

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. №6

Рабочая программа дисциплины

Химия твердого тела

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

профиль "Теоретическая физика"

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала обучения

2022

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Химия твердого тела» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является элективной дисциплиной, преподается на четвертом году обучения, в седьмом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Химия», «Кристаллография», «Общая физика».

Целями освоения дисциплины «Химия твердого тела» являются:

- изучение основных подходов к синтезу твердых тел, а также их реакционной способности в процессах с участием фаз разного агрегатного состояния;
- рассмотрение классификации и основ количественной энергетической теории изоморфизма;
- изучение классификации фазовых переходов;
- рассмотрение современных физико-химических методов исследования твердых тел.

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Химия твердого тела» составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 50 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 32 часа занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 130 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (94 часа самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

Содержание дисциплины «Химия твердого тела»

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | В ТОМ ЧИСЛЕ | | | | Самостоятельная работа в течение семестра, часы |
|--|--------------|--|---------------------------|----------------------------|-------|---|
| | | контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| 1. Методы синтеза твердых тел. Керамические методы (твердофазный синтез, золь-гель синтез, самораспространяющийся высокотемпературный синтез). Химические методы (метод предшественника). Методы высокого давления и дуговые методы. Синтез с использованием тепловыделения внутри реакционной смеси. Моделирование твердых тел для особых целей: аспекты дизайна материалов. | 28 | 4 | 8 | — | 12 | 16 |
| 2. Структура твердых тел. Типы связи в кристаллах. Энергетика химической связи в кристаллах. Кристаллические структуры основных классов неорганических соединений (AB, AB ₂ , AB ₃ , ABX ₃ (пирохлоры), A _x B _y O _z (бронзы), A ₂ B ₂ O ₇ (перовскиты), силикаты\алюмосиликаты, цеолиты). Подходы к описанию кристаллической структуры: координационные полиэдры и полиэдры Вороного-Дирихле. | 19 | 2 | 4 | — | 6 | 13 |
| 3. Изоморфизм. Отличие изоморфизма и изотипии. Эмпирические правила изоморфизма. Причины отклонений. Классификация изоморфизма. Термодинамика получения и существования твердых растворов. Основы количественной энергетической теории изоморфизма. | 22 | 3 | 6 | — | 9 | 13 |
| 4. Полиморфизм. Классификация Бюргера. Методы исследования. Сочетание терморентгенографии и дифференциальной сканирующей калориметрии. | 22 | 3 | 6 | — | 9 | 13 |
| 5. Фазовые переходы. Термодинамическая классификация | 19 | 2 | 4 | — | 6 | 13 |

| | | | | | | |
|--|----|---|---|---|---|----|
| Эренфеста. Классификация Уббелоды: размытые и точечные фазовые переходы. Кинетика фазовых переходов. Практическое использование фазовых переходов. Феноменологическая классификация Маккалафа-Уэструма. | | | | | | |
| 6. Реакционная способность твердых тел. Природа твердофазных реакций. Реакции ТТ-газ. Реакции тт-жидкость. Реакции тт1-тт2. Образование пленок на поверхности ТТ. Факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. | 16 | 1 | 2 | — | 3 | 13 |
| 7. Методы исследования твердых тел. Резонансные методы: электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, ядерный гамма резонанс. Спектральные методы: микроволновая, колебательная и электронная спектроскопии. Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния. | 16 | 1 | 2 | — | 3 | 13 |
| В т.ч. текущий контроль | 2 | 2 | | | | — |
| Промежуточная аттестация – экзамен | | | | | | |

3. Образовательные технологии

- 1) Чтение лекций;
- 2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;
- 3) сопровождение лекций презентациями;
- 4) методика «вопросы и ответы»;
- 5) выполнение практического задания у доски;
- 6) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 7) работа в парах над практическим заданием;
- 8) работа в малых группах над практическим заданием;
- 9) методика «мозговой штурм».

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|--|---|
| ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин | (ПК-1) Уметь использовать полученные знания о методах получения и свойствах твёрдых тел при изучении других профильных физических дисциплин. (ПК-1) Знать взаимосвязь между составом, строением и свойствами веществ, а также материалов на их основе. (ПК-1) Владеть теоретическим аппаратом химии твердого тела. |

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Химия твердого тела» является **экзамен**.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Химия твердого тела»:

1. Типы связи в кристаллах.
2. Энергетика химической связи в кристаллах.
3. Кристаллические структуры основных классов неорганических соединений (AB , AB_2 , AB_3 , ABX_3 (пироксиды), $A_xB_yO_z$ (бронзы), $A_2B_2O_7$ (перовскиты), силикаты/алюмосиликаты, цеолиты).
4. Метод описания кристаллической структуры с использованием метода координационных полиэдров.
5. Метод описания кристаллической структуры с использованием метода полиэдров Вороного-Дирихле.
6. Отличие изоморфизма и изотипии.
7. Эмпирические правила изоморфизма. Причины отклонений.
8. Классификация изоморфизма.
9. Термодинамика получения и существования твердых растворов.
10. Моделирование твердых тел для особых целей: аспекты дизайна материалов.
11. Полиморфизм. Классификация Бюргера.
12. Термодинамическая классификация фазовых переходов Эренфеста.
13. Классификация фазовых переходов Уббелюде: размытые и точечные фазовые переходы.
14. Кинетика фазовых переходов.
15. Твердофазный синтез.
16. Золь-гель синтез.
17. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
18. Химические методы (метод предшественника).
19. Методы синтеза высокого давления.
20. Дуговые методы синтеза.
21. Синтез с использованием тепловыделения внутри реакционной смеси.
22. Основы количественной энергетической теории изоморфизма.
23. Феноменологическая классификация фазовых переходов Маккаллафа-Уэструма.
24. Природа твердофазных реакций.
25. Реакции твердое тело-газ.
26. Реакции твердое тело-жидкость.
27. Реакции твердое тело¹-твердое тело².
28. Образование пленок на поверхности твердых тел.
29. Факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел.
30. Практическое использование фазовых переходов.
31. Методы исследования полиморфных превращений.
32. Классификация физических методов исследования твердых тел.
33. Электронный парамагнитный резонанс.
34. Ядерный магнитный резонанс.
35. Ядерный гамма резонанс.
36. Микроволновая спектроскопия.
37. Колебательная спектроскопия.
38. Электронная спектроскопия.
39. Спектроскопия поглощения, испускания и комбинационного рассеяния.
40. Терморентгенография.

6.3.2. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Общие принципы работы с лабораторным оборудованием при синтезе веществ.
2. Основные способы получения твердых веществ:
 - a. твердофазный синтез соединений со структурой шпинели и перовскита;
 - b. золь-гель синтез (в т.ч. применение метода Печини);
 - c. осаждение из раствора.
3. Изучение влияния внешних условий на скорость твердофазной реакции:
 - a. влияние температуры;
 - b. влияние дисперсности;
 - c. влияние выбора реактивов.
4. Рентгенофазовый анализ полученных твердых веществ. Аналитическое индентирование рентгенограмм неорганических веществ «среднесимметричных» сингоний.
5. Запись ИК спектров. Фактор-групповой анализ. Расчет констант прочности связи.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Петьков В.И. Избранные главы химии твердого тела: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород, 2014. – 90 с. – Электронная свободно доступная версия: http://www.unn.ru/books/met_files/SSC.pdf.
2. Урусов, В.С. Теоретическая кристаллохимия. / В.С. Урусов М.: Изд-во МГУ, 1987. – 275 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ: 10 экз. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=99764>.
3. Атомная физика: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.П. Милантьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 415 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/B8A5CD56-861F-4E07-8688-3E1530FF86E3#page/2>.
4. Конюхов, В.Ю. Методы исследования материалов и процессов : учебное пособие для вузов / В.Ю. Конюхов, И.А. Гоголадзе, З.В. Мурга. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 226 с. – (Серия : Университеты России). – ISBN 978-5-534-05475-0. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/CBDE671E-A186-478F-ACCF-FA675182DF8A>.

б) дополнительная литература:

1. Препаративные методы химии твердого тела. Под ред. П. Хагенмюллера. – М.: Издательство «Мир». 1976. – 616 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ: 2 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=97326>.
2. Алесковский, В.Б. Химия твердых веществ. / В.Б. Алесковский – М.: Высшая школа, 1978. – 256 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ: 2 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=84830>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ
<http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Учебные аудитории могут быть при необходимости оснащены демонстрационным оборудованием для сопровождения учебных занятий презентациями.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями самостоятельно установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

старший научный сотрудник
НИЛ кафедры химии твердого тела
химического факультета, к. х. н. _____ / Буланов Е.Н. /

Рецензент:

Заведующий кафедрой
химии твердого тела
химического факультета,
д. х. н., профессор _____ / Сулейманов Е.В. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ от « » _____ 2021 года,
протокол № б/н.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____ / Перов А.А. /