

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

УМС ИФТИС Протокол №1 от 26.04.2023 г.

УМС ИЯФИТ Протокол №01/423-573.1 от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

АТОМНАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 15.03.04 Автоматизация технологических  
процессов и производств  
[2] 12.03.01 Приборостроение  
[3] 14.03.02 Ядерная физика и технологии  
[4] 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
[5] 22.03.01 Материаловедение и технологии  
материалов

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, экс./зач./КР/КП	
5	5	180	32	32	32		30-48	0	Э
Итого	5	180	32	32	32	16	30-48	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина входит в естественнонаучный модуль и формирует у студентов компетенции, освоение которых требует современного естественнонаучного мировоззрения и научного мышления. В рамках данной дисциплины студенты знакомятся с основами квантовой физики: теорией теплового излучения, атомной и молекулярной спектроскопии, теорией твердого тела, явлением радиоактивности. Студенты получают общее представление о физике атомного ядра и элементарных частиц. На практических занятиях студенты приобретают навыки/умения применения квантовых представлений для решения исследовательских и инженерных задач. В рамках данной дисциплины студенты приобретают навыки/умения работы со спектроскопическими и спектраграфическими приборами и оборудованием.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Задачи дисциплины:

- Изучение студентами основных понятий, определений и законов атомной физики и спектроскопии;
- Формирование у студента способности применять знания, получаемые при изучении курса, к решению практически физических задач;
- Получение основ профессиональных навыков проведения несложных физических экспериментов в учебных физических лабораториях;
- Обучение студентов самостоятельной работе с учебной литературой;• выработать у студентов диалектико-материалистическое понимание природы, сформировать научный метод мышления, воспитать инженерную интуицию,
- осветить мировоззренческие и методологические проблемы физики, отразить основные черты современной естественно - научной картины мира,
- показать важную роль современной физики в решении глобальных проблем человечества (энергетической, экологической и др.);
- подготовить студентов к изучению теоретических и специальных курсов физики.

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

При освоении дисциплины студенты приобретают основные сведения по атомной физике, квантовой механике и спектроскопии необходимые для дальнейшего успешного изучения курсов теоретической физики. Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо знать основные законы механики и молекулярной физики и статистической термодинамики, электромагнетизма и оптики.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

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

<p>УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>З-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа  У-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников  В-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>
<p>УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах</p>	<p>З-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи  В-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной

	<p>избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (B14)</p>	<p>значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p>
--	---	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Квантовая физика	1-8	16/16/0	к.р-8	20	КИ-8	3-УК-

				(15)			1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
2	Физика атома и элементарных частиц	9-16	16/16/0	ДЗ-16 (1),к.р-15 (15)	20	КИ-16	3-УК-1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
3	Атомная Физика. Физпрактикум	1-16	0/0/32	КИ-8 (100)	10	КИ-16	3-УК-1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/32/32		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	Э	3-УК-1, У- УК-1, В- УК-1, 3-

							УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-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
ДЗ	Домашнее задание
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	32	32
<b>1-8</b>	<b>Квантовая физика</b>	16	16	0
1	<b>Тепловое излучение</b> Тепловое излучение. Испускательная и поглощательная способности тел. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Стоячие волны в пространстве трех измерений. Число нормальных состояний в интервале $\nu$ . Формула Релея-Джинса. Статистическое среднее энергии гармонического осциллятора (классическое и квантовое выражение). Формула Планка. Постоянная Планка.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Фотоны</b> Тормозное рентгеновское излучение. Коротковолновая граница тормозного рентгеновского спектра. Фотоэффект. опыты Столетова. Формула Эйнштейна. опыты Милликена. Красная граница фотоэффекта. опыт Боте. Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение между волновой и корпускулярной картинами. Эффект Комптона. Комптоновская длина волны.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Ядерная модель атома</b> Атомные спектры. опыты по рассеянию альфа-частиц. Формула Резерфорда. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. опыт Франка и Герца. Элементарная теория водородного атома Бора. Спектральные серии водородного	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	атома.			
4	<b>Волновые свойства вещества</b> Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики. Опыты Дэвиссона и Джермера. Дифракция электронов. Опыты Томпсона и Тарковского. Неприменимость понятия траектории к микрочастицам. Прохождение электронного пучка через щели. Соотношение неопределенностей и принцип неопределенности Гейзенберга. Прохождение частицы через щель. Оценка размеров и минимальной энергии водородного атома.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Элементы квантовой механики</b> Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции. Квантование энергии. Частица в одномерной бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Результаты квантовой механики для гармонического осциллятора. Нулевая энергия. Правило отбора для колебательного квантового числа для радиационных переходов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Квантование момента импульса</b> Квантование числа орбитального момента импульса. Спин. Спин электрона. Сложение моментов импульса. Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Связи LS и JJ. Символы термов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Результаты квантовой механики для атома водорода</b> Квантовые числа электрона в атоме. Вырождение состояний. Кратность вырождения. Символы состояний. Схема уровней. Правило отбора для радиационных переходов. Спектральные серии атома водорода.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме</b> Принцип Паули. Оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация атома. Периодическая система элементов Менделеева.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Физика атома и элементарных частиц</b>	16	16	0
9	<b>Спектры щелочных металлов</b> . Основные спектральные серии. Ридберговские поправки. Тонкая структура спектральных линий. Мультиплетность. Спин-орбитальное взаимодействие. Схема уровней и переходов в натрии.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Характеристическое рентгеновское излучение</b> Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Двухатомная молекула. Схема энергетических уровней двухатомной молекулы.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Магнитный момент атома</b> Орбитальные и спиновые магнитные моменты. Магнетон Бора. Множитель Ланде. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Лазеры</b> Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Ширина спектральных линий. Инверсная	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	заселенность уровней. Положительная обратная связь. Коэффициент усиления. Лазер на рубине.	0	0	0
13	<b>Теплоемкость кристаллов</b> Спектр колебаний кристаллической решетки. Теория Дебая. Фононы. Распределение Бозе-Эйнштейна.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Энергетические зоны в кристаллах</b> Квантовая теория свободных электронов в металле. Плотность энергетических состояний. Распределение Ферми-Дирака. Металлы, полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимости. Сверхпроводимость. Работа выхода. Теплоэлектронная эмиссия. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Элементы физики атомного ядра</b> Состав атомного ядра. Атомный номер и массовое число. Изотопы. Размеры атомного ядра. Масса и энергия связи. Дефект массы. Оболочечная и капельная модели ядра. Радиоактивность. Виды радиоактивных процессов. Закон распада.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Элементы физики элементарных частиц.</b> Виды взаимодействия и классы элементарных частиц. Частицы и античастицы.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
1-16	<b>Атомная Физика. Физпрактикум</b>	0	0	32
1 - 16	<b>Лабораторный физпрактикум</b> Выполнение лабораторных работ по курсу.	Всего аудиторных часов		
		0	0	32
		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
	5 Семестр



1 - 16	<b>Физпрактикум</b> Работа 3. Эффект Комптона. Работа 9. Масс-спектрометр. Работа 10. Опыт Резерфорда. Работа 11. Определение энергии - частиц. Работа 12. Дифракция электронов. Работа 14. Изучение характеристического рентгеновского спектра меди. Работа 15. Электронный парамагнитный резонанс. Работа 16. Эффект Мессбауэра. Работа 17. Закон Мозли. Работа 18. Исследование треков ионизирующих частиц.
--------	--

## ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1	<b>Тепловое излучение</b> Тепловое излучение.
2	<b>Фотоны</b> Фотоны. Эффект Комптона, тормозное рентгеновское излучение.
3	<b>Ядерная модель атома</b> Ядерная модель атома
4	<b>Волновые свойства микрочастиц</b> Волновые свойства микрочастиц. Де-бройлевская длина волны.
5	<b>Элементы квантовой механики.</b> Элементы квантовой механики. Уравнение Шредингера.
6	<b>Квантование момента импульса</b> Квантование момента импульса.
7	<b>Результаты квантовой механики для атома водорода</b> Результаты квантовой механики для атома водорода
8	<b>Контрольная работа</b> Тепловое излучение. Фотоны. Ядерная модель атома. Волновые свойства микрочастиц. Элементы квантовой механики. Квантование момента импульса.
9	<b>Результаты квантовой механики для атома водорода</b> Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме
10	<b>Спектры щелочных металлов</b> Спектры щелочных металлов натрия, лития.
11	<b>Характеристическое рентгеновское излучение.</b> Характеристическое рентгеновское излучение.
12	<b>Двухатомная молекула</b> Двухатомная молекула
13	<b>Магнитный момент атома</b> Магнитный момент атома
14	<b>Теплоемкость кристаллов</b>

