

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Когерентная и нелинейная оптика

: 12.03.05

: 3, : 5 6

		5	6
1	()	2	3
2		72	108
3	, .	42	44
4	, .	18	18
5	, .	18	18
6	, .	0	0
7	, .	18	18
8	, .	2	2
9	, .	4	6
10	, .	30	64
11	(, ,)		
12			

(): 12.03.05

953 03.09.2015 ., : 07.10.2015 .

: 1,

(): 12.03.05

, _____ 20.06.2017

- , 3 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ПК.1 способность к анализу поставленной задачи исследований в области приборостроения; в части следующих результатов обучения:	
12.	- ,
Компетенция ФГОС: ПК.3 способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике; в части следующих результатов обучения:	
3.	

2.

2.1

--	--

.1. 12 - ,	
1. Об основных элементах симметрии, точечных группах симметрии кристаллов и их влиянии на физические свойства кристаллов. Об особенностях распространения оптического излучения в анизотропных средах.	;
2. О многообразии нелинейно-оптических явлений, возникающих в средах с нелинейной восприимчивостью второго и третьего порядков, их тензорном представлении и основных физических механизмах, их определяющих.	;
3. О методах описания процессов нелинейно-оптического преобразования излучения лазерных систем, работающих в различных режимах (непрерывном импульсном, фемтосекундном).	;
4. Об особенностях распространения и нелинейного преобразования короткоимпульсного оптического излучения в диспергирующих и нелинейно-оптических средах.	;
5. О требованиях на параметры нелинейно-оптических устройств, обеспечивающих их максимальную эффективность и о параметрах реальных нелинейно-оптических устройств, доступных для практического использования.	;
6. О новых направлениях развития нелинейной оптики - оптике предельно-коротких оптических импульсов.	;
7. Основные характеристики нелинейно-оптических сред. Нелинейно-оптические явления, включающие в себя генерацию суммарных и разностных частот, генерацию гармоник, параметрические процессы и процессы вынужденного рассеяния, которые используются в современных лазерных системах для расширения диапазона генерации лазерного излучения. Методы выбора оптимальных схем и нелинейно-оптических сред для нелинейного преобразования лазерных систем, работающих в непрерывном, импульсном и фемтосекундном режимах. Основные направления современного развития нелинейно-оптических устройств - новые нелинейные кристаллы, кристаллы с доменной структурой, преобразователи на основе уширения спектра фемтосекундных и пикосекундных импульсов в объемных и волоконных системах	;
8. Классификацию и основные свойства нелинейно-оптических явлений второго и третьего порядков, механизмы, определяющие основные эффекты молекулярной нелинейной оптики - различные виды вынужденных рассеяний.	;
9. Основные законы распространения и преобразования лазерного излучения (в том числе - короткоимпульсного) в анизотропных, диспергирующих и нелинейно-оптических средах.	;

10. Проводить сравнительный анализ основных характеристик нелинейно-оптических сред.	;	;
11. Определять требования на параметры лазерного излучения, необходимые для оптимального режима работы нелинейно-оптических преобразователей. Выбирать оптимальные нелинейно-оптические элементы для преобразования излучения конкретных лазерных систем на основе данных из научной литературы и проспектов фирм, производящих нелинейно-оптические материалы.	;	;
3. 3		
12. Методы расчета (метод укороченных уравнений, метод медленно меняющихся амплитуд в различных приближениях теории дисперсии) параметров нелинейно-оптических преобразователей и основные факторы, влияющие на их эффективность	;	
13. Использовать различные методы решения нелинейных уравнений Максвелла для расчета основных параметров нелинейно-оптических преобразователей.	;	;
14. Оценивать и анализировать основные факторы, определяющие предельную эффективность нелинейно-оптических устройств (элементов) и ограничивающих их реальную эффективность, (в том числе - оптические потери, точность изготовления, точность ориентировки кристаллов).		;

3.

3.1

	,	.	
: 5			
:			
1.	0	2	1
2.	0	4	13, 2
3.	0	4	10, 7
4.	0	4	1
:			

5.		0	4	7,9
:6				
:				
6.	()	0	4	12,9
:				
7.	()	0	4	11,9
:				
8.	()	0	4	4,5
:				
9.	(,)	0	2	12,9
:				
10.		0	4	6,7

3.2

	,			
:5				
:				
1.	2	2	13,3	

<p>2. ().</p>	4	4	10, 14, 5	
<p>3. (up-conversion).</p>	4	4	11, 7	
<p>4. 90-</p>	4	4	10, 14, 5	
<p>5. ().</p>	4	4	11, 7	
: 6				
:				

6.		4	4	8, 9	
7.		4	4	13, 6, 8	
8.	()	4	4	10, 6, 9	
9.	()	4	4	10, 6, 9	
10.		2	2	13, 6, 8	

4.

: 5				
1		10, 7, 9	5	0
2		10, 7, 9	10	2
<p> []: - / . . . ; , [2011]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161907. - . </p>				
3		1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	5	0
4		1, 10, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	2
: 6				
1		12, 13, 14	5	0
2		12, 13, 14	20	2

<p style="text-align: center;">[]: - / . . . ; , [2011]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161907 . -</p>				
3		12, 13, 14	15	2
4		12, 13, 14	24	2

5.

(. 5.1).

5.1

	e-mail
	e-mail

5.2

1		.1;
Формируемые умения: з12. знать нелинейно-оптические явления, наблюдаемые в изотропных и анизотропных средах при распространении в них высокоинтенсивного оптического излучения		
Краткое описание применения:		

6.

(),

-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 5		
<i>Контрольные работы:</i>	20	40
<i>РГЗ:</i>	20	40
<i>Зачет №5:</i>	10	20
<i>Зачет №7:</i>	0	20
: 6		
<i>Контрольные работы:</i>	15	30
<i>РГЗ:</i>	15	30

Экзамен №10:	20	40
Экзамен №11:	0	40

6.2

6.2

.1	12.	-	,		
.3	3.				

1

7.

1. Литвинов О. С. Электромагнитные волны и оптика : учебное пособие для вузов / О. С. Литвинов, В. С. Горелик. - М., 2006. - 446, [1] с. : ил.
2. Корель И. И. Нелинейные волновые уравнения в оптике : учебное пособие / И. И. Корель ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 36, [3] с. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/korel.pdf>

1. Шен И. Р. Принципы нелинейной оптики / И. Р. Шен ; пер. с англ. И. Л. Шумая, под ред. С. А. Ахманова. - М., 1989. - 557, [1] с. : табл., схемы
2. Дмитриев В. Г. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. - М., 2004. - 512 с. : ил.
3. Николаев В. М. Нелинейная оптика : учебное пособие / В. М. Николаев ; Ленинград. политехн. ин-т им. М. И. Калинина. - Л., 1982. - 82, [1] с. : ил.
4. Агравал Г. П. Применение нелинейной волоконной оптики : учебн. пособие / Г. П. Агравал. - 1-е изд. - СПб. : Лань, 2011. - 592 с.
5. Русинов М. М. Техническая оптика : учеб. пособие для студентов опт. специальностей вузов / М. М. Русинов. - Изд. 2-е. - М. : URSS, 2011. - 487 [1] с. - (Классика инженерной мысли: оптика и ее приложения).
6. Агравал Г. П. Применение нелинейной волоконной оптики : учебн. пособие / Г. П. Агравал. - 1-е изд. - СПб. : Лань, 2011. - 592 с.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8.

8.1

1. Чередниченко М. В. Правила оформления отчетной учебной документации [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М. В. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161907. - Загл. с экрана.

8.2

1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

9.

-

1	(-) , ,	

Билеты

Билет №1

Кристаллы. Простейшие элементы симметрии кристаллов.
Электромагнитные волны в прозрачных кристаллах.
Условия оптимальной фокусировки при генерации второй гармоники.

Билет №2

Матричное представление операций симметрии.
Уравнение Френеля.
Генерация второй гармоники во внешнем резонаторе.

Билет №3

Точечные группы симметрии кристаллов.
Двулучепреломление: обыкновенная и необыкновенная волна. Расчет угла двулучепреломления в одноосных кристаллах.
Генерация второй гармоники гауссовыми пучками.

Билет №4

Системы кристаллических классов – сингонии.
Внутренняя коническая рефракция.
Укороченные волновые уравнения при трехчастотном параметрическом взаимодействии.

Билет №5

Симметрия и физические свойства кристалла: принцип Неймана.
Отрицательные и положительные одноосные кристаллы. Обыкновенная и необыкновенная волна.
Внутрирезонаторная генерация второй гармоники.

Билет №6

Тензор диэлектрической проницаемости кристаллов различных кристаллических систем.
Двуосные отрицательные и положительные кристаллы. Распространение излучения в плоскости XY.
Волновое уравнение в нелинейной среде. Приближение медленно меняющихся амплитуд.

Билет №7

Эллипсоид показателя преломления - оптическая индикатриса.
Внешняя коническая рефракция.
Типы фазового согласования. Перестройка частоты параметрического генератора: угловая, температурная, спектральная.

Билет №8

Условие фазового согласования в кристаллах с двулучепреломлением. Виды фазового синхронизма в одноосных положительных и отрицательных кристаллах.
Электрооптические коэффициенты кристаллов в тензорном представлении.
Преломление на границе раздела анизотропных сред.

Билет №9

Квадратичный электрооптический эффект
Интерференция поляризованных лучей.
Параметрическое усиление и генерация света: коэффициент усиления.

Билет №10

Линейный электрооптический эффект.

Амплитудная и фазовая электрооптическая модуляция света.
Угловые, температурные и спектральные ширины синхронизма.
Некритичный - 90-градусный синхронизм.

Билет №11

Классификация излучения по поляризации. Поляризаторы излучения.
(Призма Глана, пластинка Бабиня.)
Принцип суперпозиции и его нарушение. Классификация нелинейных явлений.
Генерация второй гармоники в приближении заданного поля основной частоты.

Билет №12

Поперечный линейный электрооптический эффект в кристалле с симметрией $3m$ (поле E вдоль X).
Нелинейная восприимчивость второго порядка, модель ангармонического осциллятора.
Общие свойства тензора квадратичной восприимчивости.
Волновое уравнение в нелинейной среде. Приближение медленно меняющихся амплитуд.

Билет №13

Уравнение Френеля. Отрицательные одноосные и положительные кристаллы.
Угловые, температурные и спектральные ширины синхронизма.
Некритичный - 90-градусный синхронизм.
Соотношение Менли-Роу.

Билет №14

Матричное представление операций симметрии. Точечные группы симметрии кристаллов.
Продольный линейный электрооптический эффект в кристалле с симметрией $3m$ (поле E вдоль Z).
Согласование фаз при генерации второй гармоники. Длина когерентного взаимодействия.
Квазисинхронное взаимодействие.

Билет №15

Основные элементы симметрии. Точечные группы симметрии кристаллов
Поперечный квадратичный электрооптический эффект в кристалле с симметрией $m3m$ (поле E вдоль Z).
Условие фазового согласования в кристаллах с двулучепреломлением. Виды фазового синхронизма в одноосных положительных и отрицательных кристаллах.

Билет №16

Системы кристаллических классов – сингонии.
Определение эффективной нелинейной восприимчивости для кристаллов различных симметрий.
Апертурные эффекты при генерации второй гармоники.

Билет №17

Укороченные волновые уравнения при трехчастотном параметрическом взаимодействии.
Параметрическое преобразование частоты вверх (up-conversion).

Билет №18

Параметрическое усиление и генерация света: коэффициент усиления. Условия возбуждения параметрической генерации. Эффективность преобразования частоты из инфракрасного диапазона в видимый.

Билет №19

Типы фазового согласования при параметрическом взаимодействии. Перестройка частоты параметрического генератора: угловая, температурная, спектральная.

Билет №20

Рассеяние Рэлея (индикатриса рассеяния, спектральная зависимость). Термодинамический подход в теории молекулярного рассеяния.

Билет №21

Спонтанное комбинационное рассеяние света (рамановское рассеяние света).

Билет №22

Вынужденное стоксово комбинационное рассеяние света. Коэффициент усиления, угловая и спектральная зависимости.

Билет №23

Вынужденное антистоксово комбинационное рассеяние. Коэффициент усиления, угловая и спектральная зависимости.

Билет №24

Комбинационное рассеяние как явление нелинейной оптики. ВКР лазеры. Активная спектроскопия комбинационного рассеяния (АСКР, КАРС).

Билет №25

Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.

Билет №26

Обращение волнового фронта (ОВФ) при ВРМБ.

Билет №27

Вынужденное температурное рассеяние света (ВТР, основные механизмы).

Билет №28

Вынужденное рассеяние крыла линии Релея (ориентационное рассеяние).

Билет №29

Распространение сверхкоротких оптических импульсов в линейной диспергирующей среде. Первое приближение теории дисперсии. Групповая скорость.

Билет №30

Распространение сверхкоротких оптических импульсов в диспергирующей среде. Второе приближение теории дисперсии. Дисперсионное расплывание волновых пакетов.

Билет №31

Уширение и сжатие оптических импульсов (основы методов). Третье и высшие приближения теории дисперсии.

Билет №32

Удвоение частоты сверхкоротких импульсов. Групповой синхронизм.

Билет №33

Параметрическое усиление сверхкоротких импульсов. Формирование и сжатие импульсов при параметрическом преобразовании.

Билет №34

Физические механизмы изменения показателя преломления. Самомодуляция и самофокусировка лазерных импульсов.

Билет №35

Солитонный режим распространения сверхкоротких импульсов.

Билет №36

Генерация суперконтинуума (сверхуширение спектра, основные механизмы). Коэффициент усиления при четырехфотонном параметрическом взаимодействии. Условия синхронизма.

Билет №37

Основные механизмы уширения спектра в волоконных системах и фотонных кристаллах при распространении в них импульсов наносекундной длительности.

Билет №38

Основные механизмы уширения спектра в волоконных системах и фотонных кристаллах при распространении в них импульсов фемтосекундной длительности.

Примеры РГР.

1. Рассмотреть и представить в матричном виде все элементы точечной симметрии кристаллов группы 32.
2. Рассчитать параметры оптимального среза кристалла КТР для получения максимального коэффициента преобразования во вторую гармонику излучения непрерывного лазера на длине волны 1.064 мкм.
3. Рассчитать параметры среза кристалла ВВО и оптимальные характеристики параметрического усиления сверхкоротких импульсов с максимальной спектральной шириной.
4. Рассчитать длительности сверхкоротких импульсов и размеры элементов из плавленого кварца, при которых будет проявляться влияние на параметры импульсов дисперсии
 - а) второго порядка
 - б) третьего порядка