

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе БГУ
Л. Толстик
Регистрационный № УД- 4030 /уч.

The seal of the Belarusian State University is circular, featuring a central emblem with a star and a figure, surrounded by the university's name in Belarusian and Russian. The seal is stamped over the text.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КРИСТАЛЛАХ

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

2017

Учебная программа составлена на основе ОСВJ 1-31 04 06-2013 и учебного плана № G31-142/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н.Н. Дорожкин — 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 2017 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 11 от 8 июня 2017);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах" разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии.

Цель учебной дисциплины — ознакомление студентов с основами компьютерного моделирования в физике конденсированного состояния и радиационной физике твердого тела.

Основные задачи учебной дисциплины — дать представление о роли компьютеров в современной физике, основных методах компьютерного моделирования и областях их применения, продемонстрировать особенности применения основных методов компьютерного моделирования в физике конденсированного состояния и в радиационной физике твердого тела, научить студентов применять компьютерное моделирование в их научно-исследовательской работе.

Метод компьютерного моделирования является как инструментом для научных исследований, так и методом образования. Этот метод способствует развитию исследовательского обучения, приближению процесса обучения к научному поиску, что является принципиально важным с точки зрения педагогики. Такой подход позволит ускорить достижение заданного уровня знаний и создать необходимую мотивацию для познавательной деятельности.

Численное моделирование составляет неотъемлемую часть современной фундаментальной и прикладной науки, причем по важности оно приближается к традиционным экспериментальным и теоретическим методам. Поэтому будущие научные работники, инженеры и преподаватели обязательно должны владеть технологией компьютерного моделирования, уметь исследовать различные физические явления и процессы с помощью компьютера.

Суть метода компьютерного моделирования заключается в том, что создается математическая модель процесса. Благодаря замене реального объекта соответствующей ему моделью, появляется возможность сформулировать задачу его изучения как математическую и воспользоваться для анализа универсальным математическим аппаратом, который не зависит от конкретной природы объекта.

Настоящая программа состоит из четырех частей. Первая часть посвящена роли компьютеров в физике и общим вопросам компьютерного моделирования многочастичных систем. Рассматривается стохастическое моделирование методом Монте Карло и детерминистическое (динамическое) моделирование методом молекулярной динамики. Здесь же на примере одномерного уравнения Шредингера рассматривается моделирование квантовых систем.

Во второй части рассматривается применение компьютерного моделирования в физике твердого тела. Основное внимание уделено моделированию электронной структуры твердых тел и моделированию дефектов и

примесей. Рассмотрены также вопросы моделирования диффузионных процессов в твердых телах.

В третьей части рассматривается применение компьютерного моделирования в радиационной физике твердого тела. Основное внимание уделено моделированию пробега ионов в твердых телах (методы МК и МД) и моделированию радиационных эффектов при облучении нейтронами, γ -квантами и электронами.

В четвертой части программы рассмотрены вопросы моделирование структуры и свойств наноразмерных систем.

Курс базируется на курсах общей и теоретической физики, высшей математики и основных курсах по физике твердого тела.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные методы компьютерного моделирования физических систем;
- особенности моделирования физических систем;
- особенности моделирования радиационных эффектов в кристаллах;

уметь:

- анализировать компьютерные модели физических процессов;
- уметь применять на практике программы общего и специального назначения для моделирования физических процессов в конденсированных системах;

владеть:

- принципами разработки компьютерных программ для моделирования физических процессов в конденсированных системах;
- навыками анализа результатов компьютерного моделирования.

Программа учебной дисциплины 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.

Общее количество часов – 122; аудиторное количество часов –50, из них: лекции –42 ч., УСП – 8 ч.

Занятия проводятся на 5-м курсе в 10-м семестре. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Часть I. Общие вопросы компьютерного моделирования

1. Роль компьютеров в физике

Области применения компьютеров в физике: компьютерное моделирование (эксперимент), численный анализ, автоматизация физического эксперимента, аналитические вычисления и другие применения компьютеров (базы данных, интернет и др.).

Стохастические и детерминистические методы моделирования. Основные методы компьютерного моделирования: метод молекулярной динамики (МД), метод Монте-Карло (МК) или статистических испытаний, кинетический метод (КМ).

