

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

28.06.2016
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 2356 / уч.

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
Направление специальности: 1-31 04 01-01 Физика
(научно-исследовательская деятельность)**

Минск 2016

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08. 2013 № 88; учебного плана № G31-174/уч. – 2013

В. В. Петров — главный научный сотрудник кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники
физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 12 от 25 _____ мая _____ 2016);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 9 _____ июня _____ 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Физика полупроводников" разработана для специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность).

В данном курсе излагается ряд основных вопросов физики и техники полупроводников, физических основ рентгеновских и оптических методов их исследований, а также принципы изготовления наноструктур.

Цель учебной дисциплины — формирование у студентов современных представлений о физике и технике полупроводников, развитие полученных знаний и навыков в процессе последующего освоения программ спецкурсов, формирование у будущих специалистов современных принципов физического и инженерного мышления. *Основные задачи учебной дисциплины* — выработка у студентов навыков по самостоятельному приобретению и углублению знаний в области физики полупроводников.

Эффективное использование в производстве новых материалов и технологий, поиск оптимальных направлений их применения определяет необходимость обеспечения высокого уровня подготовки специалистов. В этом аспекте изучение физики и техники полупроводников необходимо для успешной профессиональной деятельности специалиста, имеющего квалификацию «Физик. Исследователь» и работающего в области физики полупроводниковых приборов и структур.

В настоящем курсе рассматриваются динамические свойства полупроводников, основные фундаментальные и прикладные принципы дифракционных методов их исследования; анализируются основные фотоэлектрические, оптические гальваномагнитные, термомагнитные и рекомбинационные свойства полупроводниковых кристаллов и структур; даются представления о физических и технологических аспектах изготовления наноструктур. Адаптированный к содержанию спецкурса комплекс тестовых вопросов направлен на развитие у студентов в рамках УСР навыков самостоятельной работы и закрепление изучаемого материала.

Учебная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин и взаимодействует со следующими дисциплинами: «Электронные состояния и процессы в конденсированных средах», «Физика и технология полупроводниковых приборов».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные принципы и выводы классической и квантовой теорий динамики кристаллической решетки;
- базовые положения для обратного пространства волновых векторов и правила построения обратной решетки и зон Бриллюэна;
- закономерности и особенности взаимодействия рентгеновского излучения с полупроводниками и основные методы рентгенографии;
- основы физики неравновесных, оптических и фотоэлектрических процессов в полупроводниках;

- физические принципы проявления в полупроводниках гальваномагнитных и термомагнитных явлений;
- физические основы изготовления наноструктур.

уметь:

– давать сравнительный анализ основных результатов, вытекающие из классического и квантовомеханического подходов, развитых для распространения упругих волн в кристаллах, прохождения рентгеновского и оптического излучений через полупроводники;

– уметь оптимально использовать на практике возможности метода измерения эффекта Холла для определения электрофизических параметров полупроводников; и основных методов рентгенодиагностики;

– анализировать достоинства и недостатки основных методов рентгенодиагностики полупроводниковых кристаллов и структур.

владеть:

– базовыми принципами сравнительного анализа основных параметров полупроводников для прогнозирования протекания возможных физических процессов в полупроводниковых материалах.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций.

Академические компетенции:

1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
2. Владеть системным и сравнительным анализом.
3. Владеть исследовательскими навыками.
4. Уметь работать самостоятельно.
5. Быть способным генерировать новые идеи (обладать креативностью).
6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

1. Быть способным к социальному взаимодействию.
2. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
3. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
4. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.

2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы

современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

3. Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.

4. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

5. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

6. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 114, из них количество аудиторных часов — 48.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций. На проведение лекционных занятий отводится 40 часов, на управляемую самостоятельную работу — 8 часов.

Занятия проводятся на 3-м курсе в 6-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен (6 семестр).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение. Основные современные тенденции развития микро-, нано- и оптоэлектроники в контексте развития физики и техники полупроводников.

1. Динамические свойства кристаллической решетки.

1.1. Упругие волны в кристаллах. Элементы теории упругости.

Тензор деформации и модуль упругости. Закон Гука. Континуальная теория упругости.

1.2. Нормальные колебания атомов в одноатомной линейной цепочке. Закон дисперсии для колебаний одноатомной линейной цепочки. Фазовая и групповая скорости. Первая зона Бриллюэна.

1.3. Нормальные колебания атомов в двухатомной линейной цепочке. Закон дисперсии для колебаний двухатомной линейной цепочки. Физические причины появлений оптической и акустической ветви на дисперсионных кривых. Фазовая и групповая скорости.

1.4. Упругие волны в трехмерном кристалле. Теория Борна-Кармана. Граничные условия и учет дискретности. Квантовая теория упругих волн в кристалле. Фононы.

1.5. Рассеяние медленных нейтронов в твердотельных полупроводниках. Виды рассеяния нейтронов в полупроводниках. Экспериментальное нахождение закона дисперсии фононов.

2. Обратное пространство и зоны Бриллюэна. Явление дифракции излучений в кристаллах.

2.1. Обратная решетка и зоны Бриллюэна. Основные векторы обратной решетки. Свойства векторов обратной решетки. Ячейка Вигнера-Зейтца. Понятие зоны Бриллюэна. Построение зон Бриллюэна для простой квадратной решетки.

2.2. Дифракция рентгеновского, нейтронного и электронного излучений как метод исследования структуры полупроводников. Основные энергетические критерии для данных видов излучений. Условие дифракции Вульфа-Брэгга.

2.3. Экспериментальные методы, использующие дифракцию рентгеновских лучей. Метод Лауэ. Метод вращения кристалла. Метод Дебая-Шеррера. Сравнительный анализ информационных возможностей основных методов рентгеноструктурных исследований.

3. Неравновесные процессы в полупроводниках.

3.1. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Основные параметры процесса рекомбинации (время жизни неравновесных носителей заряда; диффузионная длина). Линейная и квадратичная типы рекомбинации.

3.2. Основные типы и характерные особенности процессов рекомбинации. Излучательная и безызлучательная виды рекомбинации. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация носителей с участием центров рекомбинации.

4. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

4.1. Поглощение и излучение света. Закон Бугера-Ламберта. Межзонное поглощение и поглощение на локальных центрах. Основные виды поглощения света в полупроводниках. Экситоны и экситонное поглощение.

4.2. Фотопроводимость. Квантовый выход внутреннего фотоэффекта. Зависимость фотопроводимости полупроводника от интенсивности и длины волны возбуждения. Измерения спектральной зависимости фотопроводимости.

4.3. Фотовольтаические эффекты. Эффект Дембера. Фотомагнитный эффект Кикоина-Носкова. Вентильный фотоэффект.

4.4. Стимулированное излучение в полупроводниках. Состояния с отрицательной температурой. Отрицательная температура в полупроводниках.

5. Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.

5.1. Гальваномагнитные явления. Сила Лоренца. Эффект Холла. Случай монополярной проводимости. Случай биполярной проводимости. Эффект Эттингсгаузена: механизмы возникновения и основные закономерности.

5.2. Термомагнитные явления. Эффект Риги-Ледюка. Поперечный и продольный эффекты Нернста-Эттингсгаузена. Эффект Нернста. Эффект Маджи-Риги-Ледюка.

6. Основы нанoeлектроники.

6.1. Основные физические принципы изготовления наноструктур. Туннельный эффект.

6.2. Нанотехнологическая установка. Блок-схема и физические аспекты работы нанотехнологической установки, изготовленной на базе туннельного микроскопа. Анализ принципиальных возможностей установки по реализации микроскопической архитектуры наноструктур.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Введение	Основные современные тенденции развития микро-, нано- и оптоэлектроники в контексте развития физики и техники полупроводников	2						[3], [6], [8], [9]	
1	Динамические свойства кристаллической решетки.	12					2		
1.1.	<i>Упругие волны в кристаллах.</i> 1. Элементы теории упругости. 2. Тензор деформации и модуль упругости. 3. Закон Гука. 4. Континуальная теория упругости.	2						[1], [3], [4], [8]	
1.2.	<i>Нормальные колебания атомов в одноатомной линейной цепочке.</i> 1. Закон дисперсии для колебаний одноатомной линейной цепочки. 2. Фазовая и групповая скорости. 3. Первая зона Бриллюэна и ее физический смысл.	2						[3], [8]	
1.3.	<i>Нормальные колебания атомов двухатомной линейной цепочки.</i> 1. Закон дисперсии для колебаний двухатомной линейной цепочки. 2. Физические причины появления оптической и акустической ветви на дисперсионных кривых. 3. Фазовая и групповая скорости.	2						[3], [8]	
1.4.	<i>Упругие волны в трехмерном кристалле.</i> 1. Теория Борна-Кармана.	4						[1], [2], [3], [4], [8]	

