

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИХТТМ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХТТМ СО РАН
Плен-корр. РАН



А.П. Немудрый

3 » марта 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре

Научная специальность подготовки:
1.4.15. Химия твердого тела

Новосибирск 2022

Рабочая программа дисциплины «Структура и свойства современных материалов» составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями в рамках Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров по научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

ФГТ введены в действие приказом Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951.

Программа утверждена на заседании Ученого совета ИХТТМ СО РАН, протокол № 6 от 28 марта 2022 г.

Программу разработал:

ст. преподаватель ИХТТМ СО РАН, канд. хим. наук Тяпкин П.Ю.



Зав. аспирантурой

д.х.н.



Т.П. Шахтшнейдер

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся знаний о строении материалов, их физических, механических и технологических свойствах, а также представлений о задачах материаловедения и путях их решения.

Задачи дисциплины:

- обзор основных классов современных материалов;
- формирование представлений об электронном строении веществ;
- раскрытие взаимосвязи между структурой материалов и проявляемыми свойствами;
- ознакомление аспирантов со способами управления структурой (и свойствами) материалов;
- развитие навыков работы с фазовыми диаграммами, зонными диаграммами, справочными таблицами, графиками и иными литературными данными.

Данный курс знакомит аспирантов с многообразием классов существующих материалов и их характерными особенностями, даёт общие знания об атомном, молекулярном, кристаллическом и электронном строении веществ, формирует представление о свойствах материалов, обусловленных как химическим составом, так и микро-/макроструктурой.

2. Место дисциплины в структуре Программы аспирантуры.

Дисциплина «Структура и свойства современных материалов» относится к образовательной компоненте Программы аспирантуры по научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела, реализуемой в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН).

Дисциплина «Структура и свойства современных материалов» является составной частью модуля «Химия твердого тела» и направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена. Дисциплина обязательна для освоения в 1-й – 2-й годы обучения.

Результаты освоения дисциплины «Структура и свойства современных материалов» используются в следующих разделах программы аспирантуры:

- Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите.
- Научно-исследовательская практика.
- Итоговая аттестация.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Структура и свойства современных материалов».

В результате освоения дисциплины аспиранты должны:

Знать:

- основные классы современных материалов и их характерные особенности;
- основные направления, проблемы и новейшие достижения в области химии твердого тела, связанной с получением новых материалов и исследованием их свойств.

Уметь:

- формулировать и ставить задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности в области материаловедения;
- выбирать необходимые методы при изучении свойств материалов, исходя из задач конкретного исследования, а также модифицировать существующие и разрабатывать новые методы для этой цели;
- проводить классификацию материалов и процессов их обработки;
- объяснять взаимосвязь между структурой твердых тел и свойствами материалов.

Владеть:

- навыками применения знаний фундаментальных законов химии для решения научно-исследовательских задач в области химии твердого тела, связанной с получением новых материалов и исследованием их свойств, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;
- навыками грамотной интерпретации результатов исследований структуры и свойств современных материалов.

4. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины составляет 72 академических часа, из которых 38 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (32 часа - занятия лекционного типа, включая мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа - групповые консультации, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета), 34 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

4.1. Объем и структура дисциплины:

Таблица 4.1

Показатель объема дисциплины и вид деятельности		Семестр
		2
	Объем дисциплины в часах	72
	Всего занятий в контактной форме, час	38
	Лекции, час.	32
	Аттестация, час	2
	Консультации, час.	4
	Самостоятельная работа, час.	34
	Вид аттестации	Дифференцированный зачет

4.2. Содержание дисциплины:

Таблица 4.2

Наименование разделов (тем) дисциплины	Количество часов				Контроль
	Лекции	Сам. работа	Консульт.	Аттестация	
Основные классы материалов и области их использования. Взаимосвязь структура-свойства. Электронное строение атома. Химическая связь. Основы теории кристаллического поля. Эффект Яна-Теллера. Модели свободных электронов. Зонная структура кристаллов. Металлы, полупроводники и диэлектрики. Паерлсовское искажение.	12	10			Опрос по ходу лекций
Металлы и сплавы. Керамические материалы. Полимерные материалы. Композиты.	10	8	2		Опрос по ходу лекций

Жидкие кристаллы. Аморфные материалы и стекла. MOF структуры и цеолиты. Наноразмерные и наноструктурированные материалы. Биомиметические материалы и метаматериалы.	10	8	2		Опрос по ходу лекций
Дифференцированный зачет		8		2	Дифзачет
Итого	32	34	4	2	72 часа

Программа курса лекций.

1. Парадигма материаловедения. Взаимосвязь структура — свойство. Тензорное описание физических свойств. Типы химической связи. Влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов.
2. Электронное строение атома. Атом водорода. Уравнение Шрёдингера. Квантовые числа. Электронные оболочки. Атомные и молекулярные орбитали. Гибридизация.
3. Основы теории кристаллического поля. Эффект Яна-Теллера.
4. Модель свободных электронов. Теория металлов Друде и Зоммерфельда. Статистика Ферми-Дирака. Сфера Ферми. Электропроводность и теплопроводность металлов. Эффект Холла. Недостатки модели свободных электронов.
5. Зонная структура кристаллов. Различие между металлами, полупроводниками и диэлектриками. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Собственные и примесные полупроводники. p-n переход. Паерлсовское искажение.
6. Полупроводниковые устройства: принципы работы и области применения. Диэлектрики. Сегнетоэлектрики, пироэлектрики и пьезоэлектрики. Области применения сегнетоэлектриков, пироэлектриков и пьезоэлектриков.
7. Металлы и сплавы. Основные технологические свойства. Аллотропные модификации. Кристаллизация металлов. Классификация механических свойств, влияние пластической деформации на механические свойства металлических материалов. Явления сверхпластичности, памяти формы и суперэластичности. Способы упрочнения. Способы обработки поверхности металлических изделий.
8. Типы сплавов. Интерметаллиды. Твердые растворы. Фазовые диаграммы. Эвтектика. Фазовая диаграмма системы железо-цементит. Стали и чугуны. Цветные металлы и сплавы.
9. Керамические материалы. Основные свойства. Конструкционная и функциональная керамика. Керметы.
10. Полимерные материалы. Классификация и структура полимеров. Основные свойства полимеров. Гомополимеры и сополимеры. Термопласты и реактопласты. Синтез полимеров. Применение полимерных материалов.
11. Композиты. Роль матрицы и наполнителя. Композиты с частицами, слоями и волокнами. Механические свойства композитов.
12. Жидкокристаллическое состояние. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы. Нематические, холестерические и смектические жидкие кристаллы. Применение жидких кристаллов. MOF структуры и цеолиты.
13. Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие стекла. Металлические стекла. Ситаллы.
14. Наноматериалы. Нанокристаллы и наноструктурированные системы. Области применения наноматериалов.
15. Углеродные материалы (графен, фуллерены, нанотрубки). Строение и характеристика углеродных нанотрубок. Хиральность. Получение и применение углеродных материалов.

16. Биомиметические материалы и метаматериалы.

5. Самостоятельная работа обучающихся.

<i>Виды работ</i>	<i>Количество часов</i>
Работа с конспектами лекций, изучение основной и дополнительной литературы, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Подготовка доклада.	34

6. Образовательные технологии.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, письменные и устные опросы, подготовка доклада аспирантом, самостоятельная работа аспиранта.

7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущий контроль осуществляется на лекциях в форме письменного контрольного опроса и периодических устных опросов с повторной проработкой плохо усвоенного материала. Цель опросов – оценка самостоятельной работы аспирантов и понимания ими теоретического содержания курса.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится на основании результатов письменных и устных опросов, выступления аспиранта с докладом и собеседования. Зачет оценивается по пятибалльной шкале.

7.2. Критерии оценивания.

Таблица 7.2

Оценка	Критерии оценки
Отлично	Аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику.
Хорошо	Аспирант строит ответ в соответствии с планом, обнаруживает хорошее знание теоретических вопросов. Ответ содержит ряд несущественных неточностей. Наблюдается некоторая неуверенность или неточность при ответе на дополнительные вопросы. Речь грамотная с использованием научной лексики.
Удовлетворительно	Ответ аспиранта недостаточно логически выстроен, обнаруживается слабость в развернутом раскрытии теоретических вопросов, хотя основные понятия раскрываются правильно. Наблюдается сильная степень неуверенности при ответе на дополнительные вопросы. Научная лексика используется ограниченно.
Неудовлетворительно	Аспирант не может раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не

7.3. Контролирующие материалы.

Примерный перечень вопросов для подготовки :

1. Назовите типы химической связи. Каковы характерные особенности кристаллов, образованных за счет ковалентной, ионной, металлической связей? Назовите примеры соединений.
2. Ван-дер-ваальсова и водородная химическая связи. Каковы характерные особенности молекулярных кристаллов? Назовите примеры соединений.
3. Расскажите об электронном строении атомов.
4. Как образуются молекулярные орбитали? Что такое гибридизация орбиталей?
5. В чем состоит суть теории кристаллического поля? Назовите примеры лигандов сильного и слабого поля.
6. В чем состоит эффект Яна-Теллера?
7. Объясните, в чем заключается суть модели свободных электронов.
8. Назовите основные достижения модели Друде, что она позволяет объяснить?
9. Чем модель Зоммерфельда отличается от модели Друде? Что такое сфера Ферми?
10. Расскажите о недостатках модели свободных электронов.
11. Расскажите в общих чертах, в чем состоит зонная модель электронного строения веществ.
12. Назовите способы формирования структуры материалов.
13. Что Вы знаете о материалах на основе железа?
14. Что Вы знаете о материалах на основе цветных металлов?
15. Каковы особенности структурообразования металлических материалов?
16. Что Вам известно о сплавах?
17. Какие Вам известны механические характеристики и свойства материалов?
18. В чём заключается явление пластической деформации? Назовите механизмы пластической деформации. Как температура влияет на эффективность различных механизмов пластической деформации?
19. Какие области выделяют на кривой деформации? Что такое предел упругости и предел текучести?
20. Что такое скольжение и переползание дислокаций? Как влияют дисперсные частицы на движение дислокаций?
21. Что такое композиционные материалы? Для чего они нужны? Приведите примеры.
22. Что Вам известно о поверхностной обработке?
23. Что представляют собой керамические материалы?
24. Какие виды керамики вам известны?
25. Как дисперсность частиц влияет на структуру керамических материалов?
26. Что вы знаете об особенностях формования традиционных керамических материалов?
27. Почему кремнезём легко переходит в некристаллическое состояние? Какова структура силикатных стёкол?
28. Какие процессы происходят при обжиге керамики?
29. Каковы требования к огнеупорам и их классификация?
30. Что вы знаете о строительной керамике?
31. Что вы знаете об электроизоляционной керамике?
32. Что вы знаете о магнитной керамике?
33. Что вы знаете о керметах?
34. Что вы знаете о жидких кристаллах? Где они применяются?

35. Каковы характерные свойства полупроводников?
36. Что представляет собой p-n переход?
37. Что представляет собой транзистор? Для чего он используется?
38. Что представляют собой полупроводниковые гетероструктуры? Для чего они используются?
39. Что Вы знаете о первичной структуре полимеров?
40. Приведите классификацию полимеров.
41. Что представляют собой наиболее распространённые природные полимеры?
42. Что представляют собой наиболее распространённые искусственные полимеры?
43. Что Вы знаете о способах воздействия на структуру полимеров?
44. Какие факторы определяют формирование вторичной структуры полимеров?
45. Что Вы знаете о структурообразовании полимеров в растворах?
46. В чём заключаются особенности структуры и свойств высокоэластичного состояния полимеров?
47. Какие факторы определяют свойства композитов?
48. Какие структурные факторы оказывают основное влияние на проницаемость полимеров?
49. Как влияет форма частиц на свойства композита?
50. Что представляют собой MOF структуры?
51. Что представляют собой УНТ и каковы перспективы их практического использования?
52. Как классифицируют УНТ?
53. Как определяется хиральность УНТ?
54. Что вам известно об интеркалированных УНТ?
55. Что вам известно о механических свойствах УНТ?
56. Что вам известно об электрических свойствах УНТ?
57. В чём причина зависимости электрических свойств УНТ от хиральности?
58. Как можно использовать УНТ для изготовления компонентов электронных устройств?
59. Что представляет собой графен и какими особыми свойствами он обладает?
60. Как и зачем модифицируют графен?
61. Какие электронные устройства создают на основе графена и на каких эффектах они основаны?
62. Что вам известно о фуллеренах и фуллеридах?
63. Какие известны типы наполнителей композиций? Приведите примеры.
64. Какие факторы влияют на проводимость композиций с УНТ?
65. Как классифицируют наноматериалы?
66. Какие различают основные способы получения наноматериалов?
67. Что такое кластеры и каковы их свойства?
68. Что вы знаете о магнитных наноматериалах?
69. Что вы знаете о механических свойствах наноматериалов?
70. Расскажите об использовании наноматериалов.
71. Какие различают типы неупорядоченных систем? Как их описывают?
72. Как характеризуют упорядоченность структуры?
73. Как изучают структуру некристаллических материалов?

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

8.1. Основная литература:

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М.: «Мир», 1979, т. I., 458 с.
2. Чупахин А.П. Общая химия. Химическая связь и строение вещества: Учеб. пособие

- / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2003. 168 с.
3. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): учеб. пособие для нач. проф. образования — М.: «Академия», 2009, 288 с.
 4. Каллистер У., Ретвич Д. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) / Пер. с англ. под ред. Малкина А.Я. СПб.: Научные основы и технологии, 2011, 896 с.
 5. Новые материалы. Под ред. Карабасова Ю.С. М.: МИСИС, 2002, 736 с.
 6. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. Под редакцией Ю.Д. Третьякова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010, 456 с.
 7. Кочнев А.М., Заикин А.Е., Галибеев С.С., Архиреев В.П. Физикохимия полимеров. Казань: «Фэн», 2003, 512 с.
 8. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. Под ред. Ю. М. Барона. — СПб.: Питер, 2012, 512 с.
 9. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005, 432 с.
 10. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твёрдые тела. М.: Мир, 1986, 558 с.

8.2. Дополнительная литература:

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: «Наука», 1978, 792 с.
2. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: пер. с англ. – М.: «Мир», 1988, Ч. 2., 338 с.
3. Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. Новые направления в химии твердого тела. Новосибирск: «Наука», 1990, 520 с.
4. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М.: «Мир», 1979, т. II., 486 с.
5. Третьяков Ю.Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов. М.: «Наука». 2006, 400 с.
6. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. М.: «Наука», 1971, 400 с.
7. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, 416 с.
8. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 456 с.
9. Машкин Н.А., Игнатова О.А. Строительные материалы. Краткий курс: учеб. пособие. Н.: НГАСУ (Сибстрин), 2012, 200 с.
10. Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, свч-техники и нанофотоники. Под ред. В.Ф. Шабанов, В.Я. Зырянов. Н.: Изд-во СО РАН, 2013. 367 с. (Интеграционные проекты СО РАН; вып.44).
11. Wolf E.L. Graphene: a new paradigm in condensed matter and device physics. NY: Oxford univ. press, 2014, 305 p.
12. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. СПб.: «Наука», 2001, 160 с.

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

1. MS Windows 7.
2. Офисный пакет LibreOffice.
3. Антивирусная программа Dr.Web.
4. Программа просмотра файлов PDF Acrobat Reader.
5. Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Научная электронная библиотека eLibrary.ru (<http://elibrary.ru>);
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Web of Science
http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=N1ueGpOv8ndHm2xXVE2&preferencesSaved=
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Scopus (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>)
- SCIRUS - бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск научной информации (www.scirus.com);
- Полнотекстовая база данных ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier для ученых, преподавателей, студентов (<https://www.sciencedirect.com>);
- Google Scholar – полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах (<https://scholar.google.ru>);
- DOAJ – Directory of Open Access Journal – каталог журналов открытого доступа (www.doaj.org) - сайт, на котором расположены ссылки на открытые полнотекстовые научные журналы по всем темам и на всех языках;
- Электронные ресурсы удаленного доступа ГПНТБ России
<http://www.gpntb.ru/elektronnye-resursy-udalennogo-dostupa.html>
- Электронные каталоги и базы данных ГПНТБ СО РАН
http://webirbis.spsl.nsc.ru/irbis64r_01/cgi/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=CAT&P21DBN=CAT
- Электронная библиотека ГПНТБ СО РАН
<http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/index-new1.html>.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

10. Язык преподавания.

Дисциплина преподается на русском языке.