

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

| 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 |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|--|
| 1       | 2                      | 72                         | 32           | 0                         | 32                       | 0  | 8         |  |
| 2       | 3                      | 108                        | 30           | 0                         | 30                       | 12   | 0         | Э  |
| Итого   | 5                      | 180                        | 62           | 0                         | 62                       | 0  | 8         |  |

## АННОТАЦИЯ

Излагаются принципы работы, физические основы, теория и основные элементы конструкции ускорителей заряженных частиц. Специально обсуждаются вопросы использования разных типов ускорителей в ядерной физике, физике элементарных частиц, а также в прикладных областях техники и технологии. В первой части курса изложены общие физические основы ускорения заряженных частиц, детально рассмотрены динамика частиц в линейных ускорителях и основные элементы конструкции линейных ускорителей. Во второй части курса рассмотрена динамика частиц в циклических ускорителях и даются основные сведения по элементам конструкции циклических ускорителей.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении курса студенты овладевают современными навыками расчета динамики пучков заряженных частиц в линейных и циклических ускорителях, получают основные сведения по конструкции всех типов ускорителей. Подробно знакомятся с последними достижениями в области ускорительной техники. Получают навыки работы на действующих установках и знакомятся с вопросами использования ускорителей в физике и прикладных областях науки и техники.

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

Для освоения данной дисциплины необходимы общие сведения из высшей математики: математического анализ, векторная алгебра, интегральное и дифференциальное исчисление, общей физике (механика, колебания и волны, электричество и магнетизм, специальная теория относительности), а также теоретической механики, электродинамики, электротехники.

### 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 |
|--|---------------------------|--|---|
| научно-исследовательский                   |                           |  |   |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении</p> | <p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области физики</p> | <p>ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.008</p> | <p>З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ;<br/>У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива;<br/>В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p> |
|---|--|--|---|

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок |  |  |  |
|--|--|--|--|

#### 4. 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>1 Семестр</i>                            |        |   |   |                               |                                     |                                 |
| 1     | Первый раздел                               | 1-8    | 16/0/16   |   | 50                            | КИ-8                                | З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1          |
| 2     | Второй раздел                               | 9-16   | 16/0/16   |   | 50                            | КИ-16                               | З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1          |
|       | <i>Итого за 1 Семестр</i>                   |        | 32/0/32   |   | 100                           |                                     |                                 |
|       | <b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b> |        |   |   | 0                             | АттР                                | З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1          |
|       | <i>2 Семестр</i>                            |        |   |   |                               |                                     |                                 |
| 1     | Первый раздел                               | 1-8    | 15/0/15   |   | 25                            | КИ-8                                | З-ПК-1, У-                      |

|   |   |      |         |  |    |       |                                      |
|---|---|------|---------|--|----|-------|--------------------------------------|
|   |   |      |         |  |    |       | ПК-1,<br>В-<br>ПК-1                  |
| 2 | Второй раздел                               | 9-15 | 15/0/15 |  | 25 | КИ-15 | 3-ПК-1,<br>У-<br>ПК-1,<br>В-<br>ПК-1 |
|   | <i>Итого за 2 Семестр</i>                   |      | 30/0/30 |  | 50 |       |                                      |
|   | <b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b> |      |         |  | 50 | Э     | 3-ПК-1,<br>У-<br>ПК-1,<br>В-<br>ПК-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:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| АтТР        | Аттестация разделов |
| КИ          | Контроль по итогам  |
| Э           | Экзамен             |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание  | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|--------|--|------------------------|----------------|------------|
|        | <i>1 Семестр</i>   | 32                     | 0              | 32         |
| 1-8    | <b>Первый раздел</b>   | 16                     | 0              | 16         |
|        | <b>Тема 2</b><br>Классификация ускорителей. Основные этапы развития ускорителей. Элементы и системы ускорителей                          | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |  | 2                      | 0              | 0          |
|        |  | Онлайн                 |                |            |
|        |  | 0                      | 0              | 0          |
|        | <b>Тема 3</b><br>Высоковольтное ускорение. Индукционный метод ускорения. Резонансный принцип ускорения.                                  | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |  | 2                      | 0              | 4          |
|        |  | Онлайн                 |                |            |
|        |  | 0                      | 0              | 0          |
|        | <b>Тема 4</b><br>Ускорение в статических и высокочастотных полях. Принцип автофазировки. Описание динамики пз^ка в фазовом пространстве. | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |  | 2                      | 0              | 4          |
|        |  | Онлайн                 |                |            |
|        |  | 0                      | 0              | 0          |
|        | <b>Тема 5</b><br>Влияние внешнего ускоряющего поля на поперечную динамику пучка. Методы фокусировки частиц.                              | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |  | 2                      | 0              | 4          |
|        |  | Онлайн                 |                |            |

|        |  |                        |   |    |
|--------|--|------------------------|---|----|
|        | Фокусировка продольным магнитным полем. Аксептанс и эмиттанс. Квадрупольная фокусировка. Периодическая фокусировка магнитным полем. Принцип сильной фокусировки.   | 0                      | 0 | 0  |
|        | <b>Тема 6</b><br>Ускорители трансформаторного типа. Каскадные ускорители. Электростатические ускорители.<br>Сильноточные импульсные ускорители. Основные элементы конструкции высоковольтных ускорителей.  | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 4 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        | <b>Тема 7</b><br>Ускорение в полях бегущей и стоячей волн. Способы интегрирования уравнений динамики. Основные элементы и системы линейных ускорителей электронов и ионов.<br>Ускорение релятивистских и нерелятивистских пучков.  | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 0 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        | <b>Тема 8</b><br>Применение периодических волноводов и резонаторов для ускорения электронных пучков. Описание динамики частиц в ускоряющих структурах с постоянной фазовой скоростью волны. Методы группировки электронных пучков.   | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 0 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        | <b>Тема 1</b><br>Общие сведения об ускорителях. Их история. Применение ускорителей для научных исследований, народного хозяйства и в медицине.   | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 0 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
| 9-16   | <b>Второй раздел</b>   | 16                     | 0 | 16 |
|        | <b>Тема 9</b><br>Уравнения поперечной динамики. Теорема Ирншоу.<br>Фокусировка электронов продольным магнитным полем.<br>Системы аксиально-периодической фокусировки.<br>Фокусировка квадрупольными линзами.   | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 4 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        | <b>Тема 10</b><br>Устройство линейных ускорителей ионов. Структуры Видероза и Альвареса. Продольная динамика частиц в ускоряющем резонаторе. Методы группировки нерелятивистских ионных пучков.  | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 4 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        | <b>Тема 11</b><br>Фокусировка квадрупольными линзами. Фокусировка высокочастотным полем. Фазопеременная фокусировка.<br>Фокусировка несинхронными гармониками.<br>Пространственно периодическая квадрупольная ВЧ фокусировка. Пространственно однородная квадрупольная ВЧ фокусировка. Учет резонансных эффектов при ускорении нерелятивистских ионных пучков. | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 4 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        | <b>Тема 12</b><br>Самосоглазованное собственное поле пространственного заряда пучка. Квадрупольная фокусировка при «микрорезонансном» распределении в фазовой плоскости. Ограничение тока пучка в фокусирующем канале ускорителя<br>Тема 12. Влияние собственных высокочастотных полей пучка на продольную динамику частиц.                                    | Всего аудиторных часов |   |    |
| 2      |  | 0                      | 4 |    |
| Онлайн |  |                        |   |    |
|        |  | 0                      | 0 | 0  |

|              |   |                        |   |    |
|--------------|---|------------------------|---|----|
|              | <b>Тема 13</b><br>Уравнение поперечного движения с учетом поля излучения частиц. Генерация паразитных волн модулированным пучком. Эффект обрыва импульса.   | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 2                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              | <b>Тема 14</b><br>Основные характеристики ускоряющих систем на бегущей и стоячей волнах. Выбор и расчет дисперсионных характеристик диафрагмированных волноводов. Неоднородные ускоряющие волноводы. Другие элементы и узлы ускорителя  | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 2                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              | <b>Тема 15</b><br>Расчет резонаторов с трубками дрейфа. Дисперсионные характеристики резонатора. Другие элементы и узлы ускорителя  | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 2                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              | <b>Тема 16</b><br>История развития ускорителей заряженных частиц. Типы линейных ускорителей заряженных частиц.  | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 2                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              | <i>2 Семестр</i>  | 30                     | 0 | 30 |
| <b>1-8</b>   | <b>Первый раздел</b>  | 15                     | 0 | 15 |
|              | <b>Тема 1</b><br>Принцип действия классического циклотрона. Особенности фазового движения частиц в циклотроне. Предельная энергия частиц в циклотроне. Фокусировка пучка в циклотроне. Основные элементы конструкции циклотрона.  | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              | <b>Тема 2</b><br>Фокусировка пучка в изохронном циклотроне. Предельная энергия пучка в изохронном циклотроне. Конструкция изохронного циклотрона. Циклотроны в Дубне (ОИЯИ), Канаде (ТРИУМФ) и Швейцарии (СИЛ).   | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              | <b>Тема 3</b><br>Принцип работы микротрона. Основные условия ускорения в микротроне. Устройство микротрона. Устройство микротрона, регулировка энергии Разрезной микротрон.   | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
| <b>1 - 8</b> | <b>Тема 4</b><br>Принцип действия и устройство бетатрона. Бетатронные условия ускорения Бетатронные колебания и поперечная устойчивость частиц. Синхротронное излучение в бетатроне. Предельная энергия частиц в при ускорении в бетатроне.   | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 15                     | 0 | 15 |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
| <b>9-15</b>  | <b>Второй раздел</b>  | 15                     | 0 | 15 |
|              | <b>Тема 5</b><br>Принцип работы. Затухание синхротронных колебаний частиц. Эффективная масса синхротронного осциллятора. Электронные и протонные синхротроны. Магнитное поле в синхротроне. Периодическая фокусировка частиц в магнитном поле синхротрона. Принцип сильной фокусировки в кольцевых ускорителях. Бетатронные и | Всего аудиторных часов |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |
|              |   | Онлайн                 |   |    |
|              |   | 0                      | 0 | 0  |

|        |   |                        |   |    |
|--------|---|------------------------|---|----|
|        | синхротронные колебания в периодическом магнитном поле.. Критическая энергия.   |                        |   |    |
|        | <b>Тема 6</b><br>Резонансы бетатронных колебаний. Целые и параметрические резонансы. Резонансы связи. Понятие о допусках. Нелинейность бетатронных колебаний. Синхротронные колебания при наличии возмущения. Воздействия шумов на синхротронные колебания. | Всего аудиторных часов |   |    |
| 0      |   | 0                      | 0 |    |
| Онлайн |   |                        |   |    |
|        | <b>Тема 7</b><br>Влияние излучения на синхротронные колебания. Влияние излучения на вертикальные и радиальные бетатронные колебания.  | Всего аудиторных часов |   |    |
| 0      |   | 0                      | 0 |    |
| Онлайн |   |                        |   |    |
|        | <b>Тема 8</b><br>Статические эффекты и устойчивость замкнутой орбиты. Устойчивость бетатронных колебаний. Влияние пространственного заряда на автофазировку пучка.  | Всего аудиторных часов |   |    |
| 0      |   | 0                      | 0 |    |
| Онлайн |   |                        |   |    |
| 9 - 15 | <b>Тема 9</b><br>Фазотрон как модификация циклотрона. Фазовое движение частиц в фазотроне. Условие автофазировки пучка. Коэффициент автофазировки. Предельная энергия частиц. Основные элементы конструкции фазотрона.                                      | Всего аудиторных часов |   |    |
|        |   | 15                     | 0 | 15 |
| 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               |

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

| Недели | Темы занятий / Содержание  |
|--------|--|
|        | <i>1 Семестр</i>   |
|        | <b>Тема 1</b><br>Типы линейных ускорителей заряженных частиц   |
|        | <b>Тема 2</b><br>Принцип работы и основные типы источников ионов и электронов.   |
|        | <b>Тема 3</b><br>Высоковольтные электростатические ускорители. Ускоритель Ван де Граафа. Высоковольтный ускоритель с перезарядкой. |
|        | <b>Тема 4</b><br>Высоковольтные ускорители на основе трансформаторов.  |



|  |  |
|--|--|
|  | <b>Тема 5</b><br>Поперечная фокусировка в бетатроне. Бетатронные колебания                             |
|  | <b>Тема 6</b><br>Сильная фокусировка. Квадрупольная электростатическая и магнитная фокусировки пучков. |
|  | <b>Тема 7</b><br>Резонансные ускорители. Принцип автофазировки частиц.                                 |
|  | <b>Тема 8</b><br>Фазовое движение пучка ионов.   |
|  | <i>2 Семестр</i>   |
|  | <b>Тема 1</b><br>Применение ускорителей для научных исследований, народного хозяйства, медицины.       |
|  | <b>Тема 2</b><br>Способы ускорения частиц и типы ускорителей   |
|  | <b>Тема 3</b><br>Проектирование линейных ускорителей для промышленно-прикладных целей                  |

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По данному курсу предусмотрены только лекции и СРС, по части лекций подготовлены презентации.

