

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Колебательные спектры конденсированного углерода и нанougлерода

03.03.02 Физика

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Институт  
Кафедра  
Курс  
Семестр

*Институт Естествознания и стандартизации  
Прикладной и теоретической физики  
3  
5*

Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 03.03.02 Физика, утвержденного 07.08.2014 г. № 937

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Прикладной и теоретической физики

«18» сентября 2017 г., протокол № 1


Зав. кафедрой  А.Н.Бехтерев/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института Естествознания и стандартизации

25 сентября 2017 г., протокол № 1

Председатель  / И.Ю.Мезин /

Рабочая программа составлена:

Зав. кафедрой прикладной теоретической физики.  А.Н.Бехтерев/

Рецензент:  
Зав. кафедрой физики

 / Ю.И. Савченко /



### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются: расширение и углубление знаний по математике и физике, лежащих в основе теоретического обоснования многих физических теорий и используемых при решении ряда прикладных задач, а также приобретение навыков их применения, формирование общекультурных и профессиональных компетенций, необходимых для осуществления профессиональной деятельности.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Колебательные спектры конденсированного углерода и наноуглерода входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Вычислительная физика

Общий физический практикум

Основы физики конденсированного состояния

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Исследование структуры и свойств углеродных наноструктур

Физические и химические методы контроля окружающей среды

Спектроскопические методы исследования

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Колебательные спектры конденсированного углерода и наноуглерода» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный элемент компетенции   | Планируемые результаты обучения   |
|---|---|
| ПК-2 способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта |   |
| Знать   | основные приемы спектральных методов качественного и количественного анализа, физические и химические методы обнаружения ингредиентов в сложных системах;   |
| Уметь   | работать с веществами, выполнять аналитическое исследование сред, используя на практике знания о спектрометрических исследованиях   |
| Владеть   | - техникой спектральных исследований, приёмами работы с соответствующим оборудованием;<br>- приёмами изложения материалов на семинарах, практических занятиях, в лабораторном исследовании и отчёте;<br>- навыками выполнения самостоятельных заданий, например, при написании и защите рефератов |
| ПК-3 готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований   |   |
| Знать   | современные теории и методы спектральных исследований   |

|   |   |
|---|---|
| Уметь   | применять современные теории и методы спектральных исследований                                       |
| Владеть   | современными методами и приёмами спектрального анализа  |
| ПК-4 способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин |   |
| Знать   | возможности применения для исследования существующих методов спектрофотометрических исследований      |
| Уметь   | применять современные теории и методы спектральных исследований и анализировать полученные результаты |
| Владеть   | приемами анализа и применения для исследования существующих методов спектроскопии                     |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 38,3 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,3 акад. часов
- самостоятельная работа – 34 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины  | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции  |
|--|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|------------------|
|  |         | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |   |   |                  |
| 1. Структура и методы исследования наноуглерода  |         |  |           |             |                                 |   |   |                  |
| 1.1 Структурные особенности кристаллических, аморфных и наноуглеродных   | 5       |  | 8/4И      |             | 8                               | Подготовка к лабораторным занятиям. Поиск дополнительной информации | Защита лабораторных работ. Подготовка докладов                  | ПК-2, ПК-3, ПК-4 |
| 1.2 Методы исследования и особенности колебательных спектров кон-денсированного углерода и наноуглерода.                 |         |  | 10/4И     |             | 8                               | Подготовка к лабораторным занятиям. Поиск дополнительной информации | Защита лабораторных работ. Подготовка докладов                  | ПК-2, ПК-3, ПК-4 |
| 1.3 Теоретический расчет колебательных спектров конденсированного углерода и дефектов структуры: ретроспективный анализ. |         |  | 8/4И      |             | 8                               | Подготовка к лабораторным занятиям. Поиск дополнительной информации | Защита лабораторных работ. Подготовка докладов                  | ПК-2, ПК-3, ПК-4 |
| 1.4 Применение колебательных спектров углеродных объектов для анализа структурных особенностей и                         |         |  | 10/2И     |             | 10                              | Подготовка к лабораторным занятиям. Поиск дополнительной информации | Защита лабораторных работ. Подготовка докладов                  | ПК-2, ПК-3, ПК-4 |
| Итого по разделу   |         |  | 36/14И    |             | 34                              |   |   |                  |
| 2. Контроль  |         |  |           |             |                                 |   |   |                  |
| 2.1 Экзамен  | 5       |  |           |             |                                 |   |   | ПК-2, ПК-3, ПК-4 |
| Итого по разделу   |         |  |           |             |                                 |   |   |                  |
| Итого за семестр   |         |  | 36/14И    |             | 34                              |   | экзамен   |                  |
| Итого по дисциплине  |         |  | 36/14И    |             | 34                              |   | экзамен   | ПК-2,ПК-3,ПК-4   |

