



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИАТЭ  
протокол №9 от 28.04.2026



Подписан: ФГБОУ ВО «КГЭУ»,  
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Владелец: Гапоненко Сергей Олегович,  
Директор института атомной и тепловой энергетики,  
Сертификат: 22106E380CE806A24F5558F0019C947E  
Действителен с 25.02.2026 по 27.02.2027

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИАТЭ

\_\_\_\_\_  
« 18 » марта 2025 г. С.О.Гапоненко

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Современные экспериментальные исследования ядерной физики и  
энергетики

---

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

Специализация: Радиационная безопасность атомных станций

Квалификация

Специалист

г. Казань, 2025

Программу разработала:

| Наименование<br>кафедры | Должность,<br>уч.степень, уч.звание | ФИО<br>разработчика |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| АРЭ                     | доцент, к.х.н.                      | Гибадуллина Х.В.    |

| Согласование | Наименование<br>подразделения         | Дата       | №<br>протокола | Подпись                                              |
|--------------|---------------------------------------|------------|----------------|------------------------------------------------------|
| Одобрена     | АРЭ                                   | 07.03.2025 | 11             | _____<br>Зав.каф., д.т.н., проф.<br>Филимонова А.А.. |
| Согласована  | АТЭС                                  | 10.03.2025 | 12-24/25       | _____<br>Зав.каф., д.х.н., проф.<br>Чичирова Н. Д.   |
| Согласована  | Учебно-<br>методический<br>совет ИАТЭ | 18.03.2025 | 2              | _____<br>Директор, к.т.н., доц.<br>Гапоненко С.О.    |
| Одобрена     | Ученый совет<br>ИАТЭ                  | 18.03.2025 | 2              | _____<br>Директор, к.т.н., доц.<br>Гапоненко С.О.    |

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью дисциплины «Современные экспериментальные исследования ядерной физики и энергетики» является познакомить студентов с актуальными проблемами современных исследований в различных областях:

- физики элементарных частиц;
- энергетикой и термоядерными исследованиями;
- полупроводниками, сверхпроводниками и нанотехнологиями;
- водородными технологиями.

Задачами дисциплины являются:

- формирование научного кругозора, необходимого для решения научно-инновационных задач, применять результаты научных исследований в сфере профессиональной деятельности;

- приобретение практического опыта исследования и анализа структуры и свойств вещества.

- приобретение практического опыта расчета и анализа процессов при работе электрохимических энергоустановок водородной энергетики.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                          | Код и наименование индикатора                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3. Разрабатывает и согласовывает производственно-технологическую документацию организации атомной отрасли на соответствие требованиям радиационной безопасности с использованием цифровых технологий и современных программно-технических комплексов | ПК-3.2 Демонстрирует способность к проведению анализа параметров эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, определению контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационной обстановки |
|                                                                                                                                                                                                                                                         | ПК-3.3 Способен использовать цифровые технологии, современные программно-технические комплексы и средства с учетом лучших практик отечественного и международного опыта для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС                                        |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

- Химия;
- Радиоизотопы;
- Учет и контроль ядерных материалов и радиоактивных веществ;
- Защита от ионизирующего излучения. Радиационная безопасность населения и окружающей среды;
- Неразрушающий анализ ядерных материалов и радиоактивных веществ
- Физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

- Современные технологии ядерного топливного цикла;
- Производственная практика (производственно-технологическая);
- Производственная практика (научно-исследовательская работа 2);
- Производственная практика (преддипломная).

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

| Вид учебной работы                    | Всего<br>ЗЕ | Всего<br>часов | Семестр |
|---------------------------------------|-------------|----------------|---------|
|                                       |             |                | А       |
| ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ         | 2           | 72             | 72      |
| КОНТАКТНАЯ РАБОТА*                    | 1           | 40             | 40      |
| АУДИТОРНАЯ РАБОТА                     | 1           | 36             | 36      |
| Лекции                                | 0,5         | 18             | 18      |
| Практические (семинарские) занятия    | 0,5         | 18             | 18      |
| Лабораторные работы                   |             | -              | -       |
| САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ   | 1           | 36             | 36      |
| Проработка учебного материала         | 1           | 36             | 36      |
| Курсовой проект                       | -           | -              | -       |
| Курсовая работа                       | -           | -              | -       |
| Подготовка к промежуточной аттестации | -           | -              | -       |
| Промежуточная аттестация:             |             |                | 3       |

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

| Разделы дисциплины | Всего часов | Распределение трудоемкости по видам учебной работы |           |           |           | Формы и вид контроля | Индексы индикаторов формируемых компетенций |
|--------------------|-------------|----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|---------------------------------------------|
|                    |             | лекции                                             | лаб. раб. | пр. зан.  | сам. раб. |                      |                                             |
| Раздел 1.          | 24          | 6                                                  | -         | 6         | 12        | ТК1                  | ПК-3.2 З<br>ПК-3.3 З                        |
| Раздел 2.          | 24          | 6                                                  | -         | 6         | 12        | ТК2                  | ПК-3.2 У<br>ПК-3.3 У                        |
| Раздел 3.          | 24          | 6                                                  | -         | 6         | 12        | ТК3                  | ПК-3.2 В<br>ПК-3.3 В                        |
| Зачет              |             |                                                    |           |           |           | ОМ                   | ПК-3.2 У, В<br>ПК-3.3 У, В                  |
| <b>ИТОГО</b>       | <b>72</b>   | <b>18</b>                                          | <b>-</b>  | <b>18</b> | <b>36</b> |                      |                                             |

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные направления экспериментальной физики. Важнейшие открытия последних десятилетий.

Тема 1.1. Методы изучения микромира. Взаимодействие частиц с веществом. Методы регистрации частиц.

Типы, основные принципы, и характеристики современных и планируемых ускорителей, коллайдеры. Дозиметрия.

Тема 1.2. Использование ускорителей и детекторов для прикладных задач. Источники синхротронного излучения, основные характеристики, ондуляторы и вогнутые зеркала, лазеры на свободных электронах, применение в физических, химических и биологических исследованиях. Рентгеновские детекторы для рентгеноструктурного анализа и медицины. Рентгеновская и позитронная томография. ЯМР-интроскопия.

Тема 1.3. Нейтринные исследования.

Открытие нейтрино. Нейтринные пучки на ускорителях. Три типа нейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Заряженные и нейтральные токи. Массы нейтрино. Проблема солнечных нейтрино (спектр, типы детекторов). Проблема атмосферных нейтрино.

Раздел 2. Полупроводники и нанотехнологии. Сверхпроводники. Сверхпроводимость

Тема 2.1 Нанотехнология: достижения и перспективы. Направления в нанотехнологии, обеспечивающее молекулярную точность изготовления полупроводниковых структур.

Тема 2.2. Тонкопленочные трехмерные наноструктуры и системы, предназначенные для создания элементной базы нанoeлектроники и наномеханики. Новые искусственные материалы, новые квантовые структуры и системы.

Углеродные нанотрубки. Микро и нанодвигатели. Метаматериалы с отрицательным коэффициентом преломления, невидимость.

Тема 2.3. Явление сверхпроводимости. Применение сверхпроводимости: создание высоких магнитных полей, передача и накопление электроэнергии, магнитная левитация, резонаторы и магнитометры. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Раздел 3. Энергетическая проблема. Источники энергии

Тема 3.1. Атомно-водородная энергетика

Использование ядерной энергетики для получения водорода. Реакторы для ядерного производства водорода.

Тема 3.2. Термоядерная энергетика

Управляемый термоядерный синтез. Холодный ядерный синтез

Тема 3.3. Электрохимические энергоустановки (ЭЭУ).

Электрохимические генераторы. Стационарные электрохимические энергоустановки и электростанции. Транспортные ЭЭУ. Основные невозобновляемые и возобновляемые источники энергии для получения водорода и других видов топлива для ЭЭУ.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

1. Методы изучения микромира
2. Взаимодействие частиц с веществом
3. Использование ускорителей и детекторов для прикладных задач
4. Нанотехнология: достижения и перспективы
5. Тонкопленочные трехмерные наноструктуры и системы
6. Явление сверхпроводимости
7. Атомно-водородная энергетика
8. Термоядерная энергетика
9. Электрохимические энергоустановки

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

### **3.6. Курсовой проект /курсовая работа**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

#### 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

| Код компетенции | Код индикатора компетенции | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                        | Уровень сформированности индикатора компетенции                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                            |                                                                                                                          | Высокий                                                                                                                                                  | Средний                                                                                                                                                                         | Ниже среднего                                                                                                                                                                  | Низкий                                                                                                           |
|                 |                            |                                                                                                                          | от 85 до 100                                                                                                                                             | от 70 до 84                                                                                                                                                                     | от 55 до 69                                                                                                                                                                    | от 0 до 54                                                                                                       |
|                 |                            |                                                                                                                          | Шкала оценивания                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            |                                                                                                                          | отлично                                                                                                                                                  | хорошо                                                                                                                                                                          | удовлетворительно                                                                                                                                                              | неудовлетворительно                                                                                              |
|                 |                            |                                                                                                                          | зачтено                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                | не зачтено                                                                                                       |
| ПК-3            | ПК-3.2                     | знать:                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения                                            | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, не допускает ошибок                                                       | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок                                            | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, допускает множество мелких ошибок                                                               | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, допускает грубые ошибки           |
|                 |                            | уметь:                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            | Умеет проводить анализ параметров эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности | Демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, не допускает ошибок | Демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, может допустить несколько не грубых ошибок | В целом демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, допускает множество мелких ошибок | При решении типовых задач демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС, допускает грубые ошибки |
|                 |                            | владеть:                                                                                                                 |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            | Владеет навыками определения контрольных уровней ионизирующего излучения и                                               | Продемонстрированы навыки определения контрольных уровней ионизирующего                                                                                  | Продемонстрированы навыки определения контрольных уровней ионизирующего                                                                                                         | Имеет минимальный набор навыков определения контрольных уровней                                                                                                                | Не продемонстрированы базовые навыки определения контрольных                                                     |

|      |        |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |        | критических параметров радиационной обстановки                                                                                         | о излучения и критических параметров радиационной обстановки, не допускает ошибок                                                                           | го излучения и критических параметров радиационной обстановки, может допустить несколько не грубых ошибок                                                                          | ионизирующ его излучения и критических параметров радиационной обстановки, допускает множество мелких ошибок                                                              | уровней ионизирующ его излучения и критических параметров радиационной обстановки, допускает грубые ошибки                                                      |
| ПК-3 | ПК-3.3 | знать:                                                                                                                                 |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|      |        | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, не допускает ошибок                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, может допустить несколько не грубых ошибок                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, допускает множество мелких ошибок                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации и АЭС, допускает грубые ошибки                                                                        |
|      |        | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, не допускает ошибок | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, может допустить несколько не грубых ошибок | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, допускает множество мелких ошибок | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, допускает грубые ошибки |
|      |        | уметь:                                                                                                                                 |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|      |        | Умеет использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС                                              | Демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, не допускает ошибок                               | Демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, может допустить несколько не грубых ошибок                               | В целом демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, допускает множество мелких ошибок                       | При решении типовых задач демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации и АЭС, допускает грубые          |

|  |  |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                   | ошибки                                                                                                                                            |
|  |  | владеть:                                                                                                         |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |
|  |  | Владеет методикой проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов | Продемонстрированы навыки владения методикой проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, не допускает ошибок | Продемонстрированы навыки владения методикой проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, может допустить несколько не грубых ошибок | Имеет минимальный набор навыков проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, допускает множество мелких ошибок | Не продемонстрированы базовые навыки анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, допускает грубые ошибки |

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

1. Курс физики с примерами решения задач : учебное пособие / С. И. Кузнецов. Ч.3 : Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 2014. - 336 с. –URL: <https://e.lanbook.com/book/53685>- СПб. : Лань, 2014. - Текст : электронный.

2. Экспериментальная ядерная физика : учебник; в 3 т / К. Н. Мухин. - 6-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2008. - Т. 3 : Физика элементарных частиц. - 2008. -432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/280>. Текст : электронный.

3. Общая энергетика: водород в энергетике : учебное пособие для вузов / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа ; под науч. ред. С. Е. Щеклеина. – Москва : Юрайт, 2021. - 230 с.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Атомная энергетика Мира и России. Состояние и развитие. 1970-2018-2040 (2050) гг. : научное издание / Б. И. Нигматулин. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - 420 с.

2. Ядерные технологии : учебник для вузов / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2021. - 500 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-08681-2. - Текст : непосредственный.

3. Атомно-водородные гибридные энергетические системы и установки нового поколения: введение в проблему : монография / А. А. Филимонова, Е. Г. Гаши, Н. Д. Чичирова. - Казань : КГЭУ, 2023. - 170 с.

