

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

И. Чуприс

13.06.2018

Регистрационный № УД 5187 /уч.



КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 06 Ядерные физика и технологии**

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 06-2013 и учебного плана № G-31-142/уч от 30.05.2013 г., № G-31и-145/уч от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н. Н. Черенда — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 10 от 16 мая 2018 г.);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 11 от 01 июня 2018 г.);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Конструкционные материалы ядерных реакторов» разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерная физика и технологии.

Цель учебной дисциплины – формирование у студентов целостных представлений о применяемых в ядерных реакторах конструкционных материалах и закономерностях изменения их свойств при воздействии облучения и коррозии, их совместимости с различными видами ядерного топлива.

Основные **задачи** учебной дисциплины – изучение структуры, состава и свойств основных конструкционных материалов, применяемых в реакторостроении; изучение критических физических процессов, влияющих на свойства материалов; изучение эволюции структуры и свойств материалов при выгорании топлива, протекании коррозионных процессов и обучении частицами различного типа; изучение совместимости конструкционных материалов с различными видами ядерного топлива. Данные задачи выполняются непосредственно при прослушивании лекций, при самостоятельной работе с технической и научной литературой, учебными пособиями, справочниками.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций.

Ядерная энергетика является важной составной частью производства электроэнергии. Ключевыми вопросами развития ядерной энергетики являются безопасность и экономичность. Именно поведение конструкционных материалов эксплуатируемых и проектируемых ядерных реакторов и определяет в значительной степени безопасную и экономичную работу атомных станций. Роль конструкционных материалов активной зоны и корпусов реакторов состоит в обеспечении минимальных последствий возможных аварийных ситуаций, т.е., по существу, в решении главных вопросов безопасности реакторов.

Свойства конструкционных материалов зависят от целого ряда внутренних (состав, структура, внутренние напряжения) и внешних факторов (температура, тип ионизирующего излучения и энергия частиц, присутствие и величина внешних напряжений, характер коррозионной среды, тип используемого ядерного топлива). Изучение этих вопросов является основой реакторного материаловедения.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные типы конструкционных и топливных материалов ядерных реакторов и требования, предъявляемые к ним;
- диаграммы состояния сплавов на основе железа, циркония, алюминия, и оптимальные составы сплавов;

- основные закономерности критических физических процессов, влияющих на свойства материалов;
- влияние легирования на структуру и прочностные характеристики, а также коррозионную стойкость материалов в различных агрессивных средах

уметь:

- прогнозировать поведение структуры и свойств основных конструкционных материалов в различных условиях их работы;
- анализировать диаграммы состояний наиболее распространенных сплавов и определять по ним возможное состояние структуры и состава сплавов;
- работать самостоятельно и повышать свой профессиональный уровень;
- реализовывать комплексный подход к решению проблем в области материаловедения;
- применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области реакторного материаловедения;

владеть:

- организовывать и проводить экспериментальные исследования используемых материалов;
- базовыми принципами прогнозирования свойств конструкционных материалов ядерных реакторов, исходя из данных об их условиях работы;
- уметь применять базовые научно-технические знания для решения научных и прикладных задач в области радиационного материаловедения;
- уметь выбирать наиболее эффективное решение материаловедческих задач при создании узлов и конструкций, работающих в определенных условиях;
- пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям и проектам;
- организовывать свой собственный труд и взаимодействие с другими исполнителями;
- взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Форма получения высшего образования – очная, дневная.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями.

Академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой компьютером.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

Социально-личностные компетенции:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Владеть навыками здорового образа жизни.

Профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, методов измерения величин, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.

ПК-2. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-10. Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.

ПК-12. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиями, проектам и решениям.

Взаимосвязь учебной дисциплины «Конструкционные материалы ядерных реакторов» с учебными дисциплинами «Материалы ядерной техники», «Фазовые превращения в металлах» и «Радиационные эффекты в твердых телах» состоит в использовании и развитии знаний, изложенных в темах по изучению реакторных материалов, топливных материалов, структурно-фазовых превращений, радиационных дефектов в твердых телах. Знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Конструкционные материалы ядерных реакторов» будут использованы в учебной дисциплине «Структурно-фазовые изменения при облучении».

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины 110, из них количество аудиторных часов - 54. Аудиторные занятия проводятся в виде лекций 44 ч, УСП 10 ч .

Занятия проводятся на 5-м курсе в 9-м семестре. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине - экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Общая характеристика конструкционных материалов ядерных реакторов.

1.1 Конструкционная схема ядерной энергетической установки (ЯЭУ). Термоядерные реакторы. Классификация ЯЭУ.

1.2 Требования, предъявляемые к материалам узлов, находящихся в активной зоне и вне активной зоны. Конструкционные материалы, применяемые в реакторостроении. Основные механические свойства, совместимость и радиационная стойкость конструкционных материалов ядерных реакторов.

2. Коррозионные процессы

2.1 Классификация коррозионных процессов. Показатели коррозии. Химическая коррозия металлов.

2.2 Электрохимическая коррозия металлов. Методы защиты от коррозии.

3. Алюминий и его сплавы.

3.1 Общая характеристика алюминия. Коррозионная стойкость алюминия. Влияние легирования на коррозионную стойкость. Влияние легирования на структуру и механические свойства алюминия. Алюминиевые сплавы, применяемые в реакторостроении.

4. Магний и его сплавы.

4.1 Общая характеристика магния. Сплавы магния.

5. Цирконий и его сплавы.

5.1 Общая характеристика циркония. Влияние легирования на механические свойства и жаропрочность. Взаимодействие с кислородом. Влияние примесей и легирующих элементов на окисление.

5.2 Взаимодействие с водородом, углекислым газом, органическими и жидкометаллическими теплоносителями. Влияние облучения на механические свойства и коррозионную стойкость.

6. Сплавы на основе железа.

6.1 Физико-химические свойства железа. Система Fe-Fe₃C. Превращения в стали при охлаждении. Классификация и маркировка сталей. Примеси и легирующие элементы в стали. Сплавы системы Fe-Cr, Fe-Ni, Fe-Cr-Ni. Влияние легирования на коррозионную и жаростойкость.

7. Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали.

7.1 Перлитные стали. Мартенситные стали. Полуферритные и ферритные стали. Влияние нейтронного облучения на механические свойства. Коррозионная стойкость.

8. Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали.

8.1 Структура жаропрочных нержавеющих хромоникелевых сталей. Влияние легирования на механические свойства. Влияние нейтронного облучения на свойства жаропрочных нержавеющих хромоникелевых сталей.

8.2 Коррозионное растрескивание и межкристаллитная коррозия. Коррозионная стойкость в воде и паре, в жидкометаллических теплоносителях.

9. Сплавы на основе никеля.

9.1 Общая характеристика никеля. Влияние легирующих элементов на свойства никеля. Сплавы никеля.

10. Тугоплавкие металлы и их сплавы.

10.1 Свойства тугоплавких металлов. Сплавы на основе ванадия, тантала, ниобия, хрома, молибдена, вольфрама. Влияние облучения на механические свойства.

10.2 Окисление тугоплавких металлов. Взаимодействие с жидкометаллическими теплоносителями.

11. Ядерное топливо и его совместимость с конструкционными материалами.

11.1 Состав ядерного топлива, его классификация. Требования к ядерному топливу.

11.2 Уран и его свойства. Термическая обработка и циклическая термическая обработка урана. Совместимость урана с конструкционными материалами оболочек твэлов. Влияние облучения на уран. Сплавы урана.

11.3 Плутоний и его свойства. Циклическая термическая обработка и термическая обработка плутония. Коррозия плутония. Сплавы плутония.

11.4 Общая характеристика оксидного ядерного топлива. Технологические свойства порошков и методы получения порошков UO_2 . Требования к таблеткам оксидного ядерного топлива. Основные технологические процессы получения таблеток UO_2 . Промышленная технология спекания таблеток UO_2 .

11.5 Структурно-фазовое состояние и физико-химические свойства диоксидов.

11.6 Механические свойства диоксидов. Изменения структуры при выгорании. Перераспределение кислорода и актиноидов при выгорании. Совместимость с конструкционными материалами и теплоносителями.

11.7 Общая характеристика карбидов и нитридов урана и плутония. Механические свойства карбидного и нитридного топлива, влияние облучения. Теплофизические свойства карбидного и нитридного топлива, влияние облучения. Совместимость карбидов и нитридов урана и плутония с конструкционными материалами, влияние облучения. Радиационное распухание карбидного и нитридного топлива.

11.8 Структура и свойства дисперсного ядерного топлива. Совместимость компонентов и радиационная стабильность дисперсного ядерного топлива. Дисперсное ядерное топливо на основе микротвэлов и их конструктивные особенности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские Занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Общая характеристика конструкционных материалов ядерных реакторов.	4						
1.1	Конструкционная схема ядерной энергетической установки (ЯЭУ). Термоядерные реакторы. Классификация ЯЭУ.	2					[1]	
1.2	Требования, предъявляемые к материалам узлов, находящихся в активной зоне и вне активной зоны. Конструкционные материалы, применяемые в реакторостроении. Основные механические свойства, совместимость и радиационная стойкость конструкционных материалов ядерных реакторов.	2					[1] [2] [3]	
2	Коррозионные процессы	4						
2.1	Классификация коррозионных процессов. Показатели коррозии. Химическая коррозия	2					[4]	

	металлов.							
2.2	Электрохимическая коррозия металлов. Методы защиты от коррозии.	2						
3	Алюминий и его сплавы.	2						
3.1	Общая характеристика алюминия. Коррозионная стойкость алюминия. Влияние легирования на коррозионную стойкость. Влияние легирования на структуру и механические свойства алюминия. Алюминиевые сплавы, применяемые в реакторостроении.	2					[1] [5]	
4	Магний и его сплавы.	1				2		
4.1	Общая характеристика магния. Сплавы магния.	1					[1] [5] [6]	
5	Цирконий и его сплавы.	4						
5.1	Общая характеристика циркония. Влияние легирования на механические свойства и жаропрочность. Взаимодействие с кислородом. Влияние примесей и легирующих элементов на окисление.	2					[1] [3] [5]	
5.2	Взаимодействие с водородом, углекислым газом, органическими и жидкометаллическими теплоносителями. Влияние облучения на механические свойства и коррозионную стойкость.	2				2	[1] [3] [5]	Контрольная работа
6	Сплавы на основе железа.	2						
6.1.	Физико-химические свойства железа. Сис-	2					[1]	

	тема Fe-Fe ₃ C. Превращения в стали при охлаждении. Классификация и маркировка сталей. Примеси и легирующие элементы в стали. Сплавы системы Fe-Cr, Fe-Ni, Fe-Cr-Ni. Влияние легирования на коррозионную и жаро-стойкость.						[3] [5]	
7	Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали.	2						
7.1	Перлитные стали. Мартенситные стали. Полуферритные и ферритные стали. Влияние нейтронного облучения на механические свойства. Коррозионная стойкость.	2					[1] [3] [5]	
8	Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали.	4						
8.1	Структура жаропрочных нержавеющих хромоникелевых сталей. Влияние легирования на механические свойства. Влияние нейтронного облучения на свойства жаропрочных нержавеющих хромоникелевых сталей.	2					[1] [3] [5]	
8.2	Коррозионное растрескивание и межкристаллитная коррозия. Коррозионная стойкость в воде и паре, в жидкометаллических теплоносителях.	2					[1] [3] [5]	
9	Сплавы на основе никеля.	1						
9.1	Общая характеристика никеля. Влияние легирующих элементов на свойства никеля.	1					[1] [3]	

	Сплавы никеля.						[5]	
10	Тугоплавкие металлы и их сплавы.	4				2		
10.1	Свойства тугоплавких металлов. Сплавы на основе ванадия, тантала, ниобия, хрома, молибдена, вольфрама. Влияние облучения на механические свойства.	2					[1] [3] [5]	
10.2	Окисление тугоплавких металлов. Взаимодействие с жидкометаллическими теплоносителями.	2				2	[1] [3] [5]	Контроль-ная работа
11	Ядерное топливо и его совместимость с конструкционными материалами.	16				6		
11.1	Состав ядерного топлива, его классификация. Требования к ядерному топливу.	2					[7] [8]	
11.2	Уран и его свойства. Термическая обработка и циклическая термическая обработка урана. Совместимость урана с конструкционными материалами оболочек ТВЭЛов. Влияние облучения на уран. Сплавы урана.	2					[9] [10] [11]	
11.3	Плутоний и его свойства. Циклическая термическая обработка и термическая обработка плутония. Коррозия плутония. Сплавы плутония.	2					[11] [12] [13]	
11.4	Общая характеристика оксидного ядерного топлива. Технологические свойства порошков и методы получения порошков UO_2 . Требования к таблеткам оксидного ядерного топлива. Основные технологические про-	2					[7]	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Конструкционные материалы ядерных реакторов. В 2-х ч. Ч. II. Структура, свойства, назначение. Учебное пособие для вузов. Под ред. М.Н. Бескоровайного. М. Атомиздат. 1977 256 с.
2. Зеленский В.Ф., Неклюдов И.М., Черняева Т.П. Радиационные дефекты и набухание металлов. Киев. Наук.думка, 1988, 256 с.
3. В.Н. Воеводин, И.М. Неклюдов. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. Киев. Наук.думка, 2006, 376 с.
4. А.И. Малахов, А.П. Жуков. Основы металловедения и теория коррозии. М.: Высшая школа. 1978, 192 с.
5. В.В. Герасимов, А.С. Монахов. Материалы ядерной техники. Учебник для вузов. М. Энергоиздат. 1982, 288 с.
6. Horst E. Friedrich, Barry L.Mordike. Magnesium Technology: Metallurgy, Design Data, Applications. Springer, Berlin, 2006, 638 p.
7. Физическое материаловедение. / Под общ. ред. Б.А. Калина. Учебник для вузов. Том 6. Ч. 2. – М.: МИФИ, 2008.
8. Топливо и материалы ядерной техники. Уч. пособие. Л.А. Беляев, А.В. Воробьев, П.М. Гаврилов, Д.В. Гвоздяков, В.Е. Губин. Томск: Изд-во ТПУ. 2010.
9. А.Н. Холден. Физическое материаловедение урана. Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии. М. 1962
10. В.В. Герасимов. Коррозия урана и его сплавов. М.: Атомиздат, 1965.
11. Дегальцев Ю.Г., Понамарев-Степной Н.Н., Кузнецов В,Ф., Поведение высокотемпературного ядерного топлива при облучении. М.: Энергоатомиздат, 1987.
12. Вольский А. Н., Стерлин Я. М., Металлургия плутония. М.: Наука. 1967
13. К. Бэгли. Плутоний и его сплавы. Издательство главного управления по использованию атомной энергии при Совете Министров СССР, Москва, 1958.
14. Годин Ю.Г., Тенишев А.В. Карбидное ядерное топливо: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007.

Перечень дополнительной литературы

1. Конобеевский С.Т. Действие облучения на материалы. М. Атомиздат. 1967
2. Скоров Д.М., Бычков Ю.Ф., Дашковский А.И. Реакторное материаловедение. М. Атомиздат. 1979
3. Ягодин. Г.А., Синегрибова О.А., Чекмарев А.В. Технология редких металлов в атомной технике. Учебное пособие для вузов. Атомиздат. 1974, 344 с.

4. В.С. Синявский, В.Д. Вальков, В.Д. Калинин. Коррозия и защита алюминевых сплавов. М.: Металлургия, 1986, 368 с.
5. И.Я. Емельянов, В.И. Михан, В.И. Солонин. Конструирование ядерных реакторов. М.: Энергоиздат. 1982, 400 с.
6. Ф.Я. Овчинников, Л.И. Голубев, В.Д. Добрынин, В.И. Ключков, В.В. Семенов, В.М. Цыбенко. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1977
7. Будов В.Ф., Фарафонов В.А. Конструирование основного оборудования АЭС. М.: Энергоатомиздат. 1985
8. Плутоний. Фундаментальные проблемы. В 2-х томах, пер. под редакцией Б. А. Надыто, Л. Ф. Тимофеевой, РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2003
9. Зверков В.В. Эксплуатация ядерного топлива на АЭС с ВВЭР. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
10. В.И. Бойко и др. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. Томск: Изд-во ТПУ, 2005.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные задания.
2. Реферативные работы

Примерный перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов

1. Контрольные задания по темам:
 1. Общая характеристика конструкционных материалов ядерных реакторов.
 2. Коррозионные процессы
 3. Алюминий и его сплавы.
 4. Магний и его сплавы.
 5. Цирконий и его сплавы.
 6. Сплавы на основе железа.
 7. Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали.
 8. Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали.
 9. Сплавы на основе никеля.
 10. Тугоплавкие металлы и их сплавы.
 11. Ядерное топливо и его совместимость с конструкционными материалами.
2. Реферативные работы по темам:
 1. Реакторный графит (свойства, коррозионная стойкость, влияние облучения на свойства).
 2. Коррозия циркониевых сплавов.
 3. Поведение циркониевых сплавов при эксплуатации в реакторе.
 4. Медь и ее сплавы.

5. Титан и его сплавы.
6. Совместимость аустенитных нержавеющей сталей с ядерным топливом.
7. Радиационное распухание конструкционных материалов.
8. Радиационное охрупчивание конструкционных материалов
9. Радиационная ползучесть конструкционных материалов.
10. Жаропрочность конструкционных материалов.
11. Конструкционные материалы реакторов на быстрых нейтронах.
12. Термоядерные реакторы.
13. Конструкционные материалы термоядерных реакторов
14. Тепловыделяющие элементы и тепловыделяющие сборки.
15. Ядерный топливный цикл.
16. Обогащение урана.
17. Коррозия урана.
18. Влияние облучения на сплавы урана.
19. Самооблучение плутония.
20. Применение дисперсного ядерного топлива в ядерных реакторах
21. Дисперсные твэлы и тепловыделяющие сборки высокотемпературных реакторов
22. Строение и свойства покрытий микротвэлов
23. Выход продуктов деления из топлива высокотемпературных реакторов
24. Миграция топливных микросфер в микротвэлах
25. Коррозия покрытий микротвэлов
26. Напряженно-деформированное состояние микротвэлов

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать контрольные работы по разделам дисциплины, защиту реферативных работ. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольная работа проводится в письменной форме. Задание включает в себя два вопроса по соответствующим тематическим разделам. На выполнение работы отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные

издания. Оценка результатов контрольной работы проводится по десятибалльной шкале.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждую из контрольных работ и оценки за защиту реферата.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости – 0.3, для экзаменационной оценки – 0.7.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 №382-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Материалы ядерной техники	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № _10__ от _16__._05__.2018_ –
Фазовые превращения в металлах	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № _10__ от __16__._05__.2018_ –
Структурно-фазовые изменения при облучении	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № _10__ от __16__._05__.2018_ –

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год

№ № ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
физики твердого тела
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
физики твердого тела
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета БГУ
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик