

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.04 ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ТВЁРДОГО ТЕЛА

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент, канд. физ.-мат. наук Ципотан А.С.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Дисциплина «Оптическая спектроскопия твердого тела» представляет собой одну из важных дисциплин подготовки специалистов по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика».

Изучение дисциплины базируется на материалах предшествующих естественно-научных дисциплин. Цель преподавания дисциплины – освоение подходов и методов теоретического описания распространения оптических волн и их взаимодействия с анизотропной средой, приобретение навыков решения задач и проблем в этой области науки, формирование гармоничного (комплексного) представления о современных теоретических и экспериментальных методах исследования и различных практических приложений.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

Выпускник, освоивший дисциплину «Оптическая спектроскопия твердого тела» должен приобрести профессиональные компетенции, а также получить умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве специалиста по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика». В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве бакалавра физики.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен применять знания в области фундаментальной и прикладной физики в научно-исследовательских и прикладных работах	
ПК-1.1 Планирует, организовывает и проводит научные и прикладные исследования, используя знания в области фундаментальной и прикладной физики	Знает основы физики субатомных и субъядерных процессов; основные достижения и проблемы физики субатомных и субъядерных процессов; основные типы, характеристики современных приборов, применяемых при исследовании субатомных и субъядерных процессов. Умеет применять профессионально-ориентированную терминологию; Составляет практические рекомендации по использованию полученных результатов исследований Владеет навыками организации и выполнения физических исследований; навыками оптимизации современных наукоемких технологий

<p>ПК-1.2 Анализирует отечественные и зарубежные достижения в области фундаментальной и прикладной физики для осуществления выбора форм и методов научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем научного исследования</p>	<p>Знает основные достижения и проблемы в области сверхбыстрых и микромасштабных процессов; основные типы, характеристики современных приборов, применяемых при исследовании сверхбыстрых и микромасштабных процессов; техники регистрации, методики инициирования, разработанные для исследования сверхбыстрых и микромасштабных процессов. Составляет план поиска научно-технической информации в области сверхбыстрых и микромасштабных процессов; Проводит поиск и анализ научно-технической информации; Проводит анализ отечественного и зарубежного опыта по исследованиям в области сверхбыстрых и микромасштабных процессов. Владеет методиками исследования сверхбыстрых и микромасштабных процессов</p>
<p>ПК-2 Способен применять физические закономерности взаимодействия излучения с веществом в современных технологиях</p>	
<p>ПК-2.1 Применяет закономерности взаимодействия излучения с веществом в результатах научных исследований</p>	<p>Знает физические механизмы взаимодействия излучения с твердым телом; современные подходы к исследованию оптических свойств твердого тела; основные типы спектральных приборов, традиционно используемых в спектроскопии твердого тела. Выбирает оптимальный метод обработки экспериментальных данных; тип спектрального прибора при различных видах исследований; Подбирает необходимый спектральный метод исследования.</p>
<p>ПК-2.2 Анализирует области применения высокоэнергетических воздействий на вещество в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах</p>	<p>Знает области применения высокоэнергетических воздействий на вещество; способы и методы высокоэнергетических воздействий на вещество; устройство и принципы работы установок для высокоэнергетических воздействий на вещество. Подбирает методы высокоэнергетических воздействий на вещество исходя из условий задачи; Критически анализирует параметры излучения различных типов лазеров при выборе устройства для высокоэнергетических воздействий на вещество; Оценивает эффективность воздействия на вещество. Умеет читать опытно-конструкторскую документацию. Владеет методами исследования физических свойств вещества; Владеет методами высокоэнергетических процессов обработки материалов</p>

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		7
Общая трудоемкость дисциплины	3 (108)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	2 (72)
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
практические занятия	1 (36)	1 (36)
Самостоятельная работа обучающихся	1 (36)	1 (36)
Вид промежуточной аттестации (Зачет)		Зачёт