## 5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии. Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий: лабораторная работа.
2. Технологии проблемного обучения. Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения: практическое занятие в форме лабораторного практикума.
3. Интерактивные технологии.
4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Бехтерев, А.Н. Фононная структура конденсированного углерода и наноуглерода: учеб. пособие / А.Н. Бехтерев – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 221 с. – ISBN 978-5-9967-0791-1
2. Валова (Копылова), В. Д. Физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : Практикум / В. Д. Валова (Копылова), Л. Т. Абесадзе. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-394-01751-3./ <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=430532>
3. Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: Учебное пособие / Под ред. проф. Ф.Ф. Литвина. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 263 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-005727-9, 200 экз./ <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=352873>

### б) Дополнительная литература:

1. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. пос. / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек и др. - 2-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 542 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высш. обр.: Бакалавр.). (п) ISBN 978-5-16-004685-3, 400 экз. / <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=419626>
2. Оптические измерения [Электронный ресурс] / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. - М.: Университетская книга; Логос, 2012. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-173-2./ <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469178> .

### в) Методические указания:

Методические рекомендации представлены в приложении.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

| Наименование ПО                        | № договора              | Срок действия лицензии |
|--|-------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional(для классов) | Д-1227-18 от 08.10.2018 | 11.10.2021             |

|                             |                              |           |
|-----------------------------|------------------------------|-----------|
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007          | бессрочно |
| 7Zip                        | свободно распространяемое ПО | бессрочно |

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса   | Ссылка   |
|--|--|
| Международная справочная система «Полпред» polpred.com отрасль «Образование, наука»              | URL: <a href="http://education.polpred.com/">http://education.polpred.com/</a>               |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)   | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                     |
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам                           | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                               |

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Научно-образовательный центр по изучению наноструктурных углеродных материалов МГТУ. «НАНО-МГТУ»

1. ИК-Фурье спектрофотометр.
2. УФ-спектрофотометр.
3. Приставки для исследования объектов методами пропускания, зеркального и диффузного отражения

Компьютерный класс: персональные компьютеры с пакетом MS Office и выходом в Интернет



## Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

Примерный перечень тем лабораторных работ:

1. Проявление дефектов в колебательных спектрах.
2. Спектроскопия комбинационного рассеяния.
3. Спектроскопия диффузного рассеяния.
4. Моделирование колебательных спектров конденсированного углерода и наноуглерода.
5. Расчет оптических характеристик кристаллов из колебательных спектров.
6. Исследование пироуглерода и стеклоуглерода методами ИК- спектроскопии
7. Исследование дефектов структуры углеродных материалов

В ходе выполнения самостоятельной работы по данному курсу, студенты должны научиться владеть устной и письменной речью; вести диалог; участвовать в дискуссии; раскрывать содержание изучаемой проблемы в монологической речи; выступать с сообщениями и докладами, проводить исследования и выполнять расчеты.

### **Подготовка к экзамену**

Перед началом подготовки к экзаменам необходимо просмотреть весь материал и отложить тот, что хорошо знаком, а начинать учить незнакомый, новый.

Начинайте готовиться к экзаменам заранее, понемногу, по частям, сохраняя спокойствие. Составьте план на каждый день подготовки, необходимо четко определить, что именно сегодня будет изучаться. А также необходимо определить время занятий с учетом ритмов организма.

К трудно запоминаемому материалу необходимо возвращаться несколько раз, просматривать его в течение нескольких минут вечером, а затем еще раз - утром.

Очень полезно составлять планы конкретных тем и держать их в уме, а не зубрить всю тему полностью «от» и «до». Можно также практиковать написание вопросов в виде краткого, тезисного изложения материала.

Заучиваемый материал лучше разбить на смысловые куски, стараясь, чтобы их количество не превышало семи. Смысловые куски материала необходимо укрупнять и обобщать, выражая главную мысль одной фразой. Текст можно сильно сократить, представив его в виде схемы

Пересказ текста своими словами приводит к лучшему его запоминанию, чем многократное чтение, поскольку это активная, организованная целью умственная работа

### **Подготовка к выполнению лабораторной работы**

Лабораторные работы являются одним из видов практического обучения. Их цель – закрепление теоретических знаний, проверка на опыте некоторых положений теории и законов, приобретение практических навыков, проведении эксперимента, использовании простейших приборов и аппаратов.

Задание на работу выдается за несколько дней до ее выполнения. Для качественного выполнения лабораторных работ студентам необходимо:

- 1) повторить теоретический материал по конспекту и учебнику (согласно списку литературы)
- 2) ознакомиться с описанием лабораторной работы:
- 3) в специальной рабочей тетради записать название и номер работы, вычертить таблицы для записи показаний приборов и результатов расчета, подготовить миллиметровую бумагу, если требуются графические построения и т.д.
- 3) выяснив цель работы, четко представить себе поставленную задачу и способы ее достижения, продумать ожидаемые результатов опытов
- 4) сделать предварительный домашний расчет, если требуется в задании
- 5) ответить устно и письменно на контрольные вопросы.

б) Соблюдать основные правила безопасности при работе в лаборатории.

Студент допускается преподавателем к выполнению лабораторной работы только после:

- проведения инструктажа по технике безопасности и подписи получившего и проводившего инструктаж в журнале группы;
- при наличии оформленного журнала (смотри «Требования к оформлению журнала для ЛР»).

Студенты выполняют работы в соответствии с инструкцией

В ходе выполнения ЛР преподаватель отвечает на все вопросы студентов по теме ЛР.

После снятия замеров, проведения необходимых расчетов и построения графиков, студент должен представить полученные результаты преподавателю на подпись. Также делается соответствующая отметка в журнале группы.

### **Подготовка к сдаче лабораторной работы**

Для защиты лабораторной работы необходимо заполнить отчет о ЛР

Защита выполненной лабораторной работы проводится тому же преподавателю, с кем проходило её выполнение. Допускается сдача ЛР лектору кафедры

Преподаватель оценивает ЛР в соответствии с программой курса и проставляет оценку в журнале ЛР и в журнале группы.

Преподаватель обязан принять ЛР при наличии журнала ЛР, оформленного в соответствии с «Требования к оформлению журнала для ЛР», личном выполнении студентом ЛР; совпадении результатов опытов с контрольными замерами, письменном верном ответе на контрольные (тестовые) вопросы из утвержденного кафедрой списка, написанном в присутствии преподавателя.

## Приложение 2

### «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

|   |   |  |
|---|---|--|
| Структурный элемент компетенции   | Планируемые результаты обучения   |  |
| ПК-2 способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта |   |  |
| Знать   | основные приемы спектральных методов качественного и количественного анализа, физические и химические методы обнаружения ингредиентов в сложных системах; | Перечень тем для подготовки докладов к лабораторным занятиям:<br>1. Спектроскопические методы анализа.<br>2. Отражательная спектроскопия.<br>3. Методы анализа спектров поглощения и рассеяния.<br>4. Полное внутреннее отражение.<br>5. Метод Крамерса-Кронига в анализе спектров<br>6. Метод Френеля в расчете оптических характеристик сред.<br>7. Колебательные моды и симметрия кристаллов.<br>8. Колебательные моды конденсированного углерода |

Уметь работать с веществами, выполнять аналитическое исследование сред, используя на практике знания о спектрометрических исследованиях

