

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 ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	2	72	32	0	32		8	0	З
2	4	144	45	0	30		33	0	Э
Итого	6	216	77	0	62	0	41	0	

## 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; Основание (профессиональный стандарт-ПС,	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	--	---

		анализ опыта)	
научно-исследовательский			
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 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	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
проектный			
Участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственнотехнологических процессов и готовой продукции в сфере высоких и	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием	З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты

<p>научно-технических технологий; квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно- технологических процессов и характеристик научно-технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров</p>		<p>современных информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок</p>
<p>Участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственнотехнологическ их процессов и готовой продукции в сфере высоких и научно-технических технологий; квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно- технологических процессов и характеристик научно-технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров</p>	<p>Модели, методы и средства фундаментальны х и прикладных исследований и разработок</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ; У-ПК-6[1] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для</p>

			<p>новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения;</p> <p>В-ПК-6[1] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p>
--	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (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-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Второй раздел	9-16	16/0/16		50	КИ-16	З-ПК-4,

							У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		32/0/32		100		
	<b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b>				0	3	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	30/0/15		25	КИ-8	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Второй раздел	9-15	15/0/15		25	КИ-15	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		45/0/30		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6

\* – 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
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	32	0	32
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	0	16
	<b>Тема 2</b> Классификация ускорителей. Основные этапы развития ускорителей. Элементы и системы ускорителей	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 3</b> Высоковольтное ускорение. Индукционный метод ускорения. Резонансный принцип ускорения.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 4</b> 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> Влияние внешнего ускоряющего поля на поперечную динамику пучка. Методы фокусировки частиц. Фокусировка продольным магнитным полем. Аксептанс и эмиттанс. Квадрупольная фокусировка. Периодическая фокусировка магнитным полем. Принцип сильной фокусировки.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 6</b> Ускорители трансформаторного типа. Каскадные ускорители. Электростатические ускорители. Сильноточные импульсные ускорители. Основные элементы конструкции высоковольтных ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 7</b> Ускорение в полях бегущей и стоячей волн. Способы интегрирования уравнений динамики. Основные элементы и системы линейных ускорителей электронов и ионов. Ускорение релятивистских и нерелятивистских пучков.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 8</b> 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		
		0	0	0
	<b>Тема 1</b> Общие сведения об ускорителях. Их история. Применение	Всего аудиторных часов		
		2	0	0

	ускорителей для научных исследований, народного хозяйства и в медицине.	Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	16	0	16
	<b>Тема 9</b> Уравнения поперечной динамики. Теорема Ирншоу. Фокусировка электронов продольным магнитным полем. Системы аксиально-периодической фокусировки. Фокусировка квадрупольными линзами.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 10</b> Устройство линейных ускорителей ионов. Структуры Видероз и Альвареса. Продольная динамика частиц в ускоряющем резонаторе. Методы группировки нерелятивистских ионных пучков.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 11</b> Фокусировка квадрупольными линзами. Фокусировка высокочастотным полем. Фазопеременная фокусировка. Фокусировка несинхронными гармониками. 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		
		0	0	0
	<b>Тема 12</b> Самосогласованное собственное поле пространственного заряда пучка. Квадрупольная фокусировка при «микрораспределении» в фазовой плоскости. Ограничение тока пучка в фокусирующем канале ускорителя 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> 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> 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> 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> История развития ускорителей заряженных частиц. Типы линейных ускорителей заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>2 Семестр</i>	45	0	30
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	30	0	15



	<b>Тема 1</b> 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		
		7	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 2</b> 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		
		8	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 3</b> Принцип работы микротрона. Основные условия ускорения в микротроне. Устройство микротрона. Устройство микротрона, регулировка энергии Разрезной микротрон.	Всего аудиторных часов		
		7	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 8	<b>Тема 4</b> 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		
		8	0	15
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Второй раздел</b>	15	0	15
	<b>Тема 5</b> 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 синхротронные колебания в периодическом магнитном поле.. Критическая энергия.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 6</b> 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		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 7</b> Влияние излучения на синхротронные колебания. Влияние излучения на вертикальные и радиальные бетатронные колебания.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 8</b> Статические эффекты и устойчивость замкнутой орбиты. Устойчивость бетатронных колебаний. Влияние пространственного заряда на автофазировку пучка.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 15	<b>Тема 9</b> Фазотрон как модификация циклотрона. Фазовое движение частиц в фазотроне. Условие автофазировки пучка. Коэффициент автофазировки. Предельная энергия частиц. Основные элементы конструкции фазотрона.	Всего аудиторных часов		
		3	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> Типы линейных ускорителей заряженных частиц
	<b>Тема 2</b> Принцип работы и основные типы источников ионов и электронов.
	<b>Тема 3</b> Высоковольтные электростатические ускорители. Ускоритель Ван де Граафа. Высоковольтный ускоритель с перезарядкой.
	<b>Тема 4</b> Высоковольтные ускорители на основе трансформаторов.
	<b>Тема 5</b> Поперечная фокусировка в бетатроне. Бетатронные колебания
	<b>Тема 6</b> Сильная фокусировка. Квадрупольная электростатическая и магнитная фокусировки пучков.
	<b>Тема 7</b> Резонансные ускорители. Принцип автофазировки частиц.
	<b>Тема 8</b> Фазовое движение пучка ионов.
	<i>2 Семестр</i>
	<b>Тема 1</b> Применение ускорителей для научных исследований, народного хозяйства, медицины.
	<b>Тема 2</b> Способы ускорения частиц и типы ускорителей
	<b>Тема 3</b> 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-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	З, 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 баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах

присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **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 отчёте 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