

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Д.А. Зубцов
10 декабря 2013 года

ПРОГРАММА

по дисциплине: ОБЩАЯ ФИЗИКА: ОПТИКА
по направлению подготовки 010900 «Прикладные математика и физика»
факультеты: для всех факультетов
кафедра ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
курс II
семестр 4

Трудоёмкость:

теор.курс: обязательная часть — 3 зач. ед.,

вариативная часть — 1 зач. ед.,

доп. за сложность — 1 зач. ед.

физ. практикум: обязательная часть — 2 зач. ед., доп. за сложность — 1 зач. ед.

лекции — 34 часа

практические (семинарские) занятия

— 34 часа

лабораторные занятия — 68 часа

Экзамен — 4 семестр

Диф. зачёт — 4 семестр

ВСЕГО ЧАСОВ — 136

Самостоятельная работа

— 2 часа в неделю

Программу и задание составили:

д.ф.-м.н., проф. С.М. Козел

д.ф.-м.н., проф. Г.Р. Локшин

Программа принята на заседании
кафедры общей физики 21 ноября 2013 года

Заведующий кафедрой

А.В. Максимычев

ОПТИКА

1. Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Оптические инструменты: телескоп, микроскоп. Элементы фотометрии. Яркость и освещённость изображения.

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

3. 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 неопределённостей.

4. 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.

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. Дифракция на дополнительном экране, пятно Пуассона.

6. Дифракция Фраунгофера. Световое поле в зоне Фраунгофера как преобразование Фурье граничного поля. Дифракция Фраунгофера на щели, дифракционная расходимость. Поле в фокальной плоскости линзы.

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

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). Область геометрической оптики.

9. Теория Аббе формирования оптического изображения (принцип двойной дифракции). Полоса пропускания оптической системы, связь с разрешающей способностью. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа. Разрешающая способность при когерентном и некогерентном освещении.

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

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

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

13. Рассеяние света. Рассеяние в мутных средах (рассеяние Тиндаля) и рассеяние на флуктуациях плотности (рэлеевское рассеяние). Эффективное сечение рассеяния. Поляризация рассеянного света.

14. Нелинейные оптические явления. Нелинейная поляризация среды. Генерация второй гармоники (удвоение частоты), фазовый синхронизм. Самофокусировка

Литература

Основная

1. *Кингсеп А.С., Локшин Г.Р., Ольхов О.А.* Основы физики. Т. I, ч. III, гл. 6–11. – М.: Физматгиз, 2001.
2. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Оптика. Т. IV. – М.: Наука, 1985.

Дополнительная

1. *Горелик Г.С.* Колебания и волны. – М.: Физматлит, 1959, 2007.
2. *Бутиков Е.И.* Оптика. – М.: Высшая школа, 1986.
3. *Ландсберг Г.С.* Оптика. – М.: Физматлит, 2003.
4. *Борн М., Вольф Э.* Основы оптики. – М.: Наука, 1973.
5. *Ахманов С.А., Никитин С.Ю.* Физическая оптика. – Издательство МГУ, Наука, 2004.
6. *Козел С.М., Листвин В.И., Локшин Г.Р.* Введение в когерентную оптику и голографию: учебно-метод. пособие. – М.: МФТИ, 2000.

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
для студентов 2-го курса на весенний семестр
2013/2014 учебного года

Дата	№ сем	Тема семинарских занятий	Задачи	
			I гр.	II гр.
7–13 февр.	1	Принцип Ферма. Геометрическая оптика и элементы фотометрии. Оптические инструменты: телескоп, микроскоп.	1.7, 1.15, 1.22, 1.38, 1.56, 1.57	1.29, 1.37
14–20 февр.	2	Интерференция монохроматических волн. Ширина полос.	3.5, 3.10, 3.16, 3.18, 3.20, 3.25	3.11, 3.35
21–27 февр.	3	Немонохроматический свет, временная когерентность.	4.2, 4.3*, 4.9, 4.10 (1,2,3), 4.11, 4.12	4.7, 4.13
28 фев. – 6 мар.	4	Интерференция волн при использовании протяжённых источников. Пространственная когерентность.	5.3, 5.9, 5.12, 5.15*, 5.18, 5.19	5.5, 5.13
7–13 марта	5	Дифракция Френеля, зонные пластинки.	6.15, 6.16, 6.20, 6.33, 6.43, 7.16	6.31, 6.44
14–20 марта	6	Дифракция Фраунгофера. Разрешающая способность оптических инструментов.	7.9, 7.10, 7.13, 7.47, 7.54, 7.59	7.53, 7.55
21–27 марта	7	Разрешающая способность спектральных приборов.	8.2, 8.36, 8.37, 8.39, 8.41, 8.78	8.47, 8.80*
28 мар. – Запр.		Контрольная работа по группам.		
4–10 апр.		Разбор контрольной работы. Сдача 1-го задания.		
11–17 апреля	8	Дифракция на синусоидальных решётках. Пространственное фурье-преобразование.	9.1, 9.2, 9.3, 9.15, 9.17, 9.22	9.11, 9.28
18–24 апреля	9	Элементы фурье-оптики и голографии.	9.26, 9.34, 9.32, 9.36, 9.37, 9.40	9.33, 9.35
25 апр. – 1 мая	10	Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.	10.4, 10.5, 10.8, 10.18*, 10.21, 10.24	10.9, 10.15

2–8 мая	11	Поляризация света. Элементы кристаллооптики.	11.1, 11.9, 11.13, 11.16, 11.21, 11.60	11.54, 11.89
9–15 мая		Сдача 2-го задания		
16–22 мая		Зачёт.		

Примечание.

1. Номера задач указаны по книге «Сборник задач по общему курсу физики». Ч. 2. Электричество и магнетизм. Оптика / под редакцией В.А. Овчинкина. – М.: МФТИ, 2004.

2. При выполнении заданий предусмотрена следующая вариативность — в каждой теме семинара задачи разбиты на 3 группы:

0 — задачи, которые студент должен самостоятельно решать в течение недели к каждому предстоящему семинару, где они при необходимости разбираются. Эти задачи должны быть аккуратно оформлены в тетради.

1 — задачи, предлагаемые для обсуждения на семинаре. Это набор задач, раскрывающих тему семинара. Преподаватель по своему усмотрению выбирает из них необходимое число задач. Допустимо менять задачи на равноценные. Решения всех задач 1-й группы студент должен иметь в своей тетради при сдаче задания.

2 — задачи повышенного уровня студент решает дополнительно к основным задачам курса (с получением дополнительных зачётных единиц). Они также должны быть оформлены студентами в своих тетрадях.

Контрольные задачи и вопросы к семинарам (задачи группы 0)

Семинар 1

1. Сформулируйте принцип Ферма.
2. Решите задачу 1.1.
3. Решите задачу 1.3*.

Семинар 2

1. Напишите уравнение монохроматической волны. Дайте определение комплексной амплитуды монохроматической волны. Напишите выражение для комплексной амплитуды плоской волны.
2. Решите задачу 3.1*.
3. Решите задачу 3.3.

Семинар 3

1. Какова максимально допустимая разность хода Δ_{\max} двух интерферирующих волн? Запишите выражение для Δ_{\max} через время когерентности τ и ширину спектра $\Delta\lambda$ источника.
2. В интерференционном опыте используется источник света с длиной волны λ и шириной спектра $\Delta\lambda$. Оцените число интерференционных полос, которые можно наблюдать в этом опыте.
3. Наблюдаются интерференционные полосы при отражении квази-монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500$ нм от двух граней клиновидного зазора между двумя плоскопараллельными пластинками. Угол при вершине клина $\alpha = 10'$. Оказалось, что полосы размылись на расстоянии $l = 8$ см от вершины. Оцените из этих данных ширину $\Delta\lambda$ спектра излучения источника.

Семинар 4

1. Дайте определение апертуры интерференции. 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.
2. Запишите условие наблюдения интерференции при использовании протяжённого квазимонохроматического источника с длиной волны λ . Размер источника b , апертура интерференции Ω .
3. Дайте определение радиуса пространственной когерентности. Решите задачу 5.2.

Семинар 5

1. Дайте математическую формулировку принципа Гюйгенса–Френеля.
2. Решите задачу 6.1.
3. Зонная пластинка содержит 10 прозрачных нечётных зон Френеля. Во сколько раз интенсивность света в фокусе пластинки превышает интенсивность падающего света?

Семинар 6

1. Дайте определение волнового параметра. При каких значениях волнового параметра наблюдаются явления геометрической оптики, дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера?
2. Найдите распределение интенсивности в дифракционной картине Фраунгофера на щели ширины b , освещаемой параллельным пучком света с длиной волны λ . Определите угловую полуширину главного максимума в этой картине.
3. Сформулируйте критерий Рэля разрешающей способности оптических инструментов. Решите задачу 7.41.

Семинар 7

1. Сформулируйте критерий Рэля разрешающей способности спектральных приборов. Решите задачу 8.1.
2. Запишите выражение для дифракционного предела спектрального разрешения призмы, дифракционной решётки, интерферометра Фабри–Перо.
3. Дифракционная решётка с периодом d имеет размер D в направлении, перпендикулярном штрихам. Ширина прозрачных штрихов решётки равна половине периода. Определите разрешающую способность решётки в спектре 1-го и 2-го порядков.

Семинар 8

1. Запишите выражение для комплексной амплитуды плоской волны с длиной волны λ , волновой вектор \vec{k} которой ориентирован в плоскости xz под углом α к оси z . Дайте определение пространственной частоты.
2. Укажите пространственные частоты и амплитуды плоских волн за дифракционной решёткой, прозрачность которой $\tau(x) = \alpha \cos^2(\Omega x)$. Решётка освещается монохроматической волной с амплитудой A .

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

Семинар 9

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

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

3. Почему голограмму, записанную по методу Денисюка, можно просвечивать белым светом и получать при этом цветные изображения?

Семинар 10

1. Дайте определение фазовой и групповой скорости. Решите задачу 10.2.

2. Найдите связь между фазовой v и групповой u скоростями для электромагнитных волн в ионосфере. Закон дисперсии имеет вид $v = \sqrt{c^2 + b^2 \lambda^2}$, где c – скорость света в вакууме, λ – длина волны в среде, b – некоторая постоянная величина.

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? Масса электрона $m_e = 0,9 \cdot 10^{-27} \text{ г}$, заряд электрона $e = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ ед. СГСЭ}$.

Ответ: $\lambda \geq \frac{c}{e} \sqrt{\frac{\pi m_e}{N}} \approx 20 \text{ м.}$

Семинар 11

1. Решите задачу 11.7.

2. Решите задачу 11.17.

3. Как с помощью двоякопреломляющих пластинок, вырезанных параллельно оптической оси, превратить эллиптически поляризованный свет в свет, поляризованный по кругу? Какие для этого потребуются пластинки?