4. Компьютерные, сетевые и информационные технологии в энергетике : учебное пособие / С. Г. Ставров ; науч. ред. С. Б. Плетников. - Иваново : ИГЭУ, 2021. - 64 с. - URL: <https://elibr.ispu.ru/node/8812>. - Текст : электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань», <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ibooks.ru», <https://ibooks.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «book.ru», <https://www.book.ru/>
4. Энциклопедии, словари, справочники, <http://www.rubricon.com>
5. Портал «Открытое образование», <http://npoed.ru>
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам  
<http://window.edu.ru>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
2. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
3. Образовательный портал <http://www.ucheba.com>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Windows 7 Профессиональная (Pro)
2. Браузер Chrome
3. Adobe Acrobat
4. LMS Moodle 2

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Наименование вида учебной работы | Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории | Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции                           | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа      | Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия |

|                        |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические занятия   | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.                                                                                                                                                                                                                            |
| Лабораторные работы    | Учебная лаборатория В-519                                                                                                                         | Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица «Стандартный ряд электронов» |
|                        | Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а                                                                                                    | Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение                                                                                                                                                      |
| Самостоятельная работа | Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а                                                                                                    | Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение                                                                                                                                                      |
|                        | Читальный зал библиотеки                                                                                                                          | Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение                                                                                                                                                                                 |

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во

все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется

дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;
- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;
- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;
- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости,

уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

| №<br>п/п | № раздела внесения<br>изменений | Дата внесения<br>изменений | Содержание изменений | «Согласовано»<br>Зав. каф.<br>реализующей<br>дисциплину | «Согласовано»<br>председатель УМК<br>института<br>(факультета), в состав<br>которого входит<br>выпускающая |
|----------|---------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                               | 3                          | 4                    | 5                                                       | 6                                                                                                          |
| 1        |                                 |                            |                      |                                                         |                                                                                                            |
| 2        |                                 |                            |                      |                                                         |                                                                                                            |
| 3        |                                 |                            |                      |                                                         |                                                                                                            |

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**по дисциплине**

Современные экспериментальные исследования ядерной физики и энергетики

г. Казань, 2025

Оценочные материалы по дисциплине, предназначенны для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

## 1. Технологическая карта

Семестр А

[illegible]

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

| Код компетенции | Код индикатора компетенции | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                         | Уровень сформированности индикатора компетенции                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                            |                                                                                                                           | Высокий                                                                                                                                                  | Средний                                                                                                                                                                         | Ниже среднего                                                                                                                                                                  | Низкий                                                                                                           |
|                 |                            |                                                                                                                           | от 85 до 100                                                                                                                                             | от 70 до 84                                                                                                                                                                     | от 55 до 69                                                                                                                                                                    | от 0 до 54                                                                                                       |
|                 |                            |                                                                                                                           | Шкала оценивания                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            |                                                                                                                           | отлично                                                                                                                                                  | хорошо                                                                                                                                                                          | удовлетворительно                                                                                                                                                              | неудовлетворительно                                                                                              |
|                 |                            |                                                                                                                           | зачтено                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                | не зачтено                                                                                                       |
| ПК-3            | ПК-3.2                     | знать:                                                                                                                    |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения                                             | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, не допускает ошибок                                                       | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок                                            | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, допускает множество мелких ошибок                                                               | Знает параметры эксплуатации АЭС и контрольные уровни ионизирующего излучения, допускает грубые ошибки           |
|                 |                            | уметь:                                                                                                                    |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            | Умеет проводить анализ параметров эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности  | Демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, не допускает ошибок | Демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, может допустить несколько не грубых ошибок | В целом демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, допускает множество мелких ошибок | При решении типовых задач демонстрирует умение анализировать параметры эксплуатации АЭС, допускает грубые ошибки |
|                 |                            | владеть:                                                                                                                  |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                  |
|                 |                            | Владеет навыками определения контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационной обстановки | Продемонстрированы навыки определения контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационной обстановки, не                   | Продемонстрированы навыки определения контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационно                                                          | Имеет минимальный набор навыков определения контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров                                                               | Не продемонстрированы базовые навыки определения контрольных уровней ионизирующего излучения и критических       |

|      |        |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |        |                                                                                                                                        | допускает<br>ошибок                                                                                                                                         | й обстановки,<br>может<br>допустить<br>несколько не<br>грубых<br>ошибок                                                                                                            | радиационно<br>й<br>обстановки,<br>допускает<br>множество<br>мелких<br>ошибок                                                                                             | параметров<br>радиационно<br>й<br>обстановки,<br>допускает<br>грубые<br>ошибки                                                                                  |
| ПК-3 | ПК-3.3 | знать:                                                                                                                                 |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|      |        | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, не допускает ошибок                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, допустить несколько не грубых ошибок                                                                                | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, допускает множество мелких ошибок                                                                          | Знает методику проведения анализа параметров эксплуатации и АЭС, допускает грубые ошибки                                                                        |
|      |        | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, не допускает ошибок | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, может допустить несколько не грубых ошибок | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, допускает множество мелких ошибок | Знает примеры лучших практик отечественного и международного опыта обеспечения радиационной безопасности в организации атомной отрасли, допускает грубые ошибки |
|      |        | уметь:                                                                                                                                 |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|      |        | Умеет использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС                                              | Демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, не допускает ошибок                               | Демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, может допустить несколько не грубых ошибок                               | В целом демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС, допускает множество мелких ошибок                       | При решении типовых задач демонстрирует умение использовать цифровые технологии для проведения анализа параметров эксплуатации и АЭС, допускает грубые ошибки   |
|      |        | владеть:                                                                                                                               |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|      |        | Владеет методикой проведения анализа параметров                                                                                        | Продемонстрированы навыки владения                                                                                                                          | Продемонстрированы навыки                                                                                                                                                          | Имеет минимальный набор                                                                                                                                                   | Не продемонстрированы                                                                                                                                           |

|  |  |                                                                  |                                                                                                                               |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                           |                                                                                                                               |
|--|--|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов | методикой проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, не допускает ошибок | владения методикой проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, может допустить несколько не грубых ошибок | навыков проведения анализа параметров эксплуатации АЭС с применением программно-технических комплексов, допускает множество мелких ошибок | базовые навыки анализа параметров эксплуатации и АЭС с применением программно-технических комплексов, допускает грубые ошибки |
|--|--|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение контрольных работ в семестре; собеседование; полные и содержательные ответы на вопросы экзаменационного билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение контрольных работ в семестре; собеседование; ответы на вопросы экзаменационного билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение контрольных работ в семестре и собеседование.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение контрольных работ.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

| Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства                                                                                                                                                                                              | Описание оценочного средства              |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Контрольная работа (КнР)         | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу                                                                                                                           | Комплект контрольных заданий по вариантам |
| Собеседование (Сбс)              | Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по разделам дисциплины            |

#### **4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

##### **Для текущего контроля:**

##### **Проверяемые компетенции:**

ПК-3.2 Демонстрирует способность к проведению анализа параметров эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, определению контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационной обстановки

ПК-3.3 Способен использовать цифровые технологии, современные программно-технические комплексы и средства с учетом лучших практик отечественного и международного опыта для проведения анализа параметров эксплуатации АЭС

##### **Контрольные задания**

##### **Вариант 1**

1. Что такое микротрон? Чем привлекателен мюонный коллайдер, в чем состоят основные проблемы в его создании?
2. Найдите максимальную массу частицы, которая может родиться при столкновении позитрона с энергией 10 ГэВ с покоящимся электроном.

