МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «25» апреля 2022 года, протокол № 6

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина обеспечивает на современном уровне приобретение студентами знаний и умений описания свойств и моделей атомного ядра, теоретическое изучение процессов взаимодействий и превращений атомных ядер и элементарных частиц, знакомство с основами ядерной энергетики, получение представлений о ядерных реакциях в астрофизических объектах.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части Блока Б1 и является частью модуля «Общая физика». Данный курс является заключительной частью общего курса физики и основывается на знаниях, полученных студентами при изучении предыдущих разделов общего курса физики. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются при изучении курсов теоретической физики «Электродинамика» «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика», а также ряда специальных физических дисциплин.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности.	ИД-ОПК-1_1 Осуществляет постановку задачи, выбирает способ ее решения.	**Знать:** - основные характеристики нуклонов и ядер; - основные свойства и мезонную интерпретацию ядерных сил; - основные положения капельной и оболочечной моделей ядра; - основные законы и механизмы спонтанных превращений атомных ядер; - основные типы и механизмы ядерных реакций, законы сохранения в ядерных реакциях; - основные закономерности реакций деления и синтеза ядер, основы ядерной энергетики; - классификацию и характеристики элементарных частиц, кварковую структуру адронов; - методы статистической обработки результатов измерения в физическом практикуме.
	ИД-ОПК-1_2 Применяет математический аппарат, физические законы и теории для решения прикладных и теоретических	**Уметь:** - решать задачи по основным темам курса. - пользоваться справочной литературой. - пользоваться онлайн базами данных

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
	задач, в том числе педагогической деятельности.	по ядерной физике и физике эл. частиц. **Владеть навыками:** - описания и объяснения явлений ядерной физики; - написания реакций превращения ядер и элементарных частиц; - использования законов сохранения; - применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации. - численной оценки результатов решения задач в области ядерной физики и физики элементарных частиц.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение. Структура и свойства атомных ядер	6	4	2		0,4		2	Устный опрос
2	Модели атомных ядер, ядерные силы	6	4	2		0,4		2	Устный опрос
3	Радиоактивность, спонтанные превращения атомных ядер	6	5	2		0,4		2	Устный опрос Контрольная работа
4	Ядерные реакции, основы ядерной энергетики	6	4	3		0,4		2	Устный опрос
5	Элементарные частицы, классификация, характеристики	6	4	2		0,4		2	Устный опрос
6	Фундаментальные частицы и взаимодействия, систематика элементар-	6	5	2		0,4		2	Устный опрос

	ных частиц, кварковая модель адронов								
7	Современные астрофизические представления и модели	6	4	2		0,3		2	Устный опрос
8	Перспективы объединения взаимодействий	6	4	2		0,3		2	Устный опрос
		6				2	0,5	33,5	Экзамен
	Всего за 6 семестр		34	17		5	0,5	49,5	

Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Структура и свойства атомных ядер.
Формула Резерфорда. Опыты Гейгера и Марсдена по рассеянию альфа-частиц, ядерная модель атома, оценка размера ядра. Открытие протона и нейтрона, протон–нейтронная модель ядра. Нуклоны и их характеристики, заряд и масса атомного ядра, изотопные и изобарные нуклиды, масс-спектроскопия. Энергия связи и устойчивость ядер, анализ зависимости удельной энергии связи. Спин и магнитный момент ядра, пространственная четность. Размеры и форма ядер. Опыты Хофштадтера, распределение заряда в ядре и нуклоне.

2. Модели атомных ядер, ядерные силы.
Капельная модель ядра, полуэмпирическая формула Вейцзекера для энергии связи. Энергия симметрии, модель ядерного ферми-газа. Магические числа, модель ядерных оболочек. Ограниченность одночастичной модели, обобщенная модель. Характеристики ядерных сил на основе анализа зависимости удельной энергии связи ядра и модели дейтрона. Опыты по нуклон–нуклонному рассеянию, потенциал взаимодействия. Изоспин ядра, изотопическая инвариантность ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил, потенциал Юкавы.

