

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Взаимодействия частиц

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

---

*код и направления подготовки*

образовательная программа

Инновационные ядерные технологии

---

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – описание характеристик фундаментальных взаимодействий, особенностей сечений атомных и ядерных процессов, методов описания процессов рассеяния в атомной и ядерной физике и оценки сечений и скоростей квантовых процессов, в том числе резонансных.

Задачи дисциплины – последовательное изложение основ квантовой механики непрерывного спектра и их применение к описанию конкретных процессов в атомной и ядерной физике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю (дисциплина по выбору).

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Ядерная физика.
- Общая физика.
- Математический анализ.
- Теоретическая и аналитическая механика.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Производственная практика: научно-исследовательская работа.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-4	Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO	З-ПК-4 Знать: типовые методики планирования и проектирования систем. У-ПК-4 Уметь: использовать стандартные средства автоматизации проектирования. В-ПК-4 Владеть: методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO.

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
<b>Интеллектуальное воспитание</b>	Формирование культуры умственного труда <b>(В11)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия <b>(В17)</b>	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение в реальные научно-исследовательские проекты.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения <b>(В18)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин, профессионального модуля для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития

	исследованиям научного толка <b>(B19)</b>	исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства <b>(B20)</b>	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально- технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения,	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации,

	<p>обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения <b>(B21)</b></p>	<p>командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</li> </ul>
<p><b>Профессиональное воспитание</b></p>	<p>Формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности <b>(B22)</b></p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного</li> </ul>

		решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уровне пользователям.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование культуры ядерной и радиационной безопасности (В24)	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных

		отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека <b>(B25)</b>	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
<b>Профессиональное воспитание</b>	Формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений <b>(B26)</b>	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при

		котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
--	--	---

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Вид работы	Количество часов на вид работы:
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	48
В том числе:	
<i>лекции</i>	16
<i>практические занятия</i>	32
<i>лабораторные занятия</i>	-
<b>Промежуточная аттестация</b>	
В том числе:	
<i>зачет</i>	-
<i>зачет с оценкой</i>	-
<i>экзамен</i>	54
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	<b>150</b>
<b>Всего (часы):</b>	<b>252</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>7</b>

**6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-8	<b>1. Основы нерелятивистской квантовой теории рассеяния</b>	<b>8</b>	<b>16</b>			<b>90</b>
1-2	1.1. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики	2	4			20
3-4	1.2. Рассеяние частицы в силовом поле. Интегральное уравнение теории рассеяния	2	4			20

5-6	1.3. Кулоновское рассеяние	2	4			25
7-8	1.4. Рассеяние быстрых электронов на атомах, ядрах и нуклонах	2	4			25
9-16	<b>2. Фазовая теория рассеяния</b>	<b>8</b>	<b>16</b>			<b>60</b>
9-10	2.1. Разложение по парциальным волнам	2	4			15
11-12	2.2. Рассеяние медленных частиц. Длина рассеяния. Приближение эффективного радиуса	2	4			15
13-14	2.3. Метод переменной фазы	2	4			15
15-16	2.4. Резонансное рассеяние	2	4			15
	<b>Итого за 7 семестр:</b>	<b>16</b>	<b>32</b>			<b>150</b>
	<b>Всего:</b>	<b>16</b>	<b>32</b>			<b>150</b>

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	<b>1. Основы нерелятивистской квантовой теории рассеяния</b>	
1-2	1.1. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики	Фундаментальные взаимодействия и их характеристики. Классификация элементарных частиц. Кванты силовых полей. Кварковая модель адронов.
3-4	1.2. Рассеяние частицы в силовом поле. Интегральное уравнение теории рассеяния	Рассеяние частицы в силовом поле. Амплитуда рассеяния. Оптическая теорема. Интегральное уравнение теории рассеяния (уравнение Липпмана-Швингера). Борновское приближение. Нерелятивистские фейнмановские диаграммы. Задача двух тел в квантовой механике.
5-6	1.3. Кулоновское рассеяние	Кулоновское рассеяние. Решение Гордона. Формула Резерфорда. Гамовский множитель.
7-8	1.4. Рассеяние быстрых электронов на атомах, ядрах и нуклонах	Рассеяние быстрых электронов на атомах. Форм-фактор квантовой системы. Рассеяние релятивистских электронов на ядрах. Формула Мотта. Распределение Ферми. Рассеяние релятивистских электронов на нуклонах. Формула Розенблюта.
9-16	<b>2. Фазовая теория рассеяния</b>	
9-10	2.1. Разложение по парциальным волнам	Разложение по парциальным волнам. Парциальные состояния рассеяния. Парциальные амплитуды. Разложение Факсена-Хольцмарка. Уравнение Липпмана-Швингера для парциальных состояний рассеяния. Фазы рассеяния. Связь парциальных амплитуд и фаз рассеяния.

11-12	2.2. Рассеяние медленных частиц. Длина рассеяния. Приближение эффективного радиуса	Рассеяние медленных частиц. Длина рассеяния. Приближение эффективного радиуса. Рассеяние нуклона на нуклоне при низких энергиях.
13-14	2.3. Метод переменной фазы	Метод переменной фазы. Свойства фаз рассеяния. Теорема Левинсона. Феноменологические нуклон-нуклонные потенциалы. Ядерный кор.
15-16	2.4. Резонансное рассеяние	Метод функций Йоста. Нули функций Йоста. Связанные, виртуальные и резонансные состояния. Резонансное рассеяние. Формулы Брейта-Вигнера и Фано.

*Практические/семинарские занятия*

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	<b>1. Основы нерелятивистской квантовой теории рассеяния</b>	
1-2	1.1. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики	Фундаментальные взаимодействия и их характеристики. Классификация элементарных частиц. Кванты силовых полей. Кварковая модель адронов.
3-4	1.2. Рассеяние частицы в силовом поле. Интегральное уравнение теории рассеяния	Рассеяние частицы в силовом поле. Амплитуда рассеяния. Оптическая теорема. Интегральное уравнение теории рассеяния (уравнение Липпмана-Швингера). Борновское приближение. Нерелятивистские фейнмановские диаграммы. Задача двух тел в квантовой механике.
5-6	1.3. Кулоновское рассеяние	Кулоновское рассеяние. Решение Гордона. Формула Резерфорда. Гамовский множитель.
7-8	1.4. Рассеяние быстрых электронов на атомах, ядрах и нуклонах	Рассеяние быстрых электронов на атомах. Форм-фактор квантовой системы. Рассеяние релятивистских электронов на ядрах. Формула Мотта. Распределение Ферми. Рассеяние релятивистских электронов на нуклонах. Формула Розенблюта.
9-16	<b>2. Фазовая теория рассеяния</b>	
9-10	2.1. Разложение по парциальным волнам	Разложение по парциальным волнам. Парциальные состояния рассеяния. Парциальные амплитуды. Разложение Факсена-Хольцмарка. Уравнение Липпмана-Швингера для парциальных состояний рассеяния. Фазы рассеяния. Связь парциальных амплитуд и фаз рассеяния.
11-12	2.2. Рассеяние медленных частиц. Длина рассеяния. Приближение эффективного радиуса	Рассеяние медленных частиц. Длина рассеяния. Приближение эффективного радиуса. Рассеяние нуклона на нуклоне при низких энергиях.
13-14	2.3. Метод переменной фазы	Метод переменной фазы. Свойства фаз рассеяния. Теорема Левинсона. Феноменологические нуклон-нуклонные потенциалы. Ядерный кор.
15-16	2.4. Резонансное рассеяние	Метод функций Йоста. Нули функций Йоста.

