

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.11.2023 13:37:37  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«01» марта 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ДОЗИМЕТРИИ**

(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализации программы специалитета:

**Все специализации**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **радиационной технологии**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		профессор И.В. Юдин
доцент		Е.В. Платыгина

Рабочая программа дисциплины «Основы ядерной физики и дозиметрии» обсуждена на заседании кафедры радиационной технологии  
протокол от «17» февраля 2021 № 2  
Заведующий кафедрой

И.В. Юдин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «25» февраля 2021 № 5

Председатель

А.П. Сусла

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	6
3. Объем дисциплины.....	7
4. Содержание дисциплины.....	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	7
4.2. Занятия лекционного типа .....	8
4.3. Занятия семинарского типа.....	9
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	9
4.3.2. Лабораторные занятия .....	10
4.4. Самостоятельная работа обучающихся .....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	13
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	14
10.1. Информационные технологии.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Информационные справочные системы .....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<p><b>ПК-1</b> Способен проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные;</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Использование основных физических законов и знаний о видах взаимодействия ионизирующего излучения и веществом для решения задач радиометрии и дозиметрии</p>	<p><b>Знать:</b> строение ядра, классификацию элементарных частиц; основные свойства ядер и теорию их устойчивости; законы радиоактивного распада, радиоактивные семейства, методы расчета активности в семействах, особенности <math>\alpha</math> - и <math>\beta</math> -распада, испускание <math>\gamma</math>квантов; основные ядерные реакции на нейтронах, заряженных частицах и гамма-квантах; процессы деления ядер и конструкцию ядерного реактора, методы управления ядерным реактором, процессы образования продуктов деления и трансурановых элементов; процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом, тормозные и радиационные потери энергии, взаимодействие гамма-квантов с веществом. <b>Уметь:</b> решать типовые задачи, связанные с основными разделами ядерной физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; проводить расчет изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега <math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях; извлекать физическую информацию из аппаратурных данных. <b>Владеть:</b> методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента.</p>

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
	<p><b>ПК-1.2</b> Проведение радиометрических и дозиметрических измерений и обработка их результатов</p>	<p><b>Знать:</b>методы регистрации излучений, основные типы детекторов и их свойства; методы дозиметрии альфа-, бета- и гамма-излучения. <b>Уметь:</b>применять методы проведения радиометрических и дозиметрических измерений для решения практических задач <b>Владеть:</b> методами проведения радиометрических и дозиметрических измерений и навыками корректной обработки их результатов; методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента.</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Использование действующих нормативных документов в области радиационной и ядерной безопасности</p>	<p><b>Знать:</b>процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом, тормозные и радиационные потери энергии, взаимодействие гамма-квантов с веществом; методы регистрации излучений, основные типы детекторов и их свойства; методы дозиметрии альфа-, бета- и гамма-излучения, «Нормы радиационной безопасности» <b>Уметь:</b>проводить расчет изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега альфа- и бета-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях; извлекать физическую информацию из аппаратурных данных, использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной безопасности <b>Владеть:</b> методами безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса; методами оценки радиационной безопасности и расчета дозовой нагрузки на население.</p>

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
	<b>ПК-2.2</b> Оценка дозы внешнего и внутреннего облучения	<b>Знать:</b> процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом, тормозные и радиационные потери энергии, взаимодействие гамма-квантов с веществом; методы регистрации излучений, основные типы детекторов и их свойства; методы дозиметрии альфа-, бета- и гамма-излучения, «Нормы радиационной безопасности» <b>Уметь:</b> проводить расчет изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега альфа- и бета-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях; извлекать физическую информацию из аппаратурных данных, использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной безопасности <b>Владеть:</b> методами безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса; методами оценки радиационной безопасности и расчета дозовой нагрузки на население.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам базовой части (Б1.Б.20), и изучается на 3 и 4 курсе в 6 и 7 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: физика, математика, общая и неорганическая химия.

Полученные в процессе изучения дисциплины знания и умения могут быть использованы при изучении последующих учебных дисциплин, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы (государственной итоговой аттестации) и в дальнейшей трудовой деятельности.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, з.е./ академических часов	6 семестр	7 семестр
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	504	252	252
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	266	124	142
занятия лекционного типа	72	72	-

Вид учебной работы	Всего, з.е./ академических часов	6 семестр	7 семестр
занятия семинарского типа, в т.ч.			
семинары, практические занятия	72	36	36
лабораторные работы	90	-	90
курсовое проектирование (КР или КП)	-	-	-
КСР	32	16	16
другие виды контактной работы	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	202	92	110
<b>Форма текущего контроля</b> (КР, реферат, РГР, эссе)	-	-	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен, зачет (36)	экзамен 36	зачет

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного ти- па, акад. часы	Занятия семи- нарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетен- ции
			Семинары и/или практические за- нятия	Лабораторные работы		
1	Введение	3	6	0	24	ПК-1
2	Структура материи	3	0	0	10	ПК-1
3	Основные свойства ядер	8	4	0	16	ПК-1
4	Ядерные превращения	30	26	28	80	ПК-1; ПК-2
5	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	10	16	30	50	ПК-1; ПК-2
6	Детектирование ионизирующего излуече- ния	8	12	6	10	ПК-1; ПК-2
7	Дозиметрия	10	8	26	12	ПК-1; ПК-2
	<b>ИТОГО</b>	72	72	90	202	

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование раздела дисциплины	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
1	Введение	3	Л, ЛВ
2	Структура материи	3	Л, ЛВ
3	Основные свойства ядер	8	Л, ЛВ
4	Ядерные превращения	30	Л, ЛВ
5	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	10	Л, ЛВ
6	Детектирование ионизирующего излучения. Методы детектирования	10	Л, ЛВ
7	Дозиметрия	2	Л, ЛВ

<sup>4</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
Введение (раздел № 1)	Единицы и основные ядерные константы. Законы сохранения.	6	КрСт
Структура материи (раздел №2)	Основные экспериментальные факты, инициировавшие создание ядерных моделей.	0	КрСт, Д
Основные свойства ядер (раздел №3)	Использование соотношения неопределенностей для оценки радиуса действия ядерных сил, скорость и неопределенности скорости электрона, движущегося на первой Боровской орбите.	4	КрСт, Д
Ядерные превращения (раздел №4)	Устойчивость ядер относительно деления. Параметр делимости. Анализ полуэмпирической формулы для массы и энергии связи атомных ядер. Применение формулы Вейцеккера для оценки устойчивости ядер. Избытки масс.	26	ПЛ
Взаимодействия ядерного излучения с веществом (раздел № 5)	Распад двух и более генетически связанных радиоактивных нуклидов. Анализ радиоактивных продуктов по экспериментальным кривым накопления и распада. Статистика ядерных измерений. Кинетическая энергия $\alpha$ , $\beta$ -частиц при распаде. Построение схем распада. Накопление радиоактивных изотопов при облучении мишени нейтронами и другими частицами.	16	КрСт
Детектирование ионизирующего излучения. Методы детектирования (раздел № 6)	Метод бета-гамма совпадений. Ход с жесткостью ИК и сцинтиллятора.	12	Д, АР
Дозиметрия (раздел № 7)	Расчет дозы от гамма-излучения. Расчет защиты от корпускулярного и $\gamma$ -излучений. Замедление нейтронов; основные параметры замедляющих сред: замедляющая способность, коэффициент замедления. Пробеги заряженных частиц в веществе. Взаимодействие $\gamma$ -квантов с веществом.	2	Д, АР

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, акад. часы	Примечание
1.	4,5,6	Взаимодействие нейтронов с веществом: 1. Пространственное распределение нейтронов в водородсодержащей среде. 2. Защита от нейтронов.	18	
2.	4,5,6	Взаимодействие гамма-квантов с веществом: 1. Идентификация гамма-излучающих нуклидов. 2. Измерение коэффициента ослабления потока $\gamma$ -квантов в веществе. Определение энергии $\gamma$ -квантов.	24	
3	4,5,6	Взаимодействие заряженных частиц с веществом: 1. Определение абсолютной $\beta$ -активности. 2. Определение абсолютной активности $\alpha$ -источников.	24	
4	3,4	Радиоактивный распад: 1. Определение константы распада радиоактивного нуклида. 2. Анализ кривых распада.	6	
5	4,5,6,7	Дозиметрия: 1. Оценка загрязненности поверхности $\alpha$ - и $\beta$ -излучателями. 2. Оценка загрязненности продуктов питания. 3. Оценка радиационной обстановки.	18	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Исторические аспекты развития ядерной физики. Открытие радиоактивности.	24	Устный опрос №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	«Зоопарк» частиц: подходы к классификации элементарных частиц (по времени жизни, по массе, по величине спина, по видам взаимодействий).	10	Устный опрос №1
3	Магические числа. Остров стабильности на карте изотопов. Модели ядра.	16	Устный опрос №2
4	Математический аппарат в ядерной физике: интегральное и дифференциальное исчисление. Типовые задачи на радиоактивный распад.	80	Устный опрос №2
5	Ядерные реакторы. Устройство и принцип работы. Природный ядерный реактор (Окло, Габон)	50	Устный опрос №3
6	Ядерная физика в медицине: радиоизотопные генераторы, позитронно-эмиссионная томография, радиология и радиохирurgia, радиоактивные метки.	10	Устный опрос №4
7	Радиоизотопное датирование образцов в геологии, археологии, палеонтологии. Радиоуглеродный, калий-аргоновый и уран-свинцовый.	12	Устный опрос №4

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- посещение отраслевых выставок и семинаров, проводимых в Санкт-Петербурге;
- подготовку к экзамену.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и зачета.

К сдаче экзамена и зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

И экзамен, и зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

**Вариант № 1**

1. Радиоактивный распад: Законы сохранения, энергия распада, схемы распада  
*К каким радиоактивным семействам относятся  $^{222}\text{Fr}$ ,  $^{227}\text{Ac}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{204}\text{Hg}$  и кто родоначальник этих рядов?*
2. Ядерные реакции: фотоядерные реакции.
3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом: характеристика тормозной способности вещества, ионизационные и радиационные потери, пробег заряженной частицы.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 20 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

**Вариант № 1**

1. Ядерные реакции на нейтронах.
2. Коэффициент ослабления  $\gamma$ -излучения. Расчет защиты от  $\gamma$ -квантов по кратности ослабления.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**а) основная литература:**

1. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика в 3-х томах: Учебник для студентов инженерно-физических и физико-технических высших учебных заведений, университетов / К. Н. Мухин – СПб.: Лань, 2008. – 1152 с.
2. Физика : Учебное пособие / В. В. Кашмет, Г. Г. Авершина, И. Б. Пантелеев и др. ; СПбГТИ(ТУ). Каф. общ. физики. - СПб. : [б. и.], 2011. - 137 с.
3. К. А. Петржак. От теории атомного ядра к "сквозным" технологиям (к 110-летию со дня рождения К. А. Петржака) : Учебное пособие / СПбГТИ(ТУ). Каф. радиац. технологии ; [Под ред. И. В. Юдина]. - СПб. : [б. и.], 2017. - 60 с. (+ЭБ)

**б) дополнительная литература**

1. Николаевич, В.А. Твердотельные трековые детекторы в радиационных исследованиях / В. А. Николаевич. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - 283 с.
2. Фирганг, Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики : Учебное пособие для вузов по техническим и технологическим направлениям и специальностям / Е. В. Фирганг. - 4-е изд., испр. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 348 с.

