

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

(подпись)

20152

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 747 /уч.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПРИРОДА СВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
направления специальности 1-31 04 01-01 Физика
(научно-исследовательская деятельность)
1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий

Минск 2015 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательных стандартов ОСВО 1-31 04 01-2013 и ОСВО 1-31 04 07-2013; учебных планов №G31-163/уч., №G31и-174/уч., №G31-143/уч. и №G31и-179/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Е.С. Воропай — заведующий кафедрой лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.);

Советом физического факультета (протокол № 10 от 18 июня 2015 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Электромагнитная природа световых явлений" разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям) направления 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность) и специальности 1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий.

Целью учебной дисциплины является освоение студентами основных разделов оптики, на основе которых в последующем будут строиться курсы специализации по лазерной физике и спектроскопии и нанофотонике.

Основная задача учебной дисциплины дать представление об разделах оптики, которые относятся к теории электромагнитных волн. Рассматриваются вопросы природы и свойств электромагнитных волн, а также вопросы распространения волн, включая световые волны и описание основных явлений, описываемых на основе волновых представлений и прежде всего такие явления как интерференция и дифракция.

Электромагнитные волны представляют собой достаточно широкий диапазон длин волн, начиная от низкочастотных радиоволн и кончая рентгеновским излучением, которое примыкает к гамма-лучам. Существование электромагнитных волн, равно как и их основные свойства следует из решений уравнений Максвелла, которые в свою очередь представляют результат усреднения уравнений Максвелла-Лоренца. Сегодня сложно представить какую либо отрасль, в которой бы не использовались в той или иной мере элементы и устройства, функционирующие на основе излучения или приема электромагнитного излучения определенного диапазона. Это в свою очередь и предопределяет необходимость и интерес к изучению характеристик и свойств электромагнитных волн.

Световые волны с точки зрения волновой их природы представляют собой относительно небольшой диапазон, однако вместе с тем этот диапазон, пожалуй, в наибольшей мере используется в большинстве оптических элементов и устройствах, а также в спектральных приборах, применяемых для аналитических целей. Надо отметить, что многие явления, такие как интерференция, дифракция лежащие в основе функционирования элементов и устройств спектральных приборов присущи по существу для волн любого диапазона. Поэтому изучение большинства явлений и процессов на примере световых волн будет полезно и для специалистов, имеющих дело с излучением других диапазонов.

В предлагаемом курсе рассматриваются основные свойства и характеристики электромагнитных волн, включая энергетические и поляризационные характеристики. Материал курса строится таким образом, чтобы дополнять знания и представления, полученные студентами при изучении общего курса оптики, с использованием необходимого математического аппарата. При этом преследуется цель дать

представление об отдельных вопросах, которые в последующем будут использоваться и развиваться в отдельных спецкурсах.

Наряду с вопросами, относящимися к области линейной оптики и линейных взаимодействий, дано понятие об основных процессах и механизмах, обуславливающих нелинейные эффекты. Приведены сведения об основных типах источников вынужденного когерентного излучения, основных нелинейных эффектах и применениях лазерных источников.

Материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных дисциплине «Оптика». Он является базовым для дисциплин: «Оптика анизотропных сред», «Когерентная оптика и голография», «Экспериментальная спектроскопия», «Физика лазеров», «Нелинейная оптика».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные положения теории электромагнитных волн;
- основные свойства и характеристики электромагнитных волн оптического диапазона;

уметь:

- прогнозировать эффекты и явления, возникающие при распространении электромагнитных волн в различных средах;

владеть:

- базовыми принципами и методами расчета эффектов и явлений, возникающих при распространении электромагнитных волн в различных средах и структурных элементах.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 42 (1 зачетная единица); аудиторное количество часов — 28. Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и семинарских занятий. На проведение лекционных занятий отводится 24 часа, на семинарские занятия — 4 часа.

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Занятия проводятся на 3-м курсе в 5-ом семестре.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине — зачет (совместно с дисциплиной «Экспериментальная спектроскопия»).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. **Предмет оптики и этапы ее развития.** Предмет оптики. Краткий исторический очерк развития представлений о свете. Основные этапы развития и становления оптико-спектроскопических исследований.
2. **Уравнения Максвелла и их решения.** Получение уравнений Максвелла. Определение понятий о бесконечно малом физическом объеме. Методы усреднения функций и их производных по координатам. Методы усреднения функций и их производных по времени. Усреднение величин микроскопических зарядов и токов в уравнениях Максвелла-Лоренца.
3. **Решения уравнений Максвелла.** Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Элементарные решения уравнений Максвелла. Решения уравнений Максвелла для однородных сред. Плоские волны. Угловая связь между векторами E , H , и S .
4. **Энергетические характеристики электромагнитной волны.** Работа сил поля и энергия. Работа сил электромагнитного поля. Плотность энергии волн. Вектор Умова-Пойтинга. Вычисления энергетических характеристик в комплексной форме векторов поля. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме.
5. **Поляризация электромагнитных волн.** Гармоническая электромагнитная волна. Поляризация волн. Линейная, круговая и эллиптическая поляризация света. Левая и правая круговая и эллиптическая поляризация света. Методы создания волн определенной поляризации. Параметры, характеризующие состояние поляризации света. Сфера Пуанкаре. Параметры Стокса. Методы экспериментального определения параметров Стокса.
6. **Прохождение волн через границу раздела диэлектриков.** Граничные условия. Нормальное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков. Прохождение плоских волн через тонкий плоскопараллельный слой. Коэффициенты отражения и пропускания. Формулы Эйри. Просветление оптики.
7. **Когерентность волн.** Когерентность. Функция когерентности. Пространственная и временная когерентность. Время когерентности. Длина когерентности.
8. **Интерференция волн.** Двухлучевая интерференция. Интерференция монохроматических и квазимонохроматических волн. Многолучевая интерференция и ее применение. Резонаторы.
9. **Дифракция волн.** Дифракция Френеля. Принцип Гюйгенса Френеля. Теория дифракции Френеля. Простейшие дифракционные явления. Дифракция Френеля на крае экрана. Дифракция Кирхгофа. Основные положения теории Кирхгофа. Интегральная теорема Кирхгофа. Граничные условия Кирхгофа. Формула Френеля-Кирхгофа. Дифракция Фраунгофера на прямоугольном отверстии.
10. **Лазеры. Нелинейная оптика.** Нелинейная поляризация среды. Принцип работы лазеров. Свойства лазерного излучения. Применения лазеров.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основные этапы развития оптики и современное состояние оптико-спектроскопических исследований.	2						
2	Уравнения Максвелла-Лоренца и их решения	4						Устный опрос
3	Энергетические характеристики электромагнитной волны.	2						
4	Поляризация электромагнитных волн	4		2				Контрольная работа
5	Прохождение волн через границу раздела диэлектриков.	2						
6	Когерентность волн	2						
7	Интерференция волн.	2						
8	Дифракция волн.	4		2				Контрольная работа
9	Лазеры. Нелинейная оптика.	2						Устный опрос
		24		4				Зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. Наука, М. 1970
2. Н.И. Калитеевский. Волновая оптика. "Высшая школа" М. 1978
3. Р. Дитчберн. Физическая оптика. Наука, М. 1955
4. И.М. Нагибина, В.А. Москалев, Н.А. Полушкина, В.А. Рудин. Прикладная физическая оптика. М. Высшая школа, 565 с.
5. С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. Физическая оптика. –М.: Изд-во МГУ4 Наука. 2004.-656 с.
6. В.Г.Дмитриев, Л.В.Тарасов. Прикладная нелинейная оптика. М.: Физматлит. – 2004.
7. Е.С.Воропай, И.М.Гулис, А.И.Комяк, А.Л.Толстик, А.В.Чалей. Спектроскопия и лазерная физика в БГУ. Кафедре лазерной физики и спектроскопии 60 лет. Минск: БГУ. 2013. – 231 с.

Перечень дополнительной литературы

1. А.А.Семенов. Теория электромагнитных волн. Из-во МГУ, М.1968.
2. А. Н. Матвеев. Оптика. Высш. школа. М. 1985.
3. Р. Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндо. Фейнмановские лекции по физике. Т.6, 7. Мир. М. 1977
4. А.М.Саржевский. Оптика. В 2-х томах. "Университетское". Мн. 1984.
5. А.Л.Толстик Многоволновые взаимодействия в растворах сложных органических соединений. Мн.: БГУ. – 2002.
6. И.М.Гулис. Лазерная спектроскопия. Мн.: БГУ. – 2002.
7. І.В. Сташкевіч. Фізіка лазерау. Мінск. БДУ.-2006.
8. Р. Аззам, Н. Башира. Эллипсометрия и поляризованный свет. М. 1981
9. Ю.А. Ананьев. Оптические резонаторы и лазерные пучки. М., Наука, 1990
10. Лазерная физика и оптические технологии: сборник тезисов IX межд. научной конференции 30 мая – 2 июня 2012, Гродно. Изд.: Институт физики НАН Беларуси. – 304 с.
11. Медэлектроника – 2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сборник научных статей VIII Межд. науч.-тех. конф. (Минск, 10-11 декабря 2014 г.)- Минск: БГУИР,. 2014. 424 с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные работы.
2. Устные опросы.

Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине

Перечень разделов для составления контрольных работ

1. Уравнения Максвелла и их решения
2. Энергетические характеристики электромагнитной волны.
3. Поляризация электромагнитных волн
4. Прохождение волн через границу раздела диэлектриков.
5. Когерентность волн
6. Интерференция волн.
7. Дифракция Кирхгофа.
8. Элементы нелинейной оптики.

Примерный перечень вопросов контрольных работ

1. Определение понятия о бесконечно малом физическом объеме.
2. Методы усреднения функций и их производных по координатам.
3. Методы усреднения функций и их производных по времени.
4. Усреднение величин микроскопических зарядов и токов в уравнениях Максвелла-Лоренца.
5. Уравнения Максвелла.
6. Волновое уравнение.
7. Элементарные решения уравнений Максвелла
8. Решения уравнений Максвелла для однородных сред.
9. Плоские волны.
10. Угловая связь между векторами E , H , и S
11. Работа сил электромагнитного поля.
12. Плотность энергии волн.
13. Вектор Умова-Пойтинга.
14. Вычисления энергетических характеристик в комплексной форме векторов поля.
15. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме.
16. Гармоническая электромагнитная волна.
17. Поляризация волн.
18. Линейная, круговая и эллиптическая поляризация света.
19. Левая и правая круговая и эллиптическая поляризация света.

20. Методы создания волн определенной поляризации.
21. Параметры, характеризующие состояние поляризации света.
22. Сфера Пуанкаре.
23. Понятие о параметрах Стокса.
24. Граничные условия.
25. Нормальное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков.
26. Прохождение плоских волн через тонкий плоскопараллельный слой.
27. Коэффициенты отражения и пропускания. Формулы Эйри.
28. Просветление оптики.
29. Когерентность.
30. Функция когерентности.
31. Пространственная и временная когерентность.
32. Время когерентности.
33. Длина когерентности.
34. Двухлучевая интерференция.
35. Интерференция монохроматических и квазимонохроматических волн.
36. Многолучевая интерференция и ее применение.
37. Резонаторы.
38. Принцип Гюйгенса Френеля.
39. Теория дифракции Френеля.
40. Простейшие дифракционные явления.
41. Дифракция Френеля на крае экрана.
42. Основные положения теории Кирхгофа.
43. Интегральная теорема Кирхгофа.
44. Граничные условия Кирхгофа.
45. Формула Френеля-Кирхгофа.
46. Дифракция Фраунгофера на прямоугольном отверстии.
47. Принцип работы лазеров.
48. Свойства лазерного излучения.
49. Применения лазеров.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания или контрольные работы по разделам дисциплины, устные опросы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольные работы проводятся в письменной форме. На выполнение контрольной работы отводится 90 мин. Оценка каждой из контрольных работ проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается по формуле:

$$\text{текущая} = 0,6 \cdot \left(\frac{\text{контр1} + \text{контр2}}{2} \right) + 0,2 \cdot \frac{\sum_i^n \text{устн}_i}{n} + \text{ПБ} - \text{ШБ},$$

где *текущая* – это оценка текущей успеваемости, *контр1* и *контр2* – оценки по десятибалльной шкале за 1 и 2 контрольные работы соответственно, *устн_i* – оценка по десятибалльной шкале за устный ответ, *n* – количество устных ответов; *ПБ* – поощерительные баллы, начисляемые за выполнение дополнительных (необязательных) заданий, активность на занятиях (максимум 2 балла за семестр), *ШБ* – штрафные баллы, которые начисляются за пропуски занятий (0,3 балла за каждое пропущенное занятие), систематическое опоздание, нарушение учебной дисциплины.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета (совместно с дисциплиной «Экспериментальная спектроскопия»), к зачету допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не менее 4 баллов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Оптика	Кафедра общей физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 12 от 18 июня 2014 г.)
Оптика анизотропных сред	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Когерентная оптика и голография	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Экспериментальная спектроскопия	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Физика лазеров	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)
Нелинейная оптика	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.)

[illegible]

_____ Е.С. Воропай

В.М. АНИЩИК