##### **Вариант 2**

1. Какой поток реликтовых и солнечных нейтрино на Земле на  $\text{см}^2$ ? В чем состояла проблема солнечных нейтрино? Как она разрешилась, каким методом? Какие есть данные о массах нейтрино?
2. Оценить, сколько фотонов оптического диапазона образуется при пролете 1 ГэВ мюона через 1 см пластину из обычного стекла и сцинтиллятора?

##### **Вариант 3**

1. Оценить, во сколько раз отличаются средние потери энергии 1 ГэВного мюона и электрона в тонкой алюминиевой мишени.
2. В какой реакции был открыт  $b$ -кварк и какова его масса? Сколько ароматов и цветов у кварков? Какова масса Хигсовского бозона?

##### **Вариант 4**

1. Во сколько раз изменится длина волны фотонов излучаемых в ондуляторе, если энергию электронов увеличить в 2 раза?
2. Как осуществляется лазерное охлаждение? Как получают сверхкороткие лазерные импульсы?

##### **Вариант 5**

1. Что такое позитронная томография? Чем протонные пучки лучше фотонных для лечения рака? В чем состоит принцип лечения рака нейтронами?
2. Во сколько раз изменится характеристическая длина волны фотонов излучаемых электронами в кольцевом ускорителе и полная мощность, если энергию электронов увеличить в 2 раза?

Вариант 6

1. Что известно о параметрах и составе вселенной? Что такое темная энергия и ее связь с космологической антигравитацией?
2. Во сколько раз изменился масштаб вселенной со времени образования реликтовых фотонов? Откуда известна средняя плотность вселенной и чему она равна?

Вариант 7

1. Перечислите условия необходимые для управляемого термоядерного синтеза (для токамаков и инерциального ТЯ)? Что достигнуто на сегодняшний день? Почему нельзя получить положительный выход, стреляя ускоренными ядрами дейтерия по тритиевой мишени?
2. Вычислить сечение рассеяния  $\alpha$ -частицы с энергией 3 МэВ в кулоновском поле ядра  $^{238}\text{U}$  в интервале углов от  $150^\circ$  до  $170^\circ$ .

Вариант 8.

1. Как можно переносить отдельные атомы и строить из них наноструктуры? Как “увидеть” отдельный атом? За счет чего гекконы бегают по гладким стенам?
2. С каким орбитальным моментом могут рассеиваться протоны с  $T_p = 2$  МэВ на ядре  $^{112}\text{Sn}$ ?

Вариант 9.

1. Определите сопротивление алюминиевого проводника при температуре  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ , если при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  его сопротивление  $R_1 = 4,0$  Ом. Температурный коэффициент сопротивления алюминия  $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .
2. Вывести независимость  $T_c$  обычного сверхпроводника от потенциальных примесей методом функций Грина. Почему простой вывод уравнения для  $T_c(\tau)$ , проведенный на лекции для "аномального" спаривания, неверен для обычного s-спаривания?

Вариант 10.

1. Для тонкой сверхпроводящей пленки (толщина 10 нм) вблизи  $T_c$  известно, что  $-dH_{c2}/dT = 0.8 \text{ Tesla/K}$ . Сопротивление пленки "на квадрат" в нормальном состоянии равно 500 Ohm. Найти коэффициент  $\gamma$  в линейном законе теплоемкости  $C(T) = \gamma T$  для  $T > T_c$ .
2. Для сверхпроводящего состояния типа В-фазы  $^3\text{He}$  найти критическую концентрацию примесей, подавляющую сверхпроводимость. Считать известным сечение рассеяния на одной примеси и низкотемпературную длину

корреляции в чистом пределе  $\xi_0$ . Затем найти область (по концентрации примесей) существования бесщелевого сверхпроводящего состояния.

### **ТК1**

Типовые задачи:

1. Найдите, какой изотоп образовался в результате  $\alpha$ -распада изотопа полония .
2. Определите, какой изотоп образовался в результате  $\beta$ -распада изотопа стронция .
3. При бомбардировке нейтронами атома азота испускается протон. Определите, в ядро какого изотопа превращается ядро азота. Напишите реакцию.
4. Определите заряд и массовое число ядра элемента, получившегося из ядра изотопа полония после одного  $\alpha$ -распада и одного  $\beta$ -распада.
5. Определите, из какого ядра образуется ядро после двух последовательных  $\alpha$ -распадов.
6. Определите, в какой элемент превращается изотоп тория , испытав два электронных  $\beta$ -распада и один  $\alpha$ -распад.
7. Определите, какое ядро образовалось в результате радиоактивных превращений ядра изотопа урана при восьми  $\alpha$ - и шести  $\beta$ -распадах.
8. Произошел радиоактивный распад . Сколько при этом совершилось  $\alpha$ - и  $\beta$ -превращений?
9. В результате  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов ядра образовалось ядро . Вычислите число  $\alpha$ -распадов.
10. После нескольких радиоактивных распадов ядро изотопа урана превратилось в ядро изотопа урана. Определите, какие это были распады.
- 11 Ядро превратилось в ядро, испытав серию  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов. Определите число  $\alpha$ -распадов.
12. При бомбардировке изотопа бора быстро движущимися протонами в камере Вильсона наблюдают три одинаковых трека образовавшихся частиц. Напишите ядерную реакцию.
13. Перечислить несколько ядерных реакций, в которых может образоваться изотоп  $^8\text{Be}$ .
14. Какую минимальную кинетическую энергию в лабораторной системе  $T_{\min}$  должен иметь нейтрон, чтобы стала возможной реакция  $^{16}\text{O}(n,\alpha)^{13}\text{C}$ ?
15. Является ли реакция  $^6\text{Li}(d,\alpha)^4\text{He}$  эндотермической или экзотермической? Даны удельные энергии связи ядер в МэВ:  $\varepsilon(d) = 1.11$ ;  $\varepsilon(^4\text{He}) = 7.08$ ;  $\varepsilon(^6\text{Li}) = 5.33$ .
16. Определить пороги  $T_{\text{пор}}$  реакций фоторасщепления  $^{12}\text{C}$ .
  1.  $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\text{C} + n$
  2.  $\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\text{B} + p$

$$3. \quad \gamma + {}^{14}\text{C} \rightarrow {}^{12}\text{C} + n + n$$

17. Определить пороги реакций:  ${}^7\text{Li}(p, \alpha){}^4\text{He}$  и  ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Be}$ .

