Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры
"Сургутский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР
_____ Е.В. Коновалова
20 июня 2019 г., протокол УС №6

МОДУЛЬ "ОБЩАЯ ФИЗИКА"
Физика атомного ядра и элементарных частиц
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Экспериментальной физики**

Учебный план b030302-ЦифрТех-19-1.plx
03.03.02 ФИЗИКА
Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180
в том числе:
аудиторные занятия 64
самостоятельная работа 89
часов на контроль 27

Виды контроля в семестрах:
экзамены 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Недель	17,3			
Вид занятий	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64	64	64	64
Сам. работа	89	89	89	89
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):
к.ф.-м.н., доцент, Лебедев С.Л.

Рабочая программа дисциплины
Физика атомного ядра и элементарных частиц

разработана в соответствии с ФГОС:
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014г. №937)

составлена на основании учебного плана:
03.03.02 ФИЗИКА
Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике
утвержденного учёным советом вуза от 20 июня 2019 г., протокол УС №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Экспериментальной физики

Протокол от 17 05 2019 г. № 03/70
Срок действия программы: - уч.г.
Зав. кафедрой д.ф.м.-н., профессор Ельников А.В.

Председатель УМС к.т.н., доцент Тараканов Ф.В.
07 06 2019 г. №06/19

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Формирование современного представления о физике ядра как о релятивистской квантовой теории. Знакомство с фундаментальными концепциями физики элементарных частиц, а так же с физическими основами технических приложений ядерной физики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.Б.07
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Модуль "Общая физика"
2.1.2	Модуль "Математика"
2.1.3	Теория вероятностей и математическая статистика
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Датчики физических полей
2.2.2	Радиационная безопасность
2.2.3	Методы ядерной геофизики

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ОК-6: способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)
ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
ПК-2: способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК-5: способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	- виды радиоактивных излучений естественного и искусственного происхождения;
3.1.2	- принципы действия детекторов излучений и основные механизмы взаимодействия излучений с веществом;
3.1.3	- об особенностях взаимодействия ионизирующих излучений с биологической тканью, в особенности, с жизненно важными органами человеческого тела.
3.1.4	- о пространственно-временных и энергетических масштабах явлений, характерных для ядерной физики;
3.1.5	- иметь представление о современных проблемах ядерной энергетики, о месте ЯФ в системе физического знания.
3.1.6	- современную классификацию «элементарных» частиц и фундаментальных взаимодействий, физические основы дозиметрии ионизирующих излучений и способы использования последних в науке и технике.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	- работать со справочной литературой в области ЯФ, производить простейшие оценки энерговыделения в ядерных реакциях, определять степени запрещённости распадов, различать физические и биологические последствия воздействия ионизирующих излучений;
3.2.2	- работать в составе творческого коллектива в условиях конфессиональных и культурных различий;
3.2.3	- классифицировать измерения параметров излучений и анализировать результаты измерений;
3.3	**Владеть:**
3.3.1	- ключевыми понятиями энергии связи, спина, магнитного момента, времени жизни ядер, сечения реакций, чётности, радиоактивности и её количественных характеристиках и т.д.;
3.3.2	- основными понятиями дозиметрии;
3.3.3	- методами оценки физической и биологической эффективности ИИ;
3.3.4	- работы в составе творческого коллектива в условиях конфессиональных и культурных различий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Введение. Ядерная физика - релятивистская квантовая теория						
1.1	Введение. Ядерная физика - релятивистская квантовая теория /Лек/	6	1	ОК-7 ОПК-1	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л2.1 Э1	0	
1.2	Введение. Ядерная физика - релятивистская квантовая теория /Пр/	6	1	ОК-6 ПК-2 ПК-5	Л1.2 Л1.3Л3.2	0	
1.3	Введение. Ядерная физика - релятивистская квантовая теория /Ср/	6	24	ОК-7	Л1.4Л2.1	0	Подготовка к практическому занятию
	Раздел 2. Основные свойства ядерных сил						
2.1	Основные свойства ядерных сил /Лек/	6	3	ОПК-1	Л1.5Л2.1 Э1	0	
2.2	Основные свойства ядерных сил /Пр/	6	1	ОК-6 ПК-2 ПК-5	Л1.2 Л1.3	0	
2.3	Основные свойства ядерных сил /Ср/	6	18	ОК-7	Л1.2 Л1.5	0	Подготовка к практическому занятию
	Раздел 3. Ядерные модели и статические свойства атомных ядер						

3.1	Ядерные модели и статические свойства атомных ядер /Лек/	6	5	ОПК-1 ОПК -3	Л2.1 Э1	0	
3.2	Ядерные модели и статические свойства атомных ядер /Пр/	6	2	ОК-6 ОПК-1 ОПК-3	Л1.3	0	Подготовка к контрольной работе
3.3	Ядерные модели и статические свойства атомных ядер /Ср/	6	24	ОК-7	Л2.1	0	Подготовка к практическому занятию
3.4	Ядерные модели и статические свойства атомных ядер /Лаб/	6	4	ОК-6 ПК-2 ПК-5	Л3.3 Л3.4	0	
3.5	/Контр.раб./	6	0			0	
	Раздел 4. Радиоактивность.						
4.1	Радиоактивность. /Лек/	6	8	ОПК-1 ОПК -3	Л1.5 Э1	0	
4.2	Радиоактивность. /Пр/	6	5	ОК-6 ОПК-1 ОПК-3	Л1.2Л3.2	0	
4.3	/Контр.раб./	6	0			0	
4.4	Радиоактивность. /Ср/	6	8	ОК-6 ОК-7	Л1.3	0	Подготовка к практическому занятию
4.5	Радиоактивность. /Лаб/	6	4	ОК-6 ПК-2 ПК-5	Л2.2Л3.1	0	
	Раздел 5. Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Типы реакторов деления и протекающие в них физические процессы. Термоядерный синтез. Проблема создания управляемого т/я реактора						
5.1	Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Типы реакторов деления и протекающие в них физические процессы. Термоядерный синтез. Проблема создания управляемого т/я реактора /Лек/	6	8	ОПК-1 ОПК -3	Л1.5Л2.1 Э1	0	
5.2	Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Типы реакторов деления и протекающие в них физические процессы. Термоядерный синтез. Проблема создания управляемого т/я реактора /Пр/	6	4	ОК-6	Л1.2 Л1.3	0	
5.3	Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Типы реакторов деления и протекающие в них физические процессы. Термоядерный синтез. Проблема создания управляемого т/я реактора /Ср/	6	5	ОК-7	Л1.2	0	Подготовка к практическому занятию
	Раздел 6. Регистрация заряженных частиц, нейтронов и гамма - квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики. Дозиметрия ионизирующих излучений						

6.1	Регистрация заряженных частиц, нейтронов и гамма - квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики. Дозиметрия ионизирующих излучений /Лек/	6	4	ОПК-1 ОПК -3	Л1.1 Л1.5 Л2.1 Э1	0	
6.2	Регистрация заряженных частиц, нейтронов и гамма - квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики. Дозиметрия ионизирующих излучений /Пр/	6	2	ОК-6 ОПК-3	Л1.2 Л1.3	0	
6.3	Регистрация заряженных частиц, нейтронов и гамма - квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики. Дозиметрия ионизирующих излучений /Ср/	6	5	ОК-7	Л1.2 Э1	0	Подготовка к практическому занятию
6.4	Регистрация заряженных частиц, нейтронов и гамма - квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики. Дозиметрия ионизирующих излучений /Лаб/	6	6	ОК-6 ПК-2 ПК-5	Л2.2Л3.1 Л3.5	0	
	Раздел 7. Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия						
7.1	Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия /Лек/	6	3	ОПК-1 ОПК -3	Л1.1 Л1.4Л2.1 Э1	0	
7.2	Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия /Пр/	6	1	ОК-6	Л1.2	0	
7.3	Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия /Ср/	6	5	ОК-7	Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1	0	Подготовка к практическому занятию
7.4	Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия /Лаб/	6	2		Л3.5	0	
7.5	/Экзамен/	6	27	ОК-6 ОК-7 ОПК-1 ОПК -3 ПК-2 ПК- 5		0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
5.1. Контрольные вопросы и задания
Приложение 1
5.2. Темы письменных работ
Приложение 1
5.3. Фонд оценочных средств
Приложение 1
5.4. Перечень видов оценочных средств
Контрольная работа, опрос на экзамене

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Мухин К. Н.	Экспериментальная ядерная физика. В 2-х кн. Кн. 2. Физика элементарных частиц: Учебник для вузов	М.: Энергоатомиздат., 1993	5
Л1.2	Гинзбург Виталий Лазаревич, Левин Лев Михайлович, Рабинович Матвей Самсонович, Сивухин Дмитрий Васильевич	Сборник задач по общему курсу физики	Москва: Физматлит, 2006, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2318	1

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.3	Иродов И. Е.	Задачи по квантовой физике	Москва: Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2015, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=84093	1
Л1.4	Окунь Л. Б.	Элементарное введение в физику элементарных частиц	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009, http://www.iprbookshop.ru/17538	1
Л1.5	Канн К. Б.	Курс общей физики: Учебное пособие	Москва: ООО "КУРС", 2014, http://znanium.com/go.php?id=443435	1
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Широков Ю. М., Юдин Н. П.	Ядерная физика: Учеб. пособ. для студ. физ. спец. вузов	М.: Наука, 1980	4
Л2.2	Гринкруг М. С., Вакулюк А. А.	Лабораторный практикум по физике	Москва: Лань, 2012, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3811	1
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Агапов Б. Т.	Лабораторный практикум по физике: Учебное пособие	М.: Высш. школа, 1982	10
Л3.2	Манина Е. А., Шадрин Г. А.	Обработка результатов измерений физического практикума: учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей	Сургут: Издательство СурГУ, 2007	98
Л3.3	Ахматова А. С.	Лабораторный практикум по физике: Учеб. пособие для ВТУЗов	М.: Высш.школа, 1980	1
Л3.4	Гринкруг М. С., Вакулюк А. А.	Лабораторный практикум по физике: учебное пособие [для студентов технических специальностей и направлений высших учебных заведений]	Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2012	1
Л3.5	Гуртовская Р. Н., Панина Т. А., Ненахова Н. А., Заводовский А. Г.	Лабораторный практикум по квантовой физике: учебно-методическое пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2016	65
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"				
Э1	Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России)			
6.3.1 Перечень программного обеспечения				
6.3.1.1	Microsoft Office			
6.3.2 Перечень информационных справочных систем				
6.3.2.1	http://www.garant.ru/ Информационно-правовой портал Гарант.ру			
6.3.2.2	http://www.consultant.ru/ Справочно-правовая система Консультант Плюс			

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены: типовой учебной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Приложение № 1

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
Приложение к рабочей программе по дисциплине

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Квалификация выпускника	бакалавр
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Направленность (профиль)	Цифровые технологии в геофизике
Форма обучения	очная
Кафедра-разработчик	Кафедра экспериментальной физики
Выпускающая кафедра	Кафедра экспериментальной физики

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине (6 семестр)

Текущий контроль предназначен для проверки качества формирования компетенций, уровня овладения теоретическими и практическими знаниями, умениями и навыками. Оценивание знаний теоретического материала по каждому разделу проводится на практических занятиях. Умение решать задачи проверяется контрольной работой.

Раздел *Основные свойства ядерных сил*

1. Определить среднюю плотность ядерного вещества, считая, что радиус ядра $R = 1,2A^{1/3}$ Fm, удельная энергия связи $\varepsilon_{св} = 8,5$ МэВ, а средняя масса нуклона $\bar{m} = 938,9$ МэВ.
2. Почему при делении тяжёлых ядер, например, в реакторах АЭС все осколки деления β^- -радиоактивны, а не β^+ -радиоактивны?
3. Определить энергию, выделяющуюся при образовании двух α–частиц в реакции $d + Li^6 \to \alpha + \alpha$. Считать известными энергии связи ядер d ($E_{св}$ = 2,22 МэВ), Li^6 ($E_{св}$ = 31,98 МэВ), He^4 ($E_{св}$ = 28,29 МэВ). Что можно сказать об относительном моменте импульса начального состояния $d + Li^6$, если известно, что спины $S_d = 1$, $S_{Li} = 1$?
4. Оценить скорости нуклонов в ядре, считая известным размер ядра $R \sim 1\ fm$.
5. Определить среднюю плотность ядерного вещества, считая, что радиус ядра $R = 1,2A^{1/3}$ Fm, удельная энергия связи $\varepsilon_{св} = 8,5$ МэВ, а средняя масса нуклона $\bar{m} = 938,9$ МэВ.
6. Определить минимальную энергию, необходимую для разделения ядра O^{16} на α - частицы.
7. Показать, что фундаментальное решение статического уравнения Клейна – Гордона для мезонного поля приводит к потенциалу Юкавы. Зная массу π - мезона и используя теорию Юкавы, оценить радиус действия ядерных сил.

Раздел *Ядерные модели и статические свойства атомных ядер*

8. Пользуясь оболочечной моделью, оценить магнитный момент ядра ${}_8O^{17}$.
9. Определить разницу энергий связи ядер C^{15}, N^{15} и O^{15}, пользуясь капельной моделью ядра. Используя эти данные, установить типы распадов нестабильных ядер.
10. Пользуясь оболочечной моделью, привести схему заполнения оболочек ядра O^{15} и оценить его магнитный момент.
11. Пользуясь оболочечной моделью, привести схему заполнения оболочек ядра O^{16} и оценить его магнитный момент.
12. Пользуясь оболочечной моделью, привести схему заполнения оболочек ядра N^{15} и оценить его магнитный момент.
13. Определить энергию связи ядра Li^6, пользуясь капельной моделью. Сравнить ответ с табличным (см. таблицу масс ядер в задачнике Иродова).
14. На основе капельной модели определить типы радиоактивности ядер O^{20}, F^{20}, Ne^{20} и Na^{20} .

15. Известно, что основное состояние ядра Au^{199} имеет характеристику $3/2^+$. Для структур V-й и VI-й оболочек самосогласованного потенциала ядра разными авторами были предложены два варианта:

А)

V	$1g_{7/2}$	$2d_{5/2}$	$2d_{3/2}$	$3s_{1/2}$	$1h_{11/2}$	
VI	$1h_{9/2}$	$2f_{7/2}$	$2f_{5/2}$	$3p_{3/2}$	$3p_{1/2}$	$1i_{13/2}$

Б)

V	$1g_{7/2}$	$2d_{5/2}$	$1h_{11/2}$	$2d_{3/2}$	$3s_{1/2}$	
VI	$1h_{9/2}$	$2f_{7/2}$	$1i_{13/2}$	$3p_{3/2}$	$2f_{5/2}$	$3p_{1/2}$

Определите, какой из двух вариантов даёт правильную чётность ядра Au^{199}.

16. Используя полуэмпирическую формулу Вейцзеккера, определить тип β–радиоактивности ядер Sn^{127} и Cs^{141} на основе этого расчета.

Раздел *Радиоактивность.*

17. Период полураспада радия равен $T_{1/2} = 1620^y$. Сколько атомов радия распадается в 1 секунду в 1 г препарата радия?

18. Сколько кубических миллиметров гелия выделяется при распаде 1 г Ra^{226}? Считать, что гелий находится при нормальных условиях.

19. Ra^{226}, являясь продуктом распада U^{238}, содержится в последнем в количестве 1 атома на каждые $2{,}8 \cdot 10^6$ атомов урана. Найти период полураспада урана, если известно, что он значительно превосходит период полураспада радия (1620 лет). Считать, что в результате распада радия образуется стабильный изотоп. Используйте общие формулы для двухступенчатого радиоактивного распада (при условии, что $N_2(0) = 0$). Обратите внимание на условия, при которых отношение концентраций урана и радия оказывается постоянным.

20. Определить постоянную распада некоторого вещества, если известно, что за час интенсивность испускаемого им β^- излучения уменьшилась на 10%. Продукт распада не радиоактивен.

21. Постоянная распада для некоторых ядер равна λ. Найти средний квадратичный разброс (т.е. среднюю квадратичную дисперсию) времен жизни этих ядер.

22. Постоянная распада в реакции $X_1 \rightarrow X_2 + \alpha$ равна λ_1, а постоянная распада в реакции $X_2 \rightarrow X_3 + \alpha$ равна λ_2. Считая известным начальное количество ядер элемента X_1, определить зависимость от времени количества ядер элемента X_2, если в начальный момент времени ядра этого элемента отсутствовали. Рассмотрите также случай $0 < N_2(0) << N_1(0)$.

23. Рассмотрите α–распад ядра U^{235} : $U^{235} \rightarrow Th^{231} + \alpha + 4.68\ МэВ$. Используя гамовскую теорию, оцените величину времени жизни ядра урана U^{235} и высоту кулоновского барьера для α - частицы.

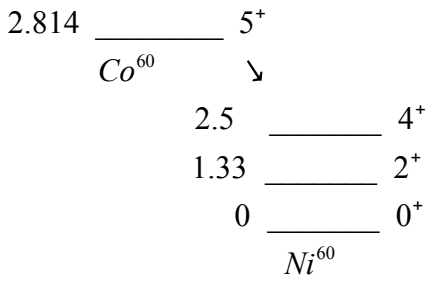
24. Определить степень запрещённости и оценить энергию отдачи в каждом из двух γ-переходов ядра $_5B^{12}$. Схема уровней и характеристики см. на рисунке. Определить также квантовые числа фотонов, образующихся в указанных переходах.

$1{,}67\ МэВ$	_____	2^-
$0{,}95\ МэВ$	_____	2^+
0	_____	1^+

25. Период полураспада ядра Au^{199} равен $3^d.139$. Определить вероятность распада ядра:
а) в течение трёх суток;

б) за третьи сутки.

26. Определить степень запрещённости β-перехода $Co^{60} \rightarrow Ni^{60} + \beta^-$ если схема уровней энергии ядер имеет следующие характеристики (энергия дана в МэВ):



Указание: найти и использовать значение параметра R/ $\lambda\!\!\!^{-}$, где R - радиус ядра, а $\lambda\!\!\!^{-}$ - дебройлевская длина волны β–пары.

Раздел *Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Типы реакторов деления и протекающие в них физические процессы. Термоядерный синтез. Проблема создания управляемого т/я реактора*

27. Какую скорость приобретает ядро Po^{218}, если оно образуется в результате α–распада, причем энергия α–частиц составляет 4,7 МэВ? Считать, что материнское ядро (указать какое) до испускания покоилось, находясь в основном состоянии. Найти энергию возбуждения ядра Po^{218} в этом процессе, если при распаде того же ядра на основной уровень Po^{218} энергия α–частиц составляет 5,5 МэВ.

28. Свободное покоящееся ядро массы M переходит из возбужденного состояния в основное, испуская γ – квант. Найти энергию E_γ кванта и энергию отдачи R, если энергия возбуждения ядра равнялась ΔE. Рассмотреть релятивистский и нерелятивистский случаи.

29. Доказать, что при упругом рассеянии легкой частицы на первоначально покоившейся тяжёлой частице (нейтрон рассеивается на ядре), импульсы и кинетические энергии лёгкой частицы до и после столкновения связаны соотношением

$$pp'\cos\theta = T'(m+M) - T(M-m),$$

где θ - угол рассеяния. Процесс рассеяния считать нерелятивистским.

30. Определить долю кинетической энергии, которую теряет нейтрон при упругом рассеянии на угол Θ, и в частности на угол $\Theta=120^0$, на покоившемся ядре углерода C_6^{12} . Построить график зависимости этой величины от Θ, указав на нем точку, соответствующую $\Theta=120^0$.

31. Энерговыделение в реакции $_1H^2 + _8O^{16} \rightarrow _2He^4 + _7N^{14}$ равно Q=3 МэВ. Энергия ядер $_1H^2$, бомбардирующих кислород (его ядра можно считать покоящимися), равна 2,1 МэВ. Найти максимальную кинетическую энергию ядер $_2He^4$ (α-частиц), возникающих в этой реакции.

32. В чём состоит принципиальное конструктивное различие между реакторами на быстрых и медленных нейтронах?

33. Объяснить, какие риски создаёт разгерметизация активной зоны реактора по типу Чернобыльской аварии или аварии на Фукусиме. В чём заключается главная опасность для природы и человека? Что можно сказать о проблеме захоронения ядерных отходов в связи с обнаруженным в Африке естественным ядерным реактором (феномен Окло)?

Раздел *Регистрация заряженных частиц, нейтронов и γ- квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики. Дозиметрия ионизирующих излучений*

34. Определить степень ослабления пучка тепловых нейтронов при прохождении ими плоского слоя тяжелой воды; толщина слоя 3 см. *Указание*: использовать табличные данные для сечений рассеяния нейтронов.

35. Произведите оценку степени ослабления узкого пучка нейтронов с энергией 12 МэВ при прохождении ими свинцовой пластинки толщинкой 4 см. В расчете можно положить, что эффективное сечение ядра $\sigma = 2\pi R^2 + 2\pi \lambda\!\!\!^{-2} + 4\pi R \lambda\!\!\!^{-}$, где R, $\lambda\!\!\!^{-}$ - радиус ядра и длина волны нейтрона.

36. Определить, во сколько раз ослабится узкий пучок тепловых нейтронов, если защитная пластина – двухслойная: один слой изготовлен из лития, а второй из бора. Толщины слоев одинаковы и равны 1 см. Зависит ли ответ от порядка расположения слоёв? Необходимые данные взять в таблицах.

37. Объяснить, в чём состоит причина использования разных определений доз облучения (поглощённая доза, экспозиционная доза, биологический эквивалент экспозиционной дозы, интегральный поток ионизирующего излучения).

38. Используя определение единиц измерения «один *рад*» и «один *фэр*» объяснить, почему на практике их обычно не различают.

39. Доказать, что поток случайных событий, составленный из двух пуассоновских потоков, также является пуассоновским.

40. Рассмотрите счётчик с «мёртвым временем» непродлевающегося типа, равным τ_M. Если в процессе счёта оказалось, что активность образца составила $A\,c^{-1}$, то какова истинная активность образца?

41. Фон счётчика Гейгера – Мюллера составил 92 срабатывания в минуту. В присутствии р/а источника счётчик срабатывает 260 раз в минуту. Как долго следует производить измерения, чтобы относительная ошибка определения активности источника составила не более 4%?

42. Имеются два прибора, предназначенные для измерения вторичного фона космического излучения. Приборы составлены из двух счётчиков Гейгера – Мюллера, включённых в схему на совпадение сигналов (для определения зависимости фонового потока от направления). Счётчики различаются своими размерами, маркировкой, но все приборы являются сертифицированными. Объяснить, почему число регистрируемых за одно и то же время импульсов в этих приборах может различаться.

43. Используя табличные данные, определить, какой толщины следует взять алюминиевую пластинку, чтобы она ослабляла поток γ- излучения с энергией порядка 200 кэВ так же, как свинцовая пластинка толщиной 1,0 мм?

44. Вычислить с помощью табличных данных (зависимости сечений рассеяния γ- квантов на ядрах от энергии) среднюю длину пробега γ- квантов с энергией 1,0 МэВ в воздухе, воде и алюминии.

Раздел *Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия*

45. Зная квантовые числа u, d, s - кварков, рассчитать основные квантовые числа октета лёгких барионов: $n(udd),\ p(uud);\ \Sigma^-(dds),\ \Sigma^0(usd),\ \Sigma^+(uus);\ \Lambda_0(uds);\ \Xi^-(dss),\ \Xi^+(uss)$.

46. Какие из (приближённых или точных) законов сохранения, характерных для сильных взаимодействий, нарушаются в слабых распадах $\Lambda_0 \to p + \pi^-$ и $\Lambda_0 \to n + \pi^0$?

47. Объяснить, почему микрофизика, то есть физика фундаментальных взаимодействий элементарных частиц, составляет основу теорий эволюции Вселенной.

48. Почему у реакции $p + {}^7_3Li \to {}^4_2He + {}^4_2He$ существует порог, несмотря на экзотермичность этой реакции?

Компетенции, формируемые в процессе выполнения заданий
(знаком «*» отмечены задания повышенной сложности из приведённого выше списка)

ОК-6: способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (Компетенция формируется в процессе коллективного обсуждения и анализа решения задач)	**ОК-7:** способностью к самоорганизации и самообразованию (здесь использованы задачи, решения которых подробно описаны в рекомендованных учебных пособиях)	**ОПК-1:** способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);	**ОПК-3:** способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;	**ПК-2:** способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;	**ПК-5:** способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.
№ 2, № 32, №37*, №47*, № 48	№ 4, № 7, №21, №22, №23*, №26*, №29*, № 30*	№32, №33, №37*,№38*,	№1, №3 - №14; №16 - №20; №23* - №26*; №45*, №46*	№27 - №31; №37*, №38* №39* - №42*;	№39*- №42*; №34 - №36; №43, №44

Примеры решений.

Задача. Свободное покоящееся ядро переходит из возбужденного состояния в основное, испуская ɣ-квант. Масса ядра M. Найти энергию E_γ кванта и энергию отдачи R, если энергия возбуждения ядра равнялась ΔE. Рассмотреть релятивистский и нерелятивистский случаи.
Решение. Используем сохранение энергии и импульса и рассмотрим вначале релятивистский случай:

$$\overset{*}{M}c^2 = c\sqrt{\vec{p}'^2 + M^2c^2} + \hbar\omega',$$
$$0 = p' + p'_\gamma,\ \omega' = c\left|p'_\gamma\right|.$$

Здесь $\overset{*}{M}c^2$ - энергия покоя материнского (возбуждённого) ядра, а импульсы ядра и фотона в конечном состоянии отмечены штрихом. В релятивистском случае энергию возбуждения следует понимать как разницу энергий покоя материнского и дочернего ядер. Исключая импульс отдачи с помощью второго уравнения, имеем:

$$\left(\overset{*}{M}c^2 - \hbar\omega'\right)^2 = c^2\left(\vec{p}'^2_\gamma + M^2c^2\right) = \hbar^2\omega'^2 + M^2c^4.$$

Так как $\overset{*}{M}c^2 = Mc^2 + \Delta E$ по условию задано, получаем уравнение относительно энергии фотона $E_\gamma = \hbar\omega'$:

$$\left(\overset{*}{M}c^2\right)^2 - 2E_\gamma\overset{*}{M}c^2 = \left(Mc^2\right)^2.$$

В итоге находим:

$$E_\gamma = \Delta E \frac{2Mc^2 + \Delta E}{2(Mc^2 + \Delta E)} = \Delta E \left(1 - \frac{\Delta E}{2(Mc^2 + \Delta E)} \right).$$

Нерелятивистский случай можно рассмотреть, если в законе сохранения энергии для квадратного корня использовать нерелятивистское разложение: $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x$, $x = (p^2 / M^2c^2)^2$. Получающееся уравнение для энергии фотона E_γ будет квадратным, и оно также легко решается. Можно, однако, поступить проще: в нерелятивистском приближении $Mc^2 \gg \Delta E$, так что ответ находится сразу из полученной формулы:

$$E_\gamma = \Delta E \left(1 - \frac{\Delta E}{2Mc^2} \right).$$

Энергия отдачи

$$R = \frac{\Delta E^2}{2(Mc^2 + \Delta E)} \approx \frac{\Delta E^2}{2Mc^2}$$

определяет величину уменьшения энергии фотона по сравнению с Боровским значением $\hbar\omega = \Delta E$.

Задача. Определить минимальную энергию, необходимую для разделения ядра O^{16} на α-частицы.

Решение. Из таблиц в справочниках находим значения масс: $M(O¿¿16) = 15{,}994915¿$ а.е.м., $M(He^4) = 4{,}002604$ а.е.м. Минимальная энергия определяется как разность энергий покоя конечного и начального состояний: $4M(He^4)c^2 - M(O¿¿16)c^2 = ¿¿) \cdot 931{,}5\ МэВ$. В итоге $E_{min} = 14{,}44\ МэВ$.

Задача. Постоянная распада для некоторых ядер равна λ. Найти средний квадратичный разброс (т.е. среднюю квадратичную дисперсию) времен жизни этих ядер.

Решение. Для определения средних значений случайной величины, определённой на непрерывном интервале, необходимо найти функцию распределения вероятностей для возможных значений из этого интервала. Вероятность того, что ядро проживёт промежуток времени t (начиная с некоторого начального момента времени), подчиняется экспоненциальному закону: $P(t) = \exp(-\lambda t)$. Согласно определению постоянной распада, вероятность распада за бесконечно малое время dt в *любой* момент времени равна λdt. Оба события – независимы, так что вероятность того, что ядро проживёт *именно* промежуток t, после чего распадётся за время dt, есть

$$dW(t) = \exp(-\lambda t)\lambda dt.$$

Отсюда находим среднее время жизни и средний квадратичный разброс времён жизни:

$$\langle t \rangle = \int_0^\infty t dW(t) = \frac{1}{\lambda};$$

$$\left\langle (t - \langle t \rangle)^2 \right\rangle = \int_0^\infty (t - \langle t \rangle)^2 dW(t) = \frac{1}{\lambda^2}.$$

Задача. Определить степень запрещённости и оценить энергию отдачи в каждом из двух ɣ-переходов ядра $_5B^{12}$. Схема уровней и характеристики см. на рисунке. Определить также квантовые числа фотонов, образующихся в указанных переходах.

$1{,}67\ МэВ$ _____ $2-$

$0{,}95\ МэВ$ _____ $2+$

0 _____ $1+$

Решение. Степень запрещённости – это величина коэффициента, определяющего относительное уменьшение вероятности перехода (или увеличение времени жизни) по мере

увеличения момента импульса, уносимого рождённым фотоном. Для переходов EL - и ML - типа этот коэффициент равен

$$\left(\frac{R}{\lambda\!\!\!^{-}}\right)^{2L} \text{ и } \left(\frac{R}{\lambda\!\!\!^{-}}\right)^{2(L+1)},$$

а чётности таких фотонов принимают значения $(-1)^L$ и $(-1)^{L+1}$ соответственно. Здесь $R, \lambda\!\!\!^{-}$ и L - радиус ядра, длина волны и мультипольность. Так как энергия фотона порядка одного МэВ, а масса ядра порядка 10^4 МэВ, мы можем для оценки энергии отдачи использовать нерелятивистское приближение:

$$R_{отд} = \frac{\Delta E^2}{2Mc^2} = \frac{(0,72)^2}{2 \cdot 11191.4}\ МэВ = 2.32 \cdot 10^{-5}\ МэВ.$$

Того же порядка будет энергия отдачи и для второго перехода. Размер ядра

$$R = r_0 A^{1/3} \simeq 1.3 \cdot (12)^{1/3}\ фм = 2.98 \cdot 10^{-13} \text{ см},$$

а длины волн первого и второго переходов равны соответственно:

$$\lambda\!\!\!^{-}_1 = \frac{\hbar c}{0.72\ МэВ} = \frac{197.327\ МэВ \cdot фм}{0.72\ МэВ} = 274 \cdot 10^{-13} \text{ см},$$

$$\lambda\!\!\!^{-}_2 = \frac{\hbar c}{0.95\ МэВ} = 207.7 \cdot 10^{-13} \text{ см}.$$

Таким образом, отношение $(R/\lambda\!\!\!^{-}) \sim 10^{-2}$. Чётность фотона, рождаемого в первом переходе, отрицательна, а правило сложения МКД диктует, чтобы сумма моментов фотона и дочернего ядра была равна двум. Тогда для спина материнского ядра получаем следующие возможности: $J = 2 = L+2, L+2-1, \ldots, |L-2|$. Так как мудьтипольность фотона не может быть меньше единицы, то первый из перечисленных вариантов отпадает. Последний вариант соответствует максимально возможному значению $L = 4$, и такой переход будет наименее вероятным. Остаётся единственная возможность: $L = 1$. Действительно, чётность фотона $E1$ отрицательна, а степень запрета $\sim\left(\frac{1}{100}\right)^2$. Квант $M1$ не подходит, так как обладает положительной чётностью. Второй переход может сопровождаться излучением фотона в двух возможных состояниях, а именно: в состоянии $E2$ и $M1$. В самом деле, степень запрета для них одинакова и равна $\left(\frac{1}{100}\right)^4$, а чётности положительны.

Задача. Фон счётчика Гейгера – Мюллера составил 92 срабатывания в минуту. В присутствии р/а источника счётчик срабатывает 260 раз в минуту. Как долго следует производить измерения, чтобы относительная ошибка определения активности источника составила не более 4%?

Решение. Обозначим активность фона $A_1 = 92\ мин^{-1}$. Тогда $A = A_1 + A_2 = 260\ мин^{-1}$, где A_2 - это искомая активность источника. Согласно свойствам пуассоновских потоков, средние числа импульсов будут равны: $< n_1 > = A_1 t$, $< n > = At = A_1 t + A_2 t$, а квадратичные разбросы значений совпадут с соответствующими средними: $< (n_1 - < n_1 >)^2 > = A_1 t$, и $< (n - < n >)^2 > = At$. Относительная погрешность измерения активности A_2,

$$\frac{\delta A_2}{A_2} = \frac{\sqrt{< (\Delta n_2)^2 >}}{< n_2 >} = \frac{1}{\sqrt{< n_2 >}} \le 0,04.$$

Мы имеем, таким образом, условие на длительность счёта:

$$\frac{1}{\sqrt{t}\sqrt{260-92}} \le 0.04\,,\ t \ge \left(\frac{25}{12.96}\right)^2 = 3,7\ мин$$

Задача. Какие из (приближённых или точных) законов сохранения, характерных для сильных взаимодействий, нарушаются в слабых распадах: $\Lambda_0 \to p + \pi^-$ и $\Lambda_0 \to n + \pi^0$?

Решение. Λ_0 – частица является связанным состоянием трёх кварков - uds, и имеет нулевые электрический заряд, изоспин и проекцию изоспина, а также странность, равную (-1). Изоспин протона $T = 1/2$, а у пиона $T = 1$, таким образом, изоспин не сохраняется; не сохраняется и проекция изоспина, что указывает на «слабую» природу первого распада. Всё сказанное относится и ко второму распаду. Если бы проекция изоспина сохранялась, то можно было бы ожидать, что распад идёт за счёт электромагнитного взаимодействия. Несохранение T и T_3 однозначно указывает на слабое взаимодействие, как причину обоих распадов.

Задача. Какие из приближённых законов сохранения, характерных для сильных взаимодействий, нарушаются в распаде: $\Sigma^0 \to \Lambda_0 + \gamma$?

Решение. Σ^0 – гиперон так же, как и Λ_0, является связанным состоянием трёх кварков - uds, но, в отличие от Λ_0, принадлежит изотриплету $\Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+$, – с изоспином, равным единице. Поэтому в данном распаде не сохраняется изоспин, но *сохраняется* проекция изоспина ($T_3 = 0$). Это может служить указанием на электромагнитную природу распада (об этом говорит и среднее время жизни Σ^0**:** оно порядка $10^{-19}\,c$, в то время как время жизни Λ_0-частицы, распадающейся за счёт слабого взаимодействия, значительно больше и составляет величину порядка $10^{-10}c$).

Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к экзамену

1. Ядерная физика- релятивистская квантовая теория. Оценки характерных значений физических параметров. Сравнение с физикой атома.
2. Энергия связи (определение). Удельная энергия связи. Основные экспериментальные факты по энергиям связи ядер и свойства ядерных сил.
3. Определение размеров ядер. Сечение рассеяния (определение). Опыты Хофштадтера. Протонный радиус ядра. Понятие о несферических ядрах.
4. Метод быстрых нейтронов и определение размеров ядер. Сечение захвата нейтрона и его зависимость от энергии нейтрона. Нейтронный радиус ядра.
5. Основные положения капельной модели ядра**.** Полуэмпирическая формула и интерпретация ее слагаемых. Простейшие применения капельной модели.
6. Магнитный момент и гиромагнитное отношение в квантовой механике. Основные свойства орбитального МКД частицы («пространственное квантование»). Магнитный момент орбитального движения частицы и спиновый магнитный момент (на примере электрона).
7. Понятие об аномальном спиновом магнитном моменте. Аномальный магнитный момент протона и нейтрона. Полный магнитный момент электрона (протона, нейтрона), совершающего финитное движение. Квантово-механическое правило сложения моментов импульса.
8. Основные положения оболочечной модели**.** Понятие о среднем поле ядра. Потенциал Гепперт-Майер и Йенсена. Ядерные оболочки и порядок их заполнения. Магические числа.
9. Магнитные моменты легких ядер в оболочечной модели ядра.
10. Магнитные моменты тяжелых ядер. Модель Шмидта и ее предсказания.

11. Радиоактивность**.** Виды радиоактивности. Общие закономерности радиоактивных распадов. Постоянная распада, среднее время жизни ядра, активность.
12. α-распад и его особенности. Эмпирические закономерности, характеризующие α-распады ядер. Энерговыделение при **α** -распаде
13. Физическая природа α-распада. Гамовская теория **α** -распада. Вычисление и оценка постоянной **α** -распада методом ВКБ. Объяснение эмпирических закономерностей.
14. β-распад**.** Его разновидности и особенности. Необходимое условие β-распада. Спектральная функция **β** -распада. **β** -распад – проявление нового типа фундаментальных взаимодействий. Примеры **β** -распадов ядер. Характеристики частиц, участвующих в слабых взаимодействиях.
15. Понятие о запретах по орбитальному МКД β -пары**.** Качественное объяснение запретов по МКД. Характеристика уровня. Примеры
16. Понятие пространственной четности и внутренней четности элементарных частиц и ядер. Аксиальные и полярные векторы. Вычисление четностей ядер в основном состоянии с помощью модели оболочек.
17. Несохранение чётности в слабых взаимодействиях**.** Опыт Ву. Значение открытия несохранения четности в слабых взаимодействиях
18. *Распад Λ_0 частицы**.** Пространственная асимметрия распада и ее связь с несохранением четности
19. γ-распад. Возникновение долгоживущих возбужденных (изомерных) состояний ядер. Законы сохранения в γ-распадах. Внутренняя и парная конверсия **γ** -лучей.
20. Квантовые числа фотонов**.** Запреты по мультипольности для квантовых переходов в ядрах. Примеры вычисления степени запрещенности **γ-**перехода.
21. Соотношение неопределённостей энергия-время и естественная ширина уровня. Резонансный характер вероятности поглощения у-квантов и энергетическое условие резонансного поглощения с учетом естественной ширины уровня.
22. Энергия отдачи в атомных и ядерных переходах(сравнение). Доплеровское уширение спектральных линий испускания и поглощения. Проблема наблюдения резонансной флюоресценции в случае **γ** -излучения.
23. Эффект Мёссбауэра и его наблюдение. Физическая природа эффекта. Приложения.
24. Регистрация заряженных частиц и γ -квантов. Понятие об экспериментальных методах ядерной физики.
25. Ионизационные потери. Пробег. Формула Бете-Блоха (без вывода). Характерные особенности процесса ионизационных потерь.
26. Дозиметрические единицы. Воздействие ионизирующих излучений на человека.
27. Ядерная энергетика**.** Типы реакторов деления (общая классификация). Реактор на медленных нейтронах, схема и принцип работы.
28. Симметрия в микромире. Пространственно-временные и динамические симметрии. Классификация элементарных частиц Примеры
29. Понятие о кварках, конфайнменте и асимптотической свободе. Кварки и «периодическая система» для адронов. Экспериментальные указания на существование « цвета».
30. Адроны, лептоны и калибровочные бозоны. Поколения кварков и лептонов. Классификация фундаментальных взаимодействий. Основные идеи теорий «великого объединения».
31. Реакция $p + {}_3Li^7 \rightarrow \alpha + \alpha$ и её особенности.
32. Вывод формулы Резерфорда.
33. Вывод формулы Бора для ионизационных потерь.
34. Замедление нейтрона при упругих столкновениях с ядрами (формула $\Delta T / T = 2A / (A+1)^2$).

Методические рекомендации по подготовке к экзамену.

На экзамене подводится итог работы студента в течение семестра.

Подготовка к экзамену требует определенного алгоритма действий. Прежде всего, необходимо ознакомиться с вопросами, которые выносятся на экзамен. На основе этого следует составить план повторения и систематизации учебного материала. Нельзя ограничиваться только конспектами лекций, следует проработать рекомендованные учебные пособия и литературу. В отдельной тетради на каждый вопрос следует составить краткий план ответа в логической последовательности и с фиксацией необходимого иллюстративного материала (примеры, рисунки, схемы, цифры).

Если отдельные вопросы программы остаются неясными, их необходимо написать на полях конспекта, чтобы выяснить на консультации. Важнейшую информацию следует обозначать другим цветом, это помогает лучше ее запомнить.

Следует постепенно переходить от повторения материала одной темы к другой. Когда повторен и систематизирован весь учебный материал, необходимо пересмотреть его еще раз уже со своими записями, проверяя мысленно, как усвоен материал.

Условия допуска студента к экзамену

Для того, чтобы быть допущенным к сдаче экзамена, студенту необходимо выполнить следующие требования:

1) регулярно посещать аудиторные занятия по дисциплине (пропуск занятий не допускается без уважительной причины); в случае пропуска занятия студент должен быть готов ответить на вопросы преподавателя, относящиеся к пропущенной теме;

2) выполнить контрольные работы на оценку «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно», провести анализ ошибок контрольной работы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций

Этап: проведение текущего контроля

Критерии оценивания контрольных работ

Проверяемые компетенции	Оценка	Критерии оценивания
ОК-7 ОПК-1 ОПК-3 ПК-5	Отлично	Все задачи решаются полностью: приводится верное аналитическое решение, делается правильный расчет.
	Хорошо	Приведены решения задач контрольной работы, но есть небольшие недочеты при использовании законов, формул, в целом не влияющих на ход решения, допущены ошибки при вычислении численных результатов. Общая доля невыполненных заданий не превышает 5–7 % от общего объема контрольной работы.
	Удовлетворительно	Приведены решения не всех заданий контрольной работы, есть существенные недостатки при выводе аналитических выражений, не проведены численные расчеты. Общая доля невыполненных заданий составляет не более 50 % от общего объема контрольной работы.
	Неудовлетворительно	Решения заданий приведены неверно или вовсе отсутствуют. Общая доля невыполненных заданий составляет более 50 % от общего

		объема контрольной работы.

Критерии оценивания работы студента на практических занятиях:

Оценка «отлично» выставляется студенту, сформулировавшему полный и правильный ответ на вопросы семинара, логично структурировавшему и изложившему материал. При этом студент должен показать знание специальной литературы.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который дал полный правильный ответ на вопросы семинара с соблюдением логики изложения материала, но допустил при ответе отдельные неточности, не имеющие принципиального характера. Оценка «хорошо» может выставляться студенту, недостаточно четко и полно ответившему на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, показавшему неполные знания, допустившему ошибки и неточности при ответе на вопросы семинара, продемонстрировавшему неумение логически выстроить материал ответа и сформулировать свою позицию по проблемным вопросам. При этом хотя бы по одному из заданий ошибки не должны иметь принципиального характера. Студент, ответ которого оценивается «удовлетворительно», должен опираться в своем ответе на учебную литературу.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не дал ответа по вопросам семинара; дал неверные, содержащие фактические ошибки ответы на все вопросы; не смог ответить на дополнительные и уточняющие вопросы. Неудовлетворительная оценка выставляется выпускнику, отказавшемуся отвечать на вопросы семинара.

Этап: проведение промежуточной аттестации

Критерии оценивания ответов на экзаменационные вопросы

Проверяемые компетенции	Оценка	Критерии оценивания
ОК-6 ОК-7 ОПК-1 ОПК-3 ПК-2 ПК-5	Отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, сформулировавшему полный и правильный ответ на вопросы экзаменационного билета, логично структурировавшему и изложившему материал.
	Хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, который дал полный правильный ответ на вопросы экзаменационного билета с соблюдением логики изложения материала, но допустил при ответе отдельные неточности, не имеющие принципиального характера. Оценка «хорошо» может выставляться студенту, недостаточно четко и полно ответившему на уточняющие и дополнительные вопросы.
	Удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, показавшему неполные знания, допустившему ошибки и неточности при ответе на вопрос, продемонстрировавшему неумение логически выстроить материал ответа и

		сформулировать свою позицию по проблемным вопросам.
	Неудовлетворительно	студент не дал ответа по теоретическим вопросам; дал неверные, содержащие фактические ошибки ответы на все вопросы; не смог ответить на дополнительные и уточняющие вопросы.