3. Ивлиев, А.Д. Физика: учебное пособие для вузов по естественнонаучным, техническим и педагогическим направлениям и специальностям / А. Д. Ивлиев. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. - 671 с.

**в) вспомогательная литература:**

1. Вопросы дозиметрии и радиационная безопасность на атомных электрических станциях: Учебное пособие / ред. Носовский А.В. – Славутич: Укратомиздат, 1998. – 404 с.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09/Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.- официальное изд. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.
3. Платыгина, Е.В. Детектирование, радиометрия и спектрометрия ядерных излучений / Новый справочник химика и технолога. Радиоактивные вещества. Вредные вещества. Гигиенические нормативы.// ред. Москвин А.В., Семенова В.В., Теплых В.Ф. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. – С. 63-126.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Бекман И.Н. Радиоактивность и радиация: Курс лекций, М.: 2006 <http://profbeckman.narod.ru/RR0.htm>
2. Ишханов Б. С., Капитонов И. М., Орлин В. Н. Модели атомных ядер: Учебное пособие. М., Изд-во Московского университета. 1997. Web-версию учебного пособия подготовил Э.Кэбин. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/>
3. Ишханов Б. С., Кэбин Э. И. Ядерные реакции. Кафедра общей ядерной физики физического факультета МГУ, Москва 2001 г. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/react/>
4. Анохина А. М., Галкин В. И., Мурзина Е. А. Взаимодействие заряженных частиц с веществом: Электронный учебник. [http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/01\\_textbook/index-18.htm](http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/01_textbook/index-18.htm)
5. Ишханов Б. С., Кэбин Э.И. Деление ядер. Кафедра общей ядерной физики физического факультета МГУ. Web-публикацию подготовил Э.Кэбин <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>
6. Ишханов Б. С., Капитонов И. М., Тутынь И. А.. "Нуклеосинтез во Вселенной", М., Изд. МГУ, 1999. Web-вариант. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nuclsynt/index.html>
7. Гончарова Н. Г., Ишханов Б. С., Капитонов И. М., Кэбин Э. И., Степанов М. Е. Физика ядра и частиц. Задачи с решениями, М., Из-во УНЦДО, 2003. Web-вариант. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/problems/index.html>
8. Бекман И. Н. Ядерная индустрия. Курс лекций. Химфак МГУ. 2005 год. <http://www.atomic-energy.ru/books/18875>
9. «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
10. «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Введение в физику конденсированного состояния вещества» преподаватели должны проводить в соответствии с требованиями следующих СТП:

- СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;
- СТП СПбГТИ 018-02. КС УКВД. Виды учебных занятий. Практические и семинарские занятия. Общие требования к организации и проведению.
- СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

- СТП СПбГТИ 048-2003. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463).

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

видеоматериалы и учебные фильмы;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (Microsoft Office), программа для построения графиков.

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Базы ядерно-физических данных в открытом доступе: NUBASE, ENDFB, EXFOR.

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения лекционных и практических занятий используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для обеспечения лабораторных занятий - зал для проведения лабораторных работ, укомплектованный специализированной мебелью, установки и приборы: масс-спектрометр МИ-1201; сцинтилляционный гамма-спектрометр, полупроводниковый альфа-спектрометр, полупроводниковый гамма-спектрометр, установки дозиметрического контроля, всеволновой детектор нейтронов, сцинтилляционный  ${}^6\text{LiI}(\text{Eu})$ -детектор нейтронов, проточный  $4\pi$ -счетчик заряженных частиц, комплект дозиметрической аппаратуры, образцовых гамма-излучателей,  $\alpha$ - и  $\beta$ - радиоактивных изотопов.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Основы ядерной физики и дозиметрии»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание <sup>5</sup>	Этап формирования <sup>6</sup>
ПК-2	Способен обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения	Промежуточный

<sup>5</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>6</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)



## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-1.1</b> Использование основных физических законов и знаний о видах взаимодействия ионизирующего излучения и веществом для решения задач радиометрии и дозиметрии модели.	<b>Правильно выбирает</b> типы радиоактивного распада ядер; вероятность проникновения $\alpha$ -частицы через границу ядра; $\alpha$ ; распределение энергии распада между продуктами $\beta$ -распада; электрические и магнитные гамма-переходы; изомерию; внутреннюю конверсию; физический смысл чётности	Правильные ответы на вопросы №40-63	Перечисляет и определяет типы радиоактивного распада ядер. Знает фундаментальные характеристики каждого вида радиоактивного распада.	Перечисляет и определяет типы радиоактивного распада ядер. Знает фундаментальные характеристики каждого вида радиоактивного распада, а также способен произвести вычисления (энергия распада), допускаются ошибки.	Перечисляет и определяет типы радиоактивного распада ядер. Знает фундаментальные характеристики каждого вида радиоактивного распада, а также способен произвести вычисления (энергия распада), безошибочно оценивает вероятность распада и его схему.
	<b>Оценивает</b> механизмы взаимодействия корпускулярного и фотонного излучений. Ионизационные и радиационные потери энергии.	Правильные ответы на вопросы № 20-40	Перечисляет основные механизмы взаимодействия корпускулярного и фотонного излучения с веществом.	Перечисляет основные механизмы взаимодействия корпускулярного и фотонного излучения с веществом. Способен произвести вычисления основных характеристик.	Перечисляет основные механизмы взаимодействия корпускулярного и фотонного излучения с веществом. Безошибочно определяет основные характеристики на конкретных примерах. Способен оценить
	<b>Рассчитывает</b> удельную энергию связи; устойчивость ядер относительно распадов, изменений массового числа и нуклонного состава; свойства ядерных сил.	Правильные ответы на вопросы №1-20	Знает понятия удельной энергии связи; устойчивости ядер относительно распадов, изменений массового числа и нуклонного состава; свойства ядерных сил.	Способен охарактеризовать величину удельной энергии связи на конкретном примере, дать характеристику нуклонного состава и основных ядерных свойств с допущением ошибок	Способен охарактеризовать величину удельной энергии связи на конкретном примере, дать характеристику нуклонного состава и основных ядерных свойств без ошибок.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-1.2</b> Проведение радиометрических и дозиметрических измерений и обработка их результатов	<b>Правильно выбирает</b> методы получения и обработки аппаратурных данных	Правильные ответы на вопросы №63-100,179-189	Знает и дает оценку методам получения и обработки аппаратурных данных	Разбирается в ионизационном методе; сцинтиляционном методе; люминесцентном методе; тепловом методе; химическом методе; Дает оценку каждому из предложенных методов.	Правильно определяет чувствительность каждого метода, оценивает возможность его применения а также безошибочно рассчитывает основные параметры
	<b>Оценивает</b> связь между экспозиционной и поглощенной дозами; Относительную биологическую эффективность излучения, взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения и их зависимость от линейной передачи энергии, эквивалентная доза и единицы измерения.	Правильные ответы на вопросы №131-150	Определяет основные понятия, связанных с радиометрическими и дозиметрическими измерениями.	Определяет основные понятия, связанных с радиометрическими и дозиметрическими измерениями. Дает оценку величинам полученных результатов с допущением ошибок.	Определяет основные понятия, связанных с радиометрическими и дозиметрическими измерениями. Дает оценку величинам полученных результатов с допущением ошибок. Дает подробный анализ полученных результатов.
	<b>Рассчитывает</b> экспозиционную, поглощенную, эквивалентную дозу, взвешивающие коэффициенты	Правильные ответы на вопросы №101-130,150-179	Ориентируется в понятиях экспозиционной и поглощенной дозами; Относительной биологической эффективности излучения, взвешивающих коэффициентов для отдельных видов излучения и их зависимость от линейной передачи энергии, эквивалентная доза и единицы	Производит расчет экспозиционной и поглощенной дозы, относительной биологической эффективности излучения, оценивает взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения с допущением ошибок.	Безошибочно производит расчет экспозиционной и поглощенной дозы, относительной биологической эффективности излучения, оценивает взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения. Устанавливает взаимосвязь между величинами и дает по-

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-2.1</b> Использование действующих нормативных документов в области радиационной и ядерной безопасности			измерения.		дробный анализ полученных результатов.
	<b>Правильно определяет</b> процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом, тормозные и радиационные потери энергии, взаимодействие гамма-квантов с веществом; методы регистрации излучений, основные типы детекторов и их свойства; методы дозиметрии альфа-, бета- и гамма-излучения, «Нормы радиационной безопасности»	Правильные ответы на вопросы №40-70, 190-210	Характеризует процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц с электронов с веществом, дает характеристику тормозным и радиационным потерям энергии.	Характеризует процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц с электронов с веществом, дает характеристику тормозным и радиационным потерям энергии, знает основные механизмы взаимодействия гамма-квантов с веществом, характеризует методы регистрации.	Безошибочно характеризует процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц с электронов с веществом, дает характеристику тормозным и радиационным потерям энергии, знает основные механизмы взаимодействия гамма-квантов с веществом, характеризует методы регистрации, характеризует методы дозиметрии, без ошибок сопоставляет результаты с нормативными документами и дает полный анализ.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Оценивает</b> методы безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса; методами оценки радиационной безопасности и расчета дозовой нагрузки на население.	Правильные ответы на вопросы №150-180	Ориентируется в методах безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса	Дает подробную оценку методам безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса, дает оценку радиационной обстановке с ошибками.	Дает подробную оценку методам безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса, дает оценку радиационной обстановке без ошибок с последующим анализом полученных результатов
	<b>Рассчитывает</b> изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега альфа- и бета-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях; извлекать физическую информацию из аппаратурных данных, использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной без-	Правильные ответы на вопросы №, 1-50, 170-200	Дает оценку изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега альфа- и бета-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях.	Дает оценку изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега альфа- и бета-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях. Оценивает аппаратурные данные, проводит анализ полученных результатов с ошибками.	Дает оценку изменения активности радионуклидов со временем, расчет активности продуктов ядерных реакций, пробега альфа- и бета-частиц, оценивать дозовую нагрузку в различных условиях. Оценивает аппаратурные данные, проводит анализ полученных результатов без ошибок, с сопоставлением с