		Связанные, виртуальные и резонансные состояния. Резонансное рассеяние. Формулы Брейта-Вигнера и Фано.
--	--	---

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Взаимодействия частиц», утверждено на заседании отделения ЯФиТ (протокол № 1 от «25» августа 2023 г.).
2. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Взаимодействия частиц» – <http://iate.obninsk.ru/node/5230>.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 7 семестр</b>			
1.	1. Основы нерелятивистской квантовой теории рассеяния	З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4	КР1
2.	2. Фазовая теория рассеяния	З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4	КР2
<b>Промежуточная аттестация, 7 семестр</b>			
	Экзамен	З-ПК-4; У-ПК-4; В-ПК-4	Экзаменационный билет

### 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

### 8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и

оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
КР1	8	18	30
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
КР2	15	18	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

#### 8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
<b>90-100</b>	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы

85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная учебная литература:

1. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н.П. Юдин. Частицы, атомы и ядра.-Изд-во ЛКИ.-2007.-361с.
2. Окунь, Л. Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц : учебное пособие / Л. Б. Окунь. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 128 с. — ISBN 978-5-9221-1070-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2274>.
3. Гааз Л. Волны материи и квантовая механика. - Изд-во Либроком.-2014г.-169 с.

### б) дополнительная учебная литература:

1. Байков, Ю. А. Квантовая механика : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 294 с. — ISBN 978-5-00101-856-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151548>.
2. Дж. Тейлор. Теория рассеяния. - М., Мир, 1975.
3. Р. Ньютон. Теория рассеяния волн и частиц.- М., Мир, 1969.
4. А. Г. Ситенко. Теория ядерных реакций. - М., Энергоатомиздат, 1983.
5. В. В. Балашов. Квантовая теория столкновений. - М., изд-во МГУ, 1985.
6. А. Боум. Квантовая механика. Основы и приложения. - М., Мир, 1990.
7. А. Мессиа. Квантовая механика. Т. 1,2.- М., Наука, 1979.
8. Валантэн Л. Субатомная физика. - М., Мир, 1986, т.1. Элементарный подход - 1 экз., т.2.

Дальнейшее развитие.

9. А. Садбери. Квантовая механика и физика элементарных частиц. - М., Мир, 1989.
10. Р. Фейнман. Теория фундаментальных процессов. - М., Наука, 1978.
11. А. Г. Ситенко. Теория рассеяния. - Киев, Вища школа, 1975.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Не предусмотрены

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На первом этапе изучения курса рекомендуется изучить характерный масштаб величин, описывающих рассматриваемые явления (порядок сечений, радиус взаимодействия и т.д.). На следующем этапе необходимо разобраться с понятием амплитуды рассеяния и ее связью с дифференциальным сечением рассеяния.

При изучении вопроса «Интегральное уравнение теории рассеяния» следует иметь в виду, что предлагаемый в курсе вывод этого уравнения использует метод функций Грина и аппарат обобщенных функций. При необходимости детали вывода можно найти в 1 томе книги А. Мессиа. Особое внимание рекомендуется обратить на вопрос «Задача двух тел в квантовой механике. Связь дифференциальных сечений в лабораторной системе и системе центра масс», поскольку с ним связаны используемые в физике реакторов вопросы о средней потере энергии и среднем косинусе угла рассеяния при упругом рассеянии медленного нейтрона на ядре.

При изучении вопросов о взаимодействии заряженных частиц необходимо обратить внимание на понятие формфактора квантовой системы. При изучении фазовой теории рассеяния важную роль играют понятия длины рассеяния и эффективного радиуса. При изучении этих вопросов рекомендуется разобраться с практическими приложениями этих понятий с описанием низкоэнергетического нейтрон-протонного рассеяния и в рамках метода функций Йоста изучить вопрос о связи длины рассеяния и эффективного радиуса с энергиями связанного и виртуального состояний в  $n$ - $p$  системе. Особое внимание следует уделить изучению резонансного рассеяния как одного из интереснейших физических явлений в квантовой физике, имеющих к тому же важное значение в ядерной энергетике (резонансы во взаимодействии нейтрона с ядром и доплер-эффект).