Краткая история развития компьютерного моделирования.

2. Метод Монте-Карло для моделирования многочастичных систем

Применение метода Монте-Карло для численного интегрирования. Равномерное и неравномерное распределение случайного числа. Генераторы случайных чисел. Идея предпочтительной выборки. Случайные блуждания. Алгоритмы получения заданного распределения. Метод Метрополиса получения заданного распределения.

Статистические ансамбли. Метод МК для микроканонического ансамбля. Моделирование одномерной и двумерной моделей Изинга.

Метод МК для канонического ансамбля. Моделирование одномерной, двумерной и трехмерной моделей Изинга. Реализация алгоритма Метрополиса. Критические индексы. Влияние размеров моделируемой системы на критические свойства.

Метод МК для ансамбля с постоянными температурой и давлением.

3. Метод классической молекулярной динамики (МД)

Уравнения движения в методе МД. Силы и потенциалы межатомного взаимодействия. Парные потенциалы: Леннарда-Джонса, Морзе и др. Многочастичные потенциалы: модель погруженного атома, потенциал Стиллинджера-Вебера, потенциал Саттон-Чена, ЕАМ, МЕАМ и др. Обрезание потенциала.

Граничные условия. Задание начальных положений и скоростей частиц. Интегрирование уравнений движения. Выбор шага в методе МД. Расчет термодинамических величин. Численные алгоритмы метода МД и его компьютерная реализация. Программы, реализующие метод МД.

4. Компьютерное моделирование квантовых систем

Связанные состояния одномерного уравнения Шредингера. Нестационарное уравнение Шредингера и метод случайных блужданий. Квантовый метод Монте-Карло для одномерного уравнения Шредингера.

Часть II. Компьютерное моделирование в физике твердого тела

5. Компьютерное моделирование электронной структуры твердых тел

Зонная и кластерная модели электронной структуры. Теория функционала плотности. Методы расчета электронной структуры.

Метод первопринципной МД.

Квантовый метод Монте-Карло для многоэлектронных систем.

Численные алгоритмы и компьютерные программы, реализующие современные методы зонной и кластерной моделей.

6. Применение методов компьютерного эксперимента к моделированию дефектов в кристаллах

Моделирование междоузельных атомов и вакансий в твердых телах методами классической и первопринципной МД.

Моделирование примесей в твердых телах: примеси внедрения, примеси замещения, примесно-вакансионные комплексы, комплексы примесных и междоузельных атомов.

7. Моделирование диффузионных процессов в твердых телах

Применение методов МД и МК для моделирования диффузии в твердых телах. Численные алгоритмы и компьютерные программы для моделирования диффузии.

Часть III. Компьютерное моделирование радиационных эффектов

8. Моделирование первичных процессов в кристаллах при радиационном воздействии

Моделирование облучения твердых тел нейтронами. Механизмы радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении. Образование смещенных атомов быстрыми нейтронами. Образование смещенных атомов медленными и тепловыми нейтронами.

Алгоритм моделирования траекторий нейтронов методом Монте-Карло. Программы моделирования.

Моделирование облучения твердых тел γ -квантами. Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Моделирование методом Монте-Карло радиационных эффектов в твердых телах при облучении их γ -квантами. Программы моделирования.

Моделирование облучения электронами. Процессы взаимодействия электронов с веществом: ионизационные потери энергии электронов, тормозное излучение, многократное рассеяние электронов, неупругие столкновения электронов с большой передачей энергии.

Моделирование пробегов ионов в твердых телах. Применение метода классической МД для моделирования низкоэнергетических каскадов. Программы MDCASK и Kalypso.

Модель бинарных соударений и метод Монте-Карло для моделирования пробегов ионов. Потенциалы межатомного взаимодействия, используемые в модели бинарных соударений. Программы SRIM/TRIM и MARLOWE.

Часть IV. Компьютерное моделирование структуры и свойств наноразмерных систем

9. Моделирование структуры фуллероноподобных частиц

Построение атомных моделей фуллеренов. Применение методов компьютерного моделирования для оптимизации структуры фуллероноподобных частиц. Моделирование электронной структуры фуллеренов методами квантовой химии.

10. Моделирование структуры и свойств нанотрубок

Построение атомных моделей нанотрубок (НТ). Применение методов компьютерного моделирования для оптимизации структуры НТ. Моделирование механических свойств НТ методами МД и квантовой химии. Моделирование электронной структуры НТ.

11. Моделирование структуры и свойств двумерных структур

Построение атомных моделей поверхности, межфазных границ и графена. Применение методов компьютерного моделирования для исследования свойств квазидвумерных структур.

Учебно-методическая карта дисциплины

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Часть I. Общие вопросы компьютерного моделирования								
1	<p>Роль компьютеров в физике</p> <p>Области применения компьютеров в физике: компьютерное моделирование (эксперимент), численный анализ, автоматизация физического эксперимента, аналитические вычисления и другие применения компьютеров (базы данных, интернет и др.).</p> <p>Стохастические и детерминистические методы моделирования. Основные методы компьютерного моделирования: метод молекулярной динамики (МД), вариационный метод (ВМ), метод Монте-Карло (МК) или статистических испытаний, кинетический метод (КМ).</p> <p>Краткая история развития компьютерного моделирования.</p>	2				Компьютерная презентация	[1–4]	
2	Метод Монте-Карло для моделирования многочастичных систем	4				Компьютерные презентации		
2.1.	Применение метода Монте-Карло для численного ин-	2					[1,3-5, 9]	

	тегрирования. Равномерное и неравномерное распределение случайного числа. Генераторы случайных чисел. Идея предпочтительной выборки. Случайные блуждания. Алгоритмы получения заданного распределения. Метод Метрополиса получения заданного распределения.							
2.2	Статистические ансамбли. Метод МК для микроканонического ансамбля. Моделирование одномерной и двумерной моделей Изинга. Метод МК для канонического ансамбля. Моделирование одномерной, двумерной и трехмерной моделей Изинга. Реализация алгоритма Метрополиса. Критические индексы. Влияние размеров моделируемой системы на критические свойства. Метод МК для ансамбля с постоянными температурой и давлением.	2					[1,3-5, 9]	
3	Метод классической молекулярной динамики (МД)	4				Компьютерные презентации		
3.1	Уравнения движения в методе МД. Силы и потенциалы межатомного взаимодействия. Парные потенциалы: Леннарда-Джонса, Морзе и другие. Многочастичные потенциалы: модель погруженного атома, потенциал Стиллинджера-Вебера, потенциал Саттон-Чена. ЕАМ, МЕАМ и др. Обрезание потенциала. Граничные условия. Задание начальных положений и скоростей частиц. Интегрирование уравнений движения. Выбор шага в методе МД. Расчет термодинамических величин.	2					[1, 3, 5, 9]	
3.2	Численные алгоритмы метода МД и его компьютерная реализация. Программы, реализующие метод МД.	2					[1, 3, 5, 9]	

4	Компьютерное моделирование квантовых систем Связанные состояния одномерного уравнения Шредингера. Нестационарное уравнение Шредингера и метод случайных блужданий. Квантовый метод Монте-Карло для одномерного уравнения Шредингера.	2					[1,3-5]		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам №1-4				2			Тест	
Часть II. Компьютерное моделирование в физике твердого тела									
5	Компьютерное моделирование электронной структуры твердых тел	10				Компьютерные презентации			
5.1	Зонная и кластерная модели электронной структуры. Теория функционала плотности.	2					[6-9]		
5.2	Методы расчета электронной структуры.	2					[6-9]		
5.2	Метод первопринципной МД.	2					[10,11]		
5.2	Квантовый метод Монте-Карло для многоэлектронных систем.	2					[10,11]		
5.3	Численные алгоритмы и компьютерные программы, реализующие современные методы зонной и кластерной моделей.	2					[6-10]		
6	Применение методов компьютерного эксперимента к моделированию дефектов в кристаллах Моделирование междоузельных атомов и вакансий в твердых телах методами классической и первопринципной МД. Моделирование примесей в твердых телах: примеси внедрения, примеси замещения, примесно-вакансионные комплексы, комплексы примесных и междоузельных атомов.	2					[8]		
7	Моделирование диффузионных процессов в твердых телах. Применение методов МД и МК для моделирова-	2				Компьютерная	[9]		