	Энергетические зоны в кристаллах
15	<b>Контрольная работа</b> Результаты квантовой механики для атома водорода. Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме. Спектры щелочных металлов. Характеристическое рентгеновское излучение. Двухатомная молекула. Магнитный момент атома.
16	<b>Элементы физики атомного ядра.</b> Элементы физики элементарных частиц

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На кафедре общей физики по каждому из разделов курса созданы электронные конспекты лекций и электронные презентации к ним (не менее 160 штук к каждому разделу). Лекции читаются в специализированной мультимедийной физической аудитории с приданным демонстрационным кабинетом. Преподавателями кафедры общей физики регулярно проводятся тематические тестирования (включая входное тестирование остаточных знаний), цель которых – стимулирование студентов к постоянной работе на всех видах аудиторных занятий и регулярного выполнения студентами семестрового домашнего задания. Каждый раздел тестов содержит от 6 до 8 дидактических единиц, что позволяет подстраивать тест под конкретную задачу, стоящую перед преподавателем. В зависимости от ситуации, преподаватель может варьировать числом задач в тесте (от 1 до 20), необходимых для получения положительной оценки (зачета), временем его прохождения (от 10 минут до 2 часов). По результатам теста составляется протокол с информацией о каждом студенте (время работы, общий балл, какие задания решены успешно). Имеется возможность повторного прохождения теста. Предусмотрены меры против несанкционированного доступа в систему.

## 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)
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, ДЗ-16, к.р-15
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, ДЗ-16, к.р-15
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, ДЗ-16, к.р-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, ДЗ-16, к.р-15
	У-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, ДЗ-16,

		к.р-15
	В-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, ДЗ-16, к.р-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-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 А64 Анализ и представление результатов эксперимента : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
2. 53 А64 Анализ и представление результатов эксперимента : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
3. 539.1 Л12 Лабораторный практикум "Атомная физика" : , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Атомная физика" : , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. 539.1 Л12 Лабораторный практикум "Спектры атомов и молекул" : , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Спектры атомов и молекул" : , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. ЭИ Л12 Лабораторный практикум курса общей физики. Раздел "Атомная физика" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
8. 539.1 Л12 Лабораторный практикум курса общей физики. Раздел "Атомная физика" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
9. ЭИ Л12 Лабораторный практикум курса общей физики. Раздел "Спектры атомов и молекул" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
10. 539.1 Л12 Лабораторный практикум курса общей физики. Раздел "Спектры атомов и молекул" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
11. 53 К17 Руководство к решению задач по физике "Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
12. ЭИ К17 Руководство к решению задач по физике "Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
13. 53 С12 Сборник вопросов и задач по общей физике : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2013
14. 53 С12 Курс общей физики Кн.5 Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, , Москва: Астрель, АСТ, 2007

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 И83 Задачи по квантовой физике : учебное пособие для вузов, И. Е. Иродов, Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012
2. 533 Г67 Элементы физики плазмы : Учеб. пособие, Л. П. Горбачев, М.: МИФИ, 1992

3. 539.1 К52 Лабораторный практикум "Атомная физика". Закон Мозли (5-19А). Интенсивность характеристического рентгеновского излучения меди (5-20) : , Н. А. Клячин, М. В. Пентегова, В. В. Сурков, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

Методические указания для студентов с описанием режима и характера аудиторной и самостоятельной учебной работы по дисциплине.

Методические рекомендации для усвоения теоретического курса.

Для успешного изучения курса общей физики на младших курсах и подготовки к изучению курсов теоретической физики при обучении в институте на старших курсах необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия. Почти бесполезно только читать любой учебник, его нужно конспектировать, т. е. записывать самое главное из того, что вы поняли (записывать надо свои мысли, а не текст учебника). Все, что осталось непонятым, надо на ближайшем занятии (лекция, семинар, лабораторная работа) спросить (после этого записать самое главное из вновь понятого, а оставшееся неясным — так бывает! - переспросить). Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. Выводы, встречающиеся в курсе (учебник, лекция), необходимо проделать самостоятельно (спустя некоторое время после проработки и не заглядывая в конспект или учебник). После того как вы научились давать определения (физически правильно и грамматически верно), записывать их математически, формулировать своими словами и записывать физические законы, объяснять, где и как они применяются, можно считать изучение данного раздела законченным. Ничего, включая важнейшие выводы, определения и формулировки, не надо учить наизусть. При необходимости понятый и закрепленный материал вы легко вспомните. Прорабатывая материал, полезно пользоваться разными учебниками. При подготовке к экзаменам достаточно собственного конспекта. Сведения по высшей математике, без которых современное изложение курса физики невозможно, рассмотрены в математическом введении основной и дополнительной литературы. Кроме того, параллельно с курсом общей физики Вы изучаете курсы высшей математики, программы которых сбалансированы и сопряжены с программой курса общей физики.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют строго за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию — это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами. Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие. Если позволяет характер задачи, обязательно сделайте рисунок, поясняющий ее сущность. За редкими исключениями, каждая задача должна быть сначала решена в общем виде (т. е. в буквенных обозначениях, а не в числах), причем искомая величина должна быть выражена через заданные величины. Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность. Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях.

