

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от 21 мая 2024 г. протокол № 10
Председатель _____ (Рыбин В.В.)
(подпись, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Физика
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра радиофизики и электроники
Курс	1, 2

Направление (специальность): 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль/специализация): Твердотельная электроника и наноэлектроника

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.


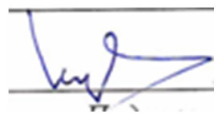
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Вострецова Любовь Николаевна	Кафедра инженерной физики	Доцент, Кандидат физико-математических наук
	медицинский колледж им. А.Л.Поленова	Преподаватель, Кандидат физико-математических наук

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей дисциплину (кафедра ИФ)	Заведующий выпускающей кафедрой (кафедра РиЭ)
 _____ /С.Б. Бакланов/ (подпись) (ФИО) 16 мая 2024 г.	 _____ /Н.Т. Гурин/ (подпись) (ФИО) «16» 05 2024 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

создание основы теоретической подготовки будущего специалиста и той фундаментальной компоненты высшего технического образования, которая будет способствовать в дальнейшем освоению самых разнообразных инженерных специальностей – в различных областях техники:

1.используя все виды занятий (лекции, семинары, лабораторный практикум) обеспечить строго последовательное, цельное изложение физики, как науки, показать глубокую взаимосвязь различных ее разделов;

2.сообщить студентам основные принципы и законы физики, а также их математическое выражение;

3.познакомить студентов с основными физическими явлениями, методами их наблюдения и экспериментального исследования, с основными методами измерения физических величин, простейшими методами обработки результатов эксперимента и основными физическими приборами;

4.дать студенту ясное представление о границах применимости физических моделей и гипотез;

5.подготовить студентов к изучению ряда общенаучных дисциплин, инженерных специальностей и дисциплин (теоретическая механика, сопротивление материалов, электротехника и т.д.);

6. показать студентам, что физика составляет в настоящее время универсальную базу техники и что физические процессы и явления, которые сегодня кажутся неприменимыми в данной области техники, завтра могут оказаться в центре новаторских достижений любого инженера.

Задачи освоения дисциплины:

- Формирование системы знаний о фундаментальных физических законах и принципах, лежащих в основе современной физической картины мира, и навыков применения этой системы к решению технических задач, связанных с будущей профессиональной деятельностью
- обеспечение межпредметных связей с общетехническими и специальными дисциплинами, посредством включения конкретных специальных вопросов и задач в программу обучения физике, реализация профессиональной направленности через учебные прикладные физические задачи, без чего невозможно успешное овладение профессиональными знаниями и умениями;
- формирование определенных навыков экспериментальной работы: выдвижения гипотезы, построения упрощенных моделей сложных процессов, обработки и анализа опытных данных, способов оценки численных значений физических величин и их погрешностей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика» относится к числу дисциплин блока Б1.О, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 03.03.03 Радиофизика.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ОПК-2.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Интегральные уравнения и вариационное исчисление, Термодинамика и статистическая физика, Квантовая механика, Устройства сверхвысокочастотной техники, Теоретические основы электрорадиотехники, Инженерная графика, Радиоэлектроника, Дифференциальные уравнения и дискретная математика, Физика, Математический анализ, Материаловедение, Метрология, стандартизация и сертификация, Микро- и наносхемотехника, Интегральная и волоконная оптика, Научно-исследовательская работа, Теория вероятностей и математическая статистика, Атомная и ядерная физика, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p>ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;</p>	<p>знать: основные принципы и законы физики, их математическое выражение; границы применимости физических моделей и гипотез; основные физические явления, методы их наблюдения и экспериментального исследования; основные методы измерения физических величин, простейшие методы обработки результатов эксперимента и основные физические приборы математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности</p> <p>уметь: применять знания физики в инновационной деятельности; правильно планировать эксперимент так, чтобы точность измерений соответствовала поставленной цели; учитывать возможность систематических ошибок и принимать меры для их устранения; анализировать результаты эксперимента и делать правильные выводы; оценивать точность окончательного результата; вести запись измерений и расчетов аккуратно, ясно и кратко; решать типовые задачи по основным разделам физики, используя методы математического анализа использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности</p> <p>владеть: методами физического анализа в инновационной деятельности; методами экспериментального исследования в физике (планирование, постановка и обработка эксперимента). основными экспериментальными методами определения физико-</p>

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
	химических свойств материалов и изделий из них, прикладными программами и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 16 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 576 часов