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-2.1</b> Оценка дозы внешнего и внутреннего облучения	<p>опасности</p> <p><b>Правильно определяет</b> методы регистрации излучений, основные типы детекторов и их свойства; методы дозиметрии альфа-, бета- и гамма-излучения, «Нормы радиационной безопасности»</p>	Правильные ответы на вопросы №, 20-60, 150-160	Дает оценку методам регистрации излучений. Характеризует основные типы детекторов.	Дает оценку методам регистрации излучений. Характеризует основные типы детекторов. Характеризует методы дозиметрии, основные элементы современных дозиметров.	нормативными документами Безошибочно определяет метод регистрации излучения с последующим полным анализом полученных результатов.
	<b>Оценивает</b> соотношение полученных величин поглощенных доз и последствий облучения	Правильные ответы на вопросы № 160-180	Знает основные дозиметрические определения и их взаимосвязь.	Дает оценку полученным результатам с ошибками.	Безошибочно оценивает полученные дозиметрические результаты с последующим сопоставлением с «Нормами радиационной безопасности»
	<b>Рассчитывает</b> поглощенную, эквивалентную, экспозиционную, эффективную дозы, их взаимосвязь и основные переменные	Правильные ответы на вопросы №, 200-232	Производит расчет поглощенной, эквивалентной, экспозиционной и эффективной доз.	Производит расчет поглощенной, эквивалентной, экспозиционной и эффективной доз. Характеризует все переменные и их взаимосвязь.	Производит расчет поглощенной, эквивалентной, экспозиционной и эффективной доз. Характеризует все переменные и их взаимосвязь. Дает подробный анализ полученных результатов с оценкой возможных последствий.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета.

Результат оценивания экзамена – балльный.  
Результат оценивания зачета – «зачтено», «не зачтено».

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

1. Фундаментальные взаимодействия. Константы взаимодействия.
2. Законы сохранения.
3. Нуклид, нуклон, нейтрон, протон, электрон: определение, параметры.
4. Статистики. Принцип Паули. Фермионы и бозоны.
5. Барионное число  $B$ . Закон сохранения числа барионов.
6. Дейтрон - связанное состояние нейтрона и протона
7. Соотношения неопределенности Гейзенберга. Постоянная Планка.
8. Корпускулярные и волновые свойства частиц. Принцип неопределенности.
9. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия.
10. Какие элементарные частицы участвуют в сильном взаимодействии?
11. Классификация частиц по массам: фотон, лептоны, адроны и их структура.
12. Фундаментальные частицы: бозоны, лептоны и кварки.
13. Кванты взаимодействия: фотон, глюон, промежуточный векторный бозон, гравитон.
14. Какие частицы называют истинно элементарными?
15. Какие частицы участвуют в сильных взаимодействиях?
16. Какие частицы не участвуют в сильных взаимодействиях?
17. Мезоны и барионы. Барионный заряд.
18. В каких фундаментальных взаимодействиях участвуют лептоны?
19. Взаимные превращения частиц. Аннигиляция.
20. Кварковый состав адронов, мезонов.
21. Мезонная теория ядерных сил.
22. Спин, магнитный и квадрупольный моменты, четность ядер.
23. Состав и размер ядра.  $N-Z$  диаграмма атомных ядер. Отношение числа нейтронов к числу протонов, характерное для ядер долины стабильности.
24. Масса и энергия связи ядра. Дефект массы. Удельная энергия связи.
25. Полуэмпирическая формула для массы и энергии связи ядра (формула Вейцеккера).
26. Почему формула Вейцеккера названа полуэмпирической?

27. Полуэмпирическая формула для массы и энергии связи ядра. Какие члены формулы получены в рамках капельной модели ядра?
28. Полуэмпирическая формула для массы и энергии связи ядра. Какие члены формулы получены в рамках оболочечной модели ядра?
29. Полуэмпирическая формула для массы и энергии связи ядра. Какие члены формулы получены в рамках модели ферми-газа?
30. Чем объясняется уменьшение удельной энергии связи при переходе к тяжелым элементам?
31. В каком из процессов выделяется больше энергии – в реакциях синтеза легких ядер или при делении тяжелых нуклидов? (в единицах: МэВ/нуклон, МэВ/ядро, МэВ/кг)
32. Какие свойства атомного ядра объясняются в рамках капельной модели?
33. Основное и возбужденное состояние ядра.
34. Модель ядерных оболочек. Какие из свойств атомных ядер описываются этой моделью?
35. Какие свойства атомного ядра объясняются в рамках модели ферми-газа?
36. Какие экспериментальные факты инициировали создание ядерных моделей?
37. Сверхтяжелые ядра. «Остров стабильности». Способы получения сверхтяжелых ядер.
38. Чем определяется устойчивость ядра относительно того или иного типа распада?
39. Распады частиц. Основные характеристики: константа распада, среднее время жизни, период полураспада, ширина распада; и их взаимосвязь
40. Радиоактивный распад ядер: законы сохранения.
41. Законы радиоактивного распада ядра.
42. Распад двух (и более) генетически связанных радионуклидов. Вековое и подвижное равновесие.
43. Необходимое и достаточное условия наступления векового равновесия.
44. Накопление радионуклидов при облучении мишени нейтронами. Насыщение.
45. Радиоактивные семейства. По какому параметру классифицируются радиоактивные семейства?
46. Естественные радионуклиды: премордиальные и космогенные. Примеры
47. Альфа-распад. Кулоновский и центробежный барьеры. Коэффициент прозрачности барьера.
48. Каким образом возникает потенциальный барьер, препятствующий мгновенному альфа-распаду ядер?
49. Чему равна энергия  $\alpha$ -распада?
50. Как распределяется энергия  $\alpha$ -распада?
51. Альфа-распад. Как связаны энергия альфа-частиц и период полураспада?
52. Альфа-распад. Что такое длиннопробежные альфа-частицы?
53. Бета-распад. (Анти)нейтрино.
54. Какие экспериментальные факты обусловили необходимость добавления третьей частицы к продуктам бета-распада?
55. Какие законы сохранения предопределили вид и квантовые характеристики (анти) нейтрино?
56. Бета-распад. Энергия, выделяющаяся в процессе  $\beta$ -распада.

57. Бета-распад. Распределение энергии распада.
58. Как оценить устойчивость изобарных ядер относительно бета-распада ( $e$ -захвата)?
59. Двойной бета-распад.
60. Испускание  $\gamma$ -квантов при  $\beta$ -распаде.
61. Альфа- и бета-распад. Почему спектр бета-частиц непрерывный, а альфа-частиц – линейчатый?
62. Гамма-переходы в ядрах. Законы сохранения. Электрические и магнитные гамма-переходы.
63. Гамма-переходы в ядрах. Ядерные изомеры.
64. Внутренняя конверсия электронов.
65. Испускание гамма-квантов свободными и связанными ядрами.
66. Эффект Мессбауэра. Фактор Дебая-Валлера. Некоторые применения эффекта Мессбауэра.
67. Ядерные методы датирования. Калий-аргоновый и радиоуглеродный методы, радиотермолюминесцентное датирование, датирование по трекам.
68. Геохронология земли.
69. Механизмы ядерных реакций. Прямые реакции. Составное ядро.
70. Ядерные реакции: кинематика и законы сохранения.
71. Выход ядерной реакции.
72. Лабораторная система координат (ЛСК) и система центра инерции (СЦИ).
73. Как выглядят законы сохранения энергии и импульса в ЛКС и СЦИ для эндоэнергетической реакции:  $A+a \rightarrow B+b + Q$ ? ( $A$  – мишень;  $a$  – налетающая частица).
74. Порог ядерной реакции.
75. Промежуточное ядро. Уровни возбуждения промежуточного ядра.
76. Эффективное сечение. Дифференциальное и интегральное сечение. Микроскопическое и макроскопическое сечения.
77. Фотоядерные реакции. Гигантский дипольный резонанс.
78. Ядерные реакции: классификации.
79. Ядерные реакции с многозарядными ионами. Сверхтяжелые ядра.
80. Реакции термоядерного синтеза.
81. Ядерные реакции на нейтронах.
82. Ядерные реакции получения нейтронов.
83. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов.
84. Накопление радионуклидов при облучении мишени нейтронами и другими частицами.
85. Активационный анализ. Суть метода. Область применения. Достоинства и недостатки.
86. Спонтанное и вынужденное деление.
87. Почему большинство ядер устойчиво по отношению к самопроизвольному делению?
88. Чему равна энергия, освобождающаяся при делении урана-236 на два одинаковых осколка?

89. Что препятствует мгновенному самопроизвольному делению ядра?
90. Как распределяется энергия деления?
91. Как соотносятся кинетические энергии осколков и их массы при асимметричном делении?
92. Почему осколки деления бета-радиоактивны?
93. Мгновенные и запаздывающие нейтроны деления.
94. Как образуются запаздывающие нейтроны деления?
95. Чем можно объяснить асимметричное распределение осколков деления?
96. Что общего и в чем разница в массовых распределениях легких и тяжелых осколков деления тепловыми нейтронами урана-233, урана-235, плутония-239 и спонтанного деления калифорния -252?
97. Какие ядра делятся преимущественно на два одинаковых по массе осколков?
98. Каким образом, возникает потенциальный барьер, препятствующий мгновенному делению тяжелых ядер?
99. Почему уран-238 не делится тепловыми нейтронами?
100. Какой должна быть минимальная кинетическая энергия нейтрона, чтобы вызвать деление урана-235, урана-236, урана-238, нептуния-237, тория-232, плутония-239?
101. Через какие стадии проходит ядро в процессе деления?
102. Как меняется кулоновская энергия ядра в процессе его деления?
103. Как меняется поверхностная энергия ядра в процессе его деления?
104. Для каких нуклидов деление энергетически выгодно?
105. Как меняется форма ядра в процессе его деления?
106. Как зависит форма, высота потенциального барьера и энергия деления от величины параметра делимости?
107. Какова форма и высота потенциального барьера, и энергия деления для нуклидов с  $Z^2/A < 17$ ?
108. Какова форма и высота потенциального барьера, энергия деления для нуклидов с  $17 < Z^2/A < 49$ ?
109. Какова форма и высота потенциального барьера, энергия деления для нуклидов с  $Z^2/A = 17$ ?
110. Какова форма и высота потенциального барьера, энергия деления для нуклидов с  $Z^2/A > 49$ ?
111. Как меняется средняя масса легких осколков деления с уменьшением массы делящегося ядра и почему так?
112. Как меняется средняя масса тяжелых осколков деления с уменьшением массы делящегося ядра и почему так?
113. Как меняется средняя масса легких осколков деления с увеличением массы делящегося ядра и почему так?
114. Как меняется средняя масса тяжелых осколков деления с увеличением массы делящегося ядра и почему так?
115. Схема развития цепной реакции деления во времени. Среднее время жизни нейтронов одного поколения.
116. Самоподдерживающаяся цепная реакция деления (СЦРД). Необходимые условия осуществления СЦРД.
117. Размножение нейтронов в бесконечной среде. Коэффициент размножения.
118. Замедление нейтронов. Основные характеристики взаимодействия нейтронов с веществом: длина свободного пробега, средняя длина рассеяния и поглощения, коэффициент диффузии, среднелогарифмическая потеря энергии.
119. Замедление нейтронов. Замедляющая способность и коэффициент замедления.

120. Критическая масса и критический объем.
121. Управляемая цепная реакция деления. Роль запаздывающих нейтронов.
122. Управляемая цепная реакция деления. Реактивность.
123. Принципиальная схема ядерной энергетической установки.
124. Ядерный реактор как источник вторичного ядерного топлива.
125. Нуклеосинтез во Вселенной. Реакции образования ядер вплоть до  $A \sim 60$ . Реакции протонного цикла. CNO - цикл. Ne - цикл и Mg - Al - цикл.
126. Ядерные реакции в звездах. Реакции под действием нейтронов. S-процесс (медленный последовательный захват нейтронов).
127. Ядерные реакции в звездах. Реакции под действием нейтронов. R-процесс (быстрый последовательный захват большого количества нейтронов).
128. Корпускулярное излучение.
129. Что общего и в чем разница между гамма-излучением и рентгеновским излучением?
130. Что общего и в чем разница между тормозным гамма-излучением и тормозным рентгеновским излучением?
131. Прохождение излучения сквозь вещество: линейный и массовый коэффициенты ослабления, слой половинного ослабления излучения, длина релаксации, линейный коэффициент передачи энергии, линейный коэффициент поглощения энергии, пробег.
132. Линейный и массовый пробеги заряженных частиц.
133. Что общего и в чем разница между тормозной способностью и линейной передачей энергии (ЛПЭ)?
134. Типы взаимодействия излучения с веществом: упругое и неупругое взаимодействия, ионизация и возбуждение.
135. Ионизационное торможение заряженных частиц. Тормозная способность. Зависимость ионизационных потерь от тормозящей среды.
136. Ионизационное торможение заряженных частиц. Удельная ионизация.
137. Радиационное торможение заряженных частиц. Радиационная длина.
138. Полуэмпирическое соотношение ионизационных и радиационных потерь энергии электронами.
139. Что общего и в чем разница в процессе прохождения  $\alpha$ -частиц и  $\beta$ -частиц через вещество?
140. Что общего и в чем разница в процессе прохождения моноэнергетических электронов и  $\beta$ -частиц через вещество?
141. Есть ли разница при взаимодействии с веществом рентгеновского и гамма- излучений одинаковой энергии?
142. Взаимодействие фотонного излучения с веществом. Комptonовское рассеяние.
143. Взаимодействие фотонного излучения с веществом. Резонансное рассеяние.
144. Взаимодействие фотонного излучения с веществом. Фотоэффект.
145. Взаимодействие фотонного излучения с веществом. Образование пары частица-античастица.
146. Взаимодействие фотонного излучения с веществом. Линейный и массовый коэффициенты ослабления.
147. Что общего и в чем разница во взаимодействии заряженных частиц и нейтронов с веществом?
148. Что общего и в чем разница во взаимодействии легких и тяжелых заряженных частиц с веществом?

149. Что общего и в чем разница во взаимодействии заряженных частиц и гамма-квантов с веществом?
150. Что общего и в чем разница во взаимодействии нейтронов и гамма-квантов с веществом?
151. Основные характеристики детектора: эффективность, временное разрешение, мёртвое время или время восстановления, энергетическое разрешение пространственное разрешение.
152. Статистика ядерных измерений.
153. На чем основан сцинтилляционный метод регистрации частиц?
154. Каковы механизмы регистрации заряженных частиц и гамма-квантов в сцинтилляционном счетчике?
155. Основные характеристики сцинтилляторов: конверсионная эффективность. световой выход. время высвечивания, прозрачность к собственному излучению.
156. Принципиальная схема сцинтилляционного детектора.
157. Использование фотодиода (С-ФД) в качестве ФЭУ (С-ФЭУ). Преимущества и недостатки. Область применения С-ФД.
158. Для детектирования каких видов излучения применяются сцинтилляционные детекторы? Каков механизм регистрации при этом?
159. На чем основаны ионизационные методы регистрации частиц?
160. Для детектирования каких видов излучения применяются ИК? Каков механизм регистрации при этом?
161. Что общего и в чем различие между *ионизационной* камерой и счетчиком *Гейгера-Мюллера*?
162. Что общего и в чем различие между *пропорциональным* счетчиком (камерой) и счетчиком *Гейгера-Мюллера*?
163. Что общего и в чем различие между *ионизационной* камерой и *пропорциональным* счетчиком (камерой)?
164. Для детектирования каких видов излучения применяются газонаполненные пропорциональные детекторы? Каков механизм регистрации при этом?
165. В чем преимущество сцинтилляционных счетчиков перед газонаполненными при регистрации гамма-излучения и чем оно обусловлено?
166. В детекторах какого типа можно визуально наблюдать траекторию частицы?
167. В чем разница между трековыми и координатными детекторами?
168. Какие из перечисленных детекторов: ядерные эмульсии, диэлектрические детекторы, дрейфовая камера, камера Вильсона, пузырьковая камера, искровая камера; относятся к трековым, а какие к координатным?
169. Дозиметрия ИИ. Зависимость чувствительности детектора от энергии ИИ (ход с жесткостью) и методы ее компенсации.
170. Ионизационные камеры (ИК). Связь тока насыщения и собранного заряда с мощностью экспозиционной дозы и экспозиционной дозой.
171. Ионизационные камеры (ИК). Чувствительность ИК. Ход с жесткостью.
172. Ионизационные камеры (ИК). Воздухо- и ткане-эквивалентные ИК.
173. Нормальные и стеночные ИК. Влияние материала и толщины стенок на ионизацию.
174. Газоразрядные счетчики. Эффективность. Ход с жесткостью.