18. Возможны ли реакции:

$$1. \quad \alpha + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^{10}\text{B} + n;$$

$$2. \quad \alpha + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{14}\text{N} + d$$

под действием  $\alpha$ -частиц с кинетической энергией  $T = 10$  МэВ?

19. Идентифицировать частицу  $X$  и рассчитать энергии реакции  $Q$  в следующих случаях:

$$1. \quad {}^{35}\text{Cl} + X \rightarrow {}^{32}\text{S} + \alpha;$$

$$4. \quad {}^{23}\text{Na} + p \rightarrow {}^{20}\text{Ne} + X;$$

$$2. \quad {}^{10}\text{B} + X \rightarrow {}^7\text{Li} + \alpha;$$

$$5. \quad {}^{23}\text{Na} + d \rightarrow {}^{24}\text{Mg} + X;$$

$$3. \quad {}^7\text{Li} + X \rightarrow {}^7\text{Be} + n;$$

$$6. \quad {}^{23}\text{Na} + d \rightarrow {}^{24}\text{Na} + X.$$

20. Вычислить порог реакции:  ${}^{14}\text{N} + \alpha \rightarrow {}^{17}\text{O} + p$ , в двух случаях, если налетающей частицей является:

1)  $\alpha$ -частица,

2) ядро  ${}^{14}\text{N}$ . Энергия реакции  $Q = 1.18$  МэВ. Объяснить результат.

21. Рассчитать энергии и пороги следующих реакций:

$$1. \quad d(p, \gamma){}^3\text{He};$$

$$5. \quad {}^{32}\text{S}(\gamma, p){}^{31}\text{P};$$

$$2. \quad d(d, {}^3\text{He})n;$$

$$6. \quad {}^{32}\text{S}(\gamma, n){}^{31}\text{S};$$

$$3. \quad {}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be};$$

$$7. \quad {}^{32}\text{S}(\gamma, \alpha){}^{28}\text{Si};$$

$$4. \quad {}^3\text{He}(\alpha, \gamma){}^7\text{Be};$$

$$8. \quad {}^4\text{He}(\alpha, p){}^7\text{Li};$$

22. Какие ядра могут образовываться в результате реакций под действием:

1) протонов с энергией 10 МэВ на мишени из  ${}^7\text{Li}$ ;

2) ядер  ${}^7\text{Li}$  с энергией 10 МэВ на водородной мишени?

23. Ядро  ${}^7\text{Li}$  захватывает медленный нейтрон и испускает  $\gamma$ -квант. Чему равна энергия  $\gamma$ -кванта?

24. Определить в лабораторной системе кинетическую энергию ядра  ${}^9\text{Be}$ , образующегося при пороговом значении энергии нейтрона в реакции  ${}^{12}\text{C}(n, \alpha){}^9\text{Be}$ .

25. При облучении мишени из натурального бора наблюдалось появление радиоактивных изотопов с периодами полураспада 20,4 мин и 0,024 с. Какие образовались изотопы? Какие реакции привели к образованию этих изотопов?

### Вопросы к комплексному заданию ТК1 (Сбс)

1. Основные направления экспериментальной физики. Важнейшие открытия последних десятилетий.

2. Методы изучения микромира.

3. Типы, основные принципы, и характеристики современных и планируемых ускорителей, коллайдеры (электрон-позитронные, протон-протонные, протон-антипротонные накопители; линейные  $e^+e^-$ ,  $\gamma e$ ,  $\gamma\gamma$  коллайдеры, мюонные коллайдеры, выведенные пучки), космические частицы.
4. Взаимодействие частиц с веществом. Дозиметрия.
5. Методы регистрации частиц. Детекторы. Измерение координат: пропорциональные и дрейфовые камеры и др. газовые детекторы, полупроводниковые детекторы.
6. Идентификация частиц: сцинтилляционные счетчики, черенковские счетчики, счетчики переходного излучения.
7. Регистрация фотонов: пропорциональная камера, счетчики полного поглощения, сэндвичи, полупроводниковые детекторы.
8. Адронные калориметры.
9. Эксперименты на ускорителях: основные компоненты больших детекторов, триггер, обработка информации.
10. Физика элементарных частиц. Открытия последних лет в физике высоких энергий: проверка квантовой электродинамики, структура протона,  $c, b, t$ -кварки, глюон,  $\tau$ -лептон,  $W$  и  $Z$ -бозоны, измерение числа поколений лептонов.
11. Таблица фундаментальных частиц. Стандартная модель.
12. Открытие бозона Хиггса.
13. Симметрии, открытие несохранения  $P$ ,  $C$ ,  $CP$ ,  $T$ -четностей.
14. Планируемые эксперименты и возможные открытия. (суперсимметрия, темная материя).
15. Использование ускорителей и детекторов для прикладных задач.
16. Перечислите основные принципы обеспечения радиационной безопасности.

## **ТК2**

Типовые задачи:

1. Мишень из натурального бора бомбардируется протонами. После окончания облучения детектор  $E$ -частиц зарегистрировал активность 100 Бк. Через 40 мин активность образца снизилась до  $\sim 25$  Бк. Каков источник активности? Какая ядерная реакция происходит?
2.  $\alpha$ -Частица с кинетической энергией  $T = 10$  МэВ испытывает упругое лобовое столкновение с ядром  $^{12}\text{C}$ . Определить кинетическую энергию в л.с. ядра  $^{12}\text{C}$   $T_C$  после столкновения.
3. Определить максимальную и минимальную энергии ядер бериллия  $^7\text{Be}$ , образующихся в реакции  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  ( $Q = -1,65$  МэВ) под действием ускоренных протонов с энергией  $T_p = 5$  МэВ.
4.  $\alpha$ -Частицы, вылетающие под углом  $\theta_{\text{неупр}} = 30^\circ$  в результате реакции неупругого рассеяния с возбуждением состояния ядра  $^{12}\text{C}$  с энергией  $E_{\text{возб}} = 4.44$  МэВ, имеют такую же энергию в л.с., что и упруго рассеянные на том же ядре

$\alpha$ -частицы под углом  $\theta_{\text{упр}} = 45^\circ$ . Определить энергию  $\alpha$ -частиц, падающих на мишень  $T_\alpha^{\text{нал}}$ .

5.  $\alpha$ -Частицы с энергией  $T = 5$  МэВ взаимодействуют с неподвижным ядром  ${}^7\text{Li}$ . Определить величины импульсов в с.ц.и., образующихся в результате реакции  ${}^7\text{Li}(\alpha, n){}^{10}\text{B}$  нейтрона  $p_\alpha$  и ядра  ${}^{10}\text{B}$   $p_{\text{Be}}$ .

6. С помощью реакции  ${}^{32}\text{S}(\alpha, p){}^{35}\text{Cl}$  исследуются низколежащие возбужденные состояния  ${}^{35}\text{Cl}$  (1.219; 1.763; 2.646; 2.694; 3.003; 3.163 МэВ). Какие из этих состояний будут возбуждаться на пучке  $\alpha$ -частиц с энергией 5.0 МэВ? Определить энергии протонов, наблюдаемых в этой реакции под углами  $0^\circ$  и  $90^\circ$  при  $E = 5.0$  МэВ.

7. Протон с кинетической энергией  $T_a = 5$  МэВ налетает на ядро  ${}^1\text{H}$  и упруго рассеивается на нем. Определить энергию  $T_b$  и угол рассеяния  $\theta_b$  ядра отдачи  ${}^1\text{H}$ , если угол рассеяния протона  $\theta_a = 30^\circ$ .

8. Для получения нейтронов используется реакция  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ . Энергия протонов  $T_p = 5$  МэВ. Для эксперимента необходимы нейтроны с энергией  $T_n = 1.75$  МэВ. Под каким углом  $\theta_n$  относительно направления протонного пучка будут вылетать нейтроны с такой энергией? Какой будет разброс энергий нейтронов  $\Delta T$ , если их выделять с помощью коллиматора размером 1 см, расположенного на расстоянии 10 см от мишени.

9. Определить орбитальный момент трития  $l_t$ , образующегося в реакции  ${}^{27}\text{Al}(\alpha, t){}^{28}\text{Si}$ , если орбитальный момент налетающей  $\alpha$ -частицы  $l_\alpha = 0$ .

10. При каких относительных орбитальных моментах количества движения протона возможна ядерная реакция  $p + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be}^* \rightarrow \alpha + \alpha$ ?

11. С какими орбитальными моментами  $l_p$  могут вылетать протоны в реакции  ${}^{12}\text{C}(\gamma, p){}^{11}\text{B}$ , если: 1) конечное ядро образуется в основном состоянии, а поглотился E2- фотон; 2) конечное ядро образуется в состоянии  $1/2^+$ , а поглотился M1- фотон; 3) конечное ядро образуется в основном состоянии, а поглотился E1- фотон?

12. В результате поглощения ядром  $\gamma$ -кванта вылетает нейтрон с орбитальным моментом  $l_n = 2$ . Определить мультипольность  $\gamma$ -кванта, если конечное ядро образуется в основном состоянии.

13. Ядро  ${}^{12}\text{C}$  поглощает  $\gamma$ -квант, в результате чего вылетает протон с орбитальным моментом  $l = 1$ . Определить мультипольность поглощенного  $\gamma$ -кванта, если конечное ядро образуется в основном состоянии?

14. Определить орбитальный момент дейтрона  $l_d$  в реакции подхвата  ${}^{15}\text{N}(n, d){}^{14}\text{C}$ , если орбитальный момент нейтрона  $l_n = 0$ .

15. Ядро  ${}^{40}\text{Ca}$  поглощает E1  $\gamma$ -квант. Какие одночастичные переходы возможны?

16. Ядро  ${}^{12}\text{C}$  поглощает E1  $\gamma$ -квант. Какие одночастичные переходы возможны?

18. Вычислить сечение рассеяния  $\alpha$ -частицы с энергией 3 МэВ в кулоновском поле ядра  ${}^{238}\text{U}$  в интервале углов от  $150^\circ$  до  $170^\circ$ .

19. Золотая пластинка толщиной  $d = 0.1$  мм облучается пучком  $\alpha$ -частиц с интенсивностью  $N_0 = 10^3$  частиц/с. Кинетическая энергия  $\alpha$ -частиц  $T = 5$  МэВ.  
20. Сколько  $\alpha$ -частиц на единицу телесного угла падает в секунду на детектор, расположенный под углом  $= 170^\circ$ ? Плотность золота  $\rho = 19.3$  г/см<sup>3</sup>.

21. Оллимированный пучок  $\alpha$ -частиц с энергией  $T = 10$  МэВ падает перпендикулярно на медную фольгу толщиной  $\delta = 1$  мкг/см<sup>2</sup>. Частицы, рассеянные под углом  $\theta = 30^\circ$ , регистрируются детектором площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup>, расположенным на расстоянии  $l = 20$  см от мишени. Какая доля от полного числа рассеянных  $\alpha$ -частиц будет зарегистрирована детектором?

22. Рассчитать интенсивность пучка нейтронов  $J$ , которым облучали пластинку  $^{55}\text{Mn}$  толщиной  $d = 0.1$  см в течении  $t_{\text{акт}} = 15$  мин, если спустя  $t_{\text{охл}} = 150$  мин после окончания облучения ее активность  $I$  составила 2100 Бк. Период полураспада  $^{56}\text{Mn}$  2.58 ч, сечение активации  $\sigma = 0.48$  б, плотность вещества пластины  $\rho = 7.42$  г/см<sup>3</sup>.

23. Определите сопротивление алюминиевого проводника при температуре  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ , если при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  его сопротивление  $R_1 = 4,0$  Ом. Температурный коэффициент сопротивления алюминия  $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

24. Вывести независимость  $T_c$  обычного сверхпроводника от потенциальных примесей методом функций Грина. Почему простой вывод уравнения для  $T_c(\tau)$ , проведенный на лекции для "аномального" спаривания, неверен для обычного s-спаривания?

25. Для сверхпроводящего состояния типа В-фазы  $^3\text{He}$  найти критическую концентрацию примесей, подавляющую сверхпроводимость. Считать известным сечение рассеяния на одной примеси и низкотемпературную длину корреляции в чистом пределе  $\xi_0$ . Затем найти область (по концентрации примесей) существования бесщелевого сверхпроводящего состояния.

### Вопросы к комплексному заданию ТК 2 (Сбс)

1. Нанолитография.
2. Нанотехнология: достижения и перспективы.
3. Направления в нанотехнологии, обеспечивающее молекулярную точность изготовления полупроводниковых структур.
4. Тонкопленочные трехмерные наноструктуры и системы, предназначенные для создания элементной базы наноэлектроники и наномеханики.
5. Новые искусственные материалы, новые квантовые структуры и системы. 35. Углеродные нанотрубки.
6. Микро и нанодвигатели.
7. Метаматериалы с отрицательным коэффициентом преломления, невидимость.
8. Сверхпроводники. Сверхпроводимость.

9. Явление сверхпроводимости: нулевое сопротивление и эффект Мейснера (выталкивание магнитного потока).

10. Сверхпроводники первого и второго рода: критические поля, магнитные вихри Абрикосова, критические токи.

11. Применение сверхпроводимости: создание высоких магнитных полей, передача и накопление электроэнергии, магнитная левитация, резонаторы и магнитометры.

12. Микроскопическая природа сверхпроводимости: куперовские пары, щель в спектре электронных возбуждений, электрон-фононное взаимодействие.

13. Высокотемпературная сверхпроводимость: структура и фазовая диаграмма купратов, сильные электронные корреляции, гетерофазное состояние и сверхпроводимость.

### **Вопросы к комплексному заданию ТК 3 (Сбс)**

1. Энергетическая проблема.
2. Источники энергии. Ядерные реакторы.
3. На каких принципах основывается система радиационной безопасности населения при радиационной аварии?
4. Какой ФЗ РФ определяет правовые основы радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья?
5. Исследования по управляемому термоядерному синтезу, токамаки, открытые ловушки, основные достижения и проблемы.
6. Инерциальный термояд.
7. Электрохимические энергоустановки.
8. Электрохимические генераторы.
9. Стационарные электрохимические энергоустановки и электростанции.
10. Транспортные ЭЭУ.
11. Автономные энергоустановки на органическом топливе
12. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии
13. Атомные станции малой мощности
14. Интеллектуальная распределенная энергетика.
15. Резервные системы автономного энергоснабжения предприятий.
16. Процессы и технологии распределенной генерации.
17. Основные невозобновляемые и возобновляемые источники энергии для получения водорода и других видов топлива для ЭЭУ.

### **ТКЗ**

Типовые задачи:

1. Приведите реакции, протекающие на катоде и аноде кислородно-водородного топливного элемента, и токообразующую реакцию.

2. Рассчитайте стандартную ЭДС топливного элемента, в котором при 298 К протекает электрохимическая реакция:  $\text{H}_{2(\text{г})} + 1/2\text{O}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ .

3. Рассчитайте, на сколько  $\text{м}^3/\text{сутки}$  (при н.у.) снизится выброс диоксида углерода от электростанции мощностью 100 МВт, работающей на метане, при замене тепловой станции с КПД 40 % на электрохимическую с КПД 60 %.

4. Рассчитайте, на сколько литров снизится выброс  $\text{CO}_2$  за 140 км пути из транспортного средства мощностью 80 кВт, работающего на метане и движущегося со скоростью 70 км/ч, при замене автомобиля с КПД 20 %, на электромобиль с топливными элементами с КПД 40 %.

5. Рассчитайте стандартную ЭДС кислородно-водородного топливного элемента с использованием термодинамических данных, при относительных парциальных давлениях газов  $p(\text{H}_2) = p(\text{O}_2) = 1$  и активности воды  $a(\text{H}_2\text{O}) = 1$  моль/л.

6. Рассчитайте тепловой эффект реакции образования гидрида магния  $\text{MgH}_2$  из простых веществ при стандартных состояниях исходных веществ и продуктов реакции.

7. Рассчитайте объем водорода при нормальных условиях, который может поглотить 1 грамм циркония при образовании гидрида  $\text{ZrH}_{1,9}$ .

8. Какой расход водорода требуется для генерации тока в 1 ампер в топливном элементе?

9. Сборка топливных элементов мощностью 1,0 МВт постоянного тока работает с напряжением ячейки 700 мВ на чистом водороде с коэффициентом использования топлива  $\text{Кисп}=80\%$ . а) Сколько водорода будет потребляться в кг/час? б) Каков требуемый расход топлива? с) Каков требуемый расход кислорода при 25% использовании окислителя ( $\text{O}_2$ ),  $\text{Кисп}$ ?

10. Рассчитайте, какое расстояние сможет проехать автомобиль на топливных элементах на 1 кг водорода, используя характеристики одного из представленных в таблице электромобилей. КПД топливного элемента считать равным 70%.

11. Определение чисел переноса ионов в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Параметры электролиза: Во все камеры налили по 15 мл раствора серной кислоты с концентрацией 0,01476 моль/л. плотность катодного тока более 20  $\text{мА}/\text{см}^2$  Сила тока 13-15 мА Время электролиза 50-60 минут За время электролиза на катоде выделилось 0,0321 г меди В анодной камере объем раствора составил 21 мл с концентрацией 0,018 моль/л.

12. ЭЭУ состоит из 10 соединенных последовательно водородных топливных элементов, которая используется для энергоснабжения лампочки. Известно, что при этом расход водорода составляет 9 л/час (при н.у.). Пусть батарея топливных элементов создает ЭДС 12 В и обладает внутренним сопротивлением 1 Ом. Оцените мощность, выделяющуюся на лампочке. Воздух поступает в водородный топливный элемент в избытке.

13. Рассчитайте области температур, при которых возможна реакция получения жидкого метанола из водорода и монооксида углерода при стандартных состояниях исходных веществ и продуктов реакции.

15. Рассчитайте тепловой эффект реакции образования гидрида магния  $\text{MgH}_2$  из простых веществ при стандартных состояниях исходных веществ и продуктов реакции.

16. Рассчитайте, на сколько  $\text{м}^3/\text{сутки}$  (при н.у.) снизится выброс диоксида углерода от электростанции мощностью 1000 МВт, работающей на природном газе, при замене тепловой станции с КПД 35 % на электрохимическую энергоустановку с КПД 65 %.

17. Рассчитайте, на сколько литров снизится выброс  $\text{CO}_2$  за 1000 км пути из транспортного средства мощностью 90 кВт, работающего на метане идвигающегося со скоростью 120 км/ч, при замене автомобиля с КПД 25 %, на электромобиль с топливными элементами с КПД 55 %.

18. Рассчитайте объем кислорода (измеренный при н.у.), который расходуется за 5 часов работы кислородно-водородного элемента, разряжающегося непрерывным током 0,1 А.

19. На сверхпроводящий образец массой  $m$ , парящий над постоянным магнитом, кладут груз точно такой же массы. Во сколько раз необходимо увеличить индукцию поля, создаваемого магнитом, чтобы сверхпроводник с грузом парил на прежнем расстоянии от магнита?

20. Гарантийный максимум саморазряда свинцового аккумулятора составляет 21 % за месяц. Какой минимальной емкостью может обладать аккумулятор, фактической емкостью 74 А·ч после месяца бездействия в заряженном состоянии?

#### **Для промежуточной аттестации:**

1. Основные направления экспериментальной физики. Важнейшие открытия последних десятилетий в РФ и за рубежом.

2. Какова роль ядерной энергетики в единой энергетической системе России?

3. Какие исследования проводят в РФ и за рубежом в области термоядерного синтеза?

4. Перечислите мировые научные центры, которые занимаются исследованиями и разработками в области ядерных транспортных энергетических технологий.

5. Какие исследования и работы ведутся в области ликвидации радиационного наследия.

6. Исследования в области реакторного материаловедения.

7. Назовите крупнейший в РФ научно-исследовательский центр, который занимается развитием ядерных технологий для создания атомной энергетики нового поколения.

8. Какие расчетные программы созданы за последние десятилетия в НИЦ «Курчатовский институт»?

9. Какие разработки ученых РФ легли в основу обоснования безопасности почти всех действующих и создающихся реакторных установок различного назначения?

10. В чем особенность реакторов четвертого поколения?

11. Что подразумевается под двухкомпонентной ядерной энергетикой?

12. Для каких регионов РФ важны АЭС малой мощности?

13. Каково основное назначение пучкового исследовательского корпусного реактора (ПИК)?

14. Какие исследования с нейтронами, фундаментальные и прикладные, проводят на приборном комплексе ПИК?

15. В РФ организован международный исследовательский центр, в нем участвуют Белоруссия, Узбекистан, Иран, Таджикистан, Казахстан. Какой мегасайенс-проект реализуется?

16. В каком направлении ведутся исследования в ИЯФ им. Г.И. Будкера Сибирского отделения РАН? С какими зарубежными научными центрами они сотрудничают?

17. Когда началась эпоха термоядерных исследований в Китае?

18. Когда был создан в Курчатовском институте первый в мире токамак со сверхпроводящими обмотками Т-7?

19. Что стало прототипом для "китайского искусственного солнца" EAST?

20. Специалисты каких стран ведут совместные исследования на Казахстанском материаловедческом токамаке КТМ?

21. Как могут изменить мир термоядерные и плазменные технологии?

22. Методы изучения микромира.

23. Типы, основные принципы, и характеристики современных и планируемых ускорителей, коллайдеров (электрон-позитронные, протон-протонные, протон-антипротонные накопители; линейные  $e^+e^-$ ,  $\gamma e$ ,  $\gamma\gamma$  коллайдеры, мюонные коллайдеры, выведенные пучки), космические частицы.

24. Взаимодействие частиц с веществом. Дозиметрия.

25. Методы регистрации частиц. Детекторы. Измерение координат: пропорциональные и дрейфовые камеры и др. газовые детекторы, полупроводниковые детекторы.

26. Идентификация частиц: сцинтилляционные счетчики, черенковские счетчики, счетчики переходного излучения.

27. Регистрация фотонов: пропорциональная камера, счетчики полного поглощения, сэндвичи, полупроводниковые детекторы.

28. Адронные калориметры.

29. Эксперименты на ускорителях: основные компоненты больших детекторов, триггер, обработка информации.

30. Физика элементарных частиц. Открытия последних лет в физике высоких энергий: проверка квантовой электродинамики, структура протона,  $s, b, t$ -кварки, глюон,  $\tau$ -лептон,  $W$  и  $Z$ -бозоны, измерение числа поколений лептонов.

31. Таблица фундаментальных частиц. Стандартная модель.

32. Открытие бозона Хиггса.

33. Симметрии, открытие несохранения  $P$ ,  $C$ ,  $CP$ ,  $T$ -четностей.

34. Планируемые эксперименты и возможные открытия. (суперсимметрия, темная материя).

35. Использование ускорителей и детекторов для прикладных задач.

36. Источники синхротронного излучения, основные характеристики, ондуляторы и виглеры, лазеры на свободных электронах, применение в физических, химических и биологических исследованиях.

37. Промышленные ускорители.

38. Ускорители для терапии рака, электронные, протонные, ионные.

39. Бор-нейтрон-захватная терапия рака.

40. Рентгеновские детекторы для рентгеноструктурного анализа и медицины. Рентгеновская и позитронная томография. ЯМР-интроскопия.

41. Нейтринные исследования. Открытие нейтрино. Нейтринные пучки на ускорителях.

42. Три типа нейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом.

43. Заряженные и нейтральные токи. Массы нейтрино.

44. Проблема солнечных нейтрино (спектр, типы детекторов).

45. Проблема атмосферных нейтрино.

46. Открытие нейтринных осцилляций (и ненулевой массы нейтрино), массы и углы смешивания.

47. Регистрация недостающих нейтрино от Солнца.

48. Исследование нейтринных осцилляций на пучках нейтрино от ускорителей и нейтрино от ядерных реакторов.

49. Полупроводники и нанотехнологии.

50. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

51. Нанолитография.

52. Нанотехнология: достижения и перспективы.

53. Направления в нанотехнологии, обеспечивающее молекулярную точность изготовления полупроводниковых структур.

54. Тонкопленочные трехмерные наноструктуры и системы, предназначенные для создания элементной базы наноэлектроники и наномеханики.

55. Новые искусственные материалы, новые квантовые структуры и системы.

56. Углеродные нанотрубки.

57. Микро и нанодвигатели.

58. Метаматериалы с отрицательным коэффициентом преломления, невидимость.

59. Сверхпроводники. Сверхпроводимость.

60. Явление сверхпроводимости: нулевое сопротивление и эффект Мейснера (выталкивание магнитного потока).

61. Сверхпроводники первого и второго рода: критические поля, магнитные вихри Абрикосова, критические токи.

62. Применение сверхпроводимости: создание высоких магнитных полей, передача и накопление электроэнергии, магнитная левитация, резонаторы и магнитометры.

63. Микроскопическая природа сверхпроводимости: куперовские пары, щель в спектре электронных возбуждений, электрон-фононное взаимодействие.

64. Высокотемпературная сверхпроводимость: структура и фазовая диаграмма купратов, сильные электронные корреляции, гетерофазное состояние и сверхпроводимость.

65. Энергетическая проблема. Источники энергии. Ядерные реакторы.

66. Исследования по управляемому термоядерному синтезу, токамаки, открытые ловушки, основные достижения и проблемы.

67. Инерциальный термояд.

68. Электрохимические энергоустановки. Электрохимические генераторы.

69. Стационарные электрохимические энергоустановки и электростанции. Транспортные ЭЭУ.

70. Основные невозобновляемые и возобновляемые источники энергии для получения водорода и других видов топлива для ЭЭУ.