В тех случаях, когда в процессе нахождения искомых величин приходится решать систему нескольких громоздких уравнений (как, например, часто бывает при нахождении токов, текущих в сложных разветвленных цепях), целесообразно сначала подставлять в эти уравнения числовые значения коэффициентов и лишь затем определять значения искомых величин. Убедившись в правильности общего решения, подставляют в него вместо каждой из букв числовые значения обозначенных ими величин, беря, разумеется, все эти значения в одной и той же системе единиц. Чтобы облегчить определение порядка вычисляемой величины, полезно представить исходные величины в виде чисел, близких к единице, умноженных на 10 в соответствующей степени (например, вместо 247 подставить  $2,47E+2$ , вместо 0,086 — число  $0,86E-1$  и т. д.). Подставив в формулу числа, прежде чем начать вычисления, проверьте, нельзя ли воспользоваться формулами для приближенных вычислений, приведенными в Приложениях рекомендованных сборников задач.

Надо помнить, что числовые значения физических величин всегда являются приближенными. Поэтому при расчетах необходимо руководствоваться правилами действий с приближенными числами. В частности, в полученном значении вычисленной величины нужно сохранить последним тот знак, единица которого превышает погрешность этой величины. Все остальные значащие цифры надо отбросить. Получив числовой ответ, нужно оценить его правдоподобность. Такая оценка может в ряде случаев обнаружить ошибочность полученного результата. Например, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме, дальность полета камня, брошенного человеком, не может быть порядка 1000 м, масса молекулы — порядка 1 мг и т. п.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если учащийся решает задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают

мышление и укрепляют волю. Следует иметь в виду, что решающую роль в работе над задачами, как и вообще в учении, играют сила воли и трудолюбие.

Не следует смущаться тем, что некоторые задачи не решаются «с ходу». Достоверно установлено, что процесс творчества в области точных наук (а решение задач есть вид творчества) протекает по следующей схеме. Сначала идет подготовительная стадия, в ходе которой ученый настойчиво ищет решение проблемы. Если решение найти не удается и проблема оставлена, наступает вторая стадия (стадия инкубации) — ученый не думает о проблеме и занимается другими вопросами. Однако в подсознании продолжается скрытая работа мысли, которая часто приводит в конечном итоге к третьей стадии - внезапному озарению и получению требуемого решения. Нужно иметь в виду, что стадия инкубации не возникает сама собой - для того чтобы пустить в ход машину бессознательного, необходима настойчивая интенсивная работа в ходе подготовительной стадии. Решение задач, как мы уже отмечали, есть также вид творчества и подчиняется тем же закономерностям, что и работа ученого над научной проблемой. Правда, в некоторых случаях, вторая стадия - стадия инкубации - может быть выражена настолько слабо, что остается незамеченной. Из сказанного вытекает, что решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены. Над заданными «на дом» задачами надо начинать думать как можно раньше, создавая условия для реализации стадии инкубации.

Если в условии задачи имеются числовые данные, не ленитесь доводить решение до числового ответа. Чтобы получить правильный числовой ответ, необходимо хорошо знать единицы физических величин и уметь производить аккуратно и надежно расчеты. И то, и другое может быть достигнуто только длительной практикой. Особое внимание нужно обращать на правильное определение порядка искомой величины. Среди учащихся часто встречается удивительное заблуждение - они считают, что ошибка в порядке величины (даже на несколько порядков) менее существенна, чем ошибка в значащих цифрах. Необоснованность такого мнения легко обнаруживается на следующем примере. Ошибка, заключающаяся в том, что вместо 5 получено 7, составляет 40 %, в то время как ошибка всего на один порядок (скажем, вместо  $1,0E4$  получено  $1,0E5$ ) составляет 900 %.

