

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе
и довузовской подготовке
А.А. Воронов
09 января 2018 г.

ПРОГРАММА

по дисциплине: **Общая физика: оптика**
по направлению подготовки: **03.03.01 «Прикладные математика и физика»**
факультеты: **для всех факультетов**
кафедра: **общей физики**
курс: **2**
семестр: **4**

Трудоёмкость:

теор. курс: базовая часть – 4 зачет. ед.:

физ. практикум: базовая часть – 3 зачет. ед.:

лекции – 30 часов

практические (семинарские)

занятия – 30 часов

лабораторные занятия – 60 часов

Экзамен – 4 семестр

Диф. зачёт – 4 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 120

Самостоятельная работа:

теор. курс – 90 часов

физ. практикум – 75 часов

Программу и задание составили:

д.ф.-м.н., проф. Г.Р. Локшин
д.ф.-м.н., проф. Ю.Р. Аланакян
д.ф.-м.н., проф. С.И. Попель
к.т.н., доц. В.А. Овчинкин
к.ф.-м.н., доц. С.В. Виноградов
к.ф.-м.н., доц. П.В. Попов
к.ф.-м.н., доц. Ю.Н. Филатов

Программа принята на заседании кафедры
общей физики 7 ноября 2017 г.

Заведующий кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

А. В. Максимычев

Оптика

1. Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Оптические инструменты: телескоп, микроскоп.

Волновое уравнение, монохроматические волны, комплексная амплитуда, уравнение Гельмгольца, плоские и сферические волны. Принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн. Видность полос, ширина полосы.

2. Статистическая природа излучения квазимонохроматической волны. Временная когерентность, функция временной когерентности, связь со спектральной интенсивностью (теорема Винера–Хинчина). Ограничение на допустимую разность хода в двухлучевых интерференционных схемах, соотношение неопределенностей.

3. Интерференция при использовании протяженных источников. Пространственная когерентность, функция пространственной когерентности, связь с распределением интенсивности излучения по источнику $I(x)$ (теорема Ван Циттерта–Цернике). Ограничения на допустимые размеры источника и апертуру интерференции в двухлучевых схемах. Лазеры как источники когерентного излучения.

4. 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. Дифракция на дополнительном экране, пятно Пуассона.

5. 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.

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

7. Принципы фурье-оптики. Метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение), соотношение неопределённости. Дифракция Френеля на периодических структурах (эффект саморепродукции). Область геометрической оптики. 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.

8. Принципы голографии. Голограмма Габора. Голограмма с наклонным опорным пучком. Разрешающая способность голограммы.

Условие Брэгга–Вульфа. Объёмная голограмма, объёмная решётка в регистрирующей среде.

9. Дисперсия света, фазовая и групповая скорости, формула Рэлея. Классическая теория дисперсии. Поглощение света в среде, комплексный показатель преломления. Затухающие волны, закон Бугера. Нормальная и аномальная дисперсии. Радиоволны в ионосфере и дальняя радиосвязь.

10. Поляризация света. Естественный свет. Явление Брюстера. Дихроизм, поляроиды, закон Малюса. Двойное лучепреломление в одноосных кристаллах. Интерференционные явления в кристаллических пластинках. Понятие об искусственной анизотропии. Эффект Фарадея и эффект Керра.

11. Рассеяние света. Рэлеевское рассеяние (рассеяние на флуктуациях плотности). Эффективное сечение рассеяния. Поляризация рассеянного света.

12. Нелинейные оптические явления. Нелинейная поляризация среды. Генерация второй гармоники. Фазовый синхронизм. Самофокусировка.

Введение в теорию относительности

13. Принцип относительности. Интервал, инвариантность интервала. Преобразования Лоренца. Инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Лоренца (на примере одномерного волнового уравнения). Относительность одновременности, замедление времени, сокращение масштабов. Понятие о 4-мерном пространстве-времени. Мировая линия частицы. Собственное время частицы. Преобразование частоты и волнового вектора при смене системы отсчёта, эффект Доплера, абберация света. Релятивистский закон сложения скоростей. Скорость света в движущейся среде.