## 6. 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) | Аттестационное мероприятие (КП 2) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ПК-1        | З-ПК-1              | АттР, КИ-8, КИ-16                 | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-1              | АттР, КИ-8, КИ-16                 | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-1              | АттР, КИ-8, КИ-16                 | Э, КИ-8, КИ-15                    |

## 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 | Оценка по 4-ех | Оценка | Требования к уровню освоению |
|-------|----------------|--------|------------------------------|

| баллов  | балльной шкале                   | ECTS | учебной дисциплины  |
|---------|----------------------------------|------|---|
| 90-100  | 5 – <i>«отлично»</i>             | 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 – <i>«хорошо»</i>              | 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 – <i>«удовлетворительно»</i>   | 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 – <i>«неудовлетворительно»</i> | 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. |

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

### **1. Рекомендации по работе с лекционной частью дисциплины.**

Перед началом занятий необходимо внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не смущайтесь, если вопросы вам кажутся простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности чаще возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь со стороны преподавателя возможен выборочный контроль ваших знаний).

Желательно использовать в конспектах лекций систему обозначений, к которой прибегает преподаватель.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными и вновь появляющимися литературными источниками.

### **2. Рекомендации для проведения лабораторных занятий.**

Соблюдайте требования техники безопасности, для чего необходимо прослушать разъяснения о правильности поведения в лаборатории, ознакомиться с инструкцией по охране труда и технике безопасности в лаборатории и расписаться в журнале по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы (до проведения занятия) проведите самостоятельно подготовку к работе, изучив основные теоретические положения и методические указания, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, по возможности избегая неправильных действий.

Основные результаты экспериментов, зафиксированные в письменном виде, предъявляются в конце занятия на утверждение преподавателя.

Для защиты отчета по работе подготовьте отчет о проделанной работе в соответствии с указаниями; в отчете должны быть отражены основные результаты и выводы.

### **3. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

Получите у преподавателя задание и список рекомендованной литературы в самом начале семестра.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовьте письменный отчет о проделанной работе.

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.

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

### **1. Чтение лекций.**

Первая лекция должна быть введением к дисциплине (разделу дисциплины, читаемому в начинающемся семестре). Она должна содержать общий обзор содержания дисциплины. В ней следует отметить методические инновации в решении задач, рассматриваемых в дисциплине, дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников, обратив внимание студентов на обязательную и дополнительную литературу.

Изложению текущего лекционного материала должна предшествовать вводная часть, содержащая краткий перечень вопросов, рассмотренных на предыдущих лекциях. На этом этапе полезно задать несколько вопросов аудитории, осуществить выборочный контроль знания студентов.

При изложении лекционного материала следует поощрять вопросы непосредственно в процессе изложения, внимательно относясь к вопросам студентов и при необходимости давая дополнительные, более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, опуская простые математические выкладки, либо рекомендуя выполнить их самим студентам, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

В процессе лекционного курса необходимо возможно чаще возвращаться к основным вопросам дисциплины, проводя выборочный экспресс-контроль знаний студентов.

Принятая преподавателем система обозначений должна четко разъясняться в процессе её введения и использоваться в конспектах лекций

В лекциях, предшествующих практическим занятиям, следует кратко излагать содержание и основные задачи практического занятия, дать рекомендации студентам для подготовки к нему.

На последней лекции важно найти время для обзора основных положений, рассмотренных в дисциплине, перечню и формулировке вопросов, выносимых на экзамен или зачёт.

### **2. Указания для проведения практических занятий.**

Тема практического занятия и его цели должны быть четко обозначены.

В начале практического занятия полезно обсудить основные понятия, связанные с его темой.

В ходе решения задач следует вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний на отдельных этапах решения.

Рекомендуется отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях, как вслух, так и в книжке преподавателя. Передавать эту информацию ответственному по текущей успеваемости.

В конце практического занятия предложить аудитории несколько контрольных вопросов.

### 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе, проводить его обсуждение.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Автор(ы):

Полозов Сергей Маркович, к.ф.-м.н., доцент