175. Физическая основа сцинтилляционного метода. Зависимость анодного тока от мощности дозы при регистрации фотонного излучения.
176. Энергетическая зависимость чувствительности сцинтилляционного дозиметра (ход с жесткостью) работающего в токовом режиме.
177. Энергетическая зависимость чувствительности сцинтилляционного дозиметра (ход с жесткостью) работающего в счетном режиме.
178. Сцинтилляционный дозиметр. Использование фотодиода (С-ФД) в качестве ФЭУ (С-ФЭУ). Преимущества и недостатки. Область применения С-ФД.
179. Активационный метод дозиметрии. Суть метода. Область применения. Достоинства и недостатки.
180. Активационный метод. Доза от смешанного потока нейтронов разной энергии.
181. Люминесцентные методы дозиметрии. Фотолюминесценция и термолюминесценция. Ход с жесткостью.
182. Люминесцентные методы дозиметрии. Интегральный и пиковый методы измерения поглощенной дозы.
183. Термолюминесцентная дозиметрия (ТЛД) и фотолюминесцентная дозиметрия (ФЛД). Основные фосфоры. Пределы измерения доз.
184. Фотографический метод дозиметрии. Суть метода. Область применения. Достоинства и недостатки.
185. Фотографический метод дозиметрии. Сенситометрическая характеристика фотоплёнки.
186. Фотографический метод дозиметрии. Ход с жесткостью и способы его устранения.
187. Фотографический метод дозиметрии. Методика нахождения дозы облучения пленки.
188. Калориметрический метод дозиметрии. Суть метода. Область применения. Достоинства и недостатки.
189. Калориметрический метод дозиметрии. Принципиальное устройство калориметра.
190. Ионизирующее излучение (ИИ). Непосредственное и косвенное ИИ.
191. Характеристики поля излучения: поток и плотность потока ИИ и энергии, флюенс (перенос) ИИ и энергии.
192. Коэффициент ослабления и коэффициент передачи энергии квантового излучения (линейные и массовые значения).
193. Физическая доза. Мощность дозы.
194. Экспозиционная доза. Электронное равновесие.
195. Физическая доза. Поглощенная доза. Керма.
196. Связь между экспозиционной и поглощенной дозами.
197. Гамма – постоянная и керма–постоянная. Радиевый гамма-эквивалент и керма-эквивалент источника.
198. Поток энергии.
199. Соотношение между дозой, создаваемой  $\gamma$ -излучением и активностью радиоактивного препарата.
200. Эквивалентная доза. Взвешивающие коэффициенты (коэффициенты качества излучения). Линейная передача энергии.
201. Эффективная доза. Взвешивающий коэффициент для органа или ткани («коэффициент радиационного риска»).
202. Эквивалент индивидуальной дозы.
203. Единицы активности и дозы. Соотношения между различными единицами активности, дозы и мощности дозы.

204. Доза от гамма-излучения. Гамма – постоянная. Радиевый гамма-эквивалент.
205. Соотношение между единицами СИ и внесистемными единицами в области радиационной безопасности.
206. Расчет дозы от гамма-излучения при параллельном потоке.
207. Расчет дозы от гамма-излучения от точечного источника.
208. Доза от альфа-излучения.
209. Доза от бета-излучения (параллельный пучок).
210. Доза от бета-излучения (точечный источник).
211. Доза от тормозного излучения.
212. Доза от нейтронов. Преобразование энергии нейтронов в веществе. Быстрые и тепловые нейтроны.
213. Тканевая доза нейтронов.
214. Биологическая доза от нейтронов.
215. Доза при внутреннем облучении. Накопление радионуклидов в критическом органе. Вывод радионуклида из организма.
216. Сочетанные и комбинированные радиационные воздействия. Синергизм.
217. Характеристики источников излучения и защит.
218. Дозные поля от источников различных форм.
219. Дозовый фактор накопления.
220. Классификация защит: по назначению.
221. Классификация защит: по типу.
222. Классификация защит: по компоновке.
223. Классификация защит: по форме.
224. Классификация защит: по геометрии.
225. Последовательность проектирования защиты.
226. Методы расчета защиты от гамма-излучения.
227. Расчет защиты от гамма-излучения по кратности ослабления экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы и по заданной активности.
228. Расчет защиты от гамма-излучения по слоям ослабления
229. Закон ослабления плотности потока гамма-излучения веществом. Факторы накопления рассеянного гамма-излучения.
230. Методы расчета защиты от нейтронов. Метод длин релаксации.
231. Методы расчета защиты от нейтронов. Сечения выведения.
232. Методы расчета защиты от нейтронов. Дозовый фактор накопления.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.  
При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы и формы текущего контроля.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 20 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.