

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ИСТОЧНИКИ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/ В | СРС, час. | KCP, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|-----------|--|
| 7       | 2                      | 72                         | 16           | 16                        | 0                        |  | 24        | 16        | 3  |
| Итого   | 2                      | 72                         | 16           | 16                        | 0                        | 0  | 24        | 16        |  |

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина посвящена изучению особенностей и основных характеристик источников ядерных ионизирующих излучений как инструментов исследования ядра атомов, а также знакомству с современными наземными ускорительными экспериментами на пучках ЯИИ.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение особенностей и основных характеристик источников ионизирующих излучений как инструментов исследования ядра атомов;
- знакомство с современными наземными ускорительными экспериментами на пучках.

Особенности использования различных пучков иллюстрируются примерами реальных экспериментов.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Данная дисциплина логически и содержательно – методически является частью заключительной специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний физика – экспериментатора в области экспериментальной ядерной физики и физики частиц.

«Входными» знаниями являются знания общей физики, ядерной физики, теоретической физики, электротехники, электроники.

Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение разделов общей физики: электричества и магнетизма, атомной физики; освоение разделов ядерной физики, классической и квантовой механики и электродинамики, основ электротехники и электроники.

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|--|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|--|---------------------------|---|---|
|  |                           |   |   |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   |   | <b>опыта)</b>   |   |
| научно-исследовательский  |   |   |   |
| 1 Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок; | 1 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в | ПК-13.1 [1] - Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний;<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-13.1[1] - Знать цели и задачи проводимых исследований и разработок, их методы и средства планирования, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения;<br>У-ПК-13.1[1] - Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации;<br>В-ПК-13.1[1] - Владеть методами сбора, обработки и анализа научной информации, способами ее обобщения |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. |  |  |
| 1 Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и | 1 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника,  | ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ;<br>У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций;<br>В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p>научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок;</p> | <p>электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p> |  | <p>технологий, научной терминологией</p> |
|--|---|--|--|

| проектный   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 3 Сбор и анализ информационных источников и исходных данных для проектирования приборов и установок; расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка проектной и рабочей технической документации, оформление заключенных проектно-конструкторских работ; контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам; проведение предварительного технико-экономического | 3 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, | ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ; У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;; В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием , требованиями безопасности и принципами CDIO |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. |  |  |
|--|---|--|--|

| производственно-технологический   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 4 Организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования; контроль за соблюдением технологической дисциплины и обслуживание технологического оборудования; метрологическое обеспечение технологических | 4 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, | ПК-8 [1] - Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности и контролю за соблюдением экологической безопасности<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-8[1] - Знать методы оценки ядерной и радиационной безопасности, контроля за соблюдением экологической безопасности ;<br>У-ПК-8[1] - Уметь оценивать ядерную и радиационную безопасность, проводить контроль за соблюдением экологической безопасности;<br>В-ПК-8[1] - Владеть навыками оценки ядерной, радиационной и экологической безопасности |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p>процессов, использование типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых установок, приборов и систем; наладка, настройка, регулировка и опытная проверка оборудования и программных средств; монтаж, наладка, испытания и сдача работ в необходимые сроки заказчику</p> | <p>электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p> |  |  |
|---|---|--|--|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин   |
|-----------------------------|--|--|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (B24) | <p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.</p> <p>3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы</p> |

|                             |  |  |
|-----------------------------|--|--|
|                             |  | радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.  |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за обеспечение кибербезопасности объектов атомной отрасли (В25) | 1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации |

|                             |   |   |
|-----------------------------|---|---|
|                             |   | <p>информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p> |
| Профессиональное воспитание | <p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственной экологической позиции (В26)</p> | <p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика</p>                         |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p> |
|--|--|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| <b>№ п.п</b> | <b>Наименование раздела учебной дисциплины</b>      | <b>Недели</b> | <b>Лекции/ Практ.<br/>(семинары) /<br/>Лабораторные<br/>работы, час.</b> | <b>Обязат. текущий<br/>контроль (форма*,<br/>неделя)</b> | <b>Максимальный<br/>балл за раздел**</b> | <b>Аттестация<br/>раздела (форма*,<br/>неделя)</b> | <b>Индикаторы<br/>освоения<br/>компетенции</b>   |
|--------------|---|---------------|--|--|--|--|--|
|              | <i>7 Семестр</i>                                    |               |  |  |  |  |  |
| 1            | Часть 1   | 1-8           | 8/8/0  |  | 25                                       | КИ-8   | З-ПК-3,<br>У-ПК-3,<br>В-ПК-3,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4  |
| 2            | Часть 2   | 9-16          | 8/8/0  |  | 25                                       | КИ-16  | З-ПК-8,<br>У-ПК-8,<br>В-ПК-8,<br>З-ПК-13.1,<br>У-ПК-13.1,<br>В-ПК-13.1   |
|              | <i>Итого за 7 Семестр</i>                           |               | 16/16/0  |  | 50                                       |  |  |
|              | <b>Контрольные<br/>мероприятия за 7<br/>Семестр</b> |               |  |  | 50                                       | 3  | З-ПК-3,<br>У-ПК-3,<br>В-ПК-3,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>З-ПК-8,<br>У-ПК-8,<br>В-ПК-8,<br>З-ПК-13.1,<br>У-ПК-13.1,<br>В-ПК-13.1 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| <b>Обозначение</b> | <b>Полное наименование</b> |
|--------------------|----------------------------|
| КИ                 | Контроль по итогам         |
| З                  | Зачет                      |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| <b>Недели</b> | <b>Темы занятий / Содержание</b> | <b>Лек.,<br/>час.</b> | <b>Пр./сем.,<br/>час.</b> | <b>Лаб.,<br/>час.</b> |
|---------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
|               | <i>7 Семестр</i>                 | 16                    | 16                        | 0                     |
| <b>1-8</b>    | <b>Часть 1</b>                   | <b>8</b>              | <b>8</b>                  | <b>0</b>              |

|             |  |                        |   |   |
|-------------|--|------------------------|---|---|
| 1 - 2       | <b>Тема1 Введение</b><br>Введение - место курса в профессиональной подготовке инженера-физика. Постановка основных физических и прикладных задач, обсуждаемых в курсе. Источники ионизирующих излучений как инструмент и объект исследования. Общая характеристика источников заряженных частиц, гамма-квантов, нейтронов.   | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 1                      | 1 | 0 |
| 2 - 3       | <b>Тема2 Современные тенденции</b><br>Современные тенденции развития физики тяжелых ионов и требования к источникам тяжелых ионов.<br>Ускорительные комплексы тяжелых ионов ОИЯИ, GSI (ФРГ), GANIL (Франция). Характеристики пучков и особенности их использования, перспективы развития и совершенствования, типичные эксперименты на примере 4пи-спектрометра “Фобос”. | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 1                      | 1 | 0 |
| 4 - 5       | <b>Тема3 Источники гамма-квантов</b><br>Интенсивные источники гамма-излучения - спектральные и пространственно-временные характеристики излучения. Особенности постановки экспериментов на примере исследований фотоделения. Прикладные исследования с использованием синхротронного излучения.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 2                      | 2 | 0 |
| 5 - 7       | <b>Тема4 Классификация НИ</b><br>Классификация нейтронных источников.<br>Исследовательские ядерные реакторы на медленных и быстрых нейтронах, импульсные реакторы. Вывод и формирование нейтронных пучков. Фильтры, селекторы, монохроматоры. Организация опытов на пучках тепловых нейтронов на примере   | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 2                      | 2 | 0 |
| 7 - 8       | <b>Тема5 Источники нейтронов</b><br>Источники нейтронов на основе ускорителей заряженных частиц. Плазменные и портативные источники нейтронов.9 неделя Особенности экспериментов на пучках быстрых нейтронов, и заряженных частиц - исследования   | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 0                      | 0 | 0 |
| <b>9-16</b> | <b>Часть 2</b>   | 8                      | 8 | 0 |
| 9 - 10      | <b>Тема6 Особенности экспериментов</b><br>Особенности экспериментов на пучках быстрых нейтронов, и заряженных частиц - исследования формы барьера деления тяжелых ядер.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 1                      | 1 | 0 |
| 10 - 11     | <b>Тема7 Типы АЭС</b><br>Типы энергетических ядерных реакторов на АЭС. Делящиеся материалы. Нейтронный цикл в тепловом реакторе. Коэффициент размножения и формула 4-х сомножителей, гомогенный и гетерогенный реактор.  | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 0                      | 0 | 0 |
| 11 - 12     | <b>Тема8 Физпроцессы в ЯР</b><br>Физические процессы в ядерных реакторах. Критичность. Реактивность. Выгорание топлива. Воспроизводство вторичного топлива. Пространственно-временное энергетическое распределение нейтронов в активной зоне. Основные нейтронные реакции: (n, ), (n, f), (n, 2n).   | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 1                      | 1 | 0 |
| 12 - 14     | <b>Тема9 Топливо ЯР</b><br>Алгоритмы накопления актинидов и продуктов деления в  | Всего аудиторных часов |   |   |
|             |  | 2                      | 2 | 0 |

|         |   |                        |   |   |   |
|---------|---|------------------------|---|---|---|
|         | топливе сложного состава. Степень изученности схем распада ядер - продуктов деления. Энергия распада и генетические связи нуклидов в цепочках радиоактивных превращений.  | Онлайн                 | 0 | 0 | 0 |
| 14 - 15 | <b>Тема10 Библиотеки ядерных данных</b><br>Библиотеки ядерных данных по продуктам деления.<br>Основные интегральные радиационные характеристики смеси продуктов деления. Ядерный реактор как источник антинейтрино.       | Всего аудиторных часов | 1 | 1 | 0 |
|         |   | Онлайн                 | 0 | 0 | 0 |
| 15 - 16 | <b>Тема11 Характеристика источников фона</b><br>Характеристика источников фонового излучения, обусловленного активацией в реакторных, ускорительных и космических экспериментах. Основы каскадной модели ядерных реакций. | Всего аудиторных часов | 2 | 2 | 0 |
|         |   | Онлайн                 | 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| <b>Обозначение</b> | <b>Полное наименование</b>       |
|--------------------|----------------------------------|
| ЭК                 | Электронный курс                 |
| ПМ                 | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ                 | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ                 | Видео-материалы                  |
| АМ                 | Аудио-материалы                  |
| Прз                | Презентации                      |
| Т                  | Тесты                            |
| ЭСМ                | Электронные справочные материалы |
| ИС                 | Интерактивный сайт               |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса помимо собственно лекций используются:

- оперативное решение студентами качественных задач по ходу лекции с последующим обсуждением;
- собеседование по итогам написания промежуточной письменной контрольной работы.

Предусматривается поездка в ОИЯИ (г. Дубна) с целью ознакомления с введением в действия ускорительного проекта «НИКА».

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| <b>Компетенция</b> | <b>Индикаторы освоения</b> | <b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b> |
|--------------------|----------------------------|--|
| ПК-13.1            | 3-ПК-13.1                  | 3, КИ-16                                 |

|      |           |          |
|------|-----------|----------|
|      | У-ПК-13.1 | 3, КИ-16 |
|      | В-ПК-13.1 | 3, КИ-16 |
| ПК-3 | З-ПК-3    | 3, КИ-8  |
|      | У-ПК-3    | 3, КИ-8  |
|      | В-ПК-3    | 3, КИ-8  |
|      | З-ПК-4    | 3, КИ-8  |
| ПК-4 | У-ПК-4    | 3, КИ-8  |
|      | В-ПК-4    | 3, КИ-8  |
|      | З-ПК-8    | 3, КИ-16 |
| ПК-8 | У-ПК-8    | 3, КИ-16 |
|      | В-ПК-8    | 3, КИ-16 |

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины   |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.  |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 75-84        |                               | C           |   |
| 70-74        |                               | D           |   |
| 65-69        |                               | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.  |
| 60-64        | 3 – «удовлетворительно»       |             |   |
| Ниже 60      | 2 – «неудовлетворительно»     | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Б 42 Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения : учебник для спо, Бекман И. Н., Москва: Юрайт, 2022
2. 539.1 Х19 Избранные вопросы теории ядра Ч.2 Аналитическая структура амплитуд рассеяния, Хангуйян В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. 005 И98 Презентация как средство представления проекта : , Ищенко Н.И., Рехина Г.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. ЭИ С 86 Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : учебное пособие для вузов, Строковский Е. А., Москва: Юрайт, 2022
5. ЭИ З-13 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника: высокочастотные дефлекторы : учебное пособие для вузов, Завадцев А. А., Москва: Юрайт, 2021
6. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : , 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ E56 English-russian dictionary for nuclear english : англо-русский словарь с дефинициями к учебнику Сержа Горлина "Nuclear english", , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. 8(Англ) E56 English-russian dictionary for nuclear english : англо-русский словарь с дефинициями к учебнику Сержа Горлина "Nuclear english", , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. И Н43 Heavy ion physics : International School-Seminar,VI. Dubna,22-27 sept.1997, , Singapore and oth.: World scientific, 1998
4. 662 П77 Взрывы и волны. Взрывные источники электромагнитного излучения радиочастотного диапазона : учебное пособие для вузов, Прищепенко А.Б., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2011

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

### **Тема 1. Введение**

Имея в виду, что источник излучения является неотъемлемой составляющей ядерно-физического эксперимента, постараться составить впечатление о диапазоне возможностей, предоставляемом для исследований современными источниками. Следует обратить внимание на не тривиальность согласования пары источник - экспериментальная установка при планировании конкретного эксперимента.

### **Тема 2. Ускорители заряженных частиц**

Разные типы ускорителей излагаются в единой информационной сетке: физические основы функционирования, техническое устройство, типичные и ожидаемые параметры, характерные задачи, решаемые на соответствующем пучке. Четкое структурирование материала должно сохраняться и у слушателя.

### **Тема 3. Ускорители заряженных частиц как импульсные источники нейтронов.**

В этой теме основное внимание следует уделить физическим и техническим аспектам конверсии энергии пучка заряженных частиц в нейтроны.

### **Тема 4. Ядерные реакторы как источники нейтронов**

Базой для успешного овладения темой является четкое понимание основных положений физики реакторов на медленных и быстрых нейтронах. Поскольку рассматриваются только исследовательские реакторы, особое внимание следует уделить вопросам вывода и формирования нейтронных пучков.

### **Тема 5. Источники гамма и рентгеновского излучения**

Обратить внимание на многочисленные применения синхротронного излучения (СИ) в нанотехнологиях и уяснить причины такой востребованности. В качестве популярных областей использования рентгеновского излучения рассматриваются: элементный анализ, тонкие химические исследования, рентгеноструктурный анализ – в каждом из этих применений важно понимать его физическую основу.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Преподаватель должен сконцентрировать свои усилия на обеспечении самостоятельной работы студентов.

Предполагается следующая структура лекционно-практических занятий: чтение блока теоретического материала с последующей проработкой в ходе самостоятельной работы.

Опыт, накопленный в ходе преподавания данной дисциплины, показывает, что необходимо мотивировать студента на самостоятельную работу. Постановка нетривиальной задачи является наилучшим стимулом.

Хорошо зарекомендовали себя такие формы работы как диалог со студентом, групповая дискуссия. Активным студентам предлагается сделать небольшие сообщения по каким-либо частным аспектам изученных материалов.

Автор(ы):

Пятков Юрий Васильевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Борог В.В, проф.каф.7