $3,46 \text{ Вт/м}^2$ 4) $6,28 \text{ Вт/м}^2$ 5) $3,86 \text{ Вт/м}^2$

Задание 2 Свет падает из воздуха на тонкую пленку с показателем преломления n . Оптическая разность хода Δ лучей после отражения от пленки составляет



Свет падает из воздуха на тонкую пленку с показателем преломления n . Оптическая разность хода Δ лучей после отражения от пленки составляет

- 1) $(AB + BC)n - AD - \lambda/2$ 2) $(AB + BC)n + AD - \lambda/2$
3) $AB + BC + AD - \lambda/2$ 4) $(AB + BC)n + AD$
5) $(AB + BC)n + AD - \lambda$

Задание 3

С помощью дифракционной решетки требуется разрешить две спектральные линии с длинами волн $\lambda_1 = 600 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 601,5 \text{ нм}$ в спектре второго порядка ($m = 2$). Какое минимальное число щелей N должна содержать решетка?

- 1) 450 2) 400 3) 800 4) 300 5) **200**

Задание 4

На дифракционную решетку с периодом $d = 0,1 \text{ мм}$ падает нормально монохроматическое излучение. Максимум пятого порядка ($m = 5$) наблюдается под углом $\alpha = 15^\circ$ к нормали. Определите длину волны излучения.

- 1) **518 нм** 2) 7,73 мкм 3) 650 нм 4) 1,93 мкм 5) 129 нм

Задание 5

Естественный свет интенсивностью $I_0 = 10 \text{ Вт/м}^2$ проходит последовательно через 2 поляризатора, скрещенных под углом $\alpha = 60^\circ$. Чему равна интенсивность света на выходе второго поляризатора?

- 1) 5 Вт/м^2 2) $3,75 \text{ Вт/м}^2$ 3) $7,5 \text{ Вт/м}^2$ 4) **$1,25 \text{ Вт/м}^2$** 5) $2,5 \text{ Вт/м}^2$

Задание 6

Плоская монохроматическая световая волна с исходной интенсивностью $I_0 = 20 \text{ Вт/м}^2$ распространяется в поглощающей среде. При прохождении толщины среды 1 см интенсивность света уменьшается в 2 раза. Какова будет интенсивность света после прохождения слоя среды толщиной 3 см?

- 1) 5 Вт/м^2 2) **$2,5 \text{ Вт/м}^2$** 3) $6,7 \text{ Вт/м}^2$ 4) $3,3 \text{ Вт/м}^2$ 5) $2,2 \text{ Вт/м}^2$

Задание 7

Модель абсолютно черного тела (АЧТ) при температуре 400 К испускает тепловое излучение с интенсивностью $I_0 = 2 \text{ Вт/м}^2$. Какова будет интенсивность излучения данной модели АЧТ при температуре 1200 К?

- 1) **162 Вт/м²** 2) 6 Вт/м² 3) 18 Вт/м² 4) 2400 Вт/м² 5) 324 Вт/м²

Задание 8

Монохроматическое излучение с энергией фотонов 2,5 эВ падает на катод вакуумного фотоэлемента, имеющий работу выхода 1,5 эВ. Если энергию фотонов увеличить в 2 раза, то кинетическая энергия фотоэлектронов...

- 1) увеличится в 2 раза **2) увеличится в 3,5 раза**
3) уменьшится в 2 раза 4) не изменится
5) увеличится в 5 раз

Вариант теста 2

Задание 1

Две когерентные волны с длиной $\lambda = 500 \text{ нм}$ имеют одинаковые интенсивности $I_1 = I_2 = I_0$. При их интерференции в некоторой точке пространства результирующая интенсивность оказалась равна I_0 . Определите соответствующую разность хода Δ волн.

- 1) 1500 нм 2) 500 нм 3) 120 нм 4) 223 нм **5) 167 нм**

Задание 2

Расстояние между светлыми полосами на экране в опыте Юнга равно 6 мм. Эксперимент проводился с источником красного света. Красный источник заменили источником зеленого света, длина волны которого в 1,2 раза меньше. Расстояние между светлыми полосами стало равным

- 1) 7,2 мм 2) 4,8 мм **3) 5 мм** 4) 3,6 мм 5) 3 мм

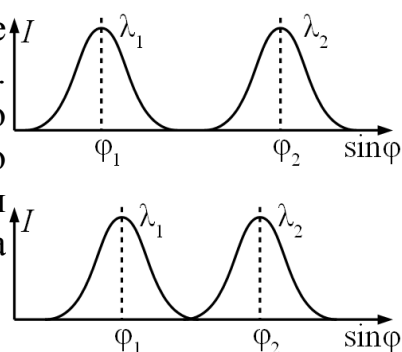
Задание 3

С помощью дифракционной решетки с $N = 500$ штрихов наблюдаются спектральные линии с длинами волн вблизи $\lambda = 400 \text{ нм}$. Определите минимальную разность длин волн спектральных линий, полностью разрешаемых этой решеткой в спектре второго порядка ($m = 2$).

- 1) 1,6 нм 2) 1,25 нм 3) 0,625 нм **4) 0,4 нм** 5) 0,8 нм

Задание 4

Свет от некоторого источника представляет собой две плоские монохроматические волны с длинами λ_1 и λ_2 . При нормальном падении света на дифракционную решетку 1 с числом щелей N_1 и периодом d_1 получено изображение в максимуме m , показанное на верхнем рисунке. После того, как решетку 1 поменяли на



решетку 2 с параметрами N_2 и d_2 , изображение максимума m стало таким, как показано на нижнем рисунке. Параметры решеток соотносятся как...

- 1) $N_1 > N_2, d_1 < d_2$ 2) $N_1 = N_2, d_1 > d_2$
3) $N_1 > N_2, d_1 = d_2$ 4) $N_1 < N_2, d_1 = d_2$
5) $N_1 = N_2, d_1 < d_2$

Задание 5

Естественный свет падает на границу раздела воздуха и твердого диэлектрика под углом $\alpha = 60^\circ$. При этом отраженный луч полностью поляризован. Диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектрика составляет

- 1) **3** 2) 1,73 3) 1,5 4) 3,46 5) 9

Задание 6

Интенсивность плоской монохроматической световой волны при прохождении слоя вещества толщиной $x = 3$ см снизилась от $I_0 = 15$ Вт/м² до $I_1 = 3$ Вт/м². Коэффициент поглощения составляет

- 1) 0,83 см⁻¹ 2) 0,37 см⁻¹ 3) 1,61 см⁻¹ 4) 3,3 см⁻¹ 5) **0,54 см⁻¹**

Задание 7

Модель АЧТ испускает тепловое излучение мощностью 4 Вт с максимумом спектральной плотности на длине волны $\lambda = 3$ мкм. Какой станет мощность излучения модели АЧТ, если ее нагреть так, что длина волны в максимуме спектра станет равной 0,75 мкм?

- 1) 256 Вт 2) 16 Вт 3) **1024 Вт** 4) 64 Вт 5) 4096 Вт

Задание 8

Монохроматическое излучение с энергией фотонов 4 эВ падает на катод фотоэлемента с работой выхода 2,5 эВ. Какой должна стать энергия фотонов, чтобы запирающее напряжение возросло в 3 раза?

- 1) **7 эВ** 2) 12 эВ 3) 8,5 эВ 4) 7,5 эВ 5) 19,5 эВ

Вариант теста 3

Задание 1

Две когерентные волны с длиной $\lambda = 700$ нм имеют одинаковые интенсивности $I_1 = I_2 = I_0$. При интерференции этих волн в некоторой точке пространства интенсивность составила $2I_0$. Определите разность фаз волн.

- 1) 0° 2) 45° 3) **90°** 4) 180° 5) 120°

Задание 2

В опыте Юнга используется источник излучения с частотой ν_1 , при этом расстояние между соседними темными полосами на экране равно 8 мм. Каким станет это расстояние, если взять источник излучения с частотой $\nu_2 = 4\nu_1$?

- 1) **2 мм** 2) 16 мм 3) 4 мм 4) 0,5 мм 5) 1 мм

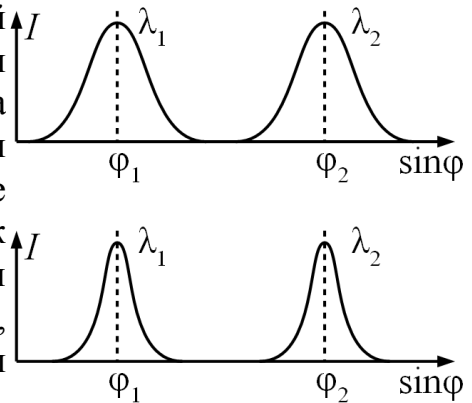
Задание 3

С помощью дифракционной решетки с числом штрихов $N = 500$ требуется разрешить две спектральные линии с длинами волн $\lambda_1 = 600$ нм и $\lambda_2 = 600,5$ нм. При каком минимальном значении порядка спектра m эти линии будут наблюдаться раздельно?

- 1) $m = 1$ 2) $m = 2$ **3) $m = 3$** 4) $m = 4$ 5) $m = 5$

Задание 4

Свет от некоторого источника представляет собой две плоские монохроматические волны с длинами λ_1 и λ_2 . При нормальном падении света на дифракционную решетку 1 с числом щелей N_1 и периодом d_1 получено изображение в максимуме m , показанное на верхнем рисунке. После того, как решетку 1 поменяли на решетку 2 с параметрами N_2 и d_2 , изображение максимума m стало таким, как показано на нижнем рисунке. Параметры решеток соотносятся как...



- 1) $N_1 > N_2, d_1 < d_2$ 2) $N_1 = N_2, d_1 > d_2$
 3) $N_1 > N_2, d_1 = d_2$ **4) $N_1 < N_2, d_1 = d_2$**
 5) $N_1 = N_2, d_1 < d_2$

Задание 5

В частично поляризованном свете максимальная амплитуда светового вектора равна $E_{\max} = 100$ В/м, а минимальная – $E_{\min} = 50$ В/м. Степень поляризации такого света составляет

- 1) 0,6** 2) 0,5 3) 0,33 4) 0,11 5) 0,67

Задание 6

На плоскопараллельную пластинку толщиной $d = 2$ см нормально падает плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью $I_0 = 20$ Вт/м². Коэффициент отражения света от поверхности пластинки равен $\rho = 0,2$, коэффициент поглощения излучения веществом пластинки $\alpha = 1$ см⁻¹. Определите интенсивность излучения на выходе из пластинки.

- 1) 2,71 Вт/м² 2) 8 Вт/м² 3) 4 Вт/м² 4) 1,35 Вт/м² **5) 2,17 Вт/м²**

Задание 7

Модель абсолютно черного тела (АЧТ) при некоторой мощности нагрева имеет максимум спектральной плотности энергетической светимости при длине волны $\lambda_1 = 6$ мкм. При увеличении мощности нагрева данной модели АЧТ в 81 раз длина волны λ_2 , отвечающая максимуму спектральной плотности излучения, станет равной

- 1) 0,74 мкм **2) 2 мкм** 3) 3 мкм 4) 0,67 мкм 5) 1,5 мкм

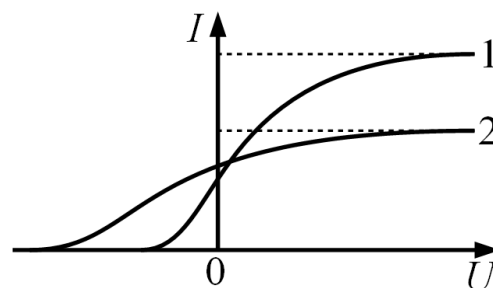
Задание 8

На рисунке приведены две ВАХ вакуумного фотоэлемента. Если E – интенсивность, а ν – частота излучения, падающего на фотокатод, то для данного случая справедливы соотношения

1) $E_1 = E_2, \nu_1 > \nu_2$ 2) $E_1 < E_2, \nu_1 > \nu_2$

3) $E_1 > E_2, \nu_1 > \nu_2$ 4) $E_1 > E_2, \nu_1 < \nu_2$

5) $E_1 < E_2, \nu_1 < \nu_2$



Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за письменные ответы на вопросы – 5 баллов, минимальный – 3 балла.

4,5-5,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

3,5-4,5 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

3,0-3,5 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 3,0 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 2 балла, минимальный – 1 балл.

2 балла выставляется, если студент правильно решил 8 заданий;

1,5 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 заданий;

1 балл выставляется, если студент правильно решил 5 заданий;

Менее 1 балла выставляется, если студент правильно решил менее 5 заданий.

2.2.3 Лабораторные работы.

Лабораторные работы по разделу «Колебания и волны».

Лабораторная работа № 3.0

«Фронтальная лабораторная работа. Изучение колебаний математического маятника»

Цель работы: изучение свободных малых гармонических колебаний модели математического маятника и определение ускорения свободного падения.

Контрольные вопросы

1. Гармонические колебания: определение, кинематическое уравнение, общее уравнение.
2. Основные характеристики гармонических колебаний.
3. Что такое математический маятник?
4. Выведите формулу для периода колебаний математического маятника.

Лабораторная работа № 3.1

«Изучение законов колебаний при помощи математического и обратного маятников»

Цель работы: определение ускорения свободного падения по периоду колебаний математического и обратного физического маятников.

Контрольные вопросы

1. Какие колебания называются гармоническими? Какова связь между угловым ускорением и угловым отклонением при гармонических колебаниях?
2. Что такое циклическая частота гармонических колебаний? От каких параметров она зависит?
3. Какие силы участвуют в создании гармонических колебаний маятника?
4. Что такое математический маятник?
5. От каких параметров системы зависит период колебаний физического маятника? математического маятника?
6. Как меняется при гармоническом колебании вращательный момент M внешних сил? Как направлен M ?
7. Что такое длина математического маятника? Можно ли в условиях проделанной работы считать ее равной длине нити?
8. Как определяется минимальная длина математического маятника, начиная с которой можно считать шарик материальной точкой?
9. Что такое приведенная длина физического маятника? Как она определялась экспериментально в работе?

Лабораторная работа № 3.2

«Исследование затухающих электромагнитных колебаний»

Цель работы: получение осциллограммы затухающих колебаний, получение фазовой кривой, наблюдение за их изменением при изменении активного сопротивления, расчет основных величин, характеризующих затухание.

Контрольные вопросы

1. Незатухающие электромагнитные колебания (вывод уравнения незатухающих колебаний, решение уравнения, основные характеристики).
2. Затухающие электромагнитные колебания (вывод уравнения затухающих колебаний, решение уравнения). Основные характеристики (период, частота, время релаксации, коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, критическое сопротивление, добротность).
3. Вывести теоретическую зависимость $\gamma = f(R)$ и объяснить различие опытных и теоретических зависимостей.
4. Объяснить получение фазовой кривой и ее изменение при изменении сопротивления R_M , методику измерения декремента затухания.

Лабораторная работа № 3.5

«Сложение гармонических колебаний»

Цель работы: получение на осциллографе картины, возникающей при сложении двух гармонических колебаний при разных условиях.

Контрольные вопросы.

1. Сложение одинаково направленных колебаний с одинаковыми частотами.
2. Сложение одинаково направленных колебаний с близкими частотами. Биения.
3. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
4. Методика сложения колебаний в данной работе.
5. Обсуждение результатов:
 - a) По сдвигу фаз определить, какой элемент обозначен Z .
 - b) Как изменяется характер биений с увеличением $\Delta\omega$, как зависит T_b от $\Delta\omega$.
 - c) Почему одному и тому же отношению частот соответствует ряд фигур Лиссажу?

Лабораторная работа № 3.24

«Изучение вынужденных электромагнитных колебаний»

Цель работы: изучение теории электромагнитных колебаний, построение резонансных кривых, определение параметров колебательного контура.

Контрольные вопросы.

1. Электромагнитные колебания: свободные (незатухающие, затухающие), вынужденные. Описание, дифференциальные уравнения и их решения, графики зависимости $u_C(t)$.
2. Явление резонанса. Резонансные кривые.
3. Добротность контура и ее зависимость от параметров контура.
4. Резонанс токов и напряжений.
5. Почему при резонансе напряжение на емкости и индуктивности может быть больше напряжения задающего генератора?

Лабораторная работа № 3.21

«Изучение электрических процессов в простых линейных цепях (ФПЭ-09)»

Цель работы: 1) исследовать коэффициент передачи и сдвиг фаз между силой тока и напряжением в цепях, состоящих из последовательно соединенных: а) двух резисторов, б) резистора и конденсатора, в) резистора и катушки индуктивности; 2) определить сопротивление, емкость и индуктивность в предложенной цепи.

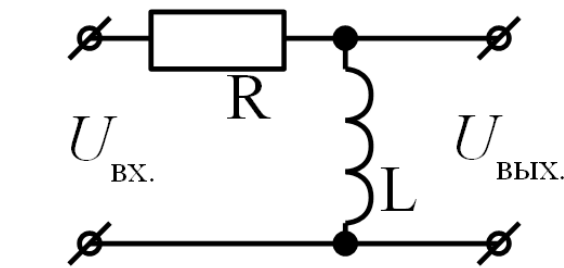
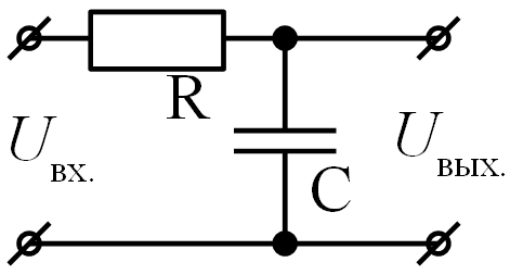
Контрольные вопросы.

1. Активное и реактивное сопротивление. Вывод формул для индуктивного и емкостного сопротивлений.

2. Построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемых цепях.

3. Что такое коэффициент передачи цепи? Зависимость коэффициента передачи и сдвига фаз от частоты для RR-, CR- и LR-цепи.

4. Зависимость коэффициента передачи и сдвига фаз от частоты для RC-цепи, для RL-цепи.



и RL-цепь (справа).

RC-цепь (слева)

Лабораторная работа № 3.22

«Измерение частоты методом двойной круговой развертки»

Цель работы: изучение метода двойной круговой развертки, используемого для измерения частоты.

Контрольные вопросы.

1. Гармонические колебания: определение и основные характеристики. Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний.

2. Сложение двух взаимно перпендикулярных колебаний.

3. Измерение частоты методом Лиссажу: суть метода и пределы применимости.

4. Измерение частоты методом двойной круговой развертки. В чем состоит отличие данного метода от метода Лиссажу?

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу «Колебания и волны» включает в себя 3 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 3,3 балла.

3,0-3,3 балла выставляется, если студент выполнил и защитил работу по

графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразилось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

2,3-3,0 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

2,0-2,3 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 2,0 балла выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

9-10 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразилось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

7-9 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

6-7 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 6 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

Лабораторные работы по разделу «Оптика».

Лабораторная работа № 3.4

«Изучение дифракционной решетки»

Цель работы: изучение дифракции света на одномерной дифракционной решетке и определение ее характеристик: периода дифракционной решетки, угловой дисперсии.

Контрольные вопросы.

1. Принцип Гюйгенса – Френеля. В чем состоит отличие дифракции Френеля от дифракции Фраунгофера?
2. Одномерная и пространственная дифракционные решетки.
3. Как изменится дифракционная картина, если увеличить общее число штрихов решетки, не меняя ее постоянную?
4. Почему дифракционная решетка разлагает белый свет в спектр?
5. Как определить наибольший порядок спектра дифракционной решетки?
6. Как изменится дифракционная картина при удалении экрана от решетки?
7. Почему при использовании белого света только центральный максимум белый, а боковые максимумы радужно окрашены? Почему штрихи на дифракционной решетке должны быть тесно расположены друг к другу? Почему их должно быть большое число?
8. Запишите условие дифракционных минимумов при дифракции на одной щели и условие главных максимумов при дифракции на решетке. Каков характер дифракционных картин в данных случаях?

Лабораторная работа № 3.6.

«Изучение явления интерференции в опыте с бипризмой Френеля»

Цель работы:

1. Получение интерференционной картины с помощью бипризмы Френеля.
2. Измерение ширины интерференционной полосы и наблюдение ее изменения при перемещении бипризмы по оптической скамье.
3. Измерение интенсивности максимумов и минимумов в интерференционной картине.
4. Получение интерференционной картины при отражении светового луча от плоскопараллельной пластины и определение показателя преломления пластин.

Контрольные вопросы.

1. Природа света: волновая и квантовая. Электромагнитные волны.
2. Интерференция света. Условия когерентности световых волн. Оптическая разность хода, разность фаз, условия максимумов и минимумов интерференции.
3. Методы наблюдения интерференции света (метод Юнга, бипризма Френеля).
4. Расчёт интерференционной картины от двух источников. Определение координат максимумов, минимумов, ширины интерференционной полосы.
5. Закон распределения интенсивности света в интерференционной картине.
6. Интерференция в плоскопараллельной пластине (полосы равного наклона).

Объяснить возникновение темных и окрашенных колец. Как зависит радиус кольца от его номера?

7. Объяснить методику измерения показателя преломления пластины.

Лабораторная работа №3.8

«Исследование спектров поглощения и пропускания света»

Цель работы: исследование зависимости коэффициента пропускания светофильтра от длины волны излучения и определение типа фильтра.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте закон Бугера.
2. Как проявляется поглощение света визуально?
3. Типы и виды фильтров.
4. Объяснить принцип действия монохроматора по схеме.
5. Пояснить график зависимости коэффициента пропускания от длины волны.

Лабораторная работа № 3.9

«Определение расстояния между щелями в опыте Юнга»

Цель работы: определение расстояния между щелями по интерференционной картине в схеме опыта Юнга.

Контрольные вопросы

1. Нарисовать и объяснить схему получения интерференционной картины в опыте Томаса Юнга.
2. Записать и объяснить формулу, определяющую разность фаз колебаний, возбуждаемых волнами.
3. В каком случае возникает интерференционный минимум? интерференционный максимум?
4. Вывести формулу, определяющую ширину интерференционной полосы в опыте Юнга.
- 5.

Как изменится интерференционная картина в опыте Юнга (см. рис.1), если

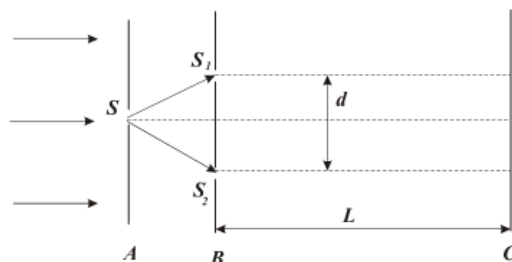


Рис.1.

эту систему поместить в воду?

Лабораторная работа № 3.11

«Исследование закона Бугера и измерение показателя поглощения оптической среды»

Цель работы: исследование поглощения света в веществе, проверка законов Бугера и Френеля.

Контрольные вопросы.

1. В чем состоит физическая причина поглощения электромагнитных волн при распространении в проводящих средах?
2. Как связана плотность энергии электромагнитных волн с потоком энергии?
3. Написать выражения для коэффициента отражения на границе «воздух-твердое тело» в случае нормального падения.
4. Описать механизм прохождения светового потока через вещество.
5. Написать выражение для закона Бугера.
6. Дать определение пропускания оптической системы, состоящей из ряда сред.
7. Привести условия выполнимости закона Бугера.

Лабораторная работа № 3.13

«Определение характеристик оптических систем»

Цель работы:

1. Изучение характеристик оптических систем и построения изображений в линзах.
2. Экспериментальное определение фокусного расстояния и оптической силы тонкой линзы различными методами.
3. Экспериментальное определение фокусного расстояния и положения главных оптических плоскостей двухлинзовой оптической системы.

Контрольные вопросы.

1. Геометрическая оптика. Основные законы геометрической оптики.
2. Виды линз, их характеристики: оптическая ось, главные плоскости и точки, фокусы, оптическая сила, увеличение.
3. Построение изображения в тонких линзах. Рассмотреть всевозможные случаи для собирающих и рассеивающих линз: действительное, мнимое, уменьшенное, увеличенное изображение.
4. Построение изображения в толстых линзах, системах линз, нахождение эквивалентных характеристик систем линз.
5. Методы определения фокусных расстояний линз и оптических систем. (метод отрезков, метод Бесселя).
6. Аберрации оптических систем.

Лабораторная работа № 3.14.

«Исследование поляризации световых волн»

Цель работы:

1. Определение степени поляризации лазерного луча.
2. Проверка закона Малюса.

Контрольные вопросы.

1. Световые электромагнитные волны. Естественный свет, поляризованный свет, плоскополяризованный свет, эллиптически поляризованный свет.
2. Поляризатор, анализатор. Закон Малюса (вывод).
3. Как отличить естественный свет от плоскополяризованного, эллиптически поляризованного?
4. Отражение света на границе двух диэлектриков. Угол Брюстера.

5. Оптически активные вещества.
6. Двойное лучепреломление. Поляризационные приборы (призма Николя, двоякопреломляющее призмы, поляроиды)

Лабораторная работа № 3.16 **«Излучение абсолютно черного тела»**

Цель работы: экспериментальная проверка закона Стефана-Больцмана.

Контрольные вопросы

1. Что такое энергетическая светимость и спектральная плотность энергетической светимости? Какая связь между ними?
2. Что такое тепловое излучение и каким законам оно подчиняется?
3. Какое тело является хорошей моделью АЧТ?
4. Почему и как излучение реальных тел отличается от излучения АЧТ?
5. В чем состоит методика проверки закона Стефана – Больцмана в данной работе?
6. Какой физический смысл имеет уравнение $U = \gamma \Delta \varphi = \gamma S \sigma (T^4 - T_0^4)$?

Лабораторная работа № 3.17 **«Внешний фотоэффект»**

Цель работы. Изучить законы внешнего фотоэффекта, определить постоянную Планка.

Контрольные вопросы.

1. В чем состоит явление внешнего фотоэффекта?
2. Что такое работа выхода электрона и «красная граница» фотоэффекта?
3. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.
4. Докажите второй и третий закон фотоэффекта на основе уравнения Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
5. Объясните ход прямой и обратной ветвей графика зависимости фототока от напряжения между катодом и анодом (ВАХ ВФ).

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу «Оптика» включает в себя 3 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 3,3 балла.

3,0-3,3 балла выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразилось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

2,3-3,0 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

2,0-2,3 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику,

имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 2,0 балла выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

9-10 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразилось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

7-9 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

6-7 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 6 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

2.2.4 Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)

Комплекты задач (варианты) для ИДЗ формируются в соответствии с учебно-методическим пособием для выполнения индивидуальных домашних заданий. Комплект (вариант) включает по 5 задач на каждый раздел. Максимальный балл за ИДЗ – 10 баллов.

Типовые задачи для ИДЗ

Задача 1. Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания равна $E = 24$ мкДж, максимальная сила, действующая на тело $F_{\max} = 2,0$ мН. Написать уравнение движения того тела, если период колебаний $T = 2$ с и начальная фаза $\varphi = \pi/6$.

Дано:

$$E = 24 \text{ мкДж}$$

$$F_{\max} = 2,0 \text{ мН}$$

$$T = 2 \text{ с}$$

$$\varphi = \pi/6$$

$$x = f(t) - ?$$

СИ

$$24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

Решение: 1. Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания:

1. Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания:

$$E = m A^2 \omega^2$$

где m , A – масса точки и амплитуда ее колебаний; ω – круговая (циклическая) частота.

$$\omega = 2\pi/T \quad (2)$$

2. Согласно второму закону Ньютона, сила равна $F = ma$, откуда максимальная сила:

$$F_{\max} = m a_{\max} \quad (3)$$

3. Ускорение тела, совершающего гармонические колебания определяется по формуле:

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = -a_{\max} \cos(\omega t + \varphi) \quad (4)$$

следовательно:

$$a_{\max} = A\omega^2 = A(2\pi/T)^2 = 4\pi^2 A/T^2 \quad (5)$$

4. С учетом (5) получим:

$$F_{\max} = m A \omega^2 = 4\pi^2 m A/T^2 \quad (6)$$

5. Выразим амплитуду колебаний A из уравнений (1) и (6):

$$\frac{E}{F_{\max}} = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2, \quad m A \omega^2 = A/2$$

откуда:

$$A = 2 \frac{E}{F_{\max}} = 2 \frac{24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}} = 24 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,024 \text{ м}$$

6. Общее уравнение гармонических колебаний:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right) \quad (7)$$

7. Подставим в (7) числовые значения:

$$x = 0,024 \sin\left(\frac{2\pi}{2}t + \frac{\pi}{6}\right) = 0,024 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$x = 0,024 \sin\left(\frac{2\pi}{2}t + \frac{\pi}{6}\right) = 0,024 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$

Ответ:

Задача 2. Энергия затухающих колебаний маятника, происходящих в некоторой среде, за время $t = 2$ мин, уменьшилась в $N = 100$ раз. Определить коэффициент сопротивления, если масса маятника $m = 0,1$ кг.

Дано:

$$t = 2 \text{ мин}$$

$$N = 100 \text{ раз.}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$r - ?$$

СИ

$$120 \text{ с}$$

Решение: 1. Коэффициент сопротивления r связан с коэффициентом затухания β и массой тела m соотношением:

1. Коэффициент сопротивления r связан с коэффициентом затухания β и массой тела m

соотношением:

$$r = 2m\beta \quad (1)$$

2. Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания, определяется формулой:

$$W = m A^2 \omega^2 / 2 \quad (2)$$

3. Обозначим начальное и конечное значение энергии колебаний через W_0 и W соответственно, и найдем отношение данных величин с учетом исходных данных:

$$W_0 / W = (A_0 / A)^2 = N \quad (3)$$

откуда:

$$A_0 / A = \sqrt{N} \quad (4)$$

Для затухающих колебаний имеет место соотношение:

$$A = A_0 \exp(-\beta t) \quad (5)$$

откуда:

$$\beta = \frac{\ln(A/A_0)}{t} = \frac{\ln(\sqrt{N})}{t} \quad (6)$$

С учетом (6) выражение (1) примет вид:

$$r = 2m \frac{\ln(\sqrt{N})}{t} \quad (7)$$

Подставим в (7) числовые значения:

$$r = 2 \cdot 0,1 \text{ кг} \frac{\ln(\sqrt{100})}{120 \text{ с}} = 0,0038 \text{ кг/с}$$

Ответ: $r = 0,0038 \text{ кг/с}$.

Задача 3. Луч падает на плоскопараллельную пластину под углом $\alpha = 30^\circ$. Выходящий из пластинки луч параллелен падающему лучу (рис.1). Показатель

преломления стекла $n = 1,5$. Какова толщина пластинки, если расстояние между лучами $CD = 3,88$ см?

Дано:	СИ
$\alpha = 30^\circ$	
$n = 1,5$	
$CD = 3,88$ см	0,388м
AB -?	

Решение: 1. Из рис. 1 видно, что углы α и $\angle BAD$ – вертикальные, поэтому:
 1. Из рис. 1 видно, что углы α и $\angle BAD$ – вертикальные, поэтому:
 $\angle BAD = \alpha$, $\angle CAD = \alpha - \beta$
 (1)

2. Треугольники CAD и ABC – прямоугольные, и для них справедливы соотношения:

$$AC = \frac{CD}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (2)$$

$$AB = AC \cos(\beta) \quad (3)$$

3. Подставим (2) в (3) и получим выражение для нахождения толщины пластинки AB :

$$AB = \frac{CD \cos(\beta)}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (4)$$

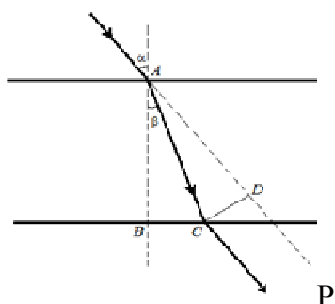


рис. 1 – Пояснение к задаче 3

4. Угол преломления β определим из закона

преломления: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$, откуда:

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}, \quad \beta = \arcsin\left(\frac{\sin \alpha}{n}\right) \quad (5)$$

5. Подставим числовые значения:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{\sin 30^\circ}{1,5}\right) \approx 19^\circ 30'$$

$$\alpha - \beta = 30^\circ - 19^\circ 30' = 10^\circ 30'$$

$$AB = \frac{3,88 \text{ см} \cdot \cos(19^\circ 30')}{\sin(10^\circ 30')} = 20,07 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

Ответ: $AB = 0,2$ м.

Задача 4. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет с длиной волны $0,6$ мкм. На экране, расположенном на расстоянии $0,55$ м, наблюдается дифракционная картина, где расстояние между дифракционными максимумами первого порядка равно 12 см. Определить постоянную дифракционной решетки и общее число главных максимумов, получаемых с помощью данной решетки.

Дано:	СИ
$\lambda = 0,6$ мкм	$0,6 \cdot 10^{-6}$ м
$L = 0,55$ м	
$l = 12$ см	0,12м
d -? N -?	

Решение: 1. Запишем условие главных максимумов дифракционной решетки:

1. Запишем условие главных максимумов дифракционной решетки:

$$d \sin \phi = \pm m \lambda \quad (1)$$

где d – постоянная решетки, m – порядок главного дифракционного максимума, ϕ – угол между нормалью к решетке и направлением на максимум с порядком m , λ – длина волны падающего на решетку света.

2. По условию задачи $m = \pm 1$. Учитывая, что $L \gg \ell$, можно записать:

$$\sin \phi_m = \operatorname{tg} \phi_m = \ell / 2L \quad (2)$$

3. Подставляя (2) в (1), с учетом того, что d – величина постоянная, получим:

$$\frac{\ell d}{2L} = \lambda, \text{ или } d = \frac{2L\lambda}{\ell} \quad (3)$$

4. Подставляем в (3) числовые значения:

$$d = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 0,55 \text{ м}}{0,12 \text{ м}} = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 5,5 \text{ мкм}$$

5. Для определения общего числа главных максимумов, даваемых дифракционной решеткой, исходим из условия, что максимальный угол отклонения лучей от нормали к решетке не может превышать 90° , т.е. в формуле (1) $\sin \phi < 1$, и тогда она принимает вид:

$$m_{\max} < d / \lambda \quad (4)$$

6. Подставляем числовые значения:

$$d / \lambda = (5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}) / (0,55 \cdot 10^{-6} \text{ м}) = 10 \Rightarrow m_{\max} = 9$$

7. Общее число максимумов $N = 2m_{\max} + 1$, т.е. влево и вправо от центрального (нулевого) максимума будет наблюдаться по m_{\max} максимумов:

$$N = 2 \cdot 9 + 1 = 19.$$

Ответ: $d = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, $N = 19$.

Задача 5. На зеркальную поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны $0,55 \text{ мкм}$, производя давление 9 мкПа . Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности и число фотонов, падающих на площадь 1 м^2 в 1 с .

Дано:	СИ	Решение:
$\lambda = 0,55 \text{ мкм}$	$0,55 \cdot 10^{-6} \text{ м}$	1. Давление света при нормальном падении на поверхность определяется по формуле: 1. Давление света при нормальном падении на поверхность определяется по формуле: $P = \frac{E_e}{c} (1 + \rho) = \omega (1 + \rho) \quad (1)$
$p = 9 \text{ мкПа}$	$9,0 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$	
$S = 1 \text{ м}^2$		
$t = 1 \text{ с}$		
$d - ? \quad N - ?$		

где E_e – энергетическая освещенность поверхности, т.е. энергия всех фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени; c – скорость света в вакууме; ω – объемная плотность энергии излучения; ρ – коэффициент отражения поверхности, который в данном случае равен 1.

2. Объемная плотность энергии равна произведению энергии одного фотона на число фотонов в единице объема:

$$\omega = h \nu n_0 = (hc/\lambda)n_0 \quad (2)$$

где h – постоянная Планка. Подставляя (2) в (1), получим:

$$P = n_0(hc/\lambda)(1+\rho) \quad (3)$$

откуда:

$$n_0 = \frac{P\lambda}{hc(1+\rho)} \quad (4)$$

3. Подставим в (4) числовые значения:

$$n_0 = \frac{9 \cdot 10^{-6} \cdot 0,55 \cdot 10^{-6}}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot (1+1)} = 1,25 \cdot 10^{13}$$

Проверим размерность полученной величины:

$$[n_0] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Па}}{\text{Дж}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \text{м}^{-3}$$

$$n_0 = 1,25 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$$

4. Энергетическая освещенность поверхности E_e есть по определению энергия всех фотонов, которые падают на единицу поверхности в единицу времени.

Следовательно: $E_e = (hc/\lambda)N$, откуда:

$$N = \frac{E_e \lambda}{hc} \quad (5)$$

5. Выразив E_e из (1) и подставив в (5), получим:

$$N = \frac{P c \lambda}{(1+\rho) h} = \frac{P \lambda}{h(1+\rho)} \quad (6)$$

6. Сравнивая (6) и (4), получаем:

$$N = n_0 c$$

7. Подставляем числовые значения в полученную формулу:

$$N = 1,25 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 3,75 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$$

Ответ: $n_0 = 1,25 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$, $N = 3,75 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$.

Критерии и шкалы оценивания.

9-10 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи с подробными пояснениями вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

7-9 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины в части задач.

6-7 балла выставляется, если студент правильно решил все задачи, но не дал пояснений по ходу решения и не проверил размерность конечной величины в большей части задач.

Менее 6 баллов выставляется, если студент не решил или неправильно решил хотя бы одну задачу.

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.

Формой промежуточной аттестации является экзамен в конце семестра, проводимый в традиционной форме.

2.3.1 Оценочные средства для проведения экзамена.

Вопросы.

1. Гармонические колебания и их характеристики.
2. Механические гармонические колебания
3. Сложение гармонических колебаний одинакового направления
4. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний
5. Свободные затухающие колебания.
6. Вынужденные колебания
7. Свободные гармонические колебания в колебательном контуре.
8. Переменный электрический ток
9. Волновые процессы. Продольные и поперечные волны
10. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Волновое уравнение
11. Принцип суперпозиции. Групповая скорость
12. Интерференция волн. Стоячие волны
13. Эффект Доплера в акустике
14. Электромагнитные волны и их свойства.
15. Энергия электромагнитных волн
16. Когерентность и монохроматичность световых волн. Интерференция света.
17. Интерференция света в тонких пленках. Применение интерференции света
18. Принцип Гюйгенса – Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске
19. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке. Формула Вульфа – Брэггов
20. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света.
21. Поглощение света. Рассеяние света.
22. Естественный и поляризованный свет. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков
23. Двойное лучепреломление. Анализ поляризованного света.
24. Тепловое излучение и его характеристики. Законы Кирхгофа, Стефана – Больцмана и Вина
25. Формулы Рэлея – Джинса и Планка. Оптическая пирометрия.
26. Фотоэлектрический эффект. Квантовая теория внешнего фотоэффекта.
27. Масса и импульс фотона. Давление света.
28. Корпускулярно-волновая двойственность свойств света.

Задачи.

Раздел «Колебания и волны».

1. Максимальная скорость $(dx/dt)_{\max}$ точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение $(d^2x/dt^2) = 100 \text{ см/с}^2$. Найти циклическую частоту ω колебаний, их период T и амплитуду A . Написать уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной нулю.
2. Найти возвращающую силу F в момент $t = 1 \text{ с}$ и полную энергию E материальной точки, совершающей колебания по закону $x = A \cos \omega t$, где $A = 20 \text{ см}$, $\omega = 2\pi/3 \text{ с}^{-1}$. Масса m материальной точки равна 10 г.
3. Логарифмический декремент колебаний θ маятника равен 0,003. Определить число N полных колебаний, которые должен сделать маятник, чтобы амплитуда уменьшилась в два раза.
4. Определить период T затухающих колебаний, если период T_0 собственных колебаний системы равен 1 с и логарифмический декремент колебаний $\theta = 0,628$.
5. Под действием силы тяжести электродвигателя консольная балка, на которой он установлен, прогнулась на $h = 1 \text{ мм}$. При какой частоте вращения n якоря электродвигателя может возникнуть опасность резонанса?
6. Колебательная система совершает затухающие колебания с частотой $\nu = 1000 \text{ Гц}$. Определить частоту ν_0 собственных колебаний, если резонансная частота $\nu_{\text{рез}} = 998 \text{ Гц}$.
7. Волна распространяется в упругой среде со скоростью $v = 100 \text{ м/с}$. Наименьшее расстояние Δx между точками среды, фазы которых противоположны, равно 1 м. Определить частоту ν колебаний.
8. Определить разность фаз $\Delta\phi$ колебаний источника волн, находящегося в упругой среде, и точки этой среды, отстоящей на $x = 2 \text{ м}$ от источника. Частота ν колебаний равна 5 Гц, волны распространяются со скоростью $v = 40 \text{ м/с}$.
9. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 20 \text{ мкГн}$ и конденсатора электроемкостью $C = 80 \text{ нФ}$. Величина емкости может отклоняться от указанного значения на 2%. Вычислить, в каких пределах может изменяться длина волны, на которую резонирует контур.
10. Колебательный контур содержит конденсатор электроемкостью $C = 8 \text{ пФ}$ и катушку индуктивностью $L = 0,5 \text{ мГн}$. Каково максимальное напряжение U_{\max} на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока $I_{\max} = 40 \text{ мА}$?

Раздел «Оптика».

1. Линза изготовлена из стекла, показатель преломления которого для красных лучей $n_k = 1,50$, а для фиолетовых $n_\phi = 1,52$. Радиусы кривизны R обеих поверхностей линзы одинаковы и равны 1 м. Определить расстояние Δf между фокусами линзы для красных и фиолетовых лучей.

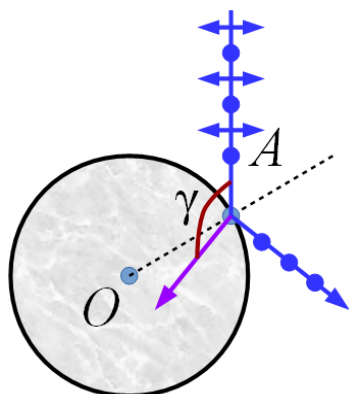
2. Тонкая линза, помещенная в воздухе, обладает оптической силой $\Phi_1 = 5$ дптр, а в некоторой жидкости $\Phi_2 = -0,48$ дптр. Определить показатель преломления n_2 жидкости, если показатель преломления n_1 стекла, из которого изготовлена линза, равен 1,52.

3. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода интерферирующих волн $\Delta = 1,8$ мкм.

4. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

5. На дифракционную решетку, содержащую $n = 100$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi = 20^\circ$. Определить длину волны λ света.

6. Дифракционная картина получена с помощью дифракционной решетки длиной $\ell = 1,5$ см и периодом $d = 5$ мкм. Определить, в спектре какого наименьшего порядка этой картины получают отдельные изображения двух спектральных линий с разностью длин волн $\Delta\lambda = 0,1$ нм, если линии лежат в крайней красной части спектра ($\lambda \approx 760$ нм).



7. Пучок естественного света падает на стеклянный шар ($n = 1,54$). Найти угол γ между преломленным и падающим пучками в точке A (см. рис.1).

8. Пластинку кварца толщиной $d = 2$ мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол 53° . Определить толщину h пластинки, при которой данный

Рисунок 2 – Пояснение к задаче 7 анализатор. свет не проходит через

9. Мощность P излучения шара радиусом $R = 10$ см при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом черноты $a_T = 0,25$. Постоянная Стефана – Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴).

10. При увеличении термодинамической температуры абсолютно черного тела в 2 раза длина волны λ_m , на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности $(r_{\lambda,T})_{\max}$, уменьшилась на $\Delta\lambda = 400$ нм. Определить начальную и конечную температуры T_1 и T_2 . Постоянная Вина $b = 2,90 \cdot 10^{-3}$ м·К.

11. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 307$ нм и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона $T_{\max} = 1$ эВ? Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, электродинамическая постоянная $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

12. На зеркальце с идеально отражающей поверхностью площадью $S = 1,5$ см² падает нормально свет от электрической дуги. Определить импульс p , полученный зеркальцем, если поверхностная плотность потока излучения ϕ , падающего на зеркальце, равна $0,1$ МВт/м². Продолжительность облучения $t = 1$ с. Электродинамическая постоянная $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Распределение типов билетов по элементам знаний, умений и владений.

Содержание билетов	З1	З2	У1	В1	В2
Билет № 1	+	+	+		+
Билет № 2	+	+	+		+
Билет № 3	+		+	+	+
Билет № 4	+	+	+	+	+
Билет № 5	+	+	+		+
Билет № 6	+		+		+
Билет № 7	+		+		+
Билет № 8	+		+	+	+
Билет № 9	+		+		+
Билет № 10	+		+		+
Билет № 11	+		+		+
Билет № 12	+		+		+
Билет № 13	+		+	+	+
Билет № 14	+	+	+	+	+
Билет № 15	+		+		+
Билет № 16	+	+	+		+
Билет № 17	+		+		+
Билет № 18	+		+		+
Билет № 19	+		+		+
Билет № 20	+		+		+
Билет № 21	+	+	+		+
Билет № 22	+		+		+
Билет № 23	+		+		+
Билет № 24	+		+	+	+
Билет № 25	+		+		+

Критерии и шкалы оценивания.

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69	удовлетворительно		E	посредственно
60-64			F	неудовлетворительно
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено	F	неудовлетворительно

Оценка **неудовлетворительно** ставится, если студент не смог продемонстрировать ключевые знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка **удовлетворительно** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями по данной дисциплине, что может выражаться в неуверенном ответе на вопросы преподавателя, решил экзаменационную задачу только после подсказки преподавателя.

Оценка **хорошо** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями дисциплины, что может выражаться в уверенном ответе на вопросы преподавателя, но не смог сразу разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине законами и моделями, решил самостоятельно задачу, содержащуюся в экзаменационном билете.

Оценка **отлично** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями и смог разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине понятиями, законами и моделями, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя, решил самостоятельно экзаменационную задачу.