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)				
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	340	90	80	90	80
Аудиторные занятия:	340	90	80	90	80
Лекции	136	36	32	36	32
Семинары и практические занятия	68	18	16	18	16
Лабораторные работы, практикумы	136	36	32	36	32
Самостоятельная работа	92	18	28	18	28
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование			
Курсовая работа	-	-	-	-	-

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)				
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (144)	Экзамен	Экзамен	Экзамен	Экзамен
Всего часов по дисциплине	576	144	144	144	144

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Механика							
Тема 1.1. Измерения физических величин, обработка результатов измерений	3	2	0	0	0	1	
Тема 1.2. Кинематика поступательного и вращательного движения материальной точки	9	2	2	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.3. Динамика материальной точки. Законы Ньютона	9	2	2	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 1.4. Закон сохранения импульса	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.5. Неинерциальные системы отсчета, уравнение движения	3	2	0	0	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.6. Движение тел переменной массы	4	2	1	0	0	1	Вопросы к Экзамену
Тема 1.7. Работа и энергия. Закон сохранения механической энергии.	4	2	1	0	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.8. Столкновения тел, абсолютно упругий и неупругий удары	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену
Тема 1.9. Момент импульса, закон сохранения момента импульса	4	2	1	0	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.10. Движение в поле тяготения. Законы	4	2	1	0	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Кеплера							
Тема 1.11. Уравнения движения твердого тела. Моменты инерции тел.	4	2	1	0	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.12. Механика упругих тел. Закон Гука, модули Юнга, сдвига, кручения	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.13. Механика жидкости и газа, основные уравнения гидростатики и гидродинамики	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.14. Механические колебания, гармонические колебания, сложение колебаний	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.15. Уравнения гармонических колебаний, маятники математичес	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
кий и пружинный							
Тема 1.16. Механические волны. Типы волн, волновые характеристики	8	2	1	4	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 1.17. Основы релятивистской кинематики и динамики	8	4	2	0	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика							
Тема 2.1. Элементы кинетической теории газов	12	4	2	4	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.2. Статистические распределения	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.3. Классическая теория теплоемкости	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.4. Явления переноса	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.5. Реальные газы и жидкости	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.6. Термодинамический	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний	
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы				
1	2	3	4	5	6	7	8	
подход к описанию макросистем								ие
Тема 2.7. Первый принцип термодинамики	14	4	2	4	0	4		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 2.8. Второй принцип термодинамики	14	4	2	4	0	4		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Раздел 3. Электричество и магнетизм								
Тема 3.1. Электрическое поле в вакууме	10	4	2	3	0	1		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.2. Проводник и в электрическом поле	8	2	1	3	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.3. Электрическое поле в диэлектрике	8	2	1	4	0	1		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.4. Энергия электрического поля	9	3	1	3	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.5. Постоянный электрический ток	9	3	2	3	0	1		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.6. Магнитное поле токов в вакууме	11	4	2	3	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 3.7. Магнитное поле в веществе	8	2	1	3	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.8. Взаимные превращения электрического и магнитного полей	8	2	2	3	0	1	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.9. Электромагнитная индукция	12	4	2	4	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.10. Уравнение Максвелла	11	4	2	3	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 3.11. Электромагнитные колебания и волны	14	6	2	4	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Раздел 4. Оптика							
Тема 4.1. Электромагнитные волны	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.2. Фотометрия	12	4	2	2	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.3. Геометрическая оптика	14	4	2	4	0	4	Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.4. Оптические системы	10	4	2	2	0	2	Вопросы к Экзамену, Тестирование


Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний	
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы				
1	2	3	4	5	6	7	8	
								ие
Тема 4.5. Интерференция света	14	4	2	6	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.6. Дифракция света	14	4	2	6	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.7. Поляризация света	7	2	1	2	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.8. Молекулярная оптика	9	2	1	4	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.9. Тепловое излучение	7	2	1	2	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Тема 4.10. Основы квантовой оптики	5	2	1	0	0	2		Вопросы к Экзамену, Тестирование
Итого подлежит изучению	432	136	68	136	0	92		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Механика

Тема 1.1. Измерения физических величин, обработка результатов измерений

Физические величины и их измерение. Системы единиц физических величин. Прямые и косвенные измерения. Погрешности измерений, их классификация. Методика оценки погрешностей прямых и косвенных измерений. Графическая обработка результатов измерений, суть метода наименьших квадратов

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 1.2. Кинематика поступательного и вращательного движения материальной точки

Векторы и системы координат. Векторный, координатный и естественный способы описания движения. Векторы перемещения, средней и мгновенной скорости, среднего и мгновенного ускорения. Тангенциальная и нормальная составляющие ускорения. Основные задачи кинематики материальной точки. Разложение произвольного движения твердого тела на вращательное и поступательное, виды движения твердого тела. Понятие о степенях свободы и обобщенных координатах. Вращательное движение твердого тела: векторы угловой скорости и углового ускорения твердого тела, их связь с линейными величинами. Преобразования скорости и ускорения при переходе к другой системе отсчета. Переносная скорость, переносное и кориолисово ускорение.