Примерное задание  
Работа с таблицей

Элементный состав шунгитовой породы

| Анализ № пп | Определяемый параметр | Результат анализа, % масс. | Анализ № пп | Определяемый параметр | Результат анализа, % масс. |
|-------------|-----------------------|----------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|
| 1           | 2                     | 3                          | 4           | 5                     | 6                          |
| 1           | Ag                    | <0,0002                    | 19          | Mo                    | 0,0011                     |
| <b>2</b>    | <b>Al</b>             | <b>1,5400</b>              | 20          | Na                    | 0,2193                     |
| 3           | As                    | 0,0060                     | 21          | Ni                    | 0,0176                     |
| 4           | B                     | 0,0030                     | 22          | P                     | 0,0567                     |
| 5           | Ba                    | 0,0179                     | 23          | Pb                    | 0,0209                     |
| 6           | Be                    | <0,00002                   | 24          | Re                    | <0,0005                    |
| 7           | Bi                    | <0,003                     | <b>25</b>   | <b>S</b>              | <b>1,2980</b>              |
| 8           | Ca                    | 0,1651                     | 26          | Sb                    | <0,006                     |

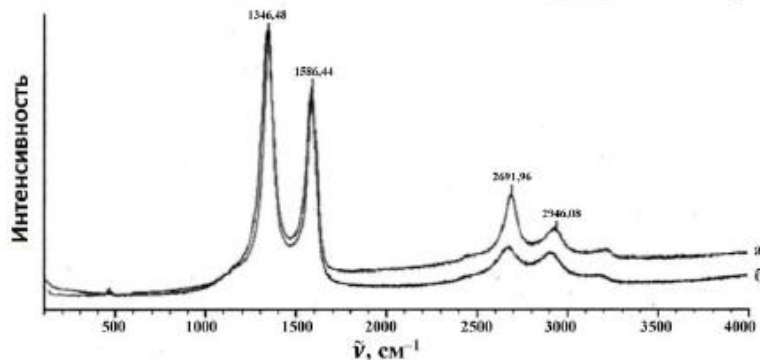


Рис. 1. Спектры КР шунгита (а) и выделенного толуолом из шунгита порошка (б)

Владеть - техникой спектральных исследований, приёмами работы с соответствующим оборудованием; - приёмами изложения материалов на семинарах, практических занятиях, в лабораторном исследовании и отчёте; - навыками выполнения самостоятельных заданий, например, при написании и защите рефератов

Примерное задание  
Проанализировать

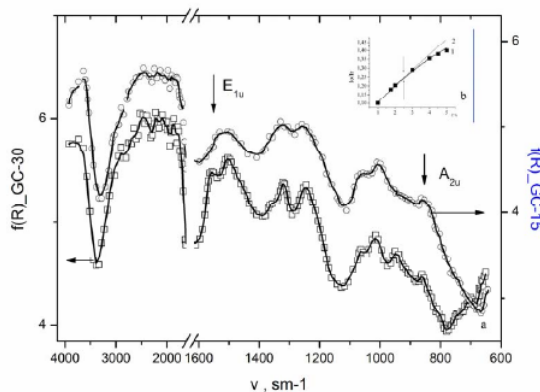


Рис. 1. Спектры диффузного отражения образцов стеклоглуглерода (а), концентрационная зависимость интенсивности колебательной моды  $E_{2u}$  (б).

ПК-3 готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Знать современные теории и методы спектральных исследований

Примерные темы рефератов

1. Углеродные волокна (методы получения).
2. Искусственный графит и интеркалированные соединения графита.
3. ИК-спектроскопия
4. Углеродные нанотрубки (строение, свойства, технология изготовления).
5. Применение фуллеренов и углеродных нанотрубок.
6. Пироуглерод (строение, свойства, получение и применение).
7. Стеклоуглерод (строение, свойства, получение и применение).