3. Радиоактивность, спонтанные превращения атомных ядер.
Закономерности и основные типы спонтанных превращений атомных ядер, радиоактивные семейства, вековое равновесие. Альфа-распад ядер: эмпирические закономерности, спектр α-распада, тонкая структура, длиннопробежные α-частицы, теория альфа-распада. Бета-распад ядер: экспериментальные данные, непрерывность спектра β-распада, теория Ферми, разрешенные и запрещенные переходы, несохранение четности при β-распаде, опыты Ву. Нейтрино, опыт Рейнеса и Коуэна. Электромагнитные переходы ядер: ядерное γ-излучение, вероятность радиационных переходов, конверсионные переходы, вероятности. Ядерный гамма-резонанс. Спонтанное деление ядер: механизм, критический параметр деления, энергия и продукты деления. Другие виды спонтанных превращений ядер: кластерный распад, запаздывающие протоны и нейтроны. NZ-диаграмма: стабильные и радиоактивные ядра, дорожка стабильности, остров стабильности.

4. Ядерные реакции, основы ядерной энергетики.
Определение, примеры и классификация ядерных реакций. Законы сохранения. Кинематика ядерных реакций, порог реакции. Механизмы ядерных реакций. Сечение реакций, идущих через составное ядро, формула Брейта–Вигнера. Реакции на нейтронах, деление атомных ядер, цепная реакция деления. Физические основы ядерного реактора, природный реактор в Окло. Воспроизводство ядерного топлива, бридеры. Изотопные источники энергии. Проблемы ядерной энергетики. Реакции синтеза легких ядер, термоядерный синтез в природе, управляемый термоядерный синтез, проблемы термоядерной энергетики. Международный проект ИТЭР.

5. Элементарные частицы, классификация, характеристики.
Элементарные частицы, субъядерный «зоопарк», основы классификации (лептоны, мезоны, барионы, резонансы, калибровочные бозоны), частицы и античастицы. Характеристики частиц. Симметрии и законы сохранения в физике элементарных частиц. Нарушение закона сохранения четности в слабых взаимодействиях, комбинированная четность, CPT-теорема.

6. Фундаментальные частицы и взаимодействия, систематика элементарных частиц, кварковая модель адронов.
Основы систематики частиц, изомультиплеты и SU(3) мультиплеты по ароматам легких кварков. Фундаментальные фермионы, характеристики кварков, кварковая структура адронов. Цвет и глюоны, конфайнмент. Слабые взаимодействия, W- и Z-бозоны, хиггсовский бозон.

7. Современные астрофизические представления и модели.
Большой взрыв, первые «мгновения» Вселенной, дозвездный синтез ядер. Ядерные реакции в звездах. Стадии жизни звезд. Космическое излучение, природа и состав первичного и вторичного излучений.

8. Перспективы объединения взаимодействий.
Взаимодействия в физике элементарных частиц, фундаментальные бозоны, константы и радиусы взаимодействий. Сбегающиеся константы, модели и перспективы объединения взаимодействий.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного

программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – программы Microsoft Office и издательская система LaTeX;

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система «БУКИ-NEXT» (АБИС «Буки-Next»).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Т.5: Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 782 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=321493&cat_cd=YARSU

2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5. Атомная и ядерная физика : учебное пособие для вузов / Сивухин Д. В. - 3-е изд. , стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 784 с. - URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html

3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. — СПб.: Лань, 2006. — 416 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=351666&cat_cd=YARSU

б) дополнительная литература

1. Алексеев В.П., Глушаков В.П. Ядерная физика. Лабораторный практикум (учебное пособие). — Ярославль: ЯрГУ, 2009. — 236 с. http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20090732.pdf

2. Савельев И. В. Курс общей физики: учеб. пособие для вузов: в 4 т / И. В. Савельев; под общ. ред. В. И. Савельева; Науч.-метод. совет по физике М-ва образования и науки РФ. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - Б.м.: Б.и., 2009. - 359 с. http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=368816&cat_cd=YARSU

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

2. Проект «Ядерная физика в Интернете» кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ, который осуществляется при поддержке НИИЯФ МГУ (http://nuclphys.sinp.msu.ru/)

3. Olive K.H et al. (Particle Data Group). Review of Particle Physics. — Chin. Phys. C38, 2014, 090001. — 1676 p. http://pdg.lbl.gov/2018/download/rpp2016-Chin.Phys.C.40.100001.pdf

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

– учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся. Число посадочных мест в аудитории для лабораторных работ больше либо равно половине списочного состава группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Автор:

Доцент кафедры теоретической физики, к.ф.-м.н. М.В. Мартынов

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Устный опрос

Проводится на практических занятиях по вопросам из списка вопросов к зачёту.