Тема 1.3. Динамика материальной точки. Законы Ньютона

Инерциальные системы отсчета. Сила, масса, импульс. Законы Ньютона. Силы в механике, принцип суперпозиции сил. Принцип относительности и преобразования Галилея. Основные задачи динамики материальной точки.

Тема 1.4. Закон сохранения импульса

Система материальных точек, внешние и внутренние силы. Импульс системы, теорема о его изменении. Закон сохранения импульса. Центр масс системы, теорема о его движении.

Тема 1.5. Неинерциальные системы отсчета, уравнение движения

Основное уравнение динамики в неинерциальной системе отсчета, силы инерции. Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса. Проявление сил инерции на Земле. Вес тела, невесомость. Маятник Фуко. Инертная и гравитационная масса. Принцип эквивалентности и общая теория относительности.

Тема 1.6. Движение тел переменной массы

Уравнение Мещерского. Реактивное движение. Формула Циолковского

Тема 1.7. Работа и энергия. Закон сохранения механической энергии.

Работа постоянной и переменной силы. Средняя и мгновенная мощность. Кинетическая энергия, теорема об ее изменении. Консервативные силы. Потенциальная энергия. Связь силы с потенциальной энергией. Полная механическая энергия, законы ее изменения и сохранения. Внутренняя энергия. Общефизический закон сохранения энергии.

Тема 1.8. Столкновения тел, абсолютно упругий и неупругий удары

Упругие и неупругие столкновения, применение законов сохранения импульса и энергии к их описанию. Система центра масс, приведенная масса. Абсолютно неупругое столкновение. Центральное и нецентральное столкновение упругих шаров; столкновение с массивной упругой стенкой.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 1.9. Момент импульса, закон сохранения момента импульса

Момент импульса материальной точки и системы частиц. Момент силы. Момент импульса и момент силы относительно оси. Уравнение моментов, закон сохранения момента импульса.

Тема 1.10. Движение в поле тяготения. Законы Кеплера

Закон всемирного тяготения, взаимодействие точечных и распределенных масс. Напряженность и потенциал гравитационного поля, их связь. Теорема Гаусса для гравитационного поля. Движение тел в поле центральных сил. Законы Кеплера движения планет. Закон сохранения момента импульса для движения в поле тяготения, 2-й закон Кеплера как его следствие. Вывод первого обобщенного закона Кеплера. Условия эллиптической, параболической и гиперболической траекторий. Вывод третьего закона Кеплера. Космические скорости.

Тема 1.11. Уравнения движения твердого тела. Моменты инерции тел.

Уравнения поступательного и вращательного движения твердого тела, условия равновесия твердого тела. Момент импульса при вращении твердого тела. Момент инерции твердого тела. Работа и энергия при вращательном движении твердого тела. Вычисление моментов инерции твердых тел. Примеры вычисления моментов инерции симметричных тел (стержень, цилиндр, шар). Теорема Гюйгенса–Штейнера. Тензор инерции твердого тела. Главные оси вращения и главные моменты инерции.

Тема 1.12. Механика упругих тел. Закон Гука, модуль Юнга, сдвига, кручения

Упругие деформации, их виды. Закон Гука для малых деформаций растяжения, сдвига и кручения. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона, модуль сдвига, модуль кручения. Энергия упруго деформированного тела.

Тема 1.13. Механика жидкости и газа, основные уравнения гидростатики и гидродинамики

Течение идеальной жидкости. Линии и трубки тока. Уравнение неразрывности струи. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Вязкость. Течение вязкой жидкости по круглой трубе, формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение, число Рейнольдса. Движение тел в жидкостях и газах: лобовое сопротивление и подъемная сила; подъемная сила крыла самолета.

Тема 1.14. Механические колебания, гармонические колебания, сложение колебаний

Смещение, скорость и ускорение при гармонических колебаниях. Амплитуда, фаза, период и частота колебаний. Сложение однонаправленных колебаний одинаковой частоты и с близкими частотами. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.

Тема 1.15. Уравнения гармонических колебаний, маятники математический и пружинный

Малые колебания системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

гармонических колебаний и его решение. Энергия гармонических колебаний. Примеры колебательных систем и уравнения колебаний для них: физический, математический и крутильный маятники.

Тема 1.16. Механические волны. Типы волн, волновые характеристики

Уравнение плоской монохроматической волны, амплитуда, частота, волновое число, длина волны, фазовая скорость волны. Волновое уравнение и его решение. Энергия и плотность энергии гармонической бегущей волны, поток энергии, плотность потока энергии и интенсивность волны, вектор Умова. Стоячая волна, условие образования стоячей волны в ограниченном участке среды. Звуковые волны. Эффект Доплера.

Тема 1.17. Основы релятивистской кинематики и динамики

Трудности классической физики. Преобразования Лоренца, относительность одновременности, замедление времени и сокращение длины. Постулаты СТО. Релятивистский закон сложения скоростей. Интервал. Релятивистские масса и импульс. Основное уравнение релятивистской динамики. Полная и кинетическая энергии, взаимосвязь массы и энергии. Связь между энергией и импульсом частицы.

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика

Тема 2.1. Элементы кинетической теории газов

Давление идеального газа. Уравнения состояния идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа и ее связь с температурой. Фотонный газ

Тема 2.2. Статистические распределения

Статистическое описание системы из большого числа частиц. Статистические законы, средние значения и флуктуации физических величин. Пример - распределение частиц по объему. Распределение молекул газа по скоростям. Равновесное распределение Максвелла (по вектору и модулю скорости) и его свойства, наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределение Больцмана и примеры его применения.

Тема 2.3. Классическая теория теплоемкости

Теплоемкость газов, теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Недостатки классической теории теплоемкости.

Тема 2.4. Явления переноса

Средняя длина свободного пробега молекул в газах. Диффузия, внутреннее трение, теплопроводность газов. Особенности ультраразреженных газов. Вычисление среднего квадрата смещения броуновских частиц. Измерение числа Авогадро.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 2.5. Реальные газы и жидкости

Уравнение Ван-дер-Ваальса и его свойства. Фазовые переходы. Критическая температура, критические параметры.

Тема 2.6. Термодинамический подход к описанию макросистем

Термодинамическое равновесие, общий принцип термодинамики. Понятие температуры, нулевой принцип термодинамики. Классификация процессов.

Тема 2.7. Первый принцип термодинамики

Опыты Джоуля, понятие о внутренней энергии. Работа и количество теплоты. Первый принцип термодинамики. Соотношение Майера. Уравнение адиабаты для идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса. Процессы Джоуля-Гей-Люссака и Джоуля-Томпсона.

Тема 2.8. Второй принцип термодинамики

Проблема превращения теплоты в работу. Формулировки второго принципа термодинамики для тепловых и холодильных машин. Цикл Карно. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Приведенное количество теплоты, равенство Клаузиуса для обратимых процессов. Энтропия идеального газа. Основное уравнение термодинамики и некоторые его следствия (соотношения взаимности, термомеханические эффекты, уравнение Клапейрона-Клаузиуса). Необратимые процессы, неравенство Клаузиуса. Возрастание энтропии при необратимых процессах (с примерами). Статистический смысл энтропии и второго принципа термодинамики

Раздел 3. Электричество и магнетизм

Тема 3.1. Электрическое поле в вакууме

Электрическое поле. Закон Кулона. Система единиц. Теорема Гаусса и ее применение. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Потенциал, его связь с напряженностью поля. Поле электрического диполя

Тема 3.2. Проводники в электрическом поле

Поле в веществе. Поле внутри и снаружи проводника. Силы, действующие на проводник. Общая задача электростатики. Уравнение Пуассона и Лапласа. Метод изображений. Емкость, конденсаторы.

Тема 3.3. Электрическое поле в диэлектрике

Поляризация диэлектрика, типы поляризации. Вектор электростатического смещения. Граничные условия. Поле в однородном диэлектрике

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 3.4. Энергия электрического поля

Энергия системы зарядов. Энергия заряженных проводника и конденсатора. Плотность энергии электрического поля. Силы, действующие на диэлектрик в электрическом поле.

Тема 3.5. Постоянный электрический ток

Плотность тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома для однородного проводника. Обобщенный закон Ома. Разветвление цепи. Правила Кирхгофа. ЭДС. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма законов постоянного тока. Переходные процессы.

Тема 3.6. Магнитное поле токов в вакууме

Магнитное взаимодействие токов. Вектор индукции магнитного поля. Сила Лоренца. Применение теоремы о циркуляции индукции. Дифференциальная форма законов магнитного поля. Момент сил, действующих на контур с током. Работа в магнитном поле.

Тема 3.7. Магнитное поле в веществе

Намагничивание вещества. Вектор намагниченности магнитного поля. Граничные условия для магнитного поля. ЭПР. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферро- и ферримагнетизм.

Тема 3.8. Взаимные превращения электрического и магнитного полей

Электромагнитное поле. Инвариантность заряда. Законы преобразования электрического и магнитного полей, их следствия. Инварианты электромагнитного поля.

Тема 3.9. Электромагнитная индукция

Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Природа электромагнитной индукции. Самоиндукция и взаимная индукция. Индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Энергия и силы в магнитном поле. Энергия двух контуров с током

Тема 3.10. Уравнение Максвелла

Вихревое электрическое поле. Индукционный ускоритель. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Полная система уравнений электромагнитного поля. Энергия и поток энергии. Вектор Пойнтинга. Импульс электромагнитного поля. Системы единиц электромагнитных величин

Тема 3.11. Электромагнитные колебания и волны

Колебательный контур. Свободные незатухающие, затухающие и вынужденные колебания. Резонанс токов и напряжений. Параметрический резонанс. Переменный ток. Закон Ома для переменного тока. Комплексные сопротивления. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн. Плоская монохроматическая волна. Волны в среде. Групповая и фазовая

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

скорости. Скин-эффект.

Раздел 4. Оптика

Тема 4.1. Электромагнитные волны

Основные законы оптики. Главные этапы развития оптических теорий. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Электромагнитная волна. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна. Экспериментальное исследование электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Импульс электромагнитного поля. Излучение диполя

Тема 4.2. Фотометрия

Световые и энергетические потоки. Относительная спектральная чувствительность среднего человеческого глаза. Основные фотометрические величины. Связь световых и энергетических величин

Тема 4.3. Геометрическая оптика

Понятие светового луча. Основные законы геометрической оптики: прямолинейного распространения света, независимости световых лучей, отражения и преломления. Гомоцентрический пучок лучей. Стigmatические точки. Преломление на сферической поверхности. Фокусные расстояния и фокальные плоскости. Отражение на сферической поверхности. Линзы. Оптические оси линзы. Центрированные оптические системы. Тонкие линзы. Фокусы линзы. Формулы линзы Гаусса и Ньютона. Построение изображений в собирающей и рассеивающей линзах. Оптическая сила линзы. Толстая линза

Тема 4.4. Оптические системы

Основы Гауссовой оптики. Узловые точки и плоскости. Сложение оптических систем. Оптические инструменты. Диффрагма, входной и выходной зрачок, входное и выходное окно. Глаз как оптическая система. Лупа, микроскоп, зрительная труба, телескоп, фотоаппарат, проекционные устройства. Аберрации оптических систем. Ограничения построения изображений в оптических устройствах. Сферическая аберрация, кома. Астигматизм, дисторсия. Хроматические аберрации.

Тема 4.5. Интерференция света

Интерференция световых волн. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция от тонких пластинок. Интерферометр Майкельсона. Многолучевая интерференция

Тема 4.6. Дифракция света

Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Разрешающая сила объектива. Голография

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 4.7. Поляризация света

Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Прохождение плоскополяризованного света через кристаллическую пластинку. Кристаллическая пластинка между двумя поляризаторами. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации

Тема 4.8. Молекулярная оптика

Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света.

Тема 4.9. Тепловое излучение

Особенности теплового излучения. Испускательная способность. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Излучение нечерных тел. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Релея-Джинса. Гипотеза Планка. Формула излучения Планка. Применение законов теплового излучения: оптическая пирометрия, источники света.

Тема 4.10. Основы квантовой оптики

Фотоэлектрический эффект. Опыты Столетова. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Внутренний фотоэффект. Эффект Комптона. Теория явления Комптона. Давление света. Принцип действия лазера. Полупроводниковые лазеры. Твердотельные лазеры. Жидкостные и газовые лазеры. Применение лазеров.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Механика

Тема 1.2. Кинематика поступательного и вращательного движения материальной точки

Вопросы к теме:

Очная форма

№1. Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Найти путь и перемещение мяча.

№2. Вертолет, пролетев в горизонтальном полете по прямой 40 км, повернул под углом 90° и пролетел еще 30 км. Найти путь и перемещение вертолета.

№3. Катер прошел по озеру в направлении на северо-восток 2 км, а затем в северном направлении еще 1 км. Найти геометрическим построением модуль и направление перемещения.

№4. Эскалатор метро движется со скоростью 0.75 м/с. Найти время, за которое пассажир переместится на 20 м относительно земли, если он идет в направлении движения эскалатора со

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

скоростью 0.25 м/с в системе отсчета, связанной с эскалатором.

№5. Два поезда движутся навстречу друг другу со скоростями 72 и 54 км/ч. Пассажир