14. Энергия и импульс релятивистской частицы, их преобразование при смене системы отсчёта. Энергия покоя, кинетическая энергия. Инвариант энергии-импульса. Энергия и импульс фотона. Упругие и неупругие релятивистские столкновения. Центр инерции. Уравнение движения релятивистской частицы. Движение заряженных релятивистских частиц в постоянных электрическом и магнитом полях.

Литература

Основная

1. *Кингсен А.С., Локшин Г.Р., Ольхов О.А.* Основы физики. Т. I – М.: Физматгиз, 2001.
2. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Оптика. Т. IV. – М.: Физматлит, 2006.
3. *Кириченко Н.А.* Принципы оптики. – М.: МФТИ, 2016.

4. *Кириченко Н.А., Крымский К.М.* Общая физика. Механика. – М.: МФТИ, 2013. – Гл. 14. «Теория относительности».
5. Лабораторный практикум по общей физике. Т. 2. Оптика / под ред. А.В. Максимычева. – М.: МФТИ, 2012.
6. «Сборник задач по общему курсу физики». Ч. 2. Электричество и магнетизм. Оптика / под ред. В.А. Овчинкина. – М.: МФТИ, 2004.

Дополнительная

1. *Ахманов С.А. Никитин С.Ю.* Физическая оптика. – Изд-во МГУ, 2004.
2. *Бутиков Е.И.* Оптика. – М.: Высшая школа, 1986.
3. *Горелик Г.С.* Колебания и волны. – М.: Физматлит, 1959, 2007.
4. *Ландсберг Г.С.* Оптика. – М.: Физматлит, 2003.
5. *Борн М., Вольф Э.* Основы оптики. – М.: Наука, 1973.
6. *Локшин Г.Р.* Дифракция. Пространственная фильтрация. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: МФТИ, 2016.
7. *Белонучкин В.Е.* Относительно относительности на первом курсе. – М.: МФТИ, 1996.
8. *Гладун А.Д.* Элементы релятивистской механики. – М.: МФТИ, 2012.

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

для студентов 2-го курса на весенний семестр 2017/2018 учебного года

Дата	№ нед.	Тема семинарских занятий	Задачи	
			1 гр.	2 гр.
05.02 – 10.02	1	Геометрическая оптика. Элементы фотометрии	1.7, 1.22, 1.56, 1.57;	1.4, 1.15, 1.29, 1.37;
12.02 – 17.02	2	Интерференция монохроматических волн.	3.7, 3.12, 3.32, 3.35;	3.11, 3.15, 3.20, 3.26;
19.02 – 24.02	3	Статистическая природа света. Временная и пространственная когерентность.	4.11, 4.10, 5.18, 5.14;	4.7, 5.12, 5.21, 5.24;
26.02 – 03.03	4	Дифракция Френеля, зонные пластинки.	6.15, 6.20, Т1, 6.43;	6.16, 6.31, 6.50, Т2;
05.03 – 10.03	5	Дифракция Фраунгофера. Разрешающая способность оптических инструментов.	7.16, 7.48, 7.54, 7.33;	7.10, 7.53, 7.59, Т3;
12.03 – 17.03	6	Разрешающая способность спектральных приборов.	8.2, 8.39, 8.61, 8.80;	8.37, 8.41, 8.47, Т4;

19.03 – 24.03	7	Контрольная работа (по группам).		
26.03 – 31.03.	8	Разбор контрольной работы. Сдача 1-го задания.		
02.04 – 07.04	9	Дифракция на синусоидальных решётках. Пространственное фурье-преобразование.	9.1, 9.15, 9.22, 9.26;	9.11, 9.17, 9.28, T5;
09.04 – 14.04	10	Элементы фурье-оптики и голографии.	9.32, 9.35, 9.45, 9.52;	9.33, 9.36, 9.40, T6;
16.04 – 21.04	11	Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.	10.8, 10.43, T7, T8;	10.4, 10.9, 10.21, 10.24;
23.04 – 28.04	12	Поляризация света. Элементы кристаллооптики.	11.9, 11.16, 11.21, 11.54;	11.13, 11.60, 11.80, T9;
30.04 – 05.05	13	Распространение света в веществе. Элементы нелинейной оптики.	10.36, 11.89, T10, T12;	10.35, 11.90, T11.
07.05 – 12.05	14	Основы специальной теории относительности	8.10 ^м , 8.57 ^м , T13, T14;	8.14 ^м , 8.43 ^м , 8.99 ^м ;
14.05 – 19.05	15	Сдача 2-го задания.		
21.05 – 26.05	16	Зачёт.		

Примечание

1. Номера задач указаны по «Сборнику задач по общему курсу физики. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Оптика / под ред. В.А. Овчинкина (4-е изд., испр. и доп.). – М.: Физматкнига, 2017».
2. Номера задач к семинару 14 указаны по книге «Сборник задач по общему курсу физики». Ч. 1. Механика и молекулярная физика / под редакцией В.А. Овчинкина. (3-е изд., испр. и доп.). – М.: Физматкнига, 2013.

Все задачи обязательны для сдачи задания. В каждой теме семинара задачи разбиты на 3 группы:

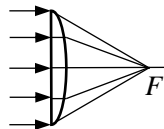
- 0** — задачи для самостоятельного решения студентами к предстоящему семинару. При необходимости эти задачи разбираются на семинаре.
- I** — задачи, рекомендованные для обсуждения на семинаре. Преподаватель на семинарах может разбирать и/или другие задачи по своему выбору.
- II** — задачи для самостоятельного решения студентами.

Решения задач 1 и 2 групп студент должен иметь в своей тетради при сдаче задания.

Контрольные задачи и вопросы к семинарам (задачи группы 0)

Семинар 1

1. Задача 1.1
2. Задача 1.3
3. Узкий параллельный пучок света нормально падает на тонкую плосковыпуклую линзу (см. рис.). Показать, что оптическая длина всех лучей, сходящихся в фокусе линзы F , одинакова.



Семинар 2

1. Задача 3.1.
2. Задача 3.3.
3. На экран падают две плоские волны с равными амплитудами A под малыми углами $\varphi_{1,2} = \pm\varphi$ к нормали ($\varphi \ll 1$). Длина волны λ , нормаль к экрану и волновые векторы волн лежат в одной плоскости, см на экране. Определить ширину интерференционной полосы (см. рис.). Пользуясь методом комплексных амплитуд, найти распределение освещенности



Ответ: $I = 2A^2(1 + \cos \frac{4\pi\varphi}{\lambda} x)$, $\Delta x \approx \lambda/2\varphi$.

Семинар 3

1. Задача 4.2.
2. Степень когерентности $\gamma(\tau)$ квазимонохроматического источника света с длиной волны $\lambda = 500$ нм плавно убывает от $\gamma = 1$ при $\tau = 0$ до $\gamma = 0$ при $\tau = 10^{-11}$ с. Оценить 1) максимальную разность хода Δ_{\max} между двумя интерферирующими лучами, при которой интерференционные полосы могут наблюдаться, 2) максимальное число интерференционных полос m_{\max} в опытах с таким источником, 3) некогерентность источника $\delta\lambda$.

Ответ: $\Delta_{\max} \sim 3$ мм, $m_{\max} \sim 6 \cdot 10^3$, $\delta\lambda \sim 0,08$ нм.

3. Задача 5.2.

Семинар 4

1. Задача 6.1.
2. Зонная пластинка содержит 10 прозрачных нечетных зон Френеля. Во сколько раз интенсивность света в фокусе пластинки превышает интенсивность падающего света?

Ответ: в 400 раз.

3. Найти положения максимумов интенсивности на оси за круглым отверстием радиуса r в экране, освещаемом нормально падающей плоской волной λ .

Ответ: $z_n = \frac{r^2}{(2n+1)\lambda}$.

Семинар 5

1. Щель ширины b освещается параллельным когерентным пучком света с длиной волны λ . Найти угловое распределение интенсивности света $I(\theta)$ в зоне дифракции Фраунгофера. На каком расстоянии от щели полученное распределение применимо и на каком расстоянии от щели дифракцией можно пренебречь, если $b = 1$ мм, $\lambda = 500$ нм?

Ответ: $I(\theta) = I_0 \left[\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right]^2$, $\alpha = \left(\frac{\pi b}{\lambda} \right) \sin \theta$, распределение справедливо при $z \gg \frac{b^2}{\lambda} = 2$ м, дифракцией можно пренебречь при $z \ll 2$ м.

2. Задача 7.41.

3. Задача 7.47.

Семинар 6

1. Задача 8.1.

2. Дифракционная решётка с периодом d имеет размер D в направлении, перпендикулярном штрихам. Ширина прозрачных штрихов решётки равна половине периода. Определить разрешающую способность решётки в спектре 1-го и 2-го порядков.

Ответ: $R = D/d$ (1-й порядок), $R = 0$ (2-й порядок).

3. На дифракционную решетку, имеющую $N = 100$ штрихов/мм, нормально падает свет от желтого дублета натрия ($\lambda_1 = 5890$ А, $\lambda_2 = 5896$ А). Найти угловое расстояние между максимумами $\delta\varphi$ во втором порядке ($m = 2$).

Ответ: $\delta\varphi = m\Delta\lambda N = 0.12$ мрад.

Семинар 9

1. Волновой вектор плоской волны с длиной волны λ направлен под углом α к оси z и лежит в плоскости xz . Запишите распределение комплексной амплитуды волны и интенсивности в плоскости $z = 0$.

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

Ответ: $u_1 = 0$, $A_1 = \alpha \frac{A}{2}$; $u_{2,3} = \pm\Omega$, $A_{2,3} = \frac{\alpha A}{4}$.

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

Ответ: $\Delta u \sim \frac{2\pi}{\Delta x}$.

Семинар 10

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

Ответ: $f(x, y) = \frac{A_0}{L} \exp\left(\pi i \frac{x^2+y^2}{L\lambda} + 2\pi i \frac{L}{\lambda}\right), \quad I = \frac{A_0^2}{L^2}.$

2. Нарисуйте схему Габора записи голограммы. В чём состоит основной недостаток голограммы, записанной по этой схеме?

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

Семинар 11

1. Задача 10.2.

2. Задача 10.5(2, 3, 5).

3. Концентрация электронов в ионосфере равна $N = 3 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$. Волны какой длины λ будут испытывать отражение при вертикальном радиозондировании ионосферы?

Ответ: $\lambda > \sqrt{\frac{\pi m_e c^2}{N e^2}} \approx 2 \text{ м}.$

Семинар 12

1. Задача 11.7.

2. Задача 11.17.

3. Задача 11.1.

Семинар 13

Семинар 14

1. Две частицы с одинаковыми скоростями $v = \frac{3}{5}c$ движутся друг за другом по одной прямой и попадают в мишень с разницей во времени $\tau = 10^{-8}$ с по лабораторным часам. Найти расстояние между частицами в полёте в системе отсчёта, связанной с ними.

Ответ: 2,25 м.

2. Две частицы, движущиеся на встречу друг другу с одинаковыми скоростями и находившиеся исходно на расстоянии L в лабораторной системе, столкнулись через время $t = L/c$ по лабораторным часам. Найти их относительную скорость.

Ответ: 0,8с.

3. С какой скоростью должен двигаться автомобиль, чтобы водитель мог принять красный свет светофора ($\lambda_k = 700 \text{ нм}$) за зелёный ($\lambda_3 = 500 \text{ нм}$)?

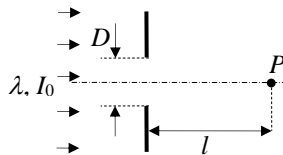
Ответ: $\approx 10^8 \text{ м/с}.$

4. Найти скорость электрона, имеющего кинетическую энергию 1) 1 эВ, 2) 1 МэВ. Энергия покоя электрона $\approx 0,5 \text{ МэВ}.$

Ответ: 1) $6 \cdot 10^5 \text{ м/с}$, 2) $2,8 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$

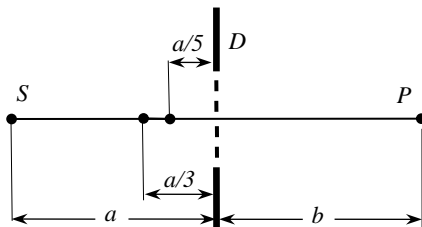
Текстовые задачи

Т1. Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 500$ нм и интенсивностью I_0 падает на экран, в котором имеется круглое отверстие диаметром $D = 0,5$ см. Точка наблюдения P находится на оси системы на расстоянии $l = 50$ см от плоскости экрана. Как изменится интенсивность света в точке наблюдения, если к экрану вплотную соосно приложить линзу с оптической силой 1 дптр?



Ответ: увеличится в 2 раза.

Т2. Амплитудная зонная пластинка Френеля для радиоволн с длиной волны $\lambda = 3$ мм, состоящая из чередующихся прозрачных и непрозрачных зон Френеля, вставлена в отверстие в непрозрачном экране диаметром $D = 30$ см. Точечный источник радиоволн S и точка наблюдения P расположены симметрично относительно экрана на расстояниях $a = b = 150$ см (см. рис.), и радиусы зон Френеля пластинки рассчитаны именно для этого расположения точек S и P . Интенсивность волн в плоскости экрана равна I_0 . Найти интенсивности I_1, I_2, I_3 в т. P , если источник поместить в точку, находящуюся от экрана на расстоянии 1) $a_1 = a$ (точка S), 2) $a_2 = \frac{a}{3}$, 3) $a_3 = \frac{a}{5}$.



Ответ: $I_1 = 25I_0, I_2 = 0, I_3 = 70I_0$.

Т3. На рис. 1 изображена модифицированная схема опыта Юнга. Источником света служит щель шириной a , освещаемая протяжённым источником. Свет от щели падает параллельным пучком на экран с двумя щелями шириной b каждая, расположенными на расстоянии d друг от друга. Интерференционная картина наблюдается в фокальной плоскости второй линзы. Длина волны $\lambda = 600$ нм, фокусные расстояния линз одинаковы: $F_1 = F_2 = 20$ см. Зависимость интенсивности от угла наблюдения $I(\varphi)$ изображена на рис. 2. Видность полос не зависит от угла и равна $V(\varphi) \approx 2/\pi$.

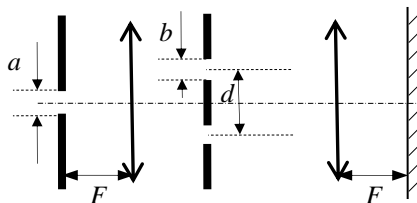


Рис. 1

Определите 1) ширину b каждой из 2-х щелей, 2) расстояние d между щелями, 3) ширину щели a , 4) максимальную ширину щели a_{\max} , при которой ещё можно наблюдать интерференционные полосы, 5) максимально допустимую некогерентность источника $\Delta\lambda$, при которой можно наблюдать все интерференционные полосы, изображённые на рис. 2.

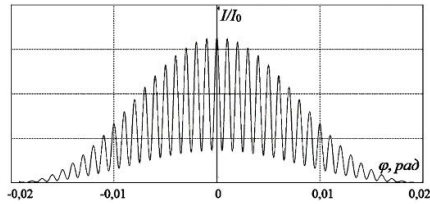


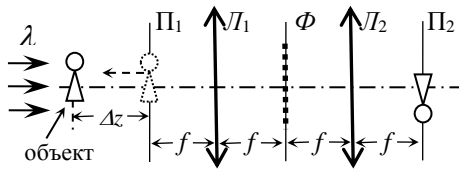
Рис. 2

Ответ: $b = 0,03$ мм, $d = 0,6$ мм, $a = 0,1$ мм, $a_{\max} = 0,2$ мм, $\Delta\lambda \approx 30$ нм.

Т4. Ширина спектральной линии неона с длиной волны $\lambda = 633$ нм (на этой линии работает He-Ne лазер) равна $\Delta\nu = 1,5 \cdot 10^3$ МГц. Для детального исследования контура этой линии предлагается использовать интерферометр Фабри–Перо, зеркала которого имеют энергетический коэффициент отражения $r = 0,95$. Какую максимальную базу L_{\max} может иметь интерферометр для того, чтобы с его помощью можно было исследовать контур спектральной линии неона во всём диапазоне $\Delta\nu$? Какой при этом будет его максимальная разрешающая способность R_{\max} ?

Ответ: $L_{\max} \approx 10$ см, $R_{\max} \approx 2 \cdot 10^7$.

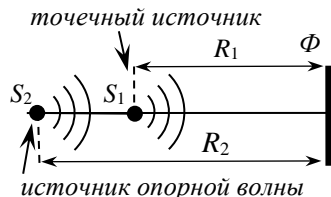
Т5. Если во входной плоскости Π_1 оптической системы (см. рис.) расположить предмет, то в выходной плоскости Π_2 изображение предмета оказывается сфокусированным, т.е. плоскости Π_1 и Π_2 являются оптически сопряжёнными.



При каком минимальном смещении объекта Δz от входной плоскости Π_1 изображение в выходной плоскости Π_2 также окажется сфокусированным, если в Фурье плоскости Φ расположить фильтрующую решётку с периодом $d = 10^{-2}$ см. Фокусные расстояния объективов L_1 и L_2 равны $f = 10$ см, а длина волны, освещающей объект, $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ см.

Ответ: $\Delta z = 2\lambda f^2/d^2 = 100$ см.

Т6. При записи голограммы точечного источника S_1 , расположенного на расстоянии $R_1 = 60$ см от фотопластинки Φ , по методу Габора вместо плоской опорной волны использована сферическая опорная волна от когерентного точечного источника S_2 , распо-



женного на расстоянии $R_2 = 90$ см от фотопластинки (см. рис.). Определите положения действительного и мнимого изображений при просвечивании записанной голограммы нормально падающей монохроматической плоской волной той же длины волны, что и при записи.

Ответ: $R = \pm \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) = \pm 180$ см.

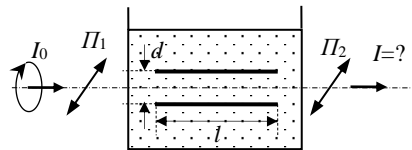
Т7. При изучении ионосферы применяется метод дисперсионного интерферометра. С космического зонда, падающего вертикально вниз в гравитационном поле Земли со скоростью $v = 1$ км/с, два передатчика излучают радиоволны на частотах $f_1 = 30$ МГц и $f_2 = 90$ МГц (в системе зонда). Приёмник, расположенный в точке падения зонда на Землю, принимая и обрабатывая сигналы, измеряет величину $\Delta f = |f_2' - 3f_1'|$, где f_1' и f_2' — частоты сигналов, принятые от первого и второго передатчиков соответственно. Определить концентрацию электронов N_e в ионосфере в окрестности зонда, если $\Delta f = 5$ Гц. Для исследуемого участка ионосферы можно считать, что $2\pi f_1 \gg \omega_p$, где ω_p — плазменная частота.

Ответ: $N_e = \frac{3}{8} \Delta f f_1 \frac{c}{v} \frac{2\pi m_e}{e^2} = 4,4 \cdot 10^5$ см⁻³.

Т8. Радиопульс длительности $\tau = 0,2$ мкс на несущей частоте $f_0 = 100$ МГц распространяется в ионосфере, критическая частота которой $f_p = 30$ МГц. Оцените дистанцию, которую импульс пробегает в ионосфере без заметного искажения формы огибающей.

Ответ: $x \ll c\tau^2 \frac{(f^2 - f_p^2)^{\frac{3}{2}}}{f_p^2} \approx 12$ км.

Т9. Некоторые жидкости под действием электрического поля приобретают свойства одноосного кристалла, причём оптическая ось оказывается направлена по полю (электрооптический эффект Керра). Разность показателей преломления обыкновенной и необыкновенной волны даётся соотношением $n_e - n_o = bE^2$, где b — константа Керра. Наибольшим значением b из всех исследованных жидкостей обладает нитробензол, для которого $b = 2,2 \cdot 10^{-5}$ (ед. СГСЭ). На рис. изображена кювета с нитробензолом, в которой расположен конденсатор. С обеих сторон к кювете примыкают два поляроида, разрешённые направления которых параллельны друг другу и направлены под углом $\alpha = 45^\circ$ к полю в конденсаторе. Пластины конденсатора имеют длину $l = 5$ см, расстояние между ними $d = 5$ мм. К конденсатору приложено напряжение $U = 2910$ В. Определите интенсивность I света на выходе второго поляроида, если на первый поляризатор падает свет с интенсивностью I_0 , поляризованный по кругу.



Ответ: $I = \frac{I_0}{4}(1 + \cos \Delta\varphi) \approx 0,49I_0$, где $\Delta\varphi \approx 30^\circ$.

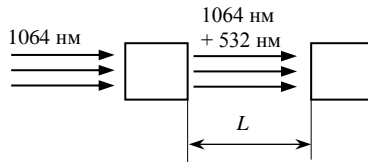
Т10. Оценить плотность потока энергии световой волны, при которой в оптических материалах начинают проявляться нелинейные эффекты. Принять, что для этого достаточно, чтобы относительная добавка к показателю преломления составила 10^{-4} .

Ответ: $2 \cdot 10^7$ Вт/см².

Т11. Наблюдатель находится в тумане между двух фонарей одинаковой мощности, красного (длина волны $\lambda_1 = 700$ нм) и синего ($\lambda_2 = 400$ нм) цветов, расстояние между которыми равно $L = 500$ м. На каком расстоянии от красного фонаря яркости обоих источников для наблюдателя одинаковы? Считать, что рассеяние света в тумане подчиняется закону Релея.

Ответ: 452 м.

Т12. Экспериментатор, недовольный малым коэффициентом преобразования лазерного излучения с длиной волны $\lambda_1 = 1064$ нм (неодимовый лазер) во вторую гармонику ($\lambda_2 = 532$ нм), решил после первого кристалла-удвоителя поставить еще один кристалл, чтобы перекачать остаток инфракрасного излучения во вторую гармонику. Какое расстояние L должно быть между кристаллами? Показатели преломления воздуха для данных длин волн отличаются от единицы как $n_1 - 1 = 2,74 \cdot 10^{-4}$ и $n_2 - 1 = 2,78 \cdot 10^{-4}$ соответственно.



Ответ: $L = m \cdot 13,3$ см, где m – целое.

Т13. Покоящийся возбужденный атом, переходя в основное состояние, испускает фотон, имеющий в лабораторной системе энергию E_0 . Пучок таких атомов движется по направлению к детектору излучения со скоростью V . Используя законы сохранения энергии и импульса, найти энергию фотонов E_Φ , регистрируемых детектором.

Ответ: $E_\Phi = E_0 \sqrt{\frac{1+V/c}{1-V/c}}$.

Т14. Элементарная частица с энергией покоя $E_0 = 100$ МэВ была ускорена однородным электрическим полем до энергии $E_1 = 100$ ГэВ, после чего распалась. Найти собственное время жизни частицы, если в лабораторной системе частица прошла расстояние $L = 1$ км. Излучением пренебречь.

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-8}$ с.