Критерии оценивания ответов на вопросы опроса на практических занятиях

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Полнота ответа	Вопрос раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок

Примерный вариант контрольной работы

Проверка сформированности навыков ОПК-1_1 индикатор ИД-ОПК-1_2

1. Определить с помощью табличных значений масс нуклидов энергию связи нейтрона, протона и α-частицы в ядре ^{39}K.
2. Радионуклид ^{124}Sb образуется с постоянной скоростью $q = 2.0 \times 10^9$ ядер в секунду. С периодом полураспада T = 60 суток он превращается в стабильный нуклид ^{124}Te. Найти, через сколько времени после начала образования активность ^{124}Sb станет $A = 3.7 \times 10^8$ Бк.
3. Распад ядер ^{210}Po происходит из основного состояния и сопровождается испусканием двух групп α-частиц: основной с энергией 5.3 МэВ и слабой (по интенсивности) с энергией 4.5 МэВ. Найти энергию α-распада этих ядер и энергию γ-квантов, испускаемых дочерними ядрами.
4. Ядро ^{32}P испытывает β-распад, в результате которого дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии. Определить максимальную кинетическую энергию β-частиц и соответствующую кинетическую энергию дочернего ядра.
5. Определить кинетическую энергию ядра ^{15}O, возникающего в реакции: $n + {}^{19}F \rightarrow {}^{15}O + p + 4n$ (Q = - 35.8 МэВ) при пороговом значении энергии нейтрона.
6. Определить собственное среднее время жизни мюона, если при кинетической энергии $T = 7\, m_\mu c^2$ среднее время жизни мюона $\tau = 17.6$ мкс.

<u>Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:</u>

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по следующему принципу.

Полностью неправильно выполненное задание – 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам самостоятельной работы – 12 баллов,

Набранное количество баллов - 10-12 соответствует оценке «отлично», 7-9 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

Показатели и критерии, используемые при выставлении оценки:

Показатели	**Критерии**
Постановка задачи	1. Определение физических условий задачи; 2. Выбор метода решения (уравнений, формул и т.д.)
Выполнение вычислений	3. Объяснение логики хода решения задачи 4. Выполнение математических вычислений (преобразований)
Анализ полученного результата	5. Проверка результата на соответствие условиям, которым он должен удовлетворять (размерность, нормировка и т.д.) 6. Определение границ применимости результата

2 Список вопросов и (или) заданий для проведения итоговой аттестации

Список вопросов к экзамену

Проверка сформированности навыков ОПК-1_1 индикатор ИД-ОПК-1_1

1. Метод рассеяния, кинематика процессов рассеяния, эффективное сечение рассеяния, формула Резерфорда.
2. Опыты Гейгера и Марсдена по рассеянию альфа-частиц, ядерная модель атома, оценка размера ядра.
3. Открытие протона и нейтрона, протон–нейтронная модель ядра.
4. Радиоактивные источники ядерных излучений, характеристики.
5. Космические лучи как источник ядерных излучений, характеристики.
6. Ускорители — современные экспериментальные устройства в области ядерной физики и физики элементарных частиц.
7. Взаимодействие заряженных частиц с веществом, удельные потери энергии, пробег.
8. Взаимодействие γ-квантов с веществом, закон ослабления.
9. Взаимодействие нейтронов с веществом.
10. Принципы регистрации частиц, типы детекторов (газонаполненные, сцинтилляционные, полупроводниковые, трековые).
11. Дозиметрические величины, единицы измерений, естественный радиационный фон. Основы радиационной безопасности.
12. Нуклоны и их характеристики, заряд и масса атомного ядра, изотопные и изобарные нуклиды, масс-спектроскопия.
13. Энергия связи и устойчивость ядер, анализ зависимости удельной энергии связи.
14. Спин и магнитный момент ядра, пространственная четность.

15. Размеры и форма ядер. Опыты Хофштадтера, распределение заряда в ядре и нуклоне.
16. Характеристики ядерных сил на основе анализа зависимости удельной энергии связи ядра и модели дейтрона.
17. Опыты по нуклон–нуклонному рассеянию, потенциал взаимодействия.
18. Изоспин ядра, изотопическая инвариантность ядерных сил.
19. Мезонная теория ядерных сил, потенциал Юкавы.
20. Капельная модель ядра, полуэмпирическая формула Вейцзекера для энергии связи. Энергия симметрии, модель ядерного ферми-газа.
21. Магические числа, модель ядерных оболочек.
22. Ограниченность одночастичной модели, обобщенная модель.
23. Закономерности и основные типы спонтанных превращений атомных ядер, радиоактивные семейства, вековое равновесие.
24. Альфа-распад ядер: эмпирические закономерности, спектр α-распада, тонкая структура, длиннопробежные α-частицы, теория альфа-распада.
25. Бета-распад ядер: экспериментальные данные, непрерывность спектра β-распада, теория Ферми, разрешенные и запрещенные переходы.
26. Бета-распад ядер: несохранение четности при β-распаде, опыты Ву. Нейтрино, опыт Рейнеса и Коуэна.
27. Электромагнитные переходы ядер: ядерное γ-излучение, вероятность радиационных переходов, конверсионные переходы, вероятности.
28. Ядерный гамма-резонанс — эффект Мёссбауера.
29. Спонтанное деление ядер: механизм, критический параметр деления, энергия и продукты деления. Другие виды спонтанных превращений ядер: кластерный распад, запаздывающие протоны и нейтроны.
30. NZ-диаграмма: стабильные и радиоактивные ядра, дорожка стабильности, остров стабильности.
31. Определение, примеры и классификация ядерных реакций.
32. Законы сохранения. Кинематика ядерных реакций, порог реакции.
33. Механизмы ядерных реакций. Сечение реакций, идущих через составное ядро, формула Брейта–Вигнера.
34. Реакции на нейтронах, деление атомных ядер, цепная реакция деления.
35. Физические основы ядерного реактора, природный реактор в Окло.
36. Воспроизводство ядерного топлива, бридеры. Изотопные источники энергии. Проблемы ядерной энергетики.
37. Реакции синтеза легких ядер, термоядерный синтез в природе, управляемый термоядерный синтез, проблемы термоядерной энергетики. Международный проект ИТЭР.
38. Элементарные частицы, субъядерный «зоопарк», основы классификации (лептоны, мезоны, барионы, резонансы, калибровочные бозоны), частицы и античастицы.
39. Характеристики элементарных частиц. Симметрии и законы сохранения в физике элементарных частиц.
40. Нарушение закона сохранения четности в слабых взаимодействиях, комбинированная четность, CPT-теорема Паули.
41. Основы систематики адронов: изомультиплеты и SU(3)–мультиплеты.
42. Фундаментальные фермионы, характеристики кварков, кварковая структура адронов.
43. Цвет и глюоны, конфайнмент.
44. Взаимодействия в физике элементарных частиц, фундаментальные бозоны, константы и радиусы взаимодействий.
45. Сбегающиеся константы, модели и перспективы объединения взаимодействий.
46. Большой взрыв, первые «мгновения» Вселенной, дозвездный синтез ядер.

47. Ядерные реакции в звездах. Стадии жизни звезд.
48. Космическое излучение, природа и состав первичного и вторичного излучений.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	**Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)**	**Продвинутый уровень (на «хорошо»)**	**Высокий уровень (на «отлично»)**
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Полнота ответа	Вопрос билета раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Рисунки (если требуются)	Имеются	Корректные	Корректные

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины
«Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной задачей данного курса является обучение студентов основам ядерной физики и физики элементарных частиц, основным теоретическим идеям и экспериментальным методам исследований.

В процессе обучения студенты должны научиться понимать суть явлений, происходящих в ядрах на основе существующих представлений об их структуре и свойствах, осознать квантовую природу всех процессов, происходящих как в ядре, так и при взаимодействии элементарных и фундаментальных частиц, знать принципиальное устройство и физические основы приборов и механизмов, работа которых обусловлена эффектами квантовой физики, а также ознакомиться с базовыми идеями Стандартной модели взаимодействий частиц и основными экспериментами, подтверждающими ее правильность.

Все лекционные занятия должны быть закреплены практическими занятиями, на которых студенты приобретают навык вычисления и анализа поставленной задачи и полученного результата.

Распределение времени для изучения данного курса лучше всего планировать, предусматривая регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекции, необходимо регулярно дополнять информацией, полученной из учебной литературы. Для этого студентам рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу из списка рекомендованной литературы.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач в аудитории и самостоятельно в качестве домашних заданий (это является хорошим критерием для самопроверки качества освоения материала), активное участие в практических занятиях. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется регулярно изучать лекционный материал. Студентам в качестве самостоятельной работы задаются задачи для домашней работы. Примеры решения задач разбираются на практических занятиях, поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым.