

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем сверхпластичности металлов
Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПСМ РАН

Р.Р. Мулюков

2015 г.



**Рабочая программа учебной дисциплины
«Углеродные наноматериалы»**

Составлена для аспирантов ИПСМ РАН, обучающихся по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», профиль «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения

очная

Составитель

научный сотрудник, к.ф.-м.н.

Ю.А. Баимова

Программа обсуждена и одобрена на заседании ученого совета ИПСМ РАН, протокол № 11-15 от 02 июля 2015 г.

Уфа 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Цель и задачи курса.....	3
1.1. Цель и задачи изучения дисциплины.....	3
1.2. Основные задачи изучения дисциплины.....	3
1.3. Компетенции, формируемые дисциплиной.....	3
2. Место дисциплины в учебном процессе	4
3. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
4. Содержание дисциплины.....	4
4.1. Разделы дисциплины, трудоемкость (в часах) по видам занятий	4
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	5
4.3. Самостоятельная работа	6
5. Текущая и промежуточная аттестация. Фонд оценочных средств.....	6
5.1. Организация текущего контроля освоения материала	6
5.2. Промежуточная аттестация.....	7
6. Материальное обеспечение дисциплины.....	8
7. Учебная литература для самостоятельной работы.....	8
7.1. Основная литература	8
7.2. Дополнительная литература	9

Введение

Настоящая учебная программа составлена в соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ, Приказом Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 №1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. N 867, с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», паспортом специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», Уставом ИПСМ РАН и положениями, регламентирующими работу аспирантуры ИПСМ РАН.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов фундаментальных знаний о методах получения, строения и физических свойствах углеродных наноматериалов и их применениях.

1.2. Основные задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

- методы получения и строение наноразмерных модификаций углерода;
- физические и механические свойства углеродных наноматериалов;
- возможности применения углеродных наноматериалов.

Аспирант должен уметь:

- интерпретировать механические и физические свойства углеродных наноматериалов;
- использовать передовые отечественные и зарубежные достижения в области углеродных наноматериалов при проведении научных исследований.

Аспирант должен приобрести навыки:

- изучения современных достижений в области углеродных наноматериалов;
- использования современных достижений в области физики углеродных наноматериалов в исследовательской работе.

1.3. Компетенции, формируемые дисциплиной:

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций:

обще профессиональных -

- способности самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

профессиональных -

- готовности использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области физики конденсированного состояния при проведении научных исследований и разработке перспективных материалов с определенными свойствами, методов их обработки, конструкций, приборов и устройств на их основе (ПК-2).

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Углеродные наноматериалы» преподается в 3-й год обучения аспиранта и относится к дисциплинам вариативной части для профиля «Физика конденсированного состояния», изучаемым по выбору аспиранта.

Данная дисциплина базируется на следующих дисциплинах первых двух уровней высшего образования по направлению «Физика и астрономия»: физика, квантовая механика, физика твердого тела.

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины «Углеродные наноматериалы», используются в научно-исследовательской работе аспиранта и подготовке диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Год
		3
Общая трудоемкость дисциплины	108 / 3	108
Аудиторные занятия	36 / 1	36
Лекции	36 / 1	36
Практические занятия	-	-
Самостоятельная работа	72 / 2	72
Вид итогового контроля		зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины, трудоемкость (в часах) по видам занятий

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Введение. Аллотропные модификации чистого углерода. Классификация и общие свойства.	12	2			10
2	Фуллерены	18	6			12
3	Углеродные нанотрубки	20	6			14
4	Графен	20	8			12
5	Объемные углеродные наноматериалы	20	8			12
6	Применения углеродных наноматериалов	18	6			12

	Итого	108	36			72
--	-------	-----	----	--	--	----

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. *Введение.* Аллотропные модификации чистого углерода. Классификация углеродных наноматериалов.

Основные понятия квантовой химии. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, чаоит, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.

2. Фуллерены

История открытия фуллеренов. Строение и номенклатура кластеров углерода. Методы получения фуллеренов. Физические, химические свойства фуллеренов. Металлофуллерены. Легированные фуллерены. Фуллерены и фуллерено-подобные объекты в природе. Углеродные луковицы.

3. Углеродные нанотрубки

Структура нанотрубок. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки (МСНТ). История открытия. Структурные свойства. Хиральность нанотрубок. Методы получения УНТ. Дуговой метод. Лазерный метод. Электролитический и химический методы. Магнетронный метод выращивания МСНТ. Точный и другие методы приготовления УНТ.

Электронные свойства нанотрубок. Электропроводность. Полевая электронная эмиссия нанотрубок. Механические свойства углеродных нанотрубок. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Электромеханические свойства углеродных нанотрубок. Нанотехнологические применения углеродных нанотрубок. Токсичность нанотрубок.

Связки и кристаллы из нанотрубок. Вертикально ориентированные к подложке УНТ. Получение открытых нанотрубок и заполнение их материалом.

4. Графен

Открытие графена. Методы синтеза графена. Однослойный и многослойный графен. Структура, упругие свойства, прочность. Дефекты в графене. Дефект Стоуна-Троуэра-Уэйлса. Границы зерен. Технология упругих деформаций. Влияние деформации на свойства графена. Коробление графена. Гетероструктуры на основе графена. Теплопроводность и другие физические свойства гетероструктур на основе графена.

5. Объемные и многослойные углеродные наноматериалы

Скомканный графен. Фуллерит. Системы и клубки УНТ. Алмазоподобные углеродные фазы. Наноалмазы. Механические и физические свойства скомканного графена, фуллерита и систем нанотрубок. Механические свойства углеродных алмазоподобных фаз.

6. Применения углеродных наноматериалов

Металломатричные и полимерно-матричные композиты, армированные нанотрубками, фуллеренами и графеном. Нити и бумага из нанотрубок. Применение нанотрубок в качестве фильтров. Использование нанотрубок в качестве зондов для сканирующих зондовых микроскопов. Употребление УНТ для создания сенсоров. X-, Y-, V-образные нанотрубки в качестве элементов нанoeлектроники. Диоды. Транзисторы. Холодные катоды на основе УНТ.

4.3. Самостоятельная работа

В курсе запланировано 72 часа на самостоятельную работу аспирантов, которая включает в себя самостоятельную проработку и расширенное изучение материала, систематизацию, закрепление знаний, выполнение заданий и подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

5. Текущая и промежуточная аттестация. Фонд оценочных средств

5.1. Организация текущего контроля освоения материала

Текущий контроль знаний по дисциплине «Углеродные наноматериалы» осуществляется путем устных или письменных опросов по вопросам пройденных тем с периодичностью через 2 занятия с использованием вопросов для текущего контроля, а также задания, направленного на проверку сформированности компетенций при изучении дисциплины.

Объектами оценивания при текущем контроле выступают:

- учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний;
- степень сформированности компетенций.

Примерный перечень вопросов для подготовки аспирантов к текущему контролю теоретических знаний

1. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода.
2. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, чаоит, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.
3. Строение и номенклатура кластеров углерода.
4. Методы получения фуллеренов.
5. Физические, химические свойства фуллеренов.
6. Металлофуллерены. Легированные фуллерены.
7. Фуллерены и фуллерено-подобные объекты в природе. Углеродные луковицы.
8. Структура нанотрубок. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки.
9. Структурные свойства. Хиральность нанотрубок.
10. Методы получения УНТ. Дуговой метод. Лазерный метод. Электролитический и химический методы. Магнетронный метод выращивания МСНТ. Токовый и другие методы приготовления УНТ.
11. Электронные свойства нанотрубок. Электропроводность. Полевая электронная эмиссия нанотрубок.
12. Механические свойства углеродных нанотрубок. Упругие свойства углеродных нанотрубок.
13. Электромеханические свойства углеродных нанотрубок. Нанотехнологические применения углеродных нанотрубок. Токсичность нанотрубок.
14. Связки и кристаллы из нанотрубок. Вертикально ориентированные к подложке УНТ. Получение открытых нанотрубок и заполнение их материалом.
15. Открытие графена. Методы синтеза графена. Однослойный и многослойный графен.
16. Структура, упругие свойства, прочность.
17. Дефекты в графене. Дефект Стоуна-Троуэра-Уэйлса. Границы зерен.

18. Технология упругих деформаций. Влияние деформации на свойства графена. Коробление графена.
19. Гетероструктуры на основе графена.
20. Теплопроводность и другие физические свойства гетероструктур на основе графена.
21. Скомканный графен. Фуллерит. Системы и клубки УНТ.
22. Механические и физические свойства скомканного графена, фуллерита и системы нанотрубок.
23. Алмазоподобные углеродные фазы. Наноалмазы.
24. Механические свойства алмазоподобных углеродных фаз.
25. Металломатричные и полимерно-матричные композиты, армированные нанотрубками, фуллеренами и графеном.
26. Нити и бумага из нанотрубок. Применение нанотрубок в качестве фильтров.
27. Использование нанотрубок в качестве зондов для сканирующих зондовых микроскопов. Употребление УНТ для создания сенсоров. X-, Y-, V-образные нанотрубки в качестве элементов наноэлектроники.
28. Диоды. Транзисторы. Холодные катоды на основе УНТ.

Задания для оценки степени сформированности компетенций

Для демонстрации степени сформированности компетенций при изучении дисциплины аспирант самостоятельно выполняет письменное задание следующего содержания.

1. Проводит критический анализ современных научных достижений в области теоретического и экспериментального исследования углеродных наноматериалов и формулирует нерешенные проблемы (компетенция УК-1).
2. Устанавливает связь современных достижений в области исследования углеродных наноматериалов с темой диссертационной работы аспиранта (ПК-2).

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется с целью выявления степени освоения аспирантом теоретических знаний по дисциплине. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в конце 4-го семестра.

Обучающийся допускается к зачету или экзамену в случае выполнения всех учебных заданий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Зачет проводится в письменно-устной форме. Аспиранту выдается задание в виде двух из приведенного ниже перечня. Зачет проводится в аудитории, время на написание и подготовку к ответам 40 минут.

Оценка «зачтено» выставляется при правильном и достаточно полном ответе, правильно использующем специальную терминологию, и умении отвечать на дополнительные вопросы, непосредственно связанные с темой билета. При этом могут допускаться ошибки не принципиального характера.

Оценка «не зачтено» выставляется при недостаточно полном ответе, при неправильном использовании специальной терминологии, неумении отвечать на дополнительные вопросы, непосредственно связанные с темой билета, при наличии в ответе ошибок принципиального характера.

Получение зачета является необходимым условием аттестации аспиранта за второй год обучения.

Перечень вопросов для подготовки аспирантов к промежуточной аттестации по дисциплине

1. Гибридизация атомных орбиталей и многообразие аллотропных модификаций и химических соединений углерода. Алмаз и алканы. Графит, графен, арены, алкены, чаоит, карбин, алкины. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода. Строение и номенклатура кластеров углерода.
2. Методы получения фуллеренов. Физические, химические свойства фуллеренов.
3. Фуллерены и фуллерено-подобные объекты в природе. Металлофуллерены. Легированные фуллерены. Углеродные луковицы.
4. Структура нанотрубок. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки. Структурные свойства. Хиральность нанотрубок.
5. Методы получения УНТ. Дуговой метод. Лазерный метод. Электролитический и химический методы. Магнетронный метод выращивания МСНТ. Токковый и другие методы приготовления УНТ.
6. Свойства УНТ. Электропроводность. Полевая электронная эмиссия нанотрубок. Механические и упругие свойства углеродных нанотрубок. Электромеханические свойства углеродных нанотрубок. Нанотехнологические применения УНТ. Токсичность нанотрубок.
7. Связки и кристаллы из нанотрубок. Вертикально ориентированные к подложке УНТ. Получение открытых нанотрубок и заполнение их материалом.
8. Открытие графена. Методы синтеза графена. Однослойный и многослойный графен.
9. Структура, упругие свойства, прочность графена.
10. Дефекты в графене. Дефект Стоуна-Троуэра-Уэйлса. Границы зерен.
11. Технология упругих деформаций. Влияние деформации на свойства графена. Коробление графена.
12. Гетероструктуры на основе графена. Теплопроводность и другие физические свойства.
13. Скомканный графен. Фуллерит. Системы и клубки УНТ. Механические и физические свойства. Алмазоподобные углеродные фазы. Наноалмазы. Механические свойства.
14. Металломатричные и полимерно-матричные композиты, армированные нанотрубками, фуллеренами и графеном. Нити и бумага из нанотрубок. Применение нанотрубок в качестве фильтров.
15. Использование нанотрубок в качестве зондов для сканирующих зондовых микроскопов. Употребление УНТ для создания сенсоров. X-, Y-, V-образные нанотрубки в качестве элементов наноэлектроники.
16. Диоды. Транзисторы. Холодные катоды на основе УНТ.

6. Материальное обеспечение дисциплины

Для проведения занятий используется аудитория, оснащенная компьютером, проектором и экраном.

7. Учебная литература для самостоятельной работы

7.1. Основная литература

1. Мулюков Р.Р., Баимова Ю.А. Углеродные наноматериалы. Уч. пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. - 160 с.

2. Губин С.П., Ткачев С.В. Графен и родственные наноформы углерода. - М.: Ленанд, 2014. - 112 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2006. - 336 с.