В рекомендуемых сборниках задач, в разделе, который следует за ответами, содержатся указания к решению более трудных задач. Обращаться к ним нужно лишь после того, как несколько попыток решить задачу не приведут к успеху.

Наконец, надо иметь в виду, что в ряде случаев задачи расположены в логической последовательности и в порядке возрастающей трудности. Поэтому толчком к решению данной задачи может послужить ознакомление с несколькими предшествующими задачами.

Методические рекомендации для подготовки к лабораторным работам.

Освоение студентом лабораторного практикума – необходимая составная часть работы студента при освоении курса общей физики.

Каждый студент за один семестр должен выполнить по индивидуальному графику семь (если специально не оговорено) лабораторных работ. График работ студент получает на первом в семестре занятии в соответствующей лаборатории.

Каждый студент перед началом семестра получает полный комплект литературы - набор книг с названием «Лабораторный практикум». Этот набор книг необходим для самостоятельной (домашней) подготовки студента к каждой лабораторной работе. Тема очередной лабораторной

работы студента может опережать лекционный курс. Кроме того, темы около четверти лабораторных работ вообще не отражены в лекционном курсе. Такие лабораторные работы расширяют круг вопросов, рассматривающихся в разделе курса общей физики. По этой причине описание каждой лабораторной работы содержит достаточно проработанное теоретическое введение, основные расчетные формулы и формулы расчета погрешности, подробное описание лабораторной установки, сценарий проведения лабораторной работы, виды таблиц, для внесения в них результатов измерений, контрольные вопросы, дающие студенту осуществить самоконтроль уровня своей подготовки к работе.

Физическая лаборатория – помещение повышенной опасности. Поэтому, все студенты в начале каждого семестра перед началом работы в лаборатории проходят инструктаж по технике безопасности. Каждый студент в специальном журнале ставит свою подпись о том что он прослушал инструктаж по технике безопасности работы в лаборатории и обязуется выполнять все пункты инструктажа.

1. Студенты не допускаются в лабораторию:

а/ после звонка,

б/ в верхней одежде.

2. Студент допускается к выполнению работы только после проверки преподавателем готовности студента.

Готовность студента к выполнению лабораторной работы состоит в следующем:

а) полностью подготовлена к сдаче предыдущая работа,

б) подготовлена текущая работа, подготовка включает: название работы, схему установки, рабочие формулы и формулы для расчета погрешностей; перечень приборов и принадлежностей (технические характеристики заполняются в лаборатории); перечень заданий и таблицы для прямых измерений;

в) знание эксперимента и теории данной работы в рамках описания работы в практикуме и учебника по курсу общей физики.

3. Студент не допускается к выполнению работы, если:

а) отсутствует лабораторный журнал или указанные в пункте 2-б записи в нем,

б) студент не знает теории работы в рамках теоретического введения в практикуме и не представляет отчетливо, что и каким методом он будет измерять;

в) имеется более одной несданной работы;

г) не подготовлена к сдаче предыдущая работа.

4. Студенты, недопущенные к выполнению по п.п.1-а, 3, выполняют работу в зачетную неделю.

5. Студентам, пропустившим занятия по уважительным причинам (имеется допуск из деканата), предоставить в течение семестра возможность выполнения любой свободной работы, не включенной в его индивидуальный график. Для этого преподаватель должен в лабораторном журнале студента сделать запись с просьбой допустить студента в удобное для студента время к выполнению работы (указать номер работы, выбранной преподавателем из менее занятых, что соответствует концу списка «График выполнения работ студентами»).

6. В течение одного занятия допускается выполнение не более одной лабораторной работы.

7. Не допускается совместная работа 2-х и большего числа студентов за одной установкой, если это не предусмотрено методическими указаниями к выполнению данной работы.



Правила ведения лабораторного журнала студента.

1. В качестве журнала используется тетрадь большего размера.

2. На титульном листе журнала должны быть указаны фамилия и инициалы студента, номер группы.

3. Оформление каждой работы начинается с новой страницы. Схемы и графики выполняются карандашом, все записи делаются ручкой, для графиков используется только миллиметровая бумага, графики вклеиваются в виде страницы в лабораторный журнал.

4. При оформлении работы рекомендуется выделять страницы для расчета. На расчетных страницах должны обязательно присутствовать рабочие формулы с подстановкой результатов прямых измерений и физических констант в одной системе единиц. На этих же страницах производится расчет погрешностей.

5. Оформление работы завершается написанием заключения. В заключении должны содержаться ответы на следующие вопросы:

а) что и каким методом измерялось,

б) результаты с абсолютной и относительной погрешностями, доверительной вероятностью;

в) анализ результатов и погрешностей.

Прием зачета по лабораторной работе заключается в проверке:

а) результатов работы,

б) достоверности расчетов и их соответствия прямым измерениям

в) правильности построения графиков,

г) оформления работы и заключения.

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

Методические рекомендации к проведению лекций.

1. Подготовка к лекции. Сразу после прочтения очередной лекции надо начинать подготовку к следующей. Составить план (не конспект!) лекции, в котором указать, какие вопросы и в какой последовательности будут излагаться, какие демонстрации и в каком, «месте» будут показаны. Не следует перегружать лекцию демонстрациями – оптимальное число демонстраций, как правило, равно 3-5. Демонстрации должны быть обязательно к месту и с объяснением сути демонстрируемого явления. Далее следует ознакомиться с тем, как излагается соответствующий вопрос в нескольких заслуживающих доверия учебных пособиях, после чего наступает самый важный этап подготовки – обдумывание материала. Накануне дня, когда будет читаться лекция, нужно внимательно прочесть весь относящийся к теме лекции материал, содержащийся в учебнике. На лекцию нужно идти, безукоризненно владея материалом.

2. Характер лекции. Лекции должны быть эмоционально окрашенными. Нужно увлекать слушателей своей увлеченностью. Выражать удивление и восхищение полученными результатами. Обращать внимание на их простоту (если не имеет место обратное), симметрию, красоту. Предлагать слушателям попытаться представить, что испытывал тот или иной ученый, сделавший открытие. Читая лекцию, нужно стремиться будить мысль, рассуждать вслух, вовлекая в этот процесс студентов. Когда бывает, возможно, предлагать студентам сообразить, каким может быть искомый результат. Огромное значение имеет культура речи.

Совершенно недопустимы слова – паразиты, слова – сорняки: вот, значит, так сказать и т. п. Неприемлема сбивчивая, несвязная речь.

3. Техника чтения. В начале лекции нужно дать краткое введение, аннотацию, обзор для ориентировки. Рассказать о чем будет речь, что и как будет выяснено или получено. Иначе студенты «за деревьями не увидят леса». Закончив изложение, какого-либо вопроса, дать резюме, обозреть сделанное. В ходе лекции нужно указывать, что и в каком виде студенту нужно будет помнить наизусть, и в особенности, что не надо стремиться запомнить. Нужно предостерегать студентов от «зубрежки», в частности демонстративно списывать (или делать вид, что списываете) с бумажки на доску те формулы или числовые значения, которые не следует запоминать. Читая лекцию, нужно все время заботиться, чтобы вас понимали.

Говорить громко, внятно, разборчиво, писать крупно, аккуратно и четко. Следить за темпом чтения. Темп должен быть достаточно умеренным для того, чтобы студенты успевали следить за ходом рассуждений и записывать основное, и вместе, с тем достаточно живым, чтобы не воцарилась скука.

4. Соотношение лекций с учебником. В лекции и учебнике рассматриваются одни и те же вопросы, но в разных ракурсах и различными выразительными средствами. В отличие от учебника в лекции используются жесты, мимика, большая свобода и выразительность речи, демонстрации. В известном смысле можно сказать, что лекция и учебник не дублируют, а дополняют друг друга.

#### Методические рекомендации к проведению практических занятий

Очень важно добиться того, чтобы с самого начала сложились правильные взаимоотношения со студентами. Со стороны преподавателя характер взаимоотношений определяется словами: доброжелательная требовательность. Со стороны студентов желательно, чтобы они относились к нам с доверием и искренне, не пытались нас обманывать. Для этого нужно исключить из обихода все то, что может толкнуть студента на обман. Надо ясно понимать, что далеко не каждый студент в состоянии решить все шесть задач, которые мы ему даем на неделю. Поэтому, не надо порицать студента за то, что он не выполнил все задания. Спокойно фиксируйте номера невыполненных задач и не проработку теории и никак не проявляйте свое неудовольствие. Больше того, если видно, что студент старается, а у него не получается, он решил, скажем, 2-3 задачи из шести, похвалите, подбодрите его.

