

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и  
энергетические установки

| 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<br>СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|--|
| 8       | 1                      | 36                         | 12           | 12                        | 0                        | 12   | 0         | 3  |
| Итого   | 1                      | 36                         | 12           | 12                        | 0                        | 0  | 12        | 0  |

## АННОТАЦИЯ

Курс знакомит учащихся с экспериментальными методами измерения импульсных потоков нейтронов от различных физических установок, с прохождением и поглощением нейтронов в различных средах, методам защиты от различных нейтронных потоков, учета погрешностей измерения нейтронных потоков, принципами работы измерительных приборов, законами, лежащими в основе физики нейтронов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины являются формирование необходимых на практике представлений по нейтронной физике, методах измерения импульсных нейтронных потоков, учета погрешностей этих измерений, изучение физики прохождения и поглощения нейтронов в различных средах, методов защиты от нейтронных потоков установок современной физической лаборатории. Задача курса направлена на развитие знаний о методах и технике физического эксперимента, подготовке студентов к переходу от выполнения лабораторных работ к реальной научно-исследовательской работе в рамках НИРС, обучению работе с экспериментальной техникой и подготовке к работе на учебно-исследовательских установках.

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

Дисциплина представляет собой профессиональную дисциплину и базируется на курсах дисциплин по общей физике.

### 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 опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции           |
|---|---|--|---|
| расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского     |   |  |   |
| Эксплуатация современных приборов и установок и системы диагностики в | Приборы, установки и системы диагностики в области лазерной физики. | ПК-1.2 [1] - Способен эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области      | 3-ПК-1.2[1] - Знать: основные современные приборы и установки и диагностические |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p>области лазерной физики.</p>  |  | <p>лазерной физики.<br/><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 29.002</p>  | <p>системы, применяемые в лазерной физике; принципы действия современных приборов и установок и систем диагностики в области лазерной физики. ;<br/>У-ПК-1.2[1] - Уметь: эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области лазерной физики; интерпретировать и оценивать результаты, полученные с помощью современных приборов, установок и систем диагностики в области лазерной физики. ;<br/>В-ПК-1.2[1] - Владеть: навыком получения, обработки и анализа экспериментальных результатов с помощью приборов, установок и систем диагностики в области лазерной физики.</p> |
| <p>организационно-управленческий</p>   |  |  |   |
| <p>Организация, планирование и проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, работа с соответствующей нормативной документацией.</p> | <p>Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, нормативная документация.</p> | <p>ПК-4 [1] - Способен осуществлять элементарную деятельность по охране труда и безопасности жизнедеятельности, применять знания и нормы (не ниже 2-й группы) для обеспечения электробезопасности<br/><br/><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.054</p> | <p>З-ПК-4[1] - Знать основы охраны труда и безопасности жизнедеятельности, основные правила и нормы электробезопасности ;<br/>У-ПК-4[1] - Уметь осуществлять элементарную деятельность по охране труда и безопасности жизнедеятельности; применять знания и нормы (не ниже 2-й группы) для обеспечения</p>  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | электробезопасности ;<br>В-ПК-4[1] - Владеть навыками анализа и оценки безопасности при работе в своей профессиональной деятельности |
|--|--|--|--|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин  |
|-----------------------------|--|---|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.<br>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты. |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением (В27)  | 1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования культуры лазерной безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | практической работы с лазерным оборудованием. - формирования культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности и имеющими повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы. |
|--|--|---|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции                      |
|-------|---|--------|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|--|
|       | <i>8 Семестр</i>                        |        |   |   |                               |                                     |  |
| 1     | Первый раздел                           | 1-8    | 8/8/0   |   | 25                            | КИ-8                                | 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 |
| 2     | Второй раздел                           | 9-12   | 4/4/0   |   | 25                            | КИ-12                               | 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-4,                |

|  |   |  |         |  |    |   |   |
|--|---|--|---------|--|----|---|---|
|  |   |  |         |  |    |   | У-ПК-4,<br>В-ПК-4   |
|  | <i>Итого за 8 Семестр</i>                   |  | 12/12/0 |  | 50 |   |   |
|  | <b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b> |  |         |  | 50 | 3 | 3-ПК-1.2,<br>У-ПК-1.2,<br>В-ПК-1.2,<br>3-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4 |

\* – 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:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| КИ          | Контроль по итогам  |
| З           | Зачет               |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание   | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|---|------------------------|----------------|------------|
|            | <i>8 Семестр</i>  | 12                     | 12             | 0          |
| <b>1-8</b> | <b>Первый раздел</b>  | 8                      | 8              | 0          |
| 1          | <b>Основы нейтронной физики.</b><br>Понятие и свойства нейтронов. Физические величины в нейтронной физике и единицы их измерений<br>Многообразие свойств нейтронов: электрические, магнитные и оптические свойства. Виды физических величин. Физические основы измерений. Физические постоянные. Системы единиц физических величин (СГС, СИ). | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |   | 1                      | 1              | 0          |
|            |   | Онлайн                 |                |            |
|            |   | 0                      | 0              | 0          |
| 2          | <b>Принципы и средства измерения импульсных нейтронных потоков.</b><br>Длина свободного пробега. Принципы работы и типы детекторов нейтронов. Быстрые и медленные (тепловые) нейтроны. Методы измерения быстрых и тепловых нейтронов. Счетчики нейтронов. Виды и принцип работы.  | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |   | 1                      | 1              | 0          |
|            |   | Онлайн                 |                |            |
|            |   | 0                      | 0              | 0          |

|         |   |                        |   |   |
|---------|---|------------------------|---|---|
| 3 - 4   | <b>Источники нейтронных потоков.</b><br>Ядерные реакции с образованием нейтронов. Синтез и деление ядер. Сечения реакций. Генераторы нейтронов. Изотопные источники. Термоядерные реакции. Солнечный цикл. Другие источники. Проблемы термоядерных реакторов. | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 2                      | 2 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
| 0       | 0   | 0                      |   |   |
| 5 - 6   | <b>Детекторы нейтронных потоков.</b><br>Основные характеристики нейтронных потоков, длина волны де Бройля, Флюенс. Энергетический спектр. Примеры и краткая характеристика различных детекторов нейтронов, применяемых в физических лабораториях.             | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 2                      | 2 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
| 0       | 0   | 0                      |   |   |
| 7 - 8   | <b>Ядерные реакции синтеза с генерацией быстрых нейтронов.</b><br>Понятие термоядерного синтеза. Критерий Лоусона. Дефект масс. Термоядерные установки в физических лабораториях. Генерация нейтронов в ускорительных установках.                             | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 2                      | 2 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
| 0       | 0   | 0                      |   |   |
| 9-12    | <b>Второй раздел</b>  | 4                      | 4 | 0 |
| 9 - 10  | <b>Ядерные реакции под воздействием нейтронов.</b><br>Нейтронно-активационный анализ. Наведенная активность ядер различных элементов. Применения в радиационной технике и материаловедении.   | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 2                      | 2 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
| 0       | 0   | 0                      |   |   |
| 11 - 12 | <b>Нейтроны в различных средах.</b><br>Прохождение и поглощение нейтронов в различных средах. Методы расчета и конструирование защиты от нейтронных излучений в различных энергетических диапазонах. Специальные методики измерения нейтронных потоков.       | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |   | 2                      | 2 | 0 |
|         |   | Онлайн                 |   |   |
| 0       | 0   | 0                      |   |   |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| 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

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и семинаров, а также самостоятельная работа студентов, повторения ранее пройденного материала.

## 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:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ПК-1.2      | З-ПК-1.2            | З, КИ-8, КИ-12                    |
|             | У-ПК-1.2            | З, КИ-8, КИ-12                    |
|             | В-ПК-1.2            | З, КИ-8, КИ-12                    |
| ПК-4        | З-ПК-4              | З, КИ-8, КИ-12                    |
|             | У-ПК-4              | З, КИ-8, КИ-12                    |
|             | В-ПК-4              | З, КИ-8, КИ-12                    |

### 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 и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | 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        | 3 – «удовлетворительно»       | 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        |                               |             |   |
| 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 С51 Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion : , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика Часть 1 Источники нейтронов, Москва: Буки Веди, 2021

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.3 М 43 Применение лазерных технологий для решения задач по физике высоких плотностей энергии. Т.1 , Саров: ФГУП РФЯЦ - ВНИИЭФ, 2019
2. 539.6 В58 Нейтроны : , Н.А. Власов, М.: Наука, 1971

### **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**

Студентам перед началом занятий надо учесть, что курс является авторским и полноценного учебника по нему не существует. Поэтому следует аккуратно посещать лекции, перед очередной лекцией прорабатывать предыдущий материал и не стесняться задавать вопросы преподавателю. Следует учесть, что изучаемый курс опирается на многие вопросы,

изучаемые в курсах по общей физике и электротехнике. Можно обращаться к соответствующим разделам этих курсов, конспектам и рекомендованной для них литературе.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач. Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы. В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам. Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений. Следует работать с рекомендованными литературными источниками.

На практических занятиях рекомендуется особое внимание уделять демонстрациям работы измерительных приборов.

Отдельное внимание в курсе уделено разработке методов измерения импульсных нейтронных потоков с микросекундной и менее длительностью. При изучении данного раздела необходимо понять физический смысл протекающих процессов при регистрации нейтронов. Необходимо разобраться с ядерными реакциями под действием нейтронов различной энергии, понять принципиальное отличие проникающей способности нейтронных потоков в различных средах от прохождения заряженных частиц и рентгеновского излучения. Необходимо также понять всю физическую картину прохождения нейтронных потоков через различные среды и степени активации элементов в средах.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю. При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

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

На первой лекции сделать общий обзор содержания курса. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников. Провести входной контроль знаний в форме устной беседы или опроса. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов. Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения. При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, формируя у студентов образное мышление, не следует увлекаться математическими выкладками. Активная форма проведения лекционных занятий предполагает, в частности, что студенты самостоятельно прорабатывают отдельные разделы лекционного курса, на основе которых выполняется ряд заданий. На последней лекции делается обзор наиболее важных положений.

Следует учесть, что данная дисциплина изучается студентами в одном семестре с дисциплиной "Введение в лазерный термоядерный синтез" и то, что данные дисциплины тесно связаны.

Лекции по курсу можно при необходимости проводить в дистанционном формате.

Автор(ы):

Вовченко Евгений Дмитриевич, к.ф.-м.н.