|  |
| --- |
| **Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»** |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **«УТВЕРЖДАЮ»**  |  |
|  |  |  |  | **Директор физтех-школы фундаментальной и прикладной физики** |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.В. Киселев** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Рабочая программа дисциплины (модуля)** |
| **по дисциплине:** | Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (магистратура) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика фундаментальных взаимодействий |
|  |  | факультет проблем физики и энергетики |
|  |  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 1 |
| **квалификация:** | магистр |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 2(Весенний) - Экзамен |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Аудиторных часов: 60 всего, в том числе: |  |  |
|  | лекции: 30 час. |  |  |
|  | практические и семинарские занятия: 0 час. |  |  |
|  | лабораторные занятия: 30 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Самостоятельная работа: 90 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подготовка к экзамену: 30 час. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программу составил:** | М.В. Мордовской, канд. физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Программа обсуждена на заседании кафедры**  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 марта 2017 г. |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| СОГЛАСОВАНО: |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Заведующий кафедрой | В.А. Матвеев |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Начальник учебного управления | И.Р. Гарайшина |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Декан факультета | А.Г. Леонов |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Цели и задачи** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Цель дисциплины** |  |  |  |  |  |  |
| - освоение студентами теоретических и экспериментальных основ работы новых современных детекторов частиц на основе мультипиксельных лавинных фотодиодов и новейших сцинтилляционных кристаллов; |
| - ознакомление с возможностями их применения как в новейших исследовательских физических установках, так и в народном хозяйстве. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Задачи дисциплины** |  |  |
|  формирование у студентов базовых знаний в области физики работы полупроводниковых фотодиодов, регистрации частиц в сцинтилляционных кристаллах, формирование понимания принципов выбора необходимых детекторов для поставленной исследовательской физической задачи; |
|  обучение студентов методам получения базовых характеристик детекторов, в частности временных и амплитудных разрешений, шумовых характеристик, формирование у студентов понимания механизмов процессов, из которых складываются величины этих параметров;  |
|  обучение студентов методу быстрых расчетов (оценок) конечных параметров детекторов по известным величинам характеристик входящих в состав детектора компонентов (например, усилению фотодиода, плотностям, световыходам кристаллов и т.д.); |
|  обучение студентов (с использованием известных математических методов) получению параметров характеристических пиков в спектрах с разделением множественных пиков и выделения фона;  |
|  изучение экспериментальных методов детектирования частиц с использованием фотодетекторов на современных установках с формированием понимания принципов выбора типа таких детекторов; |
|  информация о смежных задачах применения фотодекторов в народном хозяйстве (медицина, микробиология и т.д.); |
|  информация студентов о проводимых инновационных разработок новых полупроводниковых лавинных фотодиодов и детекторов частиц на их основе в мире (в том числе и в ИЯИ РАН совместно с ОИЯИ); |
|  формирование навыков использования современной электронной аппаратуры систем сбора информации, формирование понимания методов и причин выбора той или иной конфигурации систем сбора.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Курс «Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников» относится к вариативной части образовательной программы |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников» базируется на дисциплинах: |
| Введение в физику элементарных частиц; |
| Структура ядра; |
| Ядерные реакции. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников» предшествует изучению дисциплин: |
| Научно-исследовательская работа. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций: |
| готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-2); |
| способность выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности (ОПК-4); |
| способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **В результате освоения дисциплины обучающиеся должны** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  место и роль детектирующих систем в научных исследованиях;
 современные проблемы экспериментальной физики в задачах ядерной физики и физики элементарных частиц ;
 принципы теории регистрации частиц в детектирующих системах;
 принципы работы фотодетекторов и, в частности, кремниевых фотодетекторов;
 новейшие разработки и области применения фотодетекторов в физике и народном хозяйстве. |
| **уметь:** |  |  |
|  эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
 представить панораму универсальных методов и законов современной физики;
 планировать оптимальное проведение эксперимента. |
| **владеть:** |  |  |
|  планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
 научной картиной мира;
 навыками самостоятельной работы;
 математическим моделированием физических задач.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| № | Тема (раздел) дисциплины | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу  |
|  |  | Лекции | Практичес- кие и семинарские занятия | Лаборат. работы | Задания, курсовые работы | Самост. работа |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Введение в принципы работы фотодетекторов. | 6 |  | 6 |  | 18 |
| 2 | Кремниевые фотоумножители. | 6 |  | 6 |  | 18 |
| 3 | Использование кремниевых фотодиодов в современных физических экспериментах. | 6 |  | 6 |  | 18 |
| 4 | Лабораторные работы по всем разделам дисциплины. | 6 |  | 6 |  | 18 |
| 5 | Использование детекторов для измерения интенсивности дифракции рентгеновского излучения на кристаллических образцах. | 6 |  | 6 |  | 18 |
| Итого часов | 30 |  | 30 |  | 90 |
| Подготовка к экзамену | 30 час. |
| Общая трудоёмкость | 180 час., 4 зач.ед. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.2.  | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр: 2 (Весенний) |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1. Введение в принципы работы фотодетекторов. |
|  |  |  |
|  | Физические принципы работы. Внешний фотоэффект. Внутренний фотоэффект. Основные типы, общие параметры. Фотоэлектронные умножители. Принцип работы, усиление, квантовая эффективность. Влияние магнитного поля на усиление. Энергетическое разрешение и шум. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Кремниевые фотоумножители. |
|  |  |  |
|  | Кремниевые фотоумножители.  |
|  | Принцип работы. Эквивалентная схема. Вольт-амперная характеристика. Понятие напряжения пробоя. Механизм гашения лавины. Особенности и преимущества в сравнении с другими типами фотодетекторов. |
|  | Усиление SiPM. Методы определения усиления из амплитудных спектров. Темновой ток. Механизм возникновения. Зависимость от напряжения и температуры. Методы подавления импульсов, вызванных темновым током. |
|  | Оптическая связь между ячейками фотодиода. Механизм и способы подавления. Зависимость величины оптической связи от напряжения. Метод определения оптической связи из амплитудных спектров. Послеимпульсы. Механизм возникновения и способы их подавления.  |
|  | Эффективность регистрации фотонов. Параметры, определяющие эффективность регистрации. Структура фотодиодов с максимальной чувствительностью в синей и зеленой областях спектра. |
|  | Динамический диапазон фотодиодов. Способы увеличения динамического диапазона. |
|  | Температурная зависимость напряжения пробоя и усиления фотодиодов. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Использование кремниевых фотодиодов в современных физических экспериментах. |
|  |  |  |
|  | Основные свойства фотодиодов, определяющие их использование в экспериментах. Недостатки фотодиодов.  |
|  | Основные методы съема света с детекторов больших размеров. Принцип работы оптических волокон.  |
|  | Триггерные системы. Способы подавления фоновых импульсов. |
|  | Калориметры с использованием кремниевых фотоумножителей. Методы съема света с сцинтилляторов. |
|  | Современные трековые системы с использованием сцинтилляционных волокон и кремниевых фотоумножителей. Пространственное разрешение. |
|  | Использование кремниевых фотоумножителей в черенковских счетчиках. RICH-детекторы – принцип работы и методы оптимизации светосбора. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Лабораторные работы по всем разделам дисциплины. |
|  |  |  |
|  | Измерение основных параметров кремниевых фотодиодов на примере образцов SiPM и MAPD3.  |
|  | Измерение основных параметров детекторов на основе кристаллов BiGO, CsI, LYSO и фотодетекторов SiPM на основе аппаратуры миниспектрометра CAEN. |
|  | Изучение процесса аннигиляции с использованием фотодетекторов и аппаратуры миниспектрометра CAEN. |
|  | Получение спектров на фотодетекторах в системах сбора информации на основе:  |
|  | 1. DPP CAEN  |
|  | 2. CAMAC систем  |
|  | 3. Цифровых осциллографов  |
|  | 4. ORTEC + PCI/USB анализаторов.  |
|  | Получение спектров на фотодетекторах, обработка спектров с применением математических методов аппроксимаций и фитирования. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Использование детекторов для измерения интенсивности дифракции рентгеновского излучения на кристаллических образцах. |
|  |  |  |
|  | Получение и обработка дифрактограмм на рентгеновских дифрактометрах STOE IPDS II STOE STADI MP. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |
|  | Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).
Необходимое оборудование для лабораторных работ: автоматизированный стенд для измерения параметров фотодеткторов (в составе миниспектрометр CAEN, дигитайзеры CAEN, корзины CAMAC с контроллером, NIM, аналоговые и цифровые блоки сбора данных, хладотермостат, свинцовая защита, источники ОСГИ, детекторы на основе ФЭУ и кристаллов NaI, цифровой осциллограф, компьютеры. Рентгеновские дифрактометры STOE IPDS II, STOE STADI MP.
Необходимое программное обеспечение. База данных по порошковой дифракции ICDD PDF 2. Программы для сбора и обработки данных на рентгеновских дифрактометрах STOE. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Основная литература |  |
|  | 1. Акимов Ю.К. Фотонные методы регистрации излучений. Дубна. 2006.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. Физматлит, 2012.
3. www.caen.it
4. http://it.iucr.org/Ab/contents
5. http://pd.chem.ucl.ac.uk/pd/indexnn.htm, School of Crystallоgraphy, University of London.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дополнительная литература |  |
|  | 1. rep.bntu.by
2. Справочник по кристаллографии «International Tables for Crystallography»
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Чистяков В.А., Садыков Э.К., Ивойлов Н.Г., Дулов Е.Н., Бикчантаев М.М. Практикум по ядерной физике. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. - Казань, 2004.- 154 с. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | http://it.iucr.org/Ab/contents |
|  | http://pd.chem.ucl.ac.uk/pd/indexnn.htm, School of Crystallоgraphy, University of |
|  | http://www.edu.ru – федеральный портал «Российское образование».  |
|  | http://benran.ru –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Студент, изучающий курс «Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников», должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а, с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. |
| В результате изучения дисциплины студент должен знать место и роль детектирующих систем в научных исследованиях, современные проблемы экспериментальной физики в задачах ядерной физики и физики элементарных частиц, принципы теории регистрации частиц в детектирующих системах, принципы работы фотодетекторов и, в частности, кремниевых фотодетекторов, новейшие разработки и области применения фотодетекторов в физике и народном хозяйстве. Студент должен уметь эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки и планировать оптимальное проведение эксперимента; владеть математическим моделированием физических задач, навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании и уметь обрабатывать результаты физического эксперимента в области ядерной физики. |
| Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя: |
| – чтение и конспектирование рекомендованной литературы; |
| – проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения; |
| – решение задач, предлагаемых студентам; |
| – подготовку к семинарам и экзамену. |
| Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. |
| Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные сведения.  |
| При подготовке к семинарам необходимо повторять ранее изученные основные определения и формулировки. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к семинару. Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Приложение |  |  |  |  |  |  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ** |
| **ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ** |
| **ПО ДИСЦИПЛИНЕ** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |
| **по направлению:** | Прикладные математика и физика (магистратура) |
| **профиль подготовки:** |  | Физика фундаментальных взаимодействий |
|  |  | Факультет проблем физики и энергетики |
|  | Кафедра фундаментальных взаимодействий и космологии |
| **курс:** | 1 |  |  |
| **квалификация:** | магистр |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 2(Весенний) - Экзамен |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Разработчик:** | М.В. Мордовской, канд. физ.-мат. наук |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** |
| Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-2); |
| способность выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности (ОПК-4); |
| способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра (ПК-4). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников» обучающийся должен: |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** |  |  |  |  |  |  |
|  место и роль детектирующих систем в научных исследованиях;
 современные проблемы экспериментальной физики в задачах ядерной физики и физики элементарных частиц ;
 принципы теории регистрации частиц в детектирующих системах;
 принципы работы фотодетекторов и, в частности, кремниевых фотодетекторов;
 новейшие разработки и области применения фотодетекторов в физике и народном хозяйстве. |
| **уметь:** |  |  |  |  |  |  |
|  эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
 представить панораму универсальных методов и законов современной физики;
 планировать оптимальное проведение эксперимента. |
| **владеть:** |  |  |  |  |  |  |
|  планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
 научной картиной мира;
 навыками самостоятельной работы;
 математическим моделированием физических задач.
 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Промежуточная аттестация по дисциплине «Позиционно-чувствительные детекторы на основе полупроводниковых фотоприемников» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме. |
| Перечень контрольных вопросов: |
| 1. Какой фотоэффект (внешний, внутренний) лежит в основе работы фотодетекторов? |
| 2. Принцип работы и основные параметры фотоэлектронных умножителей. Какие параметры ФЭУ могут повлиять на выбор фотодетектора для физической установки в пользу MAPD? |
| 3. В чем заключается главное отличие принципа работы APD от других фотодиодов? |
| 4. Какой новый параметр появляется у детектора ионизирующих излучений на основе MAPD (мультипиксельного фотодиода) в отличии от APD ? От каких свойств MAPD зависит динамический диапазон и линейность этого параметра? |
| 5. Как определяется коэффициент усиления детектора на основе MAPD? |
| 6. Какому закону подчиняется распределение вероятности процесса образования фотоэлектронов в фотодетекторе? Объяснить почему. |
| 7. На какие параметры детектора на основе MAPD могут влиять линейные размеры пикселя, емкость пикселя, усиление пикселя? |
| 8. Темновой ток. Какие существуют методы подавления импульсов, вызванных темновым током? |
| 9. Оптическая связь между ячейками фотодиода. Какие способы подавления такой связи используют конкурирующие производители фотодетекторов? |
| 10. Послеимпульсы. Возможно ли использование послеимпульсов для получения физической информации детектором? Какие существуют способы подавления послеимпульсов? |
| 11. Что такое эффективность регистрации фотона ( PDE ), от каких параметров зависит ее величина? |
| 12. Как вычислить емкость пикселя? |
| 13. Как определить среднее число фотоэлектронов? |
| 14. Чем определяется пространственное разрешение в современных трековых системах с использованием сцинтилляционных волокон и кремниевых фотоумножителей? |
| 15. Почему однофотонный (малофотонный) съем информации в детекторах быстро развивается в науке и промышленности? Привести примеры, где он имеет приоритетное направление. |
|  |
| Примеры тем лабораторных работ: |
| 1. Объяснение принципов работы систем сбора данных и детектирующей аппартуры. |
| 2. Сборка детектирующей системы, включение и настройка параметров. |
| 3. Сравнение параметров систем сбора данных на основе полученных данных от детектирующих систем. |
| 4. Обработка экспериментальных данных. |
|  |
| Примеры экзаменационных билетов, используемых для проведения экзамена: |
| Билет №1 |
| 1. Принцип работы кремниевых фотоумножителей. |
| 2. Возможно ли использование послеимпульсов для получения физической информации детектором? Какие существуют способы подавления послеимпульсов? |
|  |
| Билет №2 |
| 1. Основные свойства фотодиодов, определяющие их использование в экспериментах. Недостатки фотодиодов.  |
| 2. Какие существуют методы подавления импульсов, вызванных темновым током? |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Критерии оценивания** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Оценку «отлично (10)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материма, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценка «отлично (9)» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично. |
| Оценку «отлично (8)» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (7)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению. |
| Оценку «хорошо (6)» заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы. |
| Оценку «хорошо (5)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе па экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения. |
| Оценку «удовлетворительно (4)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей. |
| Оценку «удовлетворительно (3)» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей. |
| Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
| Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, не ответившему на заданные вопросы (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в экзаменационном задании вопросов). |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 45 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышает двух астрономических часов.  |
| Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также всей необходимой литературой для решения задачи; при ответах на устные вопросы пользоваться литературой запрещено.  |