	ния диффузии в твердых телах. Численные алгоритмы и компьютерные программы для моделирования диффузии.					презентация		
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам №5-7				2			Тест
Часть III. Компьютерное моделирование радиационных эффектов								
8	Моделирование первичных процессов в твердых телах при радиационном воздействии	10				Компьютерные презентации		
8.1	Моделирование облучения твердых тел нейтронами Механизмы радиационного повреждения твердых тел при нейтронном облучении. Образование смещенных атомов быстрыми нейтронами. Образование смещенных атомов медленными и тепловыми нейтронами. Алгоритм моделирования траекторий нейтронов методом Монте-Карло. Программы моделирования.	2					[15,16]	
8.2	Моделирование облучения твердых тел γ-квантами Механизмы взаимодействия гамма-излучения с веществом. Моделирование методом Монте-Карло радиационных эффектов в твердых телах при облучении их γ -квантами. Программы моделирования.	2					[15]	
8.3	Моделирование облучения твердых тел электронами. Процессы взаимодействия электронов с веществом: ионизационные потери энергии электронов, тормозное излучение, многократное рассеяние электронов, неупругие столкновения электронов с большой передачей энергии. Программы моделирования.	2					[15,17,18]	
8.4	Моделирование пробегов ионов в твердых телах Применение метода классической МД для моделирования низкоэнергетических каскадов. Программы	2					[18,19]	

	MDCASK и Kalypso.							
8.5	Моделирование пробегов ионов в твердых телах. Модель бинарных соударений и метод Монте-Карло для моделирования пробегов ионов. Потенциалы межатомного взаимодействия, используемые в модели бинарных соударений Программы SRIM/TRIM и MARLOWE.	2					[18,19]	
	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу № 8				2			Тест
Часть IV. Компьютерное моделирование структуры и свойств наноразмерных систем								
9	Моделирование структуры фуллереноподобных частиц Построение атомных моделей фуллеренов. Применение методов компьютерного моделирования для оптимизации структуры фуллереноподобных частиц. Моделирование электронной структуры фуллеренов методами квантовой химии.	2				Компьютерная презентация	[12,13]	
10	Моделирование структуры и свойств нанотрубок Построение атомных моделей нанотрубок (НТ). Применение методов компьютерного моделирования для оптимизации структуры НТ. Моделирование электронной структуры НТ. Моделирование механических свойств НТ методами МД и квантовой химии.	2				Компьютерная презентация	[12,13]	
11	Моделирование структуры и свойств квазидвумерных структур Применение методов компьютерного моделирования для исследования свойств квазидвумерных структур – графена, фосфорена и др.	2				Компьютерная презентация	[13,14]	
	Контроль знаний студентов по всем разделам				2			Контрольная работа
	Всего часов	42			8			
	Форма отчетности							Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

1. **Гулд, Х.** Компьютерное моделирование в физике (в 2-х томах) / Х. Гулд, Я. Тобочник. М.: «Мир», 1990. -350 с., 400 с.
2. **Малютин, В.М.** Компьютерное моделирование физических явлений: Учебное пособие / **В.М. Малютин, ЕА. Склярова.** – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 156 с. ISBN.
3. **Хеерман, Д.В.** Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике / Д.В. Хеерман. М.: «Мир», 1990. –176 с.
4. **Биндер, К.** Моделирование методом Монте-Карло в статистической физике / К. Биндер, Д. В. Хеерман. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 144 с.– (Компьютеры в физике). — ISBN 5-02-014735-4.
5. **Кунин, С.** Вычислительная физика / С. Кунин.–М.: «Мир», 1992. -518 с.
6. **Сатанин, А.М.** Введение в теорию функционала плотности. Учебно-методическое пособие / А.М. Сатанин. Нижний Новгород, 2009, 64 с.
7. **Немошкаленко, В.В.** Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Зонная теория металлов / В.В. Немошкаленко, В.Н. Антонов. К.: Наук. думка, 1985, 408 с.
8. **Немошкаленко, В.В.** Методы вычислительной физики в теории твердого тела. Электронные состояния в неидеальных кристаллах / В.В. Немошкаленко, Ю.Н. Кучеренко К.: Наук. думка., 1986. –296 с.
9. **Дорожкин, Н. Н.** Компьютерное моделирование в физике твердого тела: лаб. практикум для студентов физ. фак. / Н. Н. Дорожкин, Н. Г. Якутович. Минск: БГУ, 2010. 107 с. ISBN 978-985-518-330-4.
10. **Мазуренко, В.В.** Моделирование физических свойств наноматериалов на базе параллельных алгоритмов: учебное пособие / В.В. Мазуренко, А.Н. Руденко, В.Г. Мазуренко. – Екатеринбург, 2009. – 77 с. ISBN.
11. **Кашурников, В.А.** Вычислительные методы в квантовой физике: учебное пособие / В.А. Кашурников, А.В. Красавин М.: МИФИ, 2005. – 412 с.
12. **Ивановский, А.Л.** Квантовая химия в материаловедении. Нанотрубчатые формы вещества. / А.Л. Ивановский. Изд-во УрО РАН, Екатеринбург, 1999, 176 с.
13. **Ивановская, А.Л.** О некоторых направлениях компьютерного материаловедения неорганических наноструктур / В.В. Ивановская, А.Л. Ивановский // Наноструктуры. Математическая физика и моделирование. –2009. –т. 1. –№ 1. с. 7–24.
14. **Сорокин, П. Б.** Теоретические исследования физико-химических свойств низкоразмерных структур / Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук. Москва, 2014. – 324 с.

15. **Панин, М.П.** Моделирование переноса излучения: Учебное пособие. / М. П. Панин М.: МИФИ, 2008. – 212 с.
16. **Франк-Каменецкий, Л. Д.** Моделирование траекторий нейтронов при расчете реакторов методом Монте-Карло / Л. Д. Франк-Каменецкий. М. Атомиздат, 1978. – 96 с.
17. **Смирнов, В.В.** Моделирование процесса переноса электронов в задачах радиационной физики: Учебное пособие / В. В. Смирнов. М.: МИФИ, 2008. — 76 с.
18. **Аккерман, А.Ф.** Моделирование траекторий заряженных частиц в веществе / А.Ф. Аккерман. М. Энергоатомиздат. 1991. – 200 с.
19. **Ziegler, J. F.** The Stopping and Range of Ions in Solids / J. F. Ziegler, J. P. Biersack and U. Littmark. Pergamon Press, New York, 1985.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные задания.
2. Тестовые задания.
3. Устный экзамен

Примерный перечень заданий по управляемой самостоятельной работе студентов

- 1) Тестовые задания по темам «Роль компьютеров в физике», «Метод Монте-Карло для моделирования многочастичных систем», «Метод классической молекулярной динамики (МД)», «Компьютерное моделирование квантовых систем».
- 2) Тестовые задания по темам «Компьютерное моделирование электронной структуры твердых тел», «Применение методов компьютерного эксперимента к моделированию дефектов в кристаллах», «Моделирование диффузионных процессов в твердых телах».
- 3) Тестовые задания по теме «Моделирование первичных процессов в твердых телах при радиационном воздействии».
- 4) Контрольные задания по всем темам курса.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Организация текущего контроля и текущей аттестации знаний студентов по учебной дисциплине осуществляется в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете (утверждено приказом ректора БГУ от 18 августа 2015 г. № 382-ОД).

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать письменные тесты и контрольную работу по разделам дисциплины, а также устные опросы. 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.

Тесты проводятся в письменной форме и включают в себя 20 вопросов. Контрольная работа так же проводится в письменной форме и включает в себя три задачи по соответствующим тематическим разделам и выполняется с использованием компьютера и необходимого программного обеспечения. На выполнение работ отводится 90 мин. При подготовке ответа могут

использоваться справочные пособия. Оценка результатов контрольной работы проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждое из письменных тестирований.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Оценка экзамена и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и оценки экзамена. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости — 0,4; для оценки экзамена — 0,6.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
УВО 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)
Радиационные эффекты в твердых телах	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № <u>10</u> от <u>16</u> . <u>05</u> .2017

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на / учебный год

№№ п.п.	Дополнения и изменения	Основания

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

Заведующий кафедрой
компьютерного моделирования
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

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

_____ В.М. Анищик