	2. Граничные условия и учет дискретности. 3. Квантовая теория упругих волн в кристалле. 4. Фононы. Равновесные и неравновесные фононы.							
1.5.	<i>Рассеяние медленных нейтронов в твердотельных полупроводниках.</i> 1. Виды рассеяния нейтронов в полупроводниках. 2. Экспериментальное нахождение закона дисперсии фононов.	2						
1.6	Текущий контроль знаний студентов по разделу «Динамические свойства кристаллической решетки».					2	[1]–[4], [8]	Письменное тестирование
2	Обратное пространство и зоны Бриллюэна. Явление дифракции излучений в кристалле.	4				1		
2.1	<i>Обратная решетка и зоны Бриллюэна.</i> 1. Основные векторы обратной решетки. 2. Свойства основных векторов обратной решетки. 3. Ячейка Вигнера-Зейтца. 4. Понятие зоны Бриллюэна. 5. Построение зоны Бриллюэна для простой квадратичной решетки.	2					[2]–[4], [8]	
2.2.	<i>Дифракция рентгеновского, нейтронного и электронного излучений как метод исследования структуры полупроводников.</i> 1. Основные энергетические критерии для данных типов излучений. 2. Условие дифракции Вульфа-Брэгга.	1					[2]–[4], [8]	
2.3.	<i>Экспериментальные методы, использующие дифракцию рентгеновских лучей.</i>	1					[2]–[4], [8]	

	1. Метод Лауэ. 2. Метод вращения кристалла. 3. Метод Дебая-Шеррера. 4. Сравнительный анализ информационных возможностей основных методов рентгеноструктурных исследований.							
2.4.	<i>Текущий контроль знаний студентов по разделу «Обратное пространство и зоны Бриллюэна. Явление дифракции излучений в кристалле».</i>					1	[2]- [4], [8]	Письменное тестирование
3	Неравновесные процессы в полупроводниках	4				1		
3.1	<i>Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда в полупроводниках.</i> 1. Основные параметры процесса рекомбинации (время жизни и диффузионная длина) неравновесных носителей заряда. 2. Линейная и квадратичная типы рекомбинации.	2					[2], [5], [7]	
3.2	<i>Основные типы и характерные особенности процессов рекомбинации.</i> 1. Излучательная и безызлучательная рекомбинации. 2. Межзонная рекомбинация. 3. Рекомбинация носителей с участием рекомбинационных центров.	2					[2], [5] [7]	
3.3	<i>Текущий контроль знаний студентов по разделу «Неравновесные процессы в полупроводниках».</i>					1	[2], [5] [7]	Защита рефератов
4	Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников.	10				2		

4.1	<p><i>Поглощение и излучение света.</i></p> <p>1. Закон Бугера-Ламберта. 2. Межзонное поглощение и поглощение на локальных центрах. 3. Основные виды поглощения света в полупроводниках. 4. Экситоны и экситонное поглощение.</p>	2						
4.2	<p><i>Фотопроводимость.</i></p> <p>1. Квантовый выход внутреннего фотоэффекта. 2. Зависимость фотопроводимости полупроводника от интенсивности и длины волны возбуждения. 3. Измерения спектральной зависимости фотопроводимости. 4. Информативные возможности метода.</p>	2					[2], [3] [5], [6]	
4.3	<p><i>Фотовольтаические эффекты.</i></p> <p>1. Эффект Дембера. 2. Фотомагнитный эффект Кикоина-Носкова. 3. Вентильный фотоэффект.</p>	2					[2], [3], [4]	
4.5	<p><i>Стимулированное излучение в полупроводниках.</i></p> <p>1. Состояния с отрицательной температурой. 2. Отрицательная температура в полупроводниках.</p>	2						
4.6.	<p><i>Текущий контроль знаний студентов по разделу «Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников».</i></p>					1	[2], [3], [5]	Письменное тестирование
5	<p>Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках</p>	6				1		
5.1	<p><i>Гальваномагнитные явления.</i></p> <p>1. Сила Лоренца. 2. Эффект Холла. 3. Случай монополярной проводимости. 4. Случай биполярной проводимости. 5. Эффект Эттингсгау-</p>	4					[1]–[5]	

	зена: механизмы возникновения и основные закономерности.								
5.2	<i>Терромагнитные явления.</i> 1. Эффект Риги-Ледюка. 2. Поперечный и продольный эффекты Нернста-Эттингсгаузена. 3. Эффект Нернста. 4. Эффект Маджи-Риги-Ледюка.	2						[1]- [5]	
5.3.	Текущий контроль знаний студентов по разделу «Гальваномагнитные и терромагнитные явления в полупроводниках»						1	[1]- [5]	Письменное тестирование
6	Основы наноэлектроники	2					1		
6.1	<i>Основные физические принципы изготовления наноструктур.</i> 1. Туннельный эффект.	1						[8], [9]	
6.2	<i>Нанотехнологическая установка.</i> 1. Блок-схема и физические аспекты работы нанотехнологической установки, изготовленной на базе туннельного микроскопа. 2. Анализ принципиальных возможностей установки по реализации микроскопической архитектуры наноструктур.	1						[8], [9]	
6.3	Текущий контроль знаний студентов по разделу «Основы наноэлектроники»						1	[8], [9]	Письменное тестирование
7	Текущая аттестация								Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной и дополнительной литературы

Основная

1. Данлэп У. Введение в физику полупроводников. – М.: «Иностранная литература», 1959. – 430 с.
2. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников. – М.: «Советское радио», 1967. – 452 с.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого состояния. – М.: «Металлургия», 1972. – 486 с.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: «Физматгиз», 1963. – 320 с.
5. Пасынков В.П., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. – С.-П.: «Лань», 2001. – 360 с.
6. Левинштейн М.Е., Симин Г.С. Барьеры. – М.: «Наука», 1987. – 320 с.
7. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов. – М.: «Высшая школа», 1970. – 503 с.
8. Гуревич А.Г. Физика твердого тела. – С.-П. «Невский диалект», 2004. – 318 с.
9. Щука А.А. Нанoeлектроника. – М.: «Физматкнига», 2007. – 464 с.

Дополнительная

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. — М.: «Энергия», 1976. – 392 с.
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. – М.: «Наука», 1990. – 688 с.
3. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников.— М.: «Высшая школа», 1975. – 352 с.
4. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников.— М.: «Наука», 1978. – 615 с.
5. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. – М.: «Высшая школа», 1977. – 448 с.
6. Зеегер К. Физика полупроводников. – М.: «Мир», 1977. – 615 с.
7. Киреев П.С. Физика полупроводников. – М.: «Высшая школа», 1975. – 584 с.
8. Смит Р. Полупроводники. – М.: «Мир», 1982. – 560 с.
9. Нашельский А.Я. Производство полупроводниковых материалов. – М. «Металлургия», 1989. – 270 с.

1. Примерные перечни заданий управляемой самостоятельной работы

1.1 Рекомендуемые темы тестовых заданий

Динамические свойства кристаллической решетки.

1. Почему вектор смещения точки среды не определяет однозначно деформацию твердого тела? Какой тензор вводится для ее характеристики?

2. Дайте сравнительный анализ законов дисперсии $\omega(k)$ для континуальной среды и для линейной цепочки, состоящей из одинаковых атомов.

3. Почему в законе дисперсии $\omega(k)$ для двухатомной цепочки появляется оптическая ветвь? Объясните ее физический смысл.

4. Чем различаются первые зоны Бриллюэна для колебаний в линейных цепочках с одним и двумя атомами в базисе?

5. Фонон и его основные свойства.

Обратное пространство и зоны Бриллюэна.

Явление дифракции излучений в кристаллах

1. Дайте определение обратной решетки и сформулируйте ее основные свойства.

2. Какие решетки будут обратными соответственно для кубических о.ц.к. и г.ц.к. решеток?

3. Постройте элементарную ячейку Вигнера-Зейтца для двумерной решетки.

4. Какими энергиями должны обладать рентгеновские кванты, электроны и нейтроны, чтобы данные виды излучений можно было использовать для дифракционных исследований кристаллов?

5. В чем заключаются отличия метода Лауэ от метода Дебая-Шеррера?

Неравновесные процессы в полупроводниках.

Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников.

1. Почему рекомбинация с участием ловушек захвата более вероятна по сравнению с межзонной или прямой рекомбинацией?

2. Дайте определение времени жизни и диффузионной длины неравновесных носителей заряда. От каких факторов зависят данные параметры?

3. Основные свойства экситонного поглощения.

4. В чем заключается физический смысл понятия «квантовый выход внутреннего фотоэффекта».

5. Как фотопроводимость зависит от интенсивности возбуждения?

Гальвано-магнитные и термомагнитные

явления в полупроводниках

1. В чем заключается физический смысл постоянной Холла?

2. В чем заключается различие между холловской и дрейфовой подвижностью?

3. В чем заключается эффект Эттингсгаузена? Как он влияет на измерения эффекта Холла?

4. В чем причина возникновения продольных эффектов Риги-Ледюка и Нернста-Эттингсгаузена?

Основы нанoeлектроники.

1. В чем заключается физическая сущность туннельного эффекта?

2. Какие требования предъявляются к нанoeлектронной установке, изготовленной на базе туннельного микроскопа?

1.2 Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Адиабатическое приближение.
2. Одноэлектронное приближение.
3. Приближение почти свободных электронов.
4. Приближение сильно связанных электронов.
5. Дефекты в кристаллах: кинетический подход к описанию точечных структурных нарушений.
6. Дефекты в кристаллах: статистический подход к описанию точечных структурных нарушений.
7. Ионная проводимость в полупроводниках.
8. Элементарный расчет электропроводности и подвижности.
9. Упругие и неупругие столкновения. Взаимодействие электронов с акустическими фононами.
10. Кинетическое уравнение (учет энергетической зависимости времени релаксации).
11. Вычисление времени релаксации в случае рассеяния на ионах примеси.
12. Рассеяние электронов на тепловых колебаниях решетки.
13. Влияние механизма рассеяния носителей заряда на их подвижность.
14. Вывод выражения для коэффициента термо-э.д.с. из кинетического уравнения.
15. Зависимость термо-э.д.с. от температуры и концентрации носителей.
16. Электронная теплопроводность.
17. Теплопроводность кристаллической решетки.
18. Контакт полупроводника и металла. Диффузионная теория выпрямления Мотта.
19. Диодная теория Бете.
20. Теория физического запирающего слоя (теория истощения Шоттки).
21. Эффект выпрямления на p -переходе при постоянном смещении.
22. Эффект выпрямления на p -переходе при переменном напряжении.
23. Поглощение света свободными носителями.
24. Межзонные переходы при оптическом возбуждении.
25. Выращивание монокристаллов из расплавов.
26. Выращивание из расплавов монокристаллов, легированных примесями.
27. Выращивание монокристаллов из растворов.
28. Выращивание монокристаллов из паровой фазы.
29. Очистка полупроводниковых материалов вакуумной перегонкой.
30. Очистка полупроводниковых материалов методами направленной кристаллизации.
31. Очистка поверхности полупроводниковых кристаллов.
32. Примеси в полупроводниках (атомные дефекты).
33. Точечные дефекты в кристаллах полупроводников.
34. Точечные дефекты в элементарных полупроводниках.

35. Точечные дефекты в полупроводниковых соединениях.
36. Линейные дефекты в полупроводниках.
37. Поверхностные дефекты в полупроводниках.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Тестовые задания по разделам дисциплины;
2. Защита реферативных работ.
3. Устные опросы.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по разделам дисциплины, защиту реферативных работ, 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.

Тестирование проводится в письменной форме. Каждый из письменных тестов включает в себя 10–40 заданий в открытой форме. На выполнение теста отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа разрешается использовать справочные и учебные издания. Оценка каждого из тестов 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 каждое из письменных тестирований 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 – 0,33; для экзаменационной оценки – 0,66.