

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе
А.А. Воронов
16 января 2025 года

ПРОГРАММА

по дисциплине: **Общая физика: оптика**

по направлению подготовки:

03.03.01 «Прикладные математика и физика»

16.03.01 «Техническая физика»

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

физтех-школа: **для всех физтех-школ кроме ФБВТ, ВШПИ**

кафедра: **общей физики**

курс: 2

семестр: 4

лекции – 30 часов

практические (семинарские)

занятия – 30 часов

лабораторные занятия – 60 часов

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 120

Экзамен – 4 семестр

Диф. зачёт – 4 семестр

Самостоятельная работа:

теор. курс – 90 часов

физ. практикум – 75 часов

Программу и задание составили:

к.ф.-м.н., доц. С.В. Виноградов

д.ф.-м.н., проф. С.Л. Клёнов

к.ф.-м.н., доц. К.М. Крымский

к.ф.-м.н., проф. В.А. Петухов

к.ф.-м.н., доц. П.В. Попов

к.ф.-м.н., доц. Ю.Н. Филатов

Программа принята на заседании кафедры
общей физики 04 декабря 2024 г.

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

А. В. Гавриков

ОПТИКА

1.* Волновое уравнение. Монохроматические волны, комплексная амплитуда, уравнение Гельмгольца, плоские и сферические волны. Показатель преломления, фазовая скорость распространения. Поляризация света: линейная, круговая и эллиптическая. Естественный свет, степень поляризации. Формулы Френеля, угол Брюстера, полное внутреннее отражение. Поток энергии волны, импульс волны, давление света. Эффект Доплера.

2. Основы геометрической оптики. Принцип Ферма, законы преломления и отражения. Тонкая линза. Центрированные оптические системы. Фокусы и главные плоскости оптической системы. Оптические инструменты: телескоп, микроскоп. Понятие о геометрических aberrациях. Элементы фотометрии: яркость источника, освещённость изображения. Теорема о сохранении яркости в оптической системе.

Современные применения геометрической оптики в пределах коротких длин волн (рентгеновская микроскопия, проекционная рентгеновская литография, рентгеновская астрономия, микроанализ с пространственным разрешением).

3. Принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн. Видность полос, ширина полосы. Статистическая природа излучения квазимонохроматической волны. Временная когерентность. Функция временной когерентности, её связь со спектральной интенсивностью (теорема Винера–Хинчина) и с видностью интерференции. Ограничение на допустимую разность хода в двухлучевых интерференционных схемах, соотношение неопределённостей.

4. Интерференция при использовании протяжённых источников. Пространственная когерентность, радиус когерентности. Функция пространственной когерентности, её связь с распределением интенсивности излучения по источнику. Ограничения на допустимые размеры источника и апертуру интерференции в двухлучевых схемах.

Лазеры как источники излучения с высокой временной и пространственной когерентностью.

5. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция на тонком экране. Граничные условия Кирхгофа. Волновой параметр. Дифракция Френеля. Задачи с осевой симметрией, зоны Френеля, спираль Френеля. Зонные пластинки, линза. Использование зонных пластинок для фокусировки рентгеновского излучения. Дифракция на дополнительном экране, пятно Пуассона. Дифракция на системе дополнительных экранов, теорема Бабинэ. Дифракция на краю полубесконечного экрана, спираль Корню.

* Повторение материала курса «Электричество и магнетизм»

6. Дифракция Фраунгофера. Световое поле в зоне Фраунгофера как преобразование Фурье граничного поля. Дифракция Фраунгофера на щели, дифракционная расходимость. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа. Поле в фокальной плоскости линзы, поперечные и продольные размеры фокального пятна.

7. Спектральные приборы: призма, дифракционная решётка, интерферометр Фабри–Перо. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии, угловая дисперсия.

Интерференция в тонких плёнках и многослойных структурах. Просветление оптики. Зеркала с высоким коэффициентом отражения. Искусственные многослойные структуры для отражения мягкого рентгеновского излучения. Радиотехнические аналоги дифракционных решеток.

8. Принципы фурье-оптики. Метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение), соотношение неопределённостей. Дифракция Френеля на периодических структурах (эффект саморепродукции). Теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции. Апертура, полоса пропускания пространственных частот оптической системы, связь с разрешающей способностью. Разрешающая способность при когерентном и некогерентном освещении.

9. Принципы голографии. Голограмма Габора. Голограмма с наклонным опорным пучком. Разрешающая способность голограммы. Условие Брэгга–Вульфа. Объёмная голограмма, объёмная решётка в регистрирующей среде.

Представление о голографической микроскопии биообъектов и голографической интерферометрии.

10. Дисперсия показателя преломления, классическая теория дисперсии, нормальная и аномальная дисперсии. Показатель преломления плазмы. Комплексная диэлектрическая проницаемость и комплексный показатель преломления, связь мнимой части с поглощением света средой. Затухающие волны, закон Бугера. Групповая скорость. Уравнение движения волнового пакета в приближении геометрической оптики в неоднородных средах.

Различные диапазоны длин волн, их особенности. Радиоволны в ионосфере и дальняя радиосвязь. Понятие о метаматериалах.

11. Элементы кристаллооптики. Дихроизм, поляроиды, закон Малюса. Двойное лучепреломление в одноосных кристаллах, разложение волны на обыкновенную и необыкновенную. Взаимная ориентация векторов k , E , D , B , направление вектора Пойнтинга, боковой снос световых пуч-

ков в кристаллах. Интерференционные явления в кристаллических пластинках. Понятие об искусственной анизотропии (наведённое двулучепреломление). Эффекты Фарадея, Керра и Погеля и их применение.

12. Рассеяние света. Эффективное сечение рассеяния, диаграмма направленности, их зависимость от длины волны и от размера рассеивающих частиц. Рэлеевское рассеяние (рассеяние на флуктуациях плотности). Поляризация рассеянного света. Понятие о комбинационном рассеянии света.

13. Нелинейные оптические явления. Нелинейная поляризация среды. Оценки интенсивности световой волны, при которых наблюдаются нелинейные эффекты. Генерация второй гармоники, фазовый синхронизм, роль симметрии среды. Оптическое выпрямление. Самофокусировка, критическая мощность самофокусировки, мелкомасштабная самофокусировка. Фазовая самомодуляция.

14. * Распространение электромагнитных волн в световодах. Градиентные световоды и световоды с резким изменением показателя преломления. Допустимая угловая апертура. Типы волн. Одномодовые и многомодовые световоды. Рэлеевское рассеяние как причина затухания световой волны в световодах. Применение для высокоскоростной связи. Область нулевой дисперсии. Ультракороткие импульсы.

Литература

Основная

1. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики. В 5 т. Т. 4. Оптика. – М. : Физматлит, 2018 г.
2. *Кириченко Н.А.* Принципы оптики: учебное пособие. – Москва : МФТИ, 2016 г.
3. *Кингсеп А.С., Локишин Г.Р., Ольхов О.А.* Основы физики. Т. I. Ч. III – Москва : Физматлит, 2001 г., 2007 г.
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 3 частях. Часть 2. Электричество и магнетизм. Оптика / под ред. В.А. Овчинкина (7-е изд., испр. и доп.). – М. : Физматкнига, 2021 г.
5. Лабораторный практикум по общей физике. В 3 т. Том 2. Оптика: учебное пособие / под ред. А. В. Максимычева. — Москва : МФТИ, 2014 г.

Дополнительная

1. *Бутиков Е.И.* Оптика: Учебное пособие. 3-е изд., доп. — СПб. : Издательство «Лань», 2019 г., (электронная версия 2021 г.).

2. Ахманов С.А. Никитин С.Ю. Физическая оптика. — Москва : изд. МГУ, 2004 г.
3. Горелик Г.С. Колебания и волны. — Москва : Физматлит, 1959 г., 2007 г.
4. Ландсберг Г.С. Оптика. — Москва : Физматлит, 2017 г., (электронная версия 2021 г.).

Литература для самостоятельного изучения. Методические пособия

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. — Москва : Наука, 1973 г.
2. Кольер Р. Оптическая голография. — Москва : Мир, 1973 г.
3. Матвеев А.Н. Оптика. Учебное пособие. — Москва : Высшая школа, 1985 г.
4. Введение в когерентную оптику и голографию: учебно-метод. пособие по курсу : Общая физика / сост. С. М. Козел [и др.] ; М. : МФТИ, 2000 г.
5. Крымский К.М. Аберрации центрированных оптических систем — теория и расчёт. — Москва : МФТИ, 2015 г.
6. Петухов В.А. Оптические волокна: учебно-метод. пособие. — Москва : МФТИ, 2019 г.
7. Попов П.В. Рассеяние света: учебно-метод. пособие. — Москва : МФТИ, в печати.

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
для студентов 2-го курса
на весенний семестр 2024/2025 учебного года

Дата	№ сем	Тема семинарских занятий	Задачи		
			0	I	II
01.02–07.02	1	Законы преломления и отражения. Формулы Френеля. Поток энергии и давление света.	0 ₁ 2.3 11.7	2.1 2.8 2.27 2.33	2.11 2.37 2.45
08.02–14.02	2	Геометрическая оптика. Оптические инструменты. Элементы фотометрии.	0 ₁ 0 ₂ 1.7	1.22 1.29 T1 1.57	1.25 1.41 T2 T3 1.52
15.02–21.02	3	Интерференция монохроматических волн	3.3 0 ₁ 0 ₂	3.18 3.14 3.32 T4	3.16 3.11 3.35 5.23

22.02– 28.02	4	Временная и простран- ственная когерентность	⁰ ₁ 4.2 5.3 ⁰ ₂	4.10 4.11 5.14 5.20	4.9 T5 5.13 5.30
01.03– 07.03	5	Дифракция Френеля. Зонные пластинки	⁰ ₁ ⁰ ₂ 6.1	6.15 6.20 6.59 6.43	6.16 T6 6.50 6.64
08.03– 14.03	6	Дифракция Фраунго- фера. Разрешающая спо- собность оптических ин- струментов	7.5 ⁰ ₁ ⁰ ₂	7.16 7.48 7.55 7.83	7.10 7.53 7.59 T7
15.03– 21.03	7	Спектральные приборы	8.2 ⁰ ₁ ⁰ ₂	8.39 8.19 8.61 8.78	8.37 8.47 T8 8.87
22.03– 28.03	8	Контрольная работа (по группам).			
29.03– 04.04	9	Сдача 1-го задания			
05.04– 11.04	10	Дифракция на синусои- дальных решётках. Элементы Фурье-оптики	⁰ ₁ ⁰ ₂ ⁰ ₃	9.1 9.15 9.22 9.45	9.11 9.17 9.28 9.66
12.04– 18.04	11	Голография	⁰ ₁ ⁰ ₂ ⁰ ₃	9.32 9.35 9.46 9.52	9.33 9.36 9.51 9.78
19.04– 25.04	12	Дисперсия волн. Фазовая и групповая скорости	10.5 ^(1,2,5) ⁰ ₁ 10.2	10.4 10.67 10.77 10.75	10.21 10.25 T9 10.36
26.04– 02.05	13	Поляризация света. Элементы кристаллооп- тики	11.12 11.1 11.17	11.9 11.16 T10 11.54	T11 11.60 11.96 T12

03.05– 09.05	14	Рассеяние света. Элементы нелинейной оптики	⁰ 1 ⁰ 2 ⁰ 3	T13 11.89 11.126 T14	11.88 11.128 11.125 11.90
10.05– 23.05	15 16	Сдача 2-го задания			

Примечание

Номера задач указаны по «Сборнику задач по общему курсу физики. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Оптика / под ред. В.А. Овчинкина (7-е изд., испр. и доп.). – М. : Физматкнига, 2021». *Курсивом отмечены задачи, которые необходимо брать из нового издания.*

Все задачи обязательны для сдачи задания, их решения должны быть представлены преподавателю на проверку. В каждой теме семинара задачи разбиты на три группы:

- 0** – задачи, которые студент должен решать в течение недели для подготовки к семинару;
- I** – задачи, рекомендованные для разбора на семинаре (преподаватель может разбирать на семинарах и другие равноценные задачи по своему выбору);
- II** – задачи для самостоятельного решения.

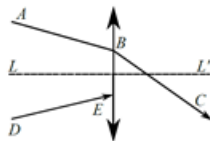
Задачи группы 0

Семинар 1

⁰1. Выразить интенсивность плоской электромагнитной волны, распространяющейся в немагнитной среде с показателем преломления n , через амплитуду вектора напряженности электрического поля волны E_0 .

Семинар 2

⁰1. На рисунке показаны положение главной оптической оси тонкой линзы LL' и ход проходящего сквозь нее луча ABC . Найдите построением ход произвольного луча DE за линзой.



⁰2. Положительной линзой с фокусным расстоянием F создается изображение объекта на экране. Какому условию должно удовлетворять расстояние от объекта до экрана, чтобы это было возможно?

Семинар 3

01. Концентрация электронов в нижних слоях ионосферы равна $N \sim 1,5 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. Какие электромагнитные волны будут испытывать отражение при вертикальном радиозондировании ионосферы?

Ответ: $\nu < 10 \text{ МГц}$ ($\lambda > 30 \text{ м}$).

Семинар 4

01. На экран падают две плоские волны с равными амплитудами A под малыми углами $\varphi_{1,2} = \pm 0,01 \text{ рад}$. Длина волны $\lambda = 500 \text{ нм}$, нормаль к экрану и волновые векторы волн лежат в одной плоскости, см. на экране. Определите ширину интерференционных полос (см. рисунок).



Ответ: 25 мкм.

02. На тонкую пленку с показателем преломления n падает пучок белого света под углом θ к нормали. При какой минимальной толщине $b_{\text{мин}}$ и в какой цвет будет окрашена пленка в отраженном свете?

Семинар 5

01. В двухлучевом интерференционном опыте используется источник света с длиной волны $\lambda = 500 \text{ нм}$ и шириной спектра $\Delta\lambda = 10 \text{ нм}$. Оцените максимально допустимую разность хода лучей Δ_{max} и максимальное число интерференционных полос m_{max} , которые можно наблюдать в этом опыте.

Ответ: $\Delta_{\text{max}} \sim 25 \text{ мкм}$, $m_{\text{max}} \sim 100$.

02. Найдите апертуру интерференции в опыте с бипризмой с преломляющим углом α и показателем преломления n , если источник и плоскость наблюдения расположены на одинаковых расстояниях от бипризмы.

Семинар 6

01. Щель шириной $b = 1 \text{ мм}$ освещается параллельным пучком света с длиной волны $\lambda = 500 \text{ нм}$. Оцените, на каком расстоянии L от щели необходимо разместить экран, чтобы наблюдать на нём дифракцию Френеля.

Ответ: $L \sim 1 \text{ м}$.

02. На ирисовую диафрагму с переменным радиусом отверстия, расположенную на расстоянии L от экрана, падает свет с длиной волны λ . Диафрагму постепенно открывают, начиная с $R \approx 0$. При каком радиусе R интенсивность света в центре экрана впервые обратится в ноль?

Семинар 7

01. Через маленькое круглое отверстие проходит монохроматический параллельный пучок света и создает на удаленном экране дифракционную картину Фраунгофера. Во сколько раз изменится освещённость в центре экрана, если увеличить диаметр отверстия вдвое?

Ответ: увеличится в 16 раз.

2. Плоская световая волна дифрагирует на щели с шириной $b = 10\lambda$, где λ – длина волны. Оценить отношение интенсивностей нулевого и первого дифракционных максимумов.

Ответ: $I_1/I_0 \approx 0,05$.

Семинар 8

1. На дифракционную решетку, имеющую период $d = 10$ мкм, нормально падает свет от желтого дублета натрия ($\lambda_1 = 5890 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 5896 \text{ \AA}$). Оцените угловое расстояние между максимумами $\delta\varphi$ во втором порядке ($m = 2$).

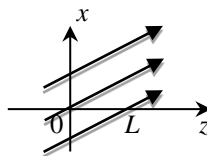
Ответ: $\delta\varphi \approx 1,2 \cdot 10^{-4}$ рад.

2. Дифракционная решётка с периодом d имеет размер $D = 10^3 d$ в направлении, перпендикулярном штрихам. Ширина прозрачных штрихов решётки равна половине периода. Определите максимальную разрешающую способность решётки в спектрах 1-го и 2-го порядков.

Ответ: $R_1 = 10^3$, $R_2 = 0$.

Семинар 11

1. Плоская волна с длиной волны λ распространяется в плоскости xz под углом α к оси z . Запишите распределение комплексной амплитуды волны и интенсивности в плоскости $z = 0$. Найти разность фаз между колебаниями в точках $z = 0$ и $z = L$, лежащих на оси z (см. рисунок).



2. Решётка освещается нормально падающей плоской монохроматической волной с амплитудой A . Укажите пространственные частоты и амплитуды плоских волн за дифракционной решёткой, прозрачность которой $\tau(x) = \cos^2(\Omega x)$.

3. Оцените ширину пространственного спектра плоских волн Δk_x при дифракции плоской монохроматической волны на щели шириной b .

Семинар 12

1. Точечный источник с длиной волны λ расположен в начале координат. Пользуясь параболическим приближением, найти распределение комплексной амплитуды и интенсивности в плоскости $x = L$.

2. Гол로그램 точечного источника, находящегося на расстоянии L от фотопластины, записали по схеме Габора на длине волны λ . Где будут находиться мнимое и действительное изображения, если восстановление голограммы производить светом с длиной волны 2λ ?

03. Почему при получении голографических изображений объёмных объектов практический интерес представляют только мнимые изображения? Поясните ответ с помощью схематического рисунка.

Семинар 14

01. Почему небо голубое, закат красный, а облака белые?

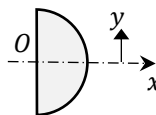
02. Убывание интенсивности пучка света при рассеянии аналогично убыванию плотности потока направленного пучка частиц, движущегося в газе. Считая известной формулу сечения рассеяния Рэлея $\sigma = \frac{8\pi}{3} \frac{\omega^4}{c^4} \left(\frac{n-1}{2\pi N} \right)^2$, где N – концентрация рассеивающих центров, оцените «длину свободного пробега» света в воздухе для $\lambda = 400$ нм (фиолетовый свет). Показатель преломления воздуха $n \approx 1 + 3 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: $l \sim 20$ км.

03. Лазерный пучок проходит сквозь поглощающую жидкость (интенсивность пучка максимальна на его оси). Каков знак возникающей в жидкости линзы?

Текстовые задачи

T1. (2А-2024) Половинка стеклянного шарика радиусом $R = 2$ см с показателем преломления $n = 5/3$ используется в качестве линзы. Определите оптическую силу такой линзы и её увеличение при наблюдении предмета с расстояния наилучшего зрения $L = 25$ см.



Ответ: а) $f = 3$ см, $D \approx 33,3$ дптр, б) $\Gamma = 3$.

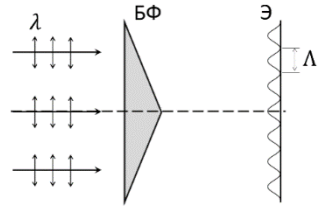
T2. а) У некоторого близорукого человека дальняя граница области, в которой он видит предметы резко, находится на расстоянии L_d от глаза. Очки какой оптической силы D ему следует носить, чтобы эта граница переместилась в бесконечность? Провести расчет для $L_d = 0,5$ м.

б) У некоторого дальноруккого человека ближняя граница области, в которой он видит предметы резко, находится на расстоянии L_b от глаза. Очки какой оптической силы ему следует надеть, чтобы эта граница переместилась в «положение наилучшего зрения» $L_0 = 25$ см. Провести расчет для $L_b = 1$ м.

Ответ: а) $D = -2$ дптр, б) $D = +3$ дптр.

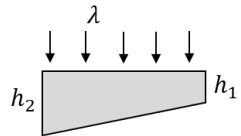
T3. Найти тип идеальной формы поверхности плоско-выпуклой линзы для фокусировки параллельного пучка в точку (сфера, гипербола, парабола или др). Линза расположена плоской поверхностью к плоскому волновому фронту.

Т4. (2019) Падающая на бипризму Френеля (БФ) плоская монохроматическая линейно поляризованная волна создает на плоском экране Э интерференционную картину с шириной полосы Λ . Плоскость падения перпендикулярна плоскости экрана. Поле E волны колеблется параллельно плоскости падения. Длина волны λ . Определите видность V интерференционной картины.



Ответ: $V = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$.

Т5. (2023) Толщина клиновидной стеклянной пластинки с показателем преломления $n = 1,5$ изменяется от величины $h_1 = 0,358$ мм у одного края до $h_2 = 0,398$ мм у другого. Сколько интерференционных полос будет фиксироваться на поверхности клина при наблюдении под прямым углом в отражённом свете длины волны $\lambda = 655$ нм и степенью монохроматичности $\lambda/\Delta\lambda = 500$?



Ответ: 0.

Т6. (2023) На пути плоского волнового фронта интенсивности I_0 оказался прозрачный экран, на котором непрозрачной краской нарисован знак, предупреждающий о радиоактивной опасности (см. рис). Определите интенсивность в точке, расположенной на оси симметрии за знаком на таком расстоянии, что радиус «кружка» совпадает с радиусом 1-й зоны Френеля, а внутренний и внешний радиусы «лепестков» равны радиусам 2-й и 9-й зон Френеля соответственно. Углы между радиальными сторонами «лепестков» равны 60° .



Ответ: $I_k = 4I_0$.

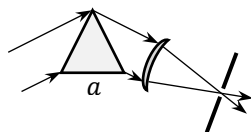
Т7. Заметив свет от маяка с расстояния 20 км невооруженным глазом, моряк затем рассматривает его через подзорную трубу с 12-кратным увеличением. Оценить, во сколько раз при этом меняется кажущаяся яркость маяка. Диаметр зрачка $d = 3$ мм, длина волны $\lambda = 0,5$ мкм, радиус линзы маяка считать равным $R = 0,5$ м. *Примечание:* зрительное ощущение "яркости" определяется освещенностью сетчатки глаза.

Ответ: Увеличится в 64 раза.

Т8. Спектральная линия H_α атомарного водорода ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$) имеет тонкую структуру в виде двух «сублиний» в интервале длин волн $\delta\lambda \approx 0,16 \text{ \AA}$. Какой должна быть минимальная база интерферометра Фабри–Перо L с коэффициентом отражения зеркал по интенсивности $\rho = 0,9$, чтобы с его помощью можно было обнаружить тонкую структуру линии? Определите также для такого интерферометра: дисперсионную область $\Delta\lambda$, направление на ближайший к центру максимум θ_1 и угловую дисперсию $d\theta/d\lambda$ вблизи него. В центре картины – светлое пятно.

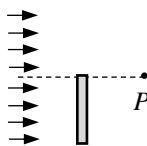
Ответ: $L = 0,4 \text{ мм}$, $\Delta\lambda = 5 \text{ \AA}$, $\theta_1 = 2,3^\circ$, $D = 4 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$.

Т9. Параллельный пучок света ультракороткой длительности $\tau_0 = 50 \text{ фс}$ падает на стеклянную призму и после фокусируется тонкой линзой на очень узкую щель (ширина щели меньше размера дифракционного пятна). Длина волны излучения $\lambda = 600 \text{ нм}$, дисперсия материала призмы $dn/d\lambda = -10^3 \text{ см}^{-1}$, длина основания призмы $a = 3 \text{ см}$, пучок заполняет всю призму. Оцените длительность τ и спектральную ширину $\Delta\nu$ прошедшего через щель импульса. Дисперсией в линзе пренебречь.

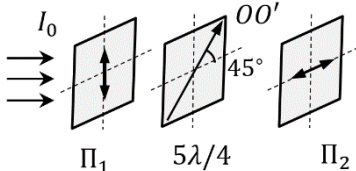


Ответ: $\tau \approx -\frac{a\lambda}{c} \frac{dn}{d\lambda} \approx 6 \text{ пс}$.

Т10. Плоская волна круговой поляризации (длина волны λ) падает на полубесконечный экран, изготовленный из поляроида с показателем преломления для разрешенного направления n ($n - 1 \ll 1$) и толщиной $a = \lambda/[4(n - 1)]$. Найти отношение полуосей эллипса поляризации света в точке наблюдения P .



Т11. Двоякопреломляющая пластинка в $5\lambda/4$ для зеленого света $\lambda = 540 \text{ нм}$ помещена между скрещенными поляроидами, при этом оптическая ось пластинки лежит в плоскости поляроидов и повернута на угол 45° относительно их осей пропускания. Падающий на систему свет состоит из трёх узких спектральных компонент с длинами волн $\lambda_1 = 540 \text{ нм}$, $\lambda_2 = 675 \text{ нм}$ и $\lambda_3 = 450 \text{ нм}$, имеющих одинаковую интенсивность I_0 и круговую поляризацию. Найдите интенсивности на выходе для всех трёх компонент.



Ответ: $I_1 = I_0/4$, $I_2 = 0$, $I_3 = I_0/2$.

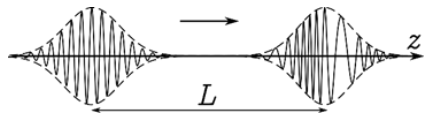
T12. Плоская монохроматическая волна с круговой поляризацией нормально падает на экран с двумя узкими параллельными щелями. Одну из щелей перекрыли пластинкой $\lambda/4$, а другую — поляроидом. Разрешённое направление поляроида и оптическая ось пластинки параллельны щелям. Определите видность V интерференционной картины на экране за щелями.

Ответ: $V = 2/3$.

T13. Найти коэффициент пропускания атмосферой солнечного излучения во время восхода. Сделать расчет для красного ($\lambda = 700$ нм) и фиолетового ($\lambda = 400$ нм) цветов. Атмосферу считать изотермической, потери, не связанные с рэлеевским рассеянием (пыль, облака), не учитывать. Показатель преломления атмосферы вблизи поверхности Земли равен $n = 1 + 3 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: для $\lambda = 400$ нм $I_{\text{пр}}/I_0 = 5,3 \cdot 10^{-6}$, для $\lambda = 700$ нм $I_{\text{пр}}/I_0 = 0,27$.

T14. (2021) Нелинейный эффект «фазовая самомодуляция» обусловлен уменьшением фазовой скорости в окрестности пика интенсивности светового импульса, из-за чего частота сигнала уменьшается на переднем фронте импульса и увеличивается за ним (см. рисунок). Оцените спектральную ширину $\Delta\nu$ импульса длительностью $\tau_0 = 10$ пс после прохождения $L = 50$ м кварцевого оптоволокна, если пиковая интенсивность составляет $J_0 = 2$ ГВт/см². Длина волны света $\lambda = 1$ мкм (в вакууме). Показатель преломления кварца имеет вид $n = n_0 + n_2 J$, где $n_2 = 1,6 \cdot 10^{-16}$ см²/Вт. Считать, что огибающая импульса имеет форму симметричного «колокола», а начальная спектральная ширина минимальна (спектрально ограниченный импульс). Дисперсией и изменением формы огибающей пренебречь.



Ответ: $\Delta\nu \sim \frac{4Ln_2J}{\lambda\tau} \approx 6 \cdot 10^{12}$ Гц.