Уметь

применять современные теории и методы спектральных исследований

Примерное задание

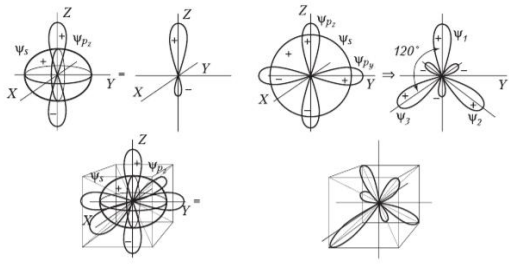
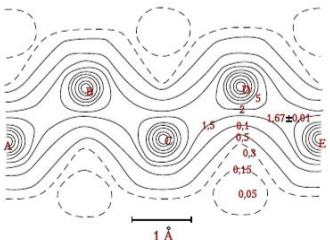


Рис.3. Схема возникновения гибридных атомных орбиталей. а, б –  $sp$ -орбитали; в, г –  $sp^2$ -орбитали; д –  $sp^3$ -орбиталь.

Владеть

современными методами и приёмами спектрального анализа

Примерное задание



Распределение электронной плотности в решетке кристалла алмаза

ПК-4 способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

|       |   |  |
|-------|---|--|
| Знать | возможности применения для исследования существующих методов спектrophотометрических исследований | <p>Примерный перечень вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строение и анализ основных свойств аллотропных форм конденсированного углерода (алмаз, графит, карбин).</li> <li>2. Анализ механических свойств углеродных материалов.</li> <li>3. Электропроводность углеродных структур и наноструктур и методы ее измерения.</li> <li>4. Гибридные углеродные фазы. Графины.</li> <li>5. Тепловые свойства наноуглеродных структур и методы их исследования.</li> <li>6. Гибридные углеродные фазы. Углеродная пена.</li> <li>7. Диэлектрические свойства углеродных наноматериалов и их экспериментальное исследование</li> <li>8. Стеклоуглерод (строение, свойства, получение и применение).</li> <li>9. Методы колебательной спектроскопии</li> <li>10. Пироуглерод (строение, свойства, получение и применение).</li> <li>11. Общая характеристика сплошных и селективных оптических спектров конденсированных веществ (вращательные, колебательные, электронные).</li> <li>12. Фуллерены (строение, свойства, получение).</li> <li>13. Теоретический расчет колебательных спектров конденсированного углерода и дефектов структуры: ретроспективный анализ.</li> <li>14. Углеродные нанотрубки (строение, свойства, технология изготовления).</li> <li>15. Применение фуллеренов и углеродных нанотрубок.</li> <li>16. Гибридные углеродные фазы. Глиттер.</li> <li>17. ИК-спектроскопия</li> <li>18. Гибридные углеродные фазы. Клатраты.</li> <li>19. <math>sp - sp^3</math> гибридные углеродные структуры</li> <li>20. Колебательные спектры дефектов, примесей в структуре конденсированного углерода.</li> <li>21. Углеродные волокна (методы получения).</li> <li>22. Искусственный графит и интеркалированные соединения графита.</li> </ol> |
|-------|---|--|

| <p>Уметь</p>                                    | <p>применять современные теории и методы спектральных исследований и анализировать полученные результаты</p> | <p>Примерное задание<br/>Работа с таблицей</p> <p style="text-align: center;">КЛАССИФИКАЦИЯ КРИСТАЛЛОВ ПО ТИПАМ СВЯЗИ</p> <table border="1" data-bbox="710 257 1337 741"> <thead> <tr> <th>Тип Кристалла</th> <th>Пример</th> <th>Энергия связи, ккал/моль</th> <th>Свойства</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Ионные</td> <td>NaCl<br/>LiF</td> <td>180<br/>240<br/>2.4</td> <td>Диэлектрики (низкая проводимость при низких температурах; при высоких - ионная проводимость); сильное ИК поглощение; твердые, хрупкие.</td> </tr> <tr> <td>2. Ковалентные</td> <td>Алмаз<br/>SiC</td> <td>170<br/>283</td> <td>Диэлектрики, высокая твердость, высокая температура плавления</td> </tr> <tr> <td>3. Металлические</td> <td>Na<br/>Fe</td> <td>26<br/>94</td> <td>Высокая электропроводность, высокий коэффициент отражения</td> </tr> <tr> <td>4. Молекулярные</td> <td>Ar<br/>CCl<sub>4</sub></td> <td>1,8<br/>2,4</td> <td>Диэлектрики, низкая точка плавления, высокая сжимаемость.</td> </tr> <tr> <td>5. С водородными связями</td> <td>HF<br/>Лед</td> <td>7<br/>12</td> <td>Тенденция к полимеризации +5 ккал/моль</td> </tr> </tbody> </table>  | Тип Кристалла  | Пример                            | Энергия связи, ккал/моль          | Свойства                           | 1. Ионные                        | NaCl<br>LiF                       | 180<br>240<br>2.4 | Диэлектрики (низкая проводимость при низких температурах; при высоких - ионная проводимость); сильное ИК поглощение; твердые, хрупкие. | 2. Ковалентные  | Алмаз<br>SiC                     | 170<br>283 | Диэлектрики, высокая твердость, высокая температура плавления | 3. Металлические | Na<br>Fe     | 26<br>94     | Высокая электропроводность, высокий коэффициент отражения | 4. Молекулярные | Ar<br>CCl <sub>4</sub> | 1,8<br>2,4                              | Диэлектрики, низкая точка плавления, высокая сжимаемость. | 5. С водородными связями | HF<br>Лед    | 7<br>12            | Тенденция к полимеризации +5 ккал/моль |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
|---|--|---|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--|-----------------|----------------------------------|------------|---|------------------|--------------|--------------|---|-----------------|------------------------|---|---|--------------------------|--------------|--------------------|--|--------------|--------------|------------|---|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------|----------------------|------------|---|------|------|--------------|--|------|------|------|-----|
| Тип Кристалла                                   | Пример   | Энергия связи, ккал/моль  | Свойства   |                                   |                                   |                                    |                                  |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| 1. Ионные                                       | NaCl<br>LiF  | 180<br>240<br>2.4   | Диэлектрики (низкая проводимость при низких температурах; при высоких - ионная проводимость); сильное ИК поглощение; твердые, хрупкие. |                                   |                                   |                                    |                                  |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| 2. Ковалентные                                  | Алмаз<br>SiC   | 170<br>283  | Диэлектрики, высокая твердость, высокая температура плавления  |                                   |                                   |                                    |                                  |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| 3. Металлические                                | Na<br>Fe   | 26<br>94  | Высокая электропроводность, высокий коэффициент отражения  |                                   |                                   |                                    |                                  |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| 4. Молекулярные                                 | Ar<br>CCl <sub>4</sub>   | 1,8<br>2,4  | Диэлектрики, низкая точка плавления, высокая сжимаемость.  |                                   |                                   |                                    |                                  |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| 5. С водородными связями                        | HF<br>Лед  | 7<br>12   | Тенденция к полимеризации +5 ккал/моль   |                                   |                                   |                                    |                                  |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| <p>Владеть</p>                                  | <p>приемами анализа и применения для исследования сред существующих методов спектроскопии</p>                | <p>Примерное задание<br/>Работа с таблицей</p> <table border="1" data-bbox="699 875 1348 1229"> <thead> <tr> <th>Колесит.<br/>Метод<br/>исследования</th> <th>2E<sub>2</sub>, 2E<sub>1</sub></th> <th>E<sub>2</sub>+A<sub>1</sub></th> <th>2A<sub>1g</sub>, 2A<sub>1</sub></th> <th>Defects</th> <th>E<sub>2g</sub>, E<sub>1u</sub></th> <th>Defects</th> <th>A<sub>1g</sub>, A<sub>1</sub></th> <th>A<sub>2u</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>КР, λ=488,0 нм<br/>СУ-15<br/>СУ-30</td> <td>3230</td> <td>2940<br/>2950</td> <td>2710<br/>2717</td> <td>1610<br/>1620</td> <td>1597<br/>1585</td> <td></td> <td>1355<br/>1358</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ИК-отражение<br/>ω(v),<br/>СУ-15<br/>СУ-30</td> <td>3220<br/>3230</td> <td>2950 сл.<br/>2950 сл.</td> <td>2740<br/>2760</td> <td>1640сл.<br/>1630сл.</td> <td>1570<br/>1580</td> <td>1510<br/>1485</td> <td>1340<br/>1355</td> <td>780<br/>815</td> </tr> <tr> <td>ДО, 1/R<sub>s</sub>(v),<br/>СУ-15<br/>СУ-30</td> <td>3100 сл.<br/>3250 сл.</td> <td>3050 сл.<br/>2950 сл.</td> <td>2750 сл.<br/>2750</td> <td>1600сл.<br/>1600сл.</td> <td>1560 сл.<br/>1570</td> <td>1515<br/>1515</td> <td>1330<br/>1320<br/>1370</td> <td>865<br/>870</td> </tr> <tr> <td>Плотность<br/>фононных<br/>сост. графита,<br/>G(v)</td> <td>3250</td> <td>2975</td> <td>2760<br/>2680</td> <td></td> <td>1595</td> <td>1530</td> <td>1380</td> <td>890</td> </tr> </tbody> </table> <p>Таблица. Колебательные состояния в оптических спектрах стеклоглуглерода по данным различных методов</p> | Колесит.<br>Метод<br>исследования  | 2E <sub>2</sub> , 2E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> +A <sub>1</sub>    | 2A <sub>1g</sub> , 2A <sub>1</sub> | Defects                          | E <sub>2g</sub> , E <sub>1u</sub> | Defects           | A <sub>1g</sub> , A <sub>1</sub>   | A <sub>2u</sub> | КР, λ=488,0 нм<br>СУ-15<br>СУ-30 | 3230       | 2940<br>2950  | 2710<br>2717     | 1610<br>1620 | 1597<br>1585 |   | 1355<br>1358    |                        | ИК-отражение<br>ω(v),<br>СУ-15<br>СУ-30 | 3220<br>3230  | 2950 сл.<br>2950 сл.     | 2740<br>2760 | 1640сл.<br>1630сл. | 1570<br>1580                           | 1510<br>1485 | 1340<br>1355 | 780<br>815 | ДО, 1/R <sub>s</sub> (v),<br>СУ-15<br>СУ-30 | 3100 сл.<br>3250 сл. | 3050 сл.<br>2950 сл. | 2750 сл.<br>2750 | 1600сл.<br>1600сл. | 1560 сл.<br>1570 | 1515<br>1515 | 1330<br>1320<br>1370 | 865<br>870 | Плотность<br>фононных<br>сост. графита,<br>G(v) | 3250 | 2975 | 2760<br>2680 |  | 1595 | 1530 | 1380 | 890 |
| Колесит.<br>Метод<br>исследования               | 2E <sub>2</sub> , 2E <sub>1</sub>  | E <sub>2</sub> +A <sub>1</sub>  | 2A <sub>1g</sub> , 2A <sub>1</sub>   | Defects                           | E <sub>2g</sub> , E <sub>1u</sub> | Defects                            | A <sub>1g</sub> , A <sub>1</sub> | A <sub>2u</sub>                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| КР, λ=488,0 нм<br>СУ-15<br>СУ-30                | 3230   | 2940<br>2950  | 2710<br>2717   | 1610<br>1620                      | 1597<br>1585                      |                                    | 1355<br>1358                     |                                   |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| ИК-отражение<br>ω(v),<br>СУ-15<br>СУ-30         | 3220<br>3230   | 2950 сл.<br>2950 сл.  | 2740<br>2760   | 1640сл.<br>1630сл.                | 1570<br>1580                      | 1510<br>1485                       | 1340<br>1355                     | 780<br>815                        |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| ДО, 1/R <sub>s</sub> (v),<br>СУ-15<br>СУ-30     | 3100 сл.<br>3250 сл.   | 3050 сл.<br>2950 сл.  | 2750 сл.<br>2750   | 1600сл.<br>1600сл.                | 1560 сл.<br>1570                  | 1515<br>1515                       | 1330<br>1320<br>1370             | 865<br>870                        |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |
| Плотность<br>фононных<br>сост. графита,<br>G(v) | 3250   | 2975  | 2760<br>2680   |                                   | 1595                              | 1530                               | 1380                             | 890                               |                   |  |                 |                                  |            |   |                  |              |              |   |                 |                        |   |   |                          |              |                    |  |              |              |            |   |                      |                      |                  |                    |                  |              |                      |            |   |      |      |              |  |      |      |      |     |

**Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Колебательные спектры конденсированного углерода и наноглуглерода» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются

незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.