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,

7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса. Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### **12.1. Перечень информационных технологий**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- Интерактивное общение с помощью программы skype;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

### **12.2. Перечень программного обеспечения**

– Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

### **12.3. Перечень информационных справочных систем**

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK);
- 2) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 3) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, <https://.book.ru>;
- 4) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary), <https://elibrary.ru>;
- 5) Базовая версия ЭБС IPRbooks, <https://.iprbooks.ru>;
- 6) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» <https://.studentlibrary.ru>;
- 7) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru», <https://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>;
- 8) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <https://urait.ru/>.

## **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Лекционные и практические занятия:

Учебная аудитория на 20 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

## **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Для достижения планируемых результатов при изучении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Информационно-развивающие технологии:

- использование Интернет-ресурсов и ресурсов электронных библиотек.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии:

- проблемные лекции и семинары;

- «работа в команде» - совместная деятельность под руководством лидера, направленная на решение общей поставленной задачи;

- «междисциплинарное обучение» - использование знаний из разных областей, группируемых и концентрируемых в контексте конкретно решаемой задачи.

3. Личностно-ориентированные технологии обучения:

- консультации;

- «индивидуальное обучение» - выстраивание для студента собственной образовательной траектории с учетом интереса и предпочтения студента.

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Рассеяние частицы в силовом поле. Интегральное уравнение теории рассеяния.	Лекция	2	Проблемная лекция
2.	Рассеяние частицы в силовом поле. Интегральное уравнение теории рассеяния.	Практические занятия	2	Групповое обсуждение
3.	Рассеяние быстрых электронов на атомах, ядрах и нуклонах.	Лекция	2	Проблемная лекция
4.	Резонансное рассеяние.	Лекция	2	Проблемная лекция
5.	Резонансное рассеяние.	Практические занятия	4	Групповое обсуждение

**14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

#### Темы для самостоятельного изучения

1. Классификация процессов столкновения. Сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Связь амплитуды рассеяния и дифференциального сечения рассеяния.

Интегральное уравнение теории рассеяния.

2. Борновское приближение для амплитуды рассеяния. Условия применимости первого борновского приближения при низких и высоких энергиях.

3. Рассеяние в центральном силовом поле. Разложение по парциальным волнам. Фазы рассеяния. Парциальные сечения.