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Твердое тело, электромагнитное излучение					
1.	Лек	Кристаллическая структура и силы связи в твердых телах	3	7	
2.	Лек	Электромагнитное излучение. Преобразование Фурье	3	7	
3.	Пр	Кристаллическая структура твердых тел	2	7	
4.	Пр	Межатомные силы, колебания кристаллической решетки твердых тел	2	7	
5.	Пр	Электромагнитное излучение	6	7	
6.	Пр	Преобразование Фурье	2	7	
7.	Ср		6	7	
Раздел 2. Спектральный анализ света					
1.	Лек	Источники электромагнитного излучения.	3	7	
2.	Лек	Приемники электромагнитного излучения.	3	7	
3.	Лек	Спектральный анализ света	4	7	
4.	Пр	Источники электромагнитного излучения	4	7	
5.	Пр	Спектральный анализ света	2	7	
6.	Ср		10	7	
Раздел 3. Энергетический спектр в твердых телах					
1.	Лек	Оптические константы и соотношения Крамерса-Кронига	3	7	
2.	Лек	Модели диэлектрических функций, экспериментальные методы их определения	3	7	
3.	Пр	Диэлектрическая функция	8	7	
4.	Пр	Электромагнитные и оптические свойства твердых тел	4	7	
5.	Ср		6	7	
Раздел 4. Методы спектрального анализа твердых тел					
1.	Лек	Спектроскопия видимого диапазона спектра	4	7	
2.	Лек	Спектроскопия светорассеяния	5	7	
3.	Лек	Инфракрасная спектроскопия	5	7	
4.	Пр	Различные методы спектроскопии	6	7	
5.	Ср		14	7	
6.	Зачёт			7	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Салех Б. Е. А., Тейх М. К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Т. 1: [учебное пособие : в 2-х томах] : перевод с английского. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 759 с..

2. Салех Б. Е. А., Тейх М. К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Т. 2: [учебное пособие : в 2-х томах] : перевод с английского. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 780 с..

3. Демтрёдер В., Мельников Л. А. Современная лазерная спектроскопия: [учебное пособие]. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 1071 с..

4. Стафеев С. К., Боярский К. К., Башнина Г. Л. Основы оптики: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Физика" (510400), "Прикладная математика и физика" (511600), "Оптотехника" (551900), "Приборостроение" (551500) и другим физическим и техническим направлениям подготовки. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

5. Стрекалов Ю. А., Тенякова Н. А. Физика твердого тела: Учебное пособие. - Москва: Издательский Центр РИО, 2013. - 307 с..

6. Вустер У. А., Шувалов Л. А. Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов: перевод с английского. - Москва: Мир, 1977. - 383 с..

7. Келих С., Фабелинский И. Л. Молекулярная нелинейная оптика: перевод с польского. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. - 671 с..

8. Сизых А. Г., Герасимова М. А., Слюсарева Е. А., Проворов А. С. Оптическая спектроскопия [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. - Красноярск: ИПК СФУ, 2007. - on-line – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-755620.zip .

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic. Офисный пакет Microsoft Office.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru>

2. Поисковая машина электронных книг <http://www.poiskknig.ru>

3. Файловый архив для студентов <http://www.studfiles.ru>

4. Расчет теоретико-групповых соотношений параметров оптических спектров <http://www.cryst.ehu.es>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.В.04 Оптическая спектроскопия
твёрдого тела

Направление подготовки/специальность 03.05.02 Фундаментальная и
прикладная физика

Образовательная программа 03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная
физика

1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ПК-1: Способен применять знания в области фундаментальной и прикладной физики в научно-исследовательских и прикладных работах			
7	ПК-1.1: Планирует, организывает и проводит научные и прикладные исследования, используя знания в области фундаментальной и прикладной физики	Знает основы физики субатомных и субъядерных процессов; основные достижения и проблемы физики субатомных и субъядерных процессов; основные типы, характеристики современных приборов, применяемых при исследовании субатомных и субъядерных процессов	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения
		Умеет применять профессионально-ориентированную терминологию; Составляет практические рекомендации по использованию полученных результатов исследований	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения
		Владеет навыками организации и выполнения физических исследований; навыками оптимизации современных наукоемких технологий	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

7	ПК-1.2: Анализирует отечественные и зарубежные достижения в области фундаментальной и прикладной физики для осуществления выбора форм и методов научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем научного исследования	Знает основные достижения и проблемы в области сверхбыстрых и микромасштабных процессов; т основные типы, характеристики современных приборов, применяемых при исследовании сверхбыстрых и микромасштабных процессов; техники регистрации, методики инициирования, разработанные для исследования сверхбыстрых и микромасштабных процессов	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения
		Составляет план поиска научно-технической информации в области сверхбыстрых и микромасштабных процессов; Проводит поиск и анализ научно-технической информации; Проводит анализ отечественного и зарубежного опыта по исследованиям в области сверхбыстрых и микромасштабных процессов	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения
		Владеет методиками исследования сверхбыстрых и микромасштабных процессов	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения
ПК-2: Способен применять физические закономерности взаимодействия излучения с веществом в современных технологиях			
7	ПК-2.1: Применяет закономерности взаимодействия излучения с веществом в результатах научных исследований	Знает физические механизмы взаимодействия излучения с твердым телом; современные подходы к исследованию оптических свойств твердого тела; основные типы	Контрольные вопросы к зачету; Задача для самостоятельного решения

		<p>спектральных приборов, традиционно используемых в спектроскопии твердого тела</p> <p>Выбирает оптимальный метод обработки экспериментальных данных;</p> <p>тип спектрального прибора при различных видах исследований;</p> <p>Подбирает необходимый спектральный метод исследования.</p>	
7	ПК-2.2: Анализирует области применения высокоэнергетических воздействий на вещество в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах	<p>Знает области применения высокоэнергетических воздействий на вещество; способы и методы высокоэнергетических воздействий на вещество; устройство и принципы работы установок для высокоэнергетических воздействий на вещество</p>	<p>Контрольные вопросы к зачету;</p> <p>Задача для самостоятельного решения</p>
<p>Подбирает методы высокоэнергетических воздействий на вещество исходя из условий задачи;</p> <p>Критически анализирует параметры излучения различных типов лазеров при выборе устройства для высокоэнергетических воздействий на вещество;</p> <p>Оценивает эффективность воздействия на вещество</p> <p>Умеет читать опытно-конструкторскую документацию</p>		<p>Контрольные вопросы к зачету;</p> <p>Задача для самостоятельного решения</p>	
<p>Владеет методами исследования физических свойств вещества;</p> <p>Владеет методами высокоэнергетических процессов обработки материалов</p>		<p>Контрольные вопросы к зачету;</p> <p>Задача для самостоятельного решения</p>	

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

2.1 Задача для самостоятельного решения

На рисунке 1 приведены спектры отражения металлов. Необходимо используя метод Крамерса-Кронинга вычислить оптические константы (коэффициенты поглощения и преломления) металла.

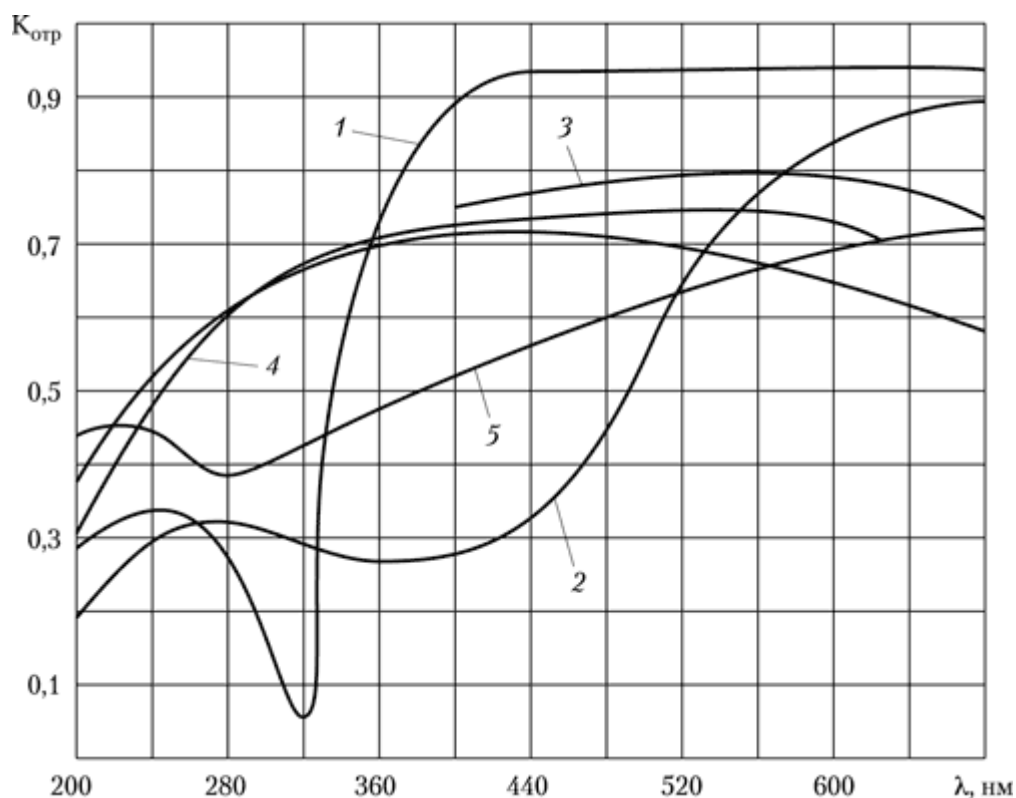


Рисунок 1. Спектральные характеристики отражения: 1 — серебро; 2 — золото; 3 — родий; 4 — алюминий; 5 — хром.

Методические рекомендации по решению задачи:

Задача решается по вариантам (5 вариантов, соответствующих номеру металла на рисунке 1). Дисперсионные соотношения типа Крамерса-Кронинга могут быть установлены также между другими комплексными величинами, характеризующими оптические свойства веществ. С практической точки зрения представляет интерес установление дисперсионной связи между коэффициентом отражения поглощающей среды при нормальном падении света на образцы и фазой отраженной волны.

$$\delta(\omega) = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ln\left(\frac{R(\omega)}{R(\omega')}\right)}{(\omega')^2 - \omega^2} d\omega' . \quad (1)$$

Это соотношение позволяет по измеренному коэффициенту отражения в широком диапазоне частот вычислить фазу для заданной частоты и по этим величинам найти оптические константы n и k , так как:

$$n = \frac{1 - R}{(1 - \sqrt{R})^2 + 4\sqrt{R} \cdot \sin^2 \frac{\delta}{2}} \quad \text{и} \quad k = \frac{2\sqrt{R} \cdot \sin \delta}{(1 - \sqrt{R})^2 + 4\sqrt{R} \cdot \sin^2 \frac{\delta}{2}} . \quad (2)$$

Критерии оценки решения задачи:

Форма оценки задачи – “зачтено”/”не зачтено”. Задача сдается в срок до начала зачетной недели и является допуском на зачет.

«Зачтено» выставляется обучающемуся, если приведен верный ответ на задачу, показано решение задачи, разъяснен механизм применения дисперсионных соотношений типа Крамерса-Кронига и границы их применимости.

«Не зачтено» выставляется обучающемуся, который предоставил неверный ответ, не показано решение задачи.

2.2 Перечень контрольных вопросов к зачету:

1. Структура твердых тел. Силы связи в твердых телах.
2. Колебания периодических линейных цепочек. Колебания сложной кристаллической решетки.
3. Оптические спектры металлов и теория Друде. Твердотельная плазма в металлах.
4. Поверхностные плазменные волны. Колебания плазмы в малых металлических частицах и их оптическое проявление. Методы измерения оптических констант.
5. Спектры поглощения и условия их возникновения. Спектры комбинационного рассеяния света. Правила отбора.
6. Однофононные спектры отражения и КРС первого порядка.
7. Основные уравнения возбуждения фундаментальных колебаний. Понятие о поляритонах колеблющейся решетки.
8. Форма фундаментальных полос отражения. Теория и эксперимент. Влияние ангармоничности колебаний на форму полос.
9. Комбинационное рассеяние света. Эксперимент и понятие о внешних и внутренних колебаниях.
10. Инфракрасные спектры, связанные с колебаниями высшего порядка. Основные положения. Поляризация высшего порядка.
11. Двух- и трехфононное поглощение. Эксперимент и его обсуждение.

12. Общий подход к нахождению энергетического спектра. Адиабатическое приближение.

13. Одноэлектронное приближении. Метод Хартри– Фока.

14. Учет симметрии кристаллов в одноэлектронном уравнении Шредингера

15. Электронный спектр металлов. Квантовая теория Зоммерфельда.

16. Электронный спектр в приближении почти свободных электронов.

17. Электронный спектр в полупроводниках и диэлектриках. кр- метод расчета уровней энергии в полупроводниках.

18. Метод сильной связи. Плотность состояний в разрешенных зонах и заполнение зон электронами.

19. Междузонное поглощение света. Влияние давления и температуры на электронные спектры в кристаллах.

20. Влияние однородного электрического поля на электронный спектр полупроводников. Влияние магнитного поля на электронный спектр полупроводников и магнитооптические эффекты.

21. Экситоны в полупроводниках и диэлектриках. Общие соображения.

22. Экситоны Френкеля. Давыдовское расщепление.

23. Экситоны Ваннье– Мотта. Экситоны в полупроводниках.

24. Теория Эллиотта экситонных спектров поглощения. Влияние внешних воздействий на экситоны в полупроводниках и диэлектриках.

Методические рекомендации по проведению зачета:

В процессе обучения студентам следует учесть, что пропуски лекционных и практических занятий фиксируются. Пропущенный лекционный и практический материал самостоятельно прорабатывается студентом в виде написания реферата и обсуждения материала с преподавателем.

Итоговый контроль знаний по курсу проводится на заключительной стадии в форме зачета. Зачет проходит в письменной форме (ответ на один из контрольных вопросов). Проверка письменных ответов студентов осуществляется преподавателем с выделением ошибочных данных и заключений. Форма оценки – “зачтено”/”не зачтено”.

Критерии оценки зачета:

«Зачтено» выставляется обучающемуся, если в ответе верно изложено не менее 50% материала и не допущено существенных неточностей.

«Не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части (более 50 %) программного материала и допускает существенные ошибки.

Разработчик



А.С.Ципотан