Если есть основания считать, что студент работает недостаточно, скажите ему: «Надо стараться решать больше задач, иначе вы не войдете в нормальную колею»

Основная и очень трудная задача – добиться того, чтобы студент регулярно и интенсивно работал над теорией и задачами. Студенты должны быть приучены к этому с первого дня, чтобы это казалось им естественным, само собой разумеющимся. Для решения этой задачи имеется целая система приемов.

Один из приемов – это процедура опроса. Это не просто опрос, это – церемониал, в котором участвует вся группа. В этом соль, в этом психологическая подоснова опроса. То, что вы узнаете, кто что сделал или не сделал, в каком состоянии находится группа, - это не главное, это – побочный результат церемонии опроса. Главное в том, что студент оказывается поставленным в такие психологические обстоятельства, что ему приходится работать. Мы настаиваем на том, что должен быть церемониал опроса, в котором участвуют все студенты, все с интересом слушают, кто что скажет. И никаких при этом задач, никаких вопросов для обдумывания не должно быть. На последующих занятиях обязательно поинтересуйтесь, как обстоит дело с долгами. Если студент говорит, что долг ликвидирован, зачеркивается соответствующая пометка в тетради. Если студент заявляет, что долг пока остается, на

следующем семинаре снова спросите, как обстоит дело с долгами, и так поступайте до тех пор, пока долг не будет ликвидирован.

Отличным средством стимулирования регулярной самостоятельной работы студента является вызов студентов к доске по жребию. Вызывая к доске для решения одной громоздкой задачи нескольких студентов (каждый из них выполняет один какой-то этап решения), преподавателю удается на каждом занятии опросить у доски 10 – 12 студентов. Следовательно, независимо от того, был ли студент у доски на одном, двух, трех и т. д. предыдущих занятиях, у него всегда существует равная 0,4 – 0,5 вероятность того, что ему придется отвечать у доски. Итак, у всех студентов должен иметься абсолютно равный шанс на каждом занятии быть вызванным к доске. И единственный способ этого добиться – жеребьевка.

Составляя план занятия, намечайте, какие задачи буду разбирать (эта часть плана уточняется на занятии с учетом результатов опроса – задачи, с которыми не справилась заметная часть студентов, обязательно разбираются на доске) и какие вопросы по теории задавать.

Иногда принцип «очередному студенту – очередной вопрос» приходится нарушать. Это бывает, если:

а) студент, на которого выпал жребий идти к доске, не справился дома с задачей, стоящей в очередном пункте плана. В этом случае студент рассказывает решение первой из предусмотренных планом последующих задач, которую он, по его заявлению, решил дома. Если же таких задач нет, студенту предлагается очередной теоретический вопрос из списка. Задачи из пропущенных таким образом пунктов плана решают последующие студенты, на которых выпадает жребий;

б) в очередном пункте плана значиться теоретический вопрос, а студент при опросе заявил о неготовности по теории. Такому студенту предлагается теоретический вопрос на предыдущий материал. Полезно и для него, и для остальных, ибо «повторение – мать учения».

Практически жеребьевка осуществляется следующим образом. В мешочке имеются бочонки от лото (или любые фишки) с номерами по числу студентов в группе. Первый бочонок вынимает из мешочка кто-либо из студентов. К доске выходит тот, кто стоит в списке под вытасненным номером. В дальнейшем, прежде чем сесть на место после ответа у доски, студент вынимает следующий бочонок и т.д. Таким образом, одни студенты «вызывают» к доске других.

Вызванный к доске рассказывает о решении задачи при участии, при активном внимании всех остальных студентов. Все время надо поддерживать их в таком состоянии. С этой целью время от времени можно сказать: «Стоп! Отойдите в сторону!» и затем, обращаясь к аудитории: «Ну, как? Правильно он это сделал?» или «Ваше отношение к написанному (или сказанному)?» Затем, идя по проходу между столами и указывая по очереди на студентов, спрашивать: «Вы..., вы?». Они отвечают: «Согласен», «Не согласен» или «Не знаю». В последнем случае надо говорить: «Думайте, думайте, составляйте своё мнение!». И все думают. Затем можно обратиться к кому-либо из «несогласных» и спросить: «Почему вы не согласны?». Следует ответ: «Потому-то и потому-то... Там-то ошибка...» и т.д. Так можно проходить по рядам, опрашивая студентов несколько раз за семинар. Это делается быстро и мобилизует аудиторию. Все время студенты вовлекаются в совместную работу. Таким образом, студент всегда должен быть готов к тому, что спросят его мнение о том, что утверждает или пишет студент, вызванный к доске. Надо добиваться того, чтобы каждый студент в течение всего семинара активно думал, не отсутствовал мысленно, следил за тем, что делает или говорит отвечающий у доски.

### Порядок проведения семинара

1. Опрос студентов о решении задач, готовности по теории и присутствии на предшествующей лекции. В ходе опроса нужно выяснить, как обстоит дело с долгами.

2. Консультация. Преподаватель интересуется: «У кого есть вопросы по теории и задачам?» Вопросы должны быть конкретными и относящимися к материалу данной недели. Не допускать, чтобы посредством вопросов студенты «тянули время».

3. Вызов к доске по жребию, разбор задач и вопросов на сообразительность при участии и активном внимании всех студентов (см. раздел 3). При объяснении на доске решения задач студентам разрешается пользоваться их домашней тетрадь. Для экономии времени условие задачи зачитывает сам преподаватель.

Кроме вызова к доске по жребию (который должен быть преобладающим), следует время от времени вызывать к доске тех студентов, которые по воле случая давно не были у доски. Если представится к тому повод, можно приглашать на разбор какой-либо задачи желающих.

После того как показано на доске решение задачи, нужно поинтересоваться: «А кто сделал иначе?». Все предлагаемые варианты решения должны быть разобраны, сопоставлены и оценены. Рассказ о другом варианте решения засчитывается студенту как вызов к доске, и если впоследствии на этого студента падает жребий, он освобождается от выхода к доске на данном занятии.

Задачи разбираются на доске не всегда до конца. Иногда после того, как намечен принцип решения, я говорю: «Теперь всё ясно, не будем терять времени на простую арифметику или алгебру и т.п. Доведите задачу до конца самостоятельно».

4. Полезно практиковать время от времени мини контрольные: минут за 15 до окончания семинара студентам предлагается решить несложную задачу (студентам, сидящим рядом, нужно давать неодинаковые задачи).

5. В конце занятия (или после опроса) студенты записывают номера задач, которые они должны решить к следующему разу. Задание по теории не дается, – раз навсегда устанавливается, что студенты обязаны подготовить к очередному занятию теоретический материал, предусмотренный календарным планом на данную неделю.

### Методические рекомендации к проведению лабораторных занятий

Целью занятий является закрепление и углубление теоретических знаний студентов, полученных при изучении теоретического курса; при этом будут решены следующие задачи:

- привить студентам начальные навыки по организации и проведению экспериментальных исследований;

- ознакомить студентов с устройством и принципом действия основных физических приборов;

- закрепить знания в области анализа и обработки полученных экспериментальных результатов.

Чтобы быть аттестованным по физическому практикуму студент должен выполнить все лабораторные работы, предусмотренные учебным планом текущего семестра.

На первом занятии преподаватель знакомит студентов с задачами практикума и его содержанием; с порядком подготовки, выполнения и защиты лабораторных работ; с графиком выполнения работ; с правилами техники безопасности при работе в лаборатории; с требованиями, предъявляемыми к студентам при выполнении физического практикума. На всех последующих занятиях преподаватель проводит в начале занятия допуск студентов к выполнению лабораторных работ, при допуске преподаватель проверяет наличие в

студенческом лабораторном журнале оформления текущей лабораторной работы, подготовленность к защите предыдущей работы, а также насколько студент понимает суть выполняемой работы и исследуемые закономерности. После проведения измерений студентами преподаватель визирует в студенческом лабораторном журнале корректность результатов прямых измерений. Защита заключается в проверке результатов работы, достоверности расчетов, правильности построения графиков, оформления работы и заключения. Также предполагаются правильные и полные ответы студента на контрольные вопросы по данной работе. Выполненная работа оценивается от 60 до 100 баллов, в зависимости от правильности расчетов получаемых величин и их погрешностей, полноты проведенного анализа и понимания физических процессов..

Не подготовленные студенты и не выполнившие данные требования к выполнению работы не допускаются.

Пропущенная лабораторная работа должна быть выполнена студентом на резервном занятии в конце семестра или на зачетной неделе.

Автор(ы):

Самарченко Дмитрий Александрович, к.ф.-м.н.,  
доцент

Рецензент(ы):

Шилов Владимир Александрович, к.ф.-м.н. доцент