4. Низкоэнергетическое рассеяние. Длина рассеяния. Приближение эффективного радиуса.
5. Оптическая теорема. Оптическая теорема для парциальных сечений.
6. Кулоновское рассеяние. Формула Резерфорда. Кулоновское рассеяние при низких энергиях. Множитель Гамова. Условия применимости первого борновского приближения для кулоновского рассеяния.
7. Рассеяние быстрых электронов на атомах и ядрах. Формфакторы атомов и ядер. Формула Мотта. Двухпараметрическое распределение Ферми.
8. Метод функций Иоста. Регулярное решение. Интегральное уравнение для регулярного решения.
9. Аналитические свойства регулярного решения и функций Иоста. Нули функции Иоста на физическом и нефизическом листе. Связанные, виртуальные и резонансные состояния.
10. Резонансное рассеяние. Формулы Брейта-Вигнера и Фано. Диаграмма Аргана. Теорема Фока-Крылова.
11. Задача двух тел в квантовой механике. Связь дифференциальных сечений в лабораторной системе и системе центра масс. Средняя потеря энергии и средний косинус угла рассеяния при упругом рассеянии медленного нейтрона на ядре.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Приведите классификацию процессов столкновения. Дайте определение упругого рассеяния.
2. Что такое сечение рассеяния? Дайте определение дифференциального и полного сечений рассеяния на примере бинарных процессов.
3. Как записывается асимптотика волновой функции рассеяния для расходящихся волн?
4. Что такое амплитуда рассеяния? Как амплитуда рассеяния связана с дифференциальным сечением рассеяния?
5. Запишите интегральное уравнение теории рассеяния для волновой функции рассеяния и выведите из него выражение для амплитуды рассеяния?
6. Что представляет из себя борновское приближение для амплитуды рассеяния? Каковы условия применимости первого борновского приближения при низких и высоких энергиях?
7. Как связаны дифференциальные сечения в лабораторной системе и системе центра масс? Чему равны средняя потеря энергии и средний косинус угла рассеяния при упругом рассеянии медленного нейтрона на ядре?
8. Сформулируйте оптическую теорему.
9. Приведите решение квантовомеханической задачи Кеплера для состояний рассеяния и выведите из него формулу Резерфорда. Сформулируйте условие применимости первого борновского приближения для кулоновского рассеяния. Дайте определение кулоновского параметра.
10. Дайте определение формфактора квантовой системы. Запишите выражение для амплитуды упругого рассеяния быстрого электрона на атоме.
11. Запишите выражение для амплитуды упругого рассеяния быстрого электрона на бесспиновом ядре. Что такое «двухпараметрическое распределение Ферми»? Какая информация была получена о параметрах этого распределения из данных по упругому рассеянию быстрых электронов?
12. Дайте определение парциальных состояний рассеяния и парциальных амплитуд. Запишите уравнение Липпмана-Швингера для парциальных состояний рассеяния.
13. Дайте определение фаз рассеяния и запишите их связь с парциальными амплитудами.
14. Запишите разложение Факсена-Хольцмарка. Сколько парциальных волн надо учитывать в этом разложении?
15. Дайте определение длины рассеяния. Почему длина рассеяния-вещественная величина?
16. Сформулируйте приближение эффективного радиуса. Каковы параметры этого приближения для нейтрон-протонного рассеяния?
17. Дайте определение регулярного решения радиального уравнения Шредингера и запишите интегральное уравнение для регулярного решения. Дайте определение функции Иоста. Как по функции Иоста определить фазу рассеяния?
18. Опишите аналитические свойства регулярного решения и функций Иоста для различных

типов потенциалов. Опишите связь регулярных решений, отвечающих нулям функции Йоста на физическом и нефизическом листе, со связанными, виртуальными и резонансными состояниями.

19. Как параметризуется выражение для фазы рассеяния при резонансном рассеянии? Что такое «приведенная энергия»? Запишите формулы Брейта-Вигнера и Фано. Как устроена диаграмма Аргана для резонансного рассеяния?

20. Сформулируйте теорему Фока-Крылова.

### Типовые задания для самопроверки

1. Какое из выражений правильно описывает асимптотику волновой функции рассеяния:

A.  $\psi(\bar{r}) \xrightarrow{r \rightarrow \infty} e^{i\bar{k}\bar{r}} + \frac{e^{ikr}}{r} \sigma(\theta)$

B.  $\psi(\bar{r}) \xrightarrow{r \rightarrow \infty} e^{i\bar{k}\bar{r}} + \frac{e^{ikr}}{r} f(\theta)$

C.  $\psi(\bar{r}) \xrightarrow{r \rightarrow \infty} e^{i\bar{k}\bar{r}} + \frac{e^{ikr}}{r^2} f(\theta)$

D. C.  $\psi(\bar{r}) \xrightarrow{r \rightarrow \infty} A \left( e^{i\bar{k}\bar{r}} + \frac{e^{ikr}}{r^2} f(\theta) \right)$

E.  $\psi(\bar{r}) \xrightarrow{r \rightarrow \infty} A \left( e^{i\bar{k}\bar{r}} + \frac{e^{ikr}}{r} f(\theta) \right)$

2. Амплитуда рассеяния на нулевой угол на некотором потенциале равна  $-1 + i$  (в ФМ), когда волновое число равно  $2\Phi M^{-1}$ . В этом случае дифференциальное сечение рассеяния на нулевой угол и полное сечение равны (в единицах Фм<sup>2</sup>):

A. 1 и  $4\pi$

B. 2 и  $4\pi$

C. 1 и  $\pi$

D. 2 и  $\pi$ .

3. Амплитуда рассеяния на нулевой угол на некотором потенциале равна  $-1 + i$  (в ФМ), когда волновое число равно  $2\Phi M^{-1}$ . В этом случае дифференциальное сечение рассеяния на нулевой угол и полное сечение равны (в единицах Фм<sup>2</sup>):

A. 1 и  $4\pi$

B. 2 и  $4\pi$

C. 1 и  $\pi$

D. 2 и  $\pi$ .

E. 2 и  $2\pi$ .

4. Частица массы  $m$  рассеивается на потенциале прямоугольной ямы глубиной  $V_0$  и радиусом  $R$ . В каком из случаев длина рассеяния бесконечна?

A.  $(2mV_0)^{1/2}R = \pi\hbar$

B.  $(2mV_0)^{1/2}R = \frac{\pi}{2}\hbar$

C.  $(2mV_0)^{1/2}R = \frac{\pi}{4}\hbar$

5. Какое из выражений правильно описывает поведение резонансной части фазового сдвига в зависимости от энергии?

A.  $\delta_R = \text{arctg} \frac{2}{\Gamma} (E_R - E)$

B.  $\delta_R = \text{arctg} \frac{2}{\Gamma} (E - E_R)$

C.  $\delta_R = \text{arcctg} \frac{2}{\Gamma} (E_R - E)$

D.  $\delta_R = \text{arcctg} \frac{2}{\Gamma} (E - E_R)$

6. Какое из выражений правильно определяет длину рассеяния:

A.  $a_0 = -\lim_{k \rightarrow 0} f_0(k)$

B.  $\frac{1}{a_0} = -\lim_{k \rightarrow 0} k \text{ctg} \delta_0(k)$

C.  $a_0 = -\lim_{k \rightarrow 0} k f_0(k)$

7. Длина рассеяния для некоторого потенциала равна  $10 \text{ Фм}$ . Чему равно дифференциальное сечение рассеяния на этом потенциале в пределе низких энергий?

A.  $10 \text{ барн}$

B.  $1 \text{ миллибарн}$

C.  $10 \text{ миллибарн}$

D.  $100 \text{ миллибарн}$

E.  $1 \text{ барн}$

8. Длина рассеяния для потенциала прямоугольной ямы радиуса  $R$  равна бесконечности. Чему равен в этих условиях эффективный радиус:

A.  $(-R)$

B.  $\frac{R}{2}$

C.  $R$

9. Дифференциальное сечение рассеяния частицы с энергией  $E$  на потенциале  $2\frac{\alpha}{r}$  описывается формулой:

A.  $\sigma(\theta) = \left(\frac{\alpha}{4E}\right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$

B.  $\sigma(\theta) = \left(\frac{\alpha}{2E}\right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$

C.  $\sigma(\theta) = \frac{\alpha}{4E} \frac{1}{\sin^4 \theta}$

D.  $\sigma(\theta) = \frac{\alpha}{2E} \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$

E.  $\sigma(\theta) = \left(\frac{\alpha}{4E}\right)^2 \frac{1}{\sin^4 \theta}$

10. Среднеквадратический радиус атома равен  $3a_o^2$  ( $a_o$  - первый борковский радиус). Заряд ядра  $Z$ . Дифференциальное сечение рассеяния электрона на этом атоме на нулевой угол равно (в единицах  $a_o^2$ ):

A.  $9Z^2$

B.  $4Z^2$

C.  $Z^2$

D.  $\frac{9}{4} Z^2$

11. Какое из выражений является определением эффективного радиуса:

