

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной деятельности

Гаюровский Д.А.

« 16 » сентября 20 15 г.



Программа дисциплины

Б1.Б.15 ОПТИКА, КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Направление подготовки: 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Профиль подготовки: —

Квалификация выпускника: бакалавр

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Дисциплина представляет собой часть курса общей физики и является одной из основных базовых дисциплин для обучающихся. Цель преподавания дисциплины – изучение оптических явлений, которые можно описать с помощью классической физики, изучение методов их описания. Исследование на примере оптических явлений границ применимости классической физики. Дать представление на примере оптических явлений о границах применимости классической физики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.Б.15 "Оптика" входит в базовый цикл бакалавров по направлению 12.03.04 - "Биотехнические системы и технологии" и является обязательной для изучения.

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бакалавров по направлению 12.03.04 - "Биотехнические системы и технологии": Б3.Б.12 "Механика", Б1.Б.13 "Молекулярная физика", Б1.Б.14 "Электричество и магнетизм", Б1.Б.8 "Математический анализ", Б1.Б.9 "Аналитическая геометрия", Б1.Б.10 "Линейная алгебра".

Дисциплина является составной частью курса общей физики и служит основой для последующего изучения дисциплин курса общей физики (Б1.В.ОД.12 "Атомная физика", Б1.В.ОД.11 "Физика атомного ядра и элементарных частиц"), для выполнения лабораторных работ в рамках занятий по дисциплине Б1.В.ОД.6 "Общий физический практикум", а также изучения дисциплин Б1.В.ДВ.10.1 "Лазерная техника в медицине", Б1.В.ДВ.9.1 "Радиационная физика в биомедицине", Б1.В.ОД.5 "Современные томографические методы".

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- физические основы явлений, связанных с взаимодействием света с веществом;
- основные классические и современные экспериментальные результаты в области оптических явлений;
- основные законы геометрической и волновой оптики, основные методы решения оптических задач;
- принципы работы и устройство современной экспериментальной аппаратуры для исследования оптических явлений и веществ с помощью оптических методов.

уметь:

- пользоваться основными измерительными приборами, используемыми в оптике, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи по оптике.

владеть:

- навыками экспериментального и теоретического анализа оптических явлений и решения оптических задач;
- навыками работы с простейшей измерительной аппаратурой;
- навыками работы с учебной и научной литературой;
- навыками работы с современными образовательными и информационными технологиями.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
(общекультурные компетенции)	
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность выполнять эксперименты и интерпретировать результаты по проверке корректности и эффективности решений
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовность к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен в 4 семестре.

	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практ. занятия	Лаборат. работы	Самост. работа
1.	Тема 1. Геометрическая оптика.	4	6	2	0	9
2.	Тема 2. Э/м природа света.	4	2	0	0	2
3.	Тема 3. Немонохроматическое и хаотическое излучение.	4	2	2	0	2
4.	Тема 4. Распространение, преломление и отражение света в изотропных средах.	4	4	2	0	2
5.	Тема 5. Интерференция света.	4	4	2	0	2
6.	Тема 6. Многолучевая интерференция.	4	4	2	0	4
7.	Тема 7. Дифракция. Дифракция Френеля.	4	4	2	0	4
8.	Тема 8. Дифракция Фраунгофера.	4	4	2	0	4
9.	Тема 9. Физические основы голографии.	4	2	0	0	1
10.	Тема 10. Распространение света в анизотропных средах.	4	3	2	0	2
11.	Тема 11. Интерференция поляризованных волн.	4	3	2	0	2
12.	Тема 12. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах.	4	2	2	0	2
13.	Тема 13. Рассеяние света.	4	0	0	0	0
14.	Тема 14. Фотоэффект.	4	2	2	0	0
15.	Тема 15. Излучение абсолютно черного тела.	4	2	2	0	0
16.	Тема 16. Лазеры.	4	2	0	0	0
17.	Тема 17. Нелинейные явления в оптике.	4	2	0	0	0
.	Итоговая форма контроля	0	0	0	0	36

Итого		48	24	0	72
-------	--	----	----	---	----

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Геометрическая оптика.

Геометрическая оптика. Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики. Уравнение эйконала и объяснение направления распространения луча в оптически неоднородных средах. Центрированная оптическая система (ЦОС) и ее кардинальные элементы. Матричный способ описания центрированных оптических систем. Построение изображения в ЦОС. Простейшие оптические приборы. Абберации оптических систем (астигматизм, сферическая и хроматическая абберации)

Тема 2. Э/м природа света.

Э/м природа света. Характеристика оптического диапазона э/м волн. Особенности видимого диапазона. Место оптики в физической науке и ее роль в научно - техническом прогрессе.

Описание э/м волн. Структура плоской э/м волны и ее представление в комплексной форме. Сферические волны.

Плотность потока энергии и импульса э/м волн. Распределение плотности потока энергии по сечению пучка. Гауссов пучок. Плотность импульса э/м волны. Давление света, его открытие, проявление и приложения.

Стоячие волны. Биения. Экспериментальное доказательство э/м природы света.

Поляризация э/м волны. Виды поляризации. Число независимых поляризаций.

Основные фотометрические понятия и величины. Соотношения между энергетическими и световыми характеристиками излучения.

Тема 3. Немонохроматическое и хаотическое излучение.

Немонохроматическое и хаотическое излучение. Классическая модель излучателя. Лоренцева форма и ширина линии излучения. Время излучения. Форма линии поглощения. Квазимонохроматическая волна.

Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение. Ударное уширение. Доплеровское уширение.

Хаотический свет. Суперпозиция волн со случайными фазами. Время разрешения. Время когерентности. Длина когерентности. Флуктуации плотности потока энергии хаотического света.

Тема 4. Распространение, преломление и отражение света в изотропных средах.

Распространение, преломление и отражение света в изотропных средах. Распространение света в диэлектриках. Нормальная и аномальная дисперсии. Отражение и преломление света на границе между диэлектриками. Формулы Френеля. Полное отражение света. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света. Световоды.

Тема 5. Интерференция света.

Интерференция света. Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Майкельсона. Причины размывания полос интерференции. Интерференция немонахроматического света. Видность интерференционной картины. Принцип Фурье - спектроскопии. Другие двухлучевые интерферометры.

Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением волнового фронта. Схема Юнга. Интерференция в белом свете. Источник конечного размера. Временная и пространственная когерентность. Звездный интерферометр.

Тема 6. Многолучевая интерференция.

Многолучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Фабри-Перо. Разрешающая способность. Факторы, ограничивающие ее. Дисперсионная область. Интерференционные светофильтры. Интерференция в тонких пленках. Диэлектрические зеркала.

Тема 7. Дифракция. Дифракция Френеля.

Дифракция. Метод зон Френеля. Дифракция на прямолинейном крае полубесконечного экрана. Зонная пластинка как линза. Дифракция на щели. Спираль Корню.

Тема 8. Дифракция Фраунгофера.

Дифракция Фраунгофера. Область дифракции Фраунгофера. Дифракция на прямоугольном отверстии, щели.

Дифракционная решетка. Фазовая и амплитудная решетки. Наклонное падение. Дифракция на периодических непрерывных структурах. Дифракция на ультразвуковых волнах.

Основные понятия Фурье-оптики. Линза, как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Предел разрешающей способности оптических приборов. Метод фазового контраста. Основные понятия о пространственной фильтрации изображений.

Тема 9. Физические основы голографии.

Физические основы голографии. Схемы записи и восстановления тонкослойных голограмм. Схемы записи и восстановления толстослойных голограмм. Получение цветных объемных изображений. Применение голограмм.

Тема 10. Распространение света в анизотропных средах.

Распространение света в анизотропных средах. Тензор диэлектрической проницаемости. Распространение плоской э/м волны в анизотропной среде. Зависимость лучевой скорости от направления. Эллипсоид лучевых скоростей. Двойное лучепреломление. Построение Гюйгенса для различных случаев преломления. Поляризация при двойном лучепреломлении. Поляризационные устройства.

Тема 11. Интерференция поляризованных волн.

Интерференция поляризованных волн при прохождении через кристаллы. Искусственная анизотропия, создаваемая деформациями, электрическим и магнитным полем. Пластинки " $\lambda/4$ ", " $\lambda/2$ " и " λ ".

Тема 12. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах.

Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах. Элементарная феноменологическая теория. Оптическая изомерия. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле.

Тема 13. Рассеяние света.

Рассеяние света. Природа процессов рассеяния. Рэлеевское рассеяние и рассеяние Ми. Физическая сущность рассеяния Мандельштам-Бриллюэна и комбинационного рассеяния.

Тема 14. Фотоэффект.

Фотоэффект. Основные экспериментальные закономерности и их истолкование. Определение постоянной Планка из фотоэффекта. Фотоэлектрические приемники света: фотоэлементы, фотоумножители, фотодиоды и электронно-оптические преобразователи.

Тема 15. Излучение абсолютно черного тела.

Излучение абсолютно черного тела. Элементарная квантовая теория. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Оптические усилители. Прохождение света через среду. Закон Бугера. Условие усиления. Воздействие светового потока на населенность уровней. Создание инверсной населенности.

Тема 16. Лазеры.

Лазеры. Принципиальная схема. Порог генерации. Метод модулированной добротности. Характеристика HeNe и перестраиваемого лазеров.

Тема 17. Нелинейные явления в оптике.

Нелинейные явления в оптике. Источники нелинейной поляризованности. Квадратичная нелинейность и нелинейности более высоких порядков. Генерация гармоник. Условие пространственного синхронизма для удвоения частоты. Самовоздействие света в нелинейной среде. Самофокусировка и самодефокусировка луча.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия сопровождаются демонстрационными опытами, что позволяет обучающимся пронаблюдать и проанализировать изучаемые явления. Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, также позволяющего наглядно получать обучающимся всю необходимую информацию. Материалы курса лекций, список контрольных вопросов, задания для практических занятий и самостоятельной работы, а также методические материалы в форме ЭОР размещены в интернете на сайте Института Физики.

На практических занятиях широко используется обсуждение реальных явлений с точки зрения изучаемого материала.

Консультации проводятся в обозначенное в расписании время и в режиме "online".

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы к практическим занятиям

Тема 1. Геометрическая оптика.

Центрированная оптическая система (ЦОС) и ее кардинальные элементы. Матричный способ описания центрированных оптических систем. Построение изображения в ЦОС. Простейшие оптические приборы.

Тема 2. Э/м природа света.

Поляризация э/м волны. Виды поляризации. Число независимых поляризаций. Основные фотометрические понятия и величины. Соотношения между энергетическими и световыми характеристиками излучения.

Тема 3. Немонохроматическое и хаотическое излучение.

Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение. Ударное уширение. Доплеровское уширение.

Тема 4. Распространение, преломление и отражение света в изотропных средах.

Формулы Френеля. Полное отражение света. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света. Световоды.

Тема 5. Интерференция света.

Интерференция света. Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Майкельсона. Причины размывания полос интерференции. Другие двухлучевые интерферометры.

Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением волнового фронта. Схема Юнга. Интерференция в белом свете. Временная и пространственная когерентность.

Тема 6. Многолучевая интерференция.

Многолучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Фабри-Перо. Разрешающая способность. Факторы, ограничивающие ее. Дисперсионная область. Интерференционные светофильтры. Интерференция в тонких пленках. Диэлектрические зеркала.

Тема 7. Дифракция. Дифракция Френеля.

Дифракция. Метод зон Френеля. Дифракция на прямолинейном крае полубесконечного экрана. Зонная пластинка. Дифракция на щели. Спираль Корню.

Тема 8. Дифракция Фраунгофера.

Дифракция Фраунгофера на щели. Дифракционная решетка.

Тема 9. Физические основы голографии.

Схемы записи и восстановления тонкослойных голограмм. Схемы записи и восстановления толстослойных голограмм. Получение цветных объемных изображений.

Тема 10. Распространение света в анизотропных средах.

Эллипсоид лучевых скоростей. Построение Гюйгенса для различных случаев преломления. Поляризация при двойном лучепреломлении. Поляризационные устройства.

Тема 11. Интерференция поляризованных волн.

Интерференция поляризованных волн при прохождении через кристаллы. Искусственная анизотропия, создаваемая деформациями, электрическим и магнитным полем. Пластинки " $\lambda/4$ ", " $\lambda/2$ " и " λ ".

Тема 12. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах.

Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле.

Тема 13. Рассеяние света.

Рэлеевское рассеяние и рассеяние Ми. Физическая сущность рассеяния Мандельштам-Бриллюэна и комбинационного рассеяния.

Тема 14. Фотоэффект.

Фотоэффект. Основные экспериментальные закономерности и их истолкование. Определение постоянной Планка из фотоэффекта.

Тема 15. Излучение абсолютно черного тела.

Излучение абсолютно черного тела. Прохождение света через среду. Закон Бугера.

Тема 16. Лазеры.

Лазеры. Принципиальная схема. Порог генерации. Метод модулированной добротности.

Тема 17. Нелинейные явления в оптике.

Источники нелинейной поляризованности. Квадратичная нелинейность и нелинейности более высоких порядков.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Суммарно по дисциплине можно получить максимум 100 баллов, из них текущий контроль в течение семестра оценивается в 50 баллов, экзамен - в 50 баллов.

В течение семестра обучающийся должен в той или иной форме по усмотрению преподавателя отчитаться по решению не менее чем 10 контрольных задач максимальной стоимости 5 баллов каждая. При письменной форме контроля за отсутствие решения задачи из этой стоимости вычитается 5 балла, за неверную стратегию решения 4 балла, за ошибки в использовании физических законов – до 3х баллов за каждую, за математические ошибки - до 2 баллов за каждую.

Необходимым условием сдачи экзамена является получение не менее 36 баллов по итогам решения контрольных задач. Если эта норма не выполнена в течение семестра, обучающемуся предлагается решить письменно от одного до 3х тестов (в зависимости от оценки в семестре) из 5 задач каждый на экзамене. Цена каждого теста 10 баллов. Они ставятся при решении не менее чем 4 любых задач из 5 предложенных.

После получения не менее 36 баллов обучающийся приступает к подготовке и ответу на вопросы из случайно выбранного билета.

Цена успешного устного ответа на каждый из двух вопросов билета – до 15 за каждый.

При ответе обучающийся должен продемонстрировать понимание того, на чём основаны излагаемые им выводы физических теорий.

Максимальную оценку обучающийся может получить только после успешного ответа на оба вопроса билета. Она может быть получена в ходе решения творческой задачи, предложенной преподавателем по темам не затрагивающим обсуждённые в ходе устной беседы. Преподаватель при этом оценивает адекватность построенной физической модели, корректность применения метода решения, разумность численных оценок.

Баллы за работу в течение семестра распределяются следующим образом:

5 баллов – контрольная задача №1

5 баллов – контрольная задача №2

5 баллов – контрольная задача №3

5 баллов – контрольная задача №4

5 баллов – контрольная задача №5

5 баллов – контрольная задача №6

5 баллов – контрольная задача №7

5 баллов – контрольная задача №8

5 баллов – контрольная задача №9

5 баллов – контрольная задача №10

Итого: 5+5+5+5+5+5+5+5+5+5=50 баллов

7.2 Оценочные средства текущего контроля

Примеры тестовых задач по теме «Тепловое излучение»	
1	Принимая, что Солнце излучает как абсолютно черное тело, вычислить температуру его поверхности. Солнечный диск виден с Земли под углом $\theta=32^\circ$. Солнечная постоянная $C = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}^4$.
решение:	$R_3 = \sigma T^4$ по закону Стефана-Больцмана. $C = (R_3 S_{\text{солн}}) / 4\pi r_3^2 = (\sigma T^4 R_c^2) / r_3^2$; $R_c = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$; $r_3 = 1,49 \cdot 10^{11} \text{ м}$, $S_{\text{солн}} = 4\pi R_c^2$ $N = C \cdot S_3 \cdot \cos \alpha$; $\alpha = \pi/2 - 32^\circ = 58^\circ$ - угол падения солнечных лучей. S_3 – площадь Земли. $S_3 = 4\pi R_3^2$, $R_3 = 6,371 \cdot 10^6 \text{ м}$ $N = 1,4 \cdot 10^3 \cdot 4\pi \cdot (6,371 \cdot 10^6)^2 \cos 58 = 3,78 \cdot 10^{17}$; $N = (\sigma T^4 \cdot R_c^2) / r_3^2 \cdot S_3 \cdot \cos(\pi/2 - \varphi) \Rightarrow T^4 = (N \cdot r_3^2) / (\sigma R_c^2 \cdot 4\pi \cdot R_3^2 \cdot \cos 58)$; $T = 5798 \text{ К}$.
2	Определить установившуюся температуру T зачернённой пластинки, расположенной перпендикулярно солнечным лучам. Солнечная постоянная $C = 1.4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.
решение:	Энергетическая светимость пластинки: $R_3 = \sigma T^4$; энергия излучения за секунду: $E_{\text{изл}} = S \sigma T^4$; пластинка получает энергии в секунду: $E_{\text{пол}} = cS$; имеем $E_{\text{пол}} = E_{\text{изл}} \Rightarrow S \sigma T^4 = cS \Rightarrow T = \sqrt[4]{c/\sigma} = 396 \text{ К}$
3	Считая, что атмосфера поглощает 10% энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность, получаемую от Солнца горизонтальным участком земли, площадью 100 м^2 . Солнце находится в зените, его излучение считать близким к получению абсолютно черного тела с температурой 6000 К . Радиус Солнца $7 \cdot 10^8 \text{ м}$, расстояние от Солнца до Земли $1.5 \cdot 10^{11} \text{ м}$, постоянная Стефана-Больцмана $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.
решение:	$K = R_3 \cdot 4\pi R_c^2 / 4\pi R_{c-3}^2$. $N = 0,9 R S \sin 90^\circ$; Т.к. солнце близко к АЧТ, то по 3-му Ст.-Блц. его энергетическая светимость $R_3 = \delta T^4$.
4	Мощность P излучения шара радиусом $R = 10 \text{ см}$ при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт . Найти эту температуру, считая, что шар серым телом с коэффициентом теплового излучения $\varepsilon = 0.25$.
решение:	$P = \varepsilon \sigma T^4 S = \varepsilon \sigma 4\pi R^2 T^4$; $T = \sqrt[4]{P / (\varepsilon \sigma 4\pi R^2)} = 1,15 \cdot 10^3 \text{ К}$
5	Мощность излучения абсолютно чёрного тела $N = 10 \text{ кВт}$. Найти площадь S излучающей поверхности тела, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda = 700 \text{ нм}$.
решение:	Мощность излучения абсолютно черного тела равна $N = R_3 S$. По закону Стефана-Больцмана $R_3 = \sigma T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^2)$ – постоянная Стефана-Больцмана. Отсюда $N = \sigma T^4 S$ – (1). Из первого закона Вина абсолютная температура равна $T = b/\lambda_m$ – (2). Подставляя (2) в (1), получаем $N = \sigma S (b/\lambda_m)^4$, отсюда площадь излучающей поверхности тела $S = N/\sigma \cdot (b/\lambda_m)^4 = 6 \text{ см}^2$.
6	Считая, что атмосфера поглощает 10% лучистой энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность излучения N , получаемую от Солнца горизонтальным участком Земли площадью $S = 0.5 \text{ га}$. Высота солнца над горизонтом $\varphi = 30^\circ$. Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно чёрного тела. $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$.
решение:	Мощность излучения $N_0 = K S \cos \alpha$, где $\alpha = \pi/2 - \varphi$ – угол падения солнечных лучей, K – солнечная постоянная. $K = \sigma T^4 R_c^2 / r_3^2 = 1,38 \text{ кВт}/\text{м}^2$. По условию мощность излучения N , получаемая горизонтальным участком Земли, равна $0,9 N_0$, т.е. $N = 0,9 \cdot K S \cos(\pi/2 - \varphi) = 3,1 \cdot 10^6 \text{ Вт}$.

7	Абсолютно чёрное тело имеет температуру 2900 К. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучательной способности, изменилась на 9мкм. Во сколько раз изменилась энергетическая светимость тела? Постоянная Вина $2.9 \cdot 10^{-3}$ м·К.
решение:	$R_{\text{Э}} = \sigma T^4$; $\lambda_{\text{max}1} T_1 = b_1 \Rightarrow \lambda_{\text{max}1} = b_1 / T_1$, $\lambda_{\text{max}2} = \lambda_{\text{max}1} + \Delta\lambda_{\text{max}} = b_1 / T_1 + \Delta\lambda_{\text{max}}$, $\lambda_{\text{max}2} T_2 = b_1$, $T_2 = b_1 / \lambda_{\text{max}2} = b_1 / (b_1 / T_1 + \Delta\lambda_{\text{max}})$, $R_{\text{Э}1} / R_{\text{Э}2} = T_1^4 / (b_1 / (b_1 / T_1 + \Delta\lambda_{\text{max}}))^4 = 10^4$. Ответ: $R_{\text{Э}1} / R_{\text{Э}2} = 10^4$.
8	Найти солнечную постоянную К (количество лучистой энергии, посылаемой Солнцем в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярно к солнечным лучам и находящуюся на таком же расстоянии от него, как и Земля). Температура поверхности Солнца 5800 К. Радиус Солнца $R_c = 6.96 \cdot 10^8$ м, среднее расстояние от Земли до Солнца $R_3 = 1.49 \cdot 10^{11}$ м, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴).
решение:	Поскольку по условию излучение Солнца близко к излучению абсолютно черного тела, то по закону Стефана-Больцмана его энергетическая светимость $R_{\text{Э}} = \sigma T^4$ (1). Мощность излучения Солнца $N = R_{\text{Э}} S_1$ (2), где $S_1 = 4\pi R_c^2$ (3) – площадь поверхности Солнца. Подставляя (1) и (3) в (2), получаем $N = 4\pi \sigma T^4 R_c^2$ (4). Мощность, излучаемая Солнцем, падает на внутреннюю поверхность сферы, радиус которой равен среднему расстоянию от Солнца до Земли (R_3) = $1,49 \cdot 10^{11}$ м. Площадь поверхности такой сферы равна $S_2 = 4\pi R_3^2$ (5). По определению солнечной постоянной $K = N / S_2$ (6). Подставляя (4) и (5) в (6), получаем $K = \sigma T^4 R_c^2 / R_3^2 = 1.38$ кВт/м ² .
9	При нагревании абсолютно чёрного тела длина волны λ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от 690 до 500 нм. Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость тела?
решение:	Из первого закона Вина $\lambda_m T = C_1$ имеем: $\lambda_1 T_1 = C_1$ (*) и $\lambda_2 T_2 = C_1$ (**). Приравняв левые части уравнений (*) и (**), получаем $\lambda_1 T_1 = \lambda_2 T_2$ или $T_1 / T_2 = \lambda_2 / \lambda_1$ (***). По закону Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела энергетическая светимость $R_{\text{Э}} = \sigma T^4$ (****). Из формулы (4) имеем: $R_{\text{Э}1} / R_{\text{Э}2} = (T_1 / T_2)^4$ (*****). Подставляя (***) в (*****), получаем $R_{\text{Э}1} / R_{\text{Э}2} = (\lambda_2 / \lambda_1)^4 = 3.63$
10	Принимая, что Солнце излучает как абсолютно чёрное тело и учитывая, что максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны $\lambda = 500$ нм, определить массу, теряемую Солнцем за 1 с за счёт излучения. Радиус Солнца $R_c = 6.96 \cdot 10^8$ м, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴).
решение:	$\lambda T = c_1$; $\Rightarrow T = c_1 / \lambda$; $E = R_c 4\pi R_c^2 = \sigma T^4 4\pi R_c^2$; $N_{\text{ф}} = E / h\nu = E \lambda / (hc)$; $m = h\nu / (c^2) * E \lambda / (hc) = E / c^2 = \sigma T^4 4\pi R_c^2 / c^2 = 43.4 * 10^8$ кг.

Примеры тестовых задач по теме «Интерференция света»	
1	Для измерения показателя преломления аргона в одно из плеч интерферометра Майкельсона поместили пустую стеклянную трубку длиной $\ell=12$ см с плоскопараллельными торцовыми поверхностями. При заполнении трубки аргоном (при нормальных условиях) интерференционная картина сместилась на $m=106$ полос. Определить показатель преломления n аргона, если длина волны λ света равна 639 нм.
решение:	Луч дважды проходит через трубку с аргоном, при этом разность хода лучей, проходящих в аргоне и в вакууме, равна $2(\ell \cdot n - \ell n_0) = 2\ell(n-1) = m\lambda$. Отсюда $n-1 = m\lambda/(2\ell)$, $n = m\lambda/(2\ell) + 1 = 1.00028$. Ответ: $n=1,00028$.
2	В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занятое пятой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает перпендикулярно к поверхности пластинки. Показатель преломления пластинки $n = 1,5$. Длина волны $\lambda = 600$ нм. Какова толщина h пластинки?
решение:	Изменение разности хода в результате внесения пластинки $\Delta = d(n-1) = k\lambda$; Кроме того произошло смещение на 5 полос. $k=5$; $d = k\lambda/(n-1)$. $\Delta = nh - h = h(n-1)$. Кроме того произошло смещение на 5 полос ($k=1$), т.е. разность хода $\Delta = k\lambda \Rightarrow h(n-1) = k\lambda \Rightarrow h = k\lambda/n-1 = 6 \cdot 10^{-6}$ м.
3	Радиус r_4 четвёртой зоны Френеля для плоского фронта световой волны равен 3 мм. Определить радиус r_6 шестой зоны Френеля.
решение:	$r_m = \sqrt{bm\lambda}$; $r_4 = \sqrt{4b\lambda}$; $r_6 = \sqrt{6b\lambda}$; $r_4/r_6 = \sqrt{3}/\sqrt{2}$; $r_6 = r_4\sqrt{3}/\sqrt{2} = 3,67 \cdot 10^{-3}$
4	Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом $\alpha=30^\circ$. Пространство между пластинками заполнено водой ($n=1,33$). На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda=500$ нм. В отражённом свете наблюдается интерференционная картина. Какое число N тёмных интерференционных полос приходится на 1 см длины клина?
решение:	$AB=d$; ABC -равнобедренный $\Rightarrow AM=d/2$; $CM=d/2 \cdot \operatorname{tg}\alpha$; $CB=d/2 \cdot \cos\alpha$. $\Delta_{12}n \cdot d/2(\operatorname{tg}\alpha + \cos\alpha) = n \cdot d/2(1/\sqrt{3} + \sqrt{3}/2) = (2m+1) \cdot \lambda/2$; Расстояние m у 2-мя соседними минимумами: $n \cdot d/2(1/\sqrt{3} + \sqrt{3}/2) = \lambda$; $d = 2\lambda/n \cdot (1/\sqrt{3} + \sqrt{3}/2) = 3,6 \cdot 10^{-7}$ $N = 10^{-2}/d = 2,77 \cdot 10^4$ полос.
5	В установке для наблюдения колец Ньютона свет с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм падает нормально на плосковыпуклую линзу с радиусом кривизны $R=1$ м, положенную выпуклой стороной на плоское стекло. Определить радиус r_3 третьего кольца, если пространство между стеклом и линзой заполнено водой ($n=1,33$). Наблюдение ведётся в отражённом свете.
решение:	$r_3 = \sqrt{R^2 - (R-d_3)^2} = \sqrt{2Rd_3 - d_3^2}$; $2d_3\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = (2m+1) \cdot \lambda/2$; $\sin^2 i = 0$; $2d_3\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = 7/2 \cdot \lambda$; $d_3 = 7/4 \cdot \lambda \cdot (1/\sqrt{n^2}) = 0,66 \cdot 10^{-6}$; $r_3 = \sqrt{2Rd_3 - d_3^2} = 1,115 \cdot 10^{-3}$ м.
6	В опыте интерферометра Майкельсона для смещения интерференционной картины на $k=500$ полос потребовалось переместить зеркало на расстояние $L=0,161$ мм. Найти длину волны λ падающего света.
решение:	Перемещение зеркала на расстояние $\lambda/2$ соответствует изменению разности хода

	на λ , т.е. смещению интерференционной картины на одну полосу. Таким образом, $L=k\lambda/2, \Rightarrow \lambda=2L/k=644 \cdot 10^9 \text{ м}$
7	В опыте интерферометра Майкельсона для смещения интерференционной картины на $k=500$ полос потребовалось переместить зеркало на расстояние $L=0.161 \text{ мм}$. Найти длину волны λ падающего света.
решение:	Перемещение зеркала на расстояние $\lambda/2$ соответствует изменению разности хода на λ , т.е. смещению интерференционной картины на одну полосу. Таким образом, $L=k\lambda/2, \Rightarrow \lambda=2L/k=644 \cdot 10^9 \text{ м}$
8	Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Наблюдение ведётся в отражённом свете. Радиусы двух соседних тёмных колец равны $r_k=4.0 \text{ мм}$ и $r_{k+1}=4.38 \text{ мм}$. Радиус кривизны линзы $R=6.4 \text{ м}$. Найти порядковые номера колец и длину волны λ падающего света.
решение:	$2d_k=2k\lambda/2, r_k^2=R^2-(R-d_k)^2 \approx 2Rd_k, r_k=\sqrt{2kR\lambda}, r_{k+1}=\sqrt{2(k+1)R\lambda},$ $r_k^2=2kR\lambda \Rightarrow \lambda=r_k^2/(2kR), k+1=r_{k+1}^2/(2Rr_k^2/(2kR))$ $\Rightarrow k+1=kr_{k+1}^2/r_k^2 \Rightarrow k(r_{k+1}^2/r_k^2-1)=1 \Rightarrow k=r_k^2/(r_{k+1}^2-r_k^2) \Rightarrow k=5,$ $\lambda=r_k^2/(2kR)=250 \text{ нм}.$
9	Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. При заполнении пространства между линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью радиусы тёмных колец в отражённом свете уменьшилась в 1.21 раза. Определить показатель преломления жидкости.
решение:	$r_m \approx \sqrt{2Rd}; \Delta=2dn+\lambda/2; \Delta=(2m+1)\lambda/2; 2dn+\lambda/2=(2m+1)\lambda/2; d=m\lambda/(2n);$ $r_m=\sqrt{2Rm\lambda/(2n)}; r_1=\sqrt{(m\lambda R)};$ $r_2=\sqrt{2Rm\lambda/(2n)}; r_1/r_2=\sqrt{n}; n=(r_1/r_2)^2=(1.21)^2=1.46.$
10	Чему равна амплитуда A колебания, являющегося результатом сложения N некогерентных колебаний одинакового направления и одинаковой амплитуды a ?
решение:	$ A_1+A_2 ^2=2A^2+2A^2\cos(\alpha_1-\alpha_2)=2A^2(1+\cos(\alpha_1-\alpha_2)).$ Т.к. волны не когерентны, то $\alpha_1-\alpha_2 \neq \text{const}$, т.е. $\cos(\alpha_1-\alpha_2)=0. \Rightarrow$ $ A_1+A_2 ^2=2A^2; A_1+A_2+A_3 ^2=2A^2+A^2+2A^2\cos(\alpha_1-\alpha_2-\alpha_3),$ так как $\alpha_1-\alpha_2-\alpha_3 \neq \text{const}$, то $\cos(\alpha_1-\alpha_2-\alpha_3)=0;$ $ A_1+A_2+A_3 ^2=2A^2+A^2=3A^2; A_1+A_2+A_3+\dots+A_N ^2=NA^2.$ Имеем $A_{\text{рез}}=A\sqrt{N}.$

Примеры тестовых задач по теме «Дифракция света»	
1	Свет от монохроматического источника ($\lambda=600$ нм) падает нормально на диафрагму с диаметром отверстия $d=6$ мм. За диафрагмой на расстоянии $l=3$ м от неё находится экран. Какое число зон Френеля укладывается в отверстии? Каким будет центр дифракционной картины на экране: тёмным или светлым?
решение:	$r_m = \sqrt{\lambda m l}$, $r_m \leq d/2$, $\sqrt{\lambda m l} \leq d/2$, $m \leq (d^2/4)/(\lambda l) = 5$; Получили, что 5 зон Френеля укладывается в отверстии. Т.к. 5 – нечетно, то в центре экрана наблюдается максимум и значит центр будет светлым.
2	На дифракционную решётку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Какова должна быть постоянная d дифракционной решётки, чтобы в направлении $\varphi=41^\circ$ совпали максимумы линий $\lambda_1=656.3$ нм и $\lambda_2=410.2$ нм?
решение:	Имеем $\sin\varphi = k_1\lambda_1/d = k_2\lambda_2/d \Rightarrow k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$. Отсюда $k_2/k_1 = \lambda_1/\lambda_2 = 1,6$ - (1). Поскольку числа k_1 и k_2 должны быть целыми, то из условия (1) найдем $k_1=5$ и $k_2=8$. Тогда $d = k_1\lambda_1/\sin\varphi = 5 \cdot 10^{-6}$ м.
3	На дифракционную решётку, постоянная которой $d=5$ мкм, нормально к её поверхности падает пучок света с длиной волны $\lambda=0.5$ мкм. Помещённая вблизи решётки линза проецирует дифракционную картину на экран, удалённый от линзы на $L=1$ м. Определить максимальный порядок спектра k_{\max} , который даёт эта решётка, и расстояние на экране между максимумами k_{\max} слева и справа от центрального.
решение:	$d \sin\varphi = k\lambda$; $\varphi_{\max} = \pi/2$; $k_{\max}\lambda \leq d \Rightarrow k_{\max} \leq d/\lambda \Rightarrow k_{\max} \leq 10$; $k_{\max} = 10$. $\text{tg}\varphi_{\max} = \lambda_{k_{\max}}/2L \Rightarrow \lambda_{k_{\max}} = \text{tg}\varphi_{\max} \cdot 2L = \text{tg}(\pi/2) \cdot 2L = 3,46$ м
4	Найти общее число дифракционных максимумов, которое даёт дифракционная решётка с постоянной $d=2$ мкм, если длина волны падающего на неё света $\lambda=589$ нм.
решение:	$d \sin\varphi = m\lambda$; m_{\max} при $\sin\varphi = \max$, т.е. $m_{\max} \leq d/\lambda = 3.4$
5	Какое фокусное расстояние F должна иметь линза, проектирующая на экран спектр, полученный при помощи дифракционной решётки, чтобы расстояние между двумя линиями калия $\lambda_1=404.4$ нм и $\lambda_2=404.7$ нм в спектре первого порядка было равным $l=0.1$ мм? Постоянная дифракционной решётки $d=2$ мкм.
решение:	Расстояние от решетки до линзы равно расстоянию от линзы до экрана и равно фокусному расстоянию линзы F . Из рисунка видно, что расстояние $x_1 = F \text{tg}\theta_1$, а $x_2 = F \text{tg}\theta_2$. Поскольку $x_2 - x_1 = l$, то можно записать $l = F(\text{tg}\theta_2 - \text{tg}\theta_1) \quad (1).$ Т.к. $\text{tg}\theta_2 - \text{tg}\theta_1$ есть приращение функции $f(\theta) = \text{tg}\theta$, то можно принять $\text{tg}\theta_2 - \text{tg}\theta_1 = (\text{tg}\theta)' \cdot \Delta\theta \quad (2).$ Кроме того, $\Delta\theta = (\sin\theta_2 - \sin\theta_1)/(\sin\theta)' \quad (3).$ Подставив (3) в (2) и вычислив производные, найдем: $\text{tg}\theta_2 - \text{tg}\theta_1 = (\sin\theta_2 - \sin\theta_1)/(\cos^3\theta_1) \quad (4).$ По формуле дифракционной решетки $d \sin\theta_1 = \lambda_1$, $d \sin\theta_2 = \lambda_2$, откуда $\sin\theta_1 = \lambda_1/d$ и

	<p>$\sin\theta_2=\lambda_2/d$. Тогда уравнение (4) можно записать в виде: $\operatorname{tg}\theta_2-\operatorname{tg}\theta_1=(\lambda_2/d-\lambda_1/d)/\cos^3\theta_1=(\lambda_2-\lambda_1)/(d\cos^3\theta_1) \quad (5).$ Подставляя (5) в (1), получим $l=F(\lambda_2-\lambda_1)/(d\cos^3\theta_1)$, откуда: $F=d\ell\cos^3\theta_1/(\lambda_2-\lambda_1) \quad (6).$ Величину $\cos\theta_1$ найдем из соотношения $\cos\theta_1=\sqrt{1-\sin^2\theta_1}=\sqrt{1-(\lambda_1/d)^2}$, $\cos\theta_1=0.9793$. Подставляя числовые данные в (6), получим $F=0,65\text{м}$.</p>
6	<p>Точечный источник света с $\lambda=500\text{ нм}$ помещён на расстоянии $a=0.5\text{ м}$ перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса $r=0.5\text{ мм}$. Определить расстояние b от преграды до точки, для которой число m открываемых отверстием зон Френеля будет равно 5.</p>
решение:	$r^2=a^2-(a-x)^2; \lambda \ll a; \lambda \ll a; r^2=(b+(m\lambda/2))^2-(b+x)^2; x=bm\lambda/(2(a+b));$ $r^2=abm\lambda/(a+b)-b^2m^2\lambda^2/(4(a+b)^2);$ $b^2m^2\lambda^2/(4(a+b)^2) - \text{пренебрежимо мало} \Rightarrow r^2=abm\lambda/(a+b);$ $b=ar^2/(am\lambda-r^2)=0.125\text{ м}.$
7	<p>Минимальное значение угловой дисперсии некоторой дифракционной решетки $D=1,266 \cdot 10^{-3}\text{ рад/нм}$. Найти угловое расстояние $\Delta\varphi$ между линиями $\lambda_1=480\text{ нм}$ и $\lambda_2=680\text{ нм}$ в спектре, даваемом решеткой. Предполагается, что свет падает на решетку нормально.</p>
решение:	$D=\Delta\varphi/\Delta\lambda=\Delta\varphi/(\lambda_2-\lambda_1), \Delta\varphi=D(\lambda_2-\lambda_1),$
8	<p>Свет, падающий на дифракционную решетку нормально, состоит из двух спектральных линий с $\lambda_1=490\text{ нм}$ и $\lambda_2=600\text{ нм}$. Первый дифракционный максимум для линии с λ_1 располагается под углом $\varphi_1=10^\circ$. Найти угловое расстояние $\Delta\varphi$ между линиями в спектре 2-го порядка.</p>
решение:	$d\sin\varphi_1=2\lambda_1; d\sin\varphi_2=2\lambda_2; \sin\varphi_1/\sin\varphi_2=\lambda_1/\lambda_2; \varphi_2=12,3^\circ; \Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=\dots$
9	<p>Будут ли разрешены дифракционной решеткой с $N=100$ штрихов спектральные линии с $\lambda_1=598\text{ нм}$ и $\lambda_2=602\text{ нм}$ в спектре 2-го порядка?</p>
решение:	$d\sin\varphi=\pm k' \lambda/N \quad (k'=1,2,3 \dots, \text{ кроме } 0, N, 2N)=k\lambda$
10	<p>На дифракционную решетку, содержащую $n=400$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6\text{ мкм}$). Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определить угол дифракции φ, соответствующий последнему максимуму.</p>
решение:	$d=1/N=2,5 \cdot 10^{-6}\text{ м}; d\sin\varphi=n\lambda; \varphi=90^\circ; d=n\lambda; n=4,16; n_{\max}=4; \varphi_{\max}=\arcsin(4\lambda/d)=73,7^\circ$

Примеры тестовых задач по теме «Квантовые свойства света»

1	При какой температуре T кинетическая энергия молекулы двухатомного газа будет равна энергии фотона с длиной волны $\lambda=589$ нм?
решение:	$E_K=5kT/2$, $E_K=h\nu=hc/\lambda$, $5kT/2=hc/\lambda \Rightarrow T=2hc/(5k\lambda)=0.974 \cdot 10^4$ К.
2	Монохроматический пучок света ($\lambda=490$ нм), падая по нормали к поверхности, производит световое давление $P=4.9$ мкПа. Какое число фотонов I падает в единицу времени на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света $\rho=0.25$.
решение:	Воспользуемся формулой, выражающей число фотонов, падающих в единицу времени на площадь S : $I=N\lambda/(Sch)$, $n=\omega/\varepsilon$, $\omega=E/c=N/(Sc)$, $\varepsilon=hc/\lambda$, $n=N\lambda/(Sc^2h)$, $S=\pi d^2/4$, $I=N/(St)$, $N=ncSt$, $I=ncSt/(St)=nc$, $I=N\lambda/(Sch)$. Здесь N/S - мощность света, падающего на единицу площади, причем $N/S=E=Pc/(1+\rho)$, $\rho=E(1+\rho)/c$, $N=ES$, $S=Pc/(1+\rho)$. Отсюда $I=P\lambda/(h((1+\rho)))=2,9 \cdot 10^{21} \text{ c}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$.
3	Монохроматический пучок света ($\lambda=490$ нм), падая по нормали к поверхности, производит световое давление $P=4.9$ мкПа. Какое число фотонов I падает в единицу времени на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света $\rho=0.25$.
решение:	Воспользуемся формулой, выражающей число фотонов, падающих в единицу времени на площадь S : $I=N\lambda/(Sch)$, $n=\omega/\varepsilon$, $\omega=E/c=N/(Sc)$, $\varepsilon=hc/\lambda$, $n=N\lambda/(Sc^2h)$, $S=\pi d^2/4$, $I=N/(St)$, $N=ncSt$, $I=ncSt/(St)=nc$, $I=N\lambda/(Sch)$. Здесь N/S - мощность света, падающего на единицу площади, причем $N/S=E=Pc/(1+\rho)$, $\rho=E(1+\rho)/c$, $N=ES$, $S=Pc/(1+\rho)$. Отсюда $I=P\lambda/(h((1+\rho)))=2,9 \cdot 10^{21} \text{ c}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$.
4	Монохроматический пучок света ($\lambda=490$ нм), падая по нормали к поверхности, производит световое давление $P=4,9$ мкПа. Какое число фотонов падает в единицу времени на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света $\rho=0,25$.
решение:	$S=1\text{м}^2$, $t=1\text{с}$. $P=E_c(1+\rho)/S$; $E_c=W/St$; $v=c/\lambda$; $W=Nh\nu=Nhc/\lambda$, тогда $P=Nhc(1+\rho)/\lambda Stc$; Тогда $N=p\lambda St/h(1+\rho)$

Примеры тестовых задач по темам «Поляризация света» и «Оптика анизотропных сред»	
1	Параллельный пучок света падает нормально на пластинку из исландского шпата, толщиной 50 мкм, вырезанную параллельно оптической оси. Принимая показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно $n_o=1.66$ и $n_e=1.49$. Определить разность хода этих лучей, прошедших через пластинку.
решение:	$\Delta=dn_o-dn_e=d(n_o-n_e)=8,5$ мкм
2	Пластинку кварца толщиной 2 мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации повернулась на угол $\varphi=53^\circ$. Определить толщину пластинки, при которой интенсивность света, прошедшего через такую систему, уменьшилась в 8 раз. Потерями света на отражение и поглощение в николях и пластинках пренебречь.
решение:	$\varphi_1=\alpha d_1; \varphi_2=\alpha d_2; \varphi_1/\varphi_2=d_1/d_2; d_2=d_1\varphi_2/\varphi_1; I=I_0\cos^2\varphi_1; 1/8=I_0\cos^2\varphi_2; I_0=I/\cos^2\varphi_1; I_0=I/8\cos^2\varphi_2; I/\cos^2\varphi_1=I/8\cos^2\varphi_2; 8\cos^2\varphi_2=\cos^2\varphi_1; \cos\varphi_2=\sqrt{(\cos^2\varphi_1/8)}=0.21277; \varphi_2=77^\circ; d_2=77*2/53=2,9$ мм.
3	Плоскополяризованный свет интенсивности I_0 проходит последовательно через 2 поляризатора, плоскости которых образуют с плоскостью колебаний падающего луча углы $\alpha_1=20^\circ, \alpha_2=50^\circ$. Определить интенсивность света I на выходе из второго анализатора.
решение:	$I=I_0 \cos^2\alpha_1 \cos^2(\alpha_2-\alpha_1)$
4	На пути частично поляризованного света, степень поляризации P которого равна 0,6, поставили анализатор так, что интенсивность света, прошедшего через него стала максимальной. Во сколько раз изменится интенсивность света, если плоскость пропускания анализатора повернуть на угол $\alpha=45^\circ$?
решение:	Используем закон Малюса: $I=I_0\cos^2\varphi$. Сначала определим угол между Π и A , т.к. I стала максимальной, то угол был $=0$, т.е. $I_1=0,6*I_0$ после поворота интенсивность стала $I_2=0,6*I_0\cos^2 45^\circ=0,3I_0; I_1/I_2=2$, т.е. интенсивность уменьшится в 2 раза.

7.3. Вопросы к экзамену

Б И Л Е Т 1

1. Э/м природа света. Плоская э/м волна и ее представление в комплексной форме.
2. Интерференция квазимонохроматического света. Временная когерентность.

Б И Л Е Т 2

1. Источник конечного размера. Пространственная когерентность.
2. Двухлучевые интерферометры. Интерферометр Рэлея. Интерферометр Жамена.

Б И Л Е Т 3

1. Звездный интерферометр.
2. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Вывод формулы Планка по Эйнштейну.

Б И Л Е Т 4

1. Распространение плоских электромагнитных волн в изотропных средах.
2. Многолучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды. Интерферометр Фабри-Перо.

Б И Л Е Т 5.

1. Интерференционные светофильтры.
2. Одномерная амплитудная решетка.

Б И Л Е Т 6

1. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Центрированная оптическая система (ЦОС). Матричный метод описания хода луча в ЦОС. Получить матрицу прозрачного промежутка.

Б И Л Е Т 7

1. Центрированная оптическая система (ЦОС). Матричный метод описания хода луча в ЦОС. Получить матрицу преломляющей сферической поверхности.
2. Принципы работы лазера. He-Ne лазер. Лазер на рубине. Модуляция добротности лазера.

Б И Л Е Т 8

1. Плотность потока энергии э/м волн. Интенсивность. Распределение плотности потока энергии по сечению пучка. Гауссов пучок. Световой импульс.
2. Угловая дисперсия, разрешающая способность и дисперсионная область дифракционной решетки.

Б И Л Е Т 9

1. Стоячие э/м волны. Преобразование энергии в стоячей э/м волне. Опыт Винера по наблюдению стоячих световых волн.
2. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля.

Б И Л Е Т 10

1. Геометрическая оптика. Уравнение эйконала. Световые лучи.
2. Тепловое излучение. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, смещения Вина. "Ультрафиолетовая катастрофа".

Б И Л Е Т 11

1. Поляризация э/м волны. Виды поляризации.
2. Линза. Тонкая линза.

Б И Л Е Т 12

1. Распространение света в анизотропных средах. Тензор диэлектрической проницаемости. Распространение плоской э/м волны в анизотропной среде.
2. Излучение абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса.

Б И Л Е Т 13

1. Уширение спектральных линий. Ударное уширение. Однородное и неоднородное уширение.
2. Центрированная оптическая система (ЦОС) и ее кардинальные элементы. Построение изображения в ЦОС.

Б И Л Е Т 14

1. Классическая модель излучателя. Естественная ширина линии излучения. Лоренцева форма и ширина линии излучения. Время излучения.
2. Принцип Ферма. Вывод законов отражения и преломления.

Б И Л Е Т 15

1. Уширение спектральных линий. Доплеровское уширение. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий.
2. Интерференция поляризованных волн при прохождении через кристаллы. Кристаллическая пластинка между поляроидами. Четверть- и полуволновые пластинки.

Б И Л Е Т 16

1. Зависимость лучевой скорости от направления. Эллипсоид лучевых скоростей. Построение Гюйгенса для различных случаев преломления.
2. Дифракция на двухмерных отверстиях.

Б И Л Е Т 17

1. Зонная пластинка. Фазовая пластинка.
2. Распространение плоских э/м волн в одноосных кристаллах.

Б И Л Е Т 18

1. Стоячие э/м волны. Преобразование энергии в стоячей э/м волне. Опыт Винера по наблюдению стоячих световых волн.
2. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Классификация.

Б И Л Е Т 19

1. Поляризация э/м волн. Волна с круговой и эллиптической поляризациями как суперпозиция волн с линейными поляризациями.
2. Дифракция Фраунгофера от щели.

Б И Л Е Т 20

1. Излучение электрического дипольного осциллятора. Интенсивность излучения, диаграмма направленности. Учет радиационного затухания.
2. Дифракция на двухмерных периодических структурах.

Б И Л Е Т 21

1. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии.
2. Физические основы голографии. Схемы записи и восстановления тонкослойных голограмм. Схемы записи и восстановления толстослойных голограмм.

Б И Л Е Т 22

1. Доплеровское уширение спектральных линий.
2. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах. Элементарная феноменологическая теория.

Б И Л Е Т 23

1. Искусственная анизотропия, создаваемая деформациями и электрическим полем (эффект Керра).
2. Распространение света в диэлектриках. Нормальная и аномальная дисперсии. Формула Зельмейера.

Б И Л Е Т 24

1. Групповая скорость.
2. Дифракция Фраунгофера на периодических структурах. Дифракция на гармонической решетке.

Б И Л Е Т 25

1. Дисперсия света. Учет взаимодействия молекул. Формула Лоренц-Лорентца.
2. Формулы Френеля. Нормальное и наклонное падение.

Б И Л Е Т 26

1. Отражение и преломление света на границе между диэлектриками. Законы отражения и преломления света.
2. Интерференция некогерентного света. Временная когерентность. Видимость интерференционной картины. Принцип Фурье-спектроскопии.

Б И Л Е Т 27

1. Осуществление когерентных волн в оптике. Метод деления амплитуды: интерференция в тонких пленках, "Кольца Ньютона", интерферометр Майкельсона.
2. Одномерная амплитудная решетка. Наклонное падение.

Б И Л Е Т 28

1. Пространственная когерентность.
2. Осуществление когерентных волн в оптике. Метод деления волнового фронта: схема Юнга, "Бизеркала Френеля", "Бипризма Френеля", "БилинзаБийе".

Б И Л Е Т 29

1. Полное отражение света.
2. Дифракция на пространственных периодических структурах. Формулы Лауэ.

Б И Л Е Т 30

1. Интерференция света. Интерференция плоских волн. Оптическая разность хода.
2. Дифракция света. Принцип Гюйгенса - Френеля (математическая запись).

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	Умение самостоятельно решать задачи	Решение контрольных задач №1, 2, 3 по темам №1-4
		Самостоятельный разбор теоретических вопросов.	Вопросы к экзамену по билетам №1-12.
ОПК-5	способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	Умение проводить оценки величин в ходе решений задач с целью построения физических моделей описанных в условии ситуаций.	Решение контрольных задач №4, 5, 8 по темам №5-8, №11, 12. Вопросы к экзамену по билетам №13-22.

ПК-1	способность выполнять эксперименты и интерпретировать результаты по проверке корректности и эффективности решений	Понимания назначения и особенностей работы с элементами классических экспериментальных установок	Вопросы к экзамену по билетам №23-30. Решение контрольной задачи № 6, 7 по темам № 9-10.
ПК-2	готовность к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов.	Самостоятельный разбор теоретических вопросов по медико-биологическим применениям оптических методов исследования и диагностики. Умение самостоятельно решать задачи на данную тематику.	Решение задач №9, 10 по темам №13-16. Вопросы к экзамену: билеты 10, 12, 15, 22, 24.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Необходимым условием сдачи экзамена является умение решать задачи по оптике, чему можно научиться только в ходе самостоятельных попыток решения и активного обсуждения собственных трудностей с товарищами по группе и преподавателем. При самостоятельном решении задач важно:

- освежить в памяти основные определения и формулировки законов. Для этого рекомендуется пользоваться исключительно рекомендованной лектором литературой
- познакомиться с материалами соответствующих лекций и параграфов учебников
- следовать методикам решения и приёмам, описанным в соответствующих главах методических пособий.

При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, указанные лектором при определении круга вопросов для самостоятельного разбора. Важно знать, что один из двух вопросов для устного ответа опирается на знания, полученные в ходе самостоятельного выполнения работ общего физического практикума, поэтому хорошая оценка на экзамене напрямую зависит от успешного выполнения учебного плана по физическому практикуму.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

Ландсберг Г.С. Оптика. 6-е изд., стереот. Изд."Физматлит", 2010. 848 стр.
<http://e.lanbook.com/view/book/2238/>

Иродов И.Е. Задачи по общей физике Изд. "Лань", 2009. 420 стр.
<http://e.lanbook.com/view/book/4875/>

Бутиков Е.И. Оптика. 3-е изд., доп. Изд. "Лань", 2012. 608 стр.
<http://e.lanbook.com/view/book/2764/>

Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 4. Волны. Оптика. Изд. "Лань", 2011. 256 стр. <http://e.lanbook.com/view/book/707/>

9.2. Дополнительная литература:

Калитеевский Н.И. Волновая оптика. 5-е изд. стереотип. Изд. "Лань", 2008. 480 стр. <http://e.lanbook.com/view/book/173/>

Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. Изд. МГУ, 1998. 655 стр

Алешкевич, В.А. Курс общей физики. Оптика. [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон.дан. — М. : Физматлит, 2011. — 320 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2098

9.3. Интернет-ресурсы:

Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. (Изд-2е.) <http://review3d.ru/axmanov-s-a-fizicheskaya-optika-izd-2e>

Матричный метод описания центрированных оптических систем http://old.kpfu.ru/f6/k1/bin_files/40.pdf

Метод указания к выполнению лабораторных работ. Интерференция света. http://old.kpfu.ru/f6/k1/bin_files/30.pdf

Поляризация света. http://old.kpfu.ru/f6/k1/bin_files/-!34.pdf

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины "Оптика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже IntelCore i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки

сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Преподавание обеспечено богатейшим набором демонстрационных экспериментов, мобильными средствами мультимедиа для проведения семинарских занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии".

Автор(ы): Фишман А.И.

Рецензент(ы): Прошин Ю.Н.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института физики « 16 » сентября 20 15 г.