A.  $k \operatorname{ctg} \delta_o(k) \rightarrow -\frac{1}{a_o} + \frac{1}{2} r_o k^2$

малые  $k$

$$B. k \operatorname{ctg} \delta_o(k) \rightarrow -\frac{1}{a_o} + \frac{1}{2} r_o k$$

малые  $k$

$$C. k \operatorname{ctg} \delta_o(k) \rightarrow -\frac{1}{a_o} + r_o k^2$$

малые  $k$

$$D. k \operatorname{ctg} \delta_o(k) \rightarrow -\frac{1}{a_o} + r_o k$$

малые  $k$

12. Чему равно волновое число нуклона с энергией  $20 \text{ МэВ}$ ? Принять энергию покоя нуклона равной  $940 \text{ МэВ}$   $\hbar c = 197 \text{ МэВ} \cdot \text{ФМ}$ . Ответ выразить в  $\text{ФМ}^{-1}$  и округлить до целых.

A. 1

B. 2

C. 5

D. 10

13. Полное сечение рассеяния задано в виде суммы  $\sigma = \sum_l \sigma_l$ . Какое из выражений задает парциальное сечение  $\sigma_l$ ?

$$A. 4\pi(2l+1) \frac{\sin^2 \delta_l}{k^2}$$

$$B. 4\pi(2l+1) |f_l(k)|^2$$

$$C. 4\pi(2l+1) \frac{|f_l(k)|^2}{k^2}$$

$$D. \pi(2l+1) \frac{|\exp(2i\delta_l) - 1|}{k^2}$$

14. Нуклон с энергией  $E=20 \text{ МэВ}$  рассеивается на потенциале, радиус действия которого равен  $5 \text{ ФМ}$ . Чему равно максимальное значение орбитального момента, которое надо учитывать в разложении амплитуды рассеяния по парциальным волнам?

1. 10

2. 5

3. 1

4. 0

15. Какое из выражений правильно описывает поведение парциального сечения рассеяния вблизи резонанса с энергией  $E_R$ , шириной  $\Gamma$  и нулевым фоновым фазовым сдвигом?

$$A. \sigma_l = \frac{4\pi}{k^2} (2l+1) \frac{\Gamma^2}{(E - E_R)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$$

$$B. \sigma_l = \frac{\pi}{k^2} (2l+1) \frac{\Gamma^2}{(E - E_R)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$$

$$C. \sigma_l = 4\pi(2l+1) \frac{1}{1 + \varepsilon^2}$$

( $\varepsilon$  - приведенная энергия)

$$D. \sigma_l = \pi(2l+1) \frac{1}{1 + \varepsilon^2}$$

### 14.3. Краткий терминологический словарь

Фундаментальные взаимодействия, кванты поля, радиус взаимодействия, сечение рассеяния, амплитуда рассеяния, состояние рассеяния, интегральное уравнение теории рассеяния (уравнение Липпмана-Швингера), борновские ряды, нерелятивистские фейнмановские диаграммы, разложение по парциальным волнам, парциальные амплитуды, фазы рассеяния, парциальные сечения, длина рассеяния, приближение эффективного радиуса, оптическая теорема, кулоновское рассеяние, формула Резерфорда, множитель Гамова, формфакторы атомов и ядер, формула Мотта, двухпараметрическое распределение Ферми, функции Иоста, регулярное решение, аналитические свойства регулярного решения и функций Иоста, нули функции Иоста, связанные, виртуальные и резонансные состояния, резонансное рассеяние, формулы Брейта-Вигнера и Фано, диаграмма Аргана, теорема Фока-Крылова.

## 15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний, обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

#### **Программу составил:**

\_\_\_\_\_ В.Л. Шаблов, профессор, д.ф.-м.н., профессор отд. ЯФиТ

#### **Рецензент:**

\_\_\_\_\_ А.Г. Юферов, к.ф.-м.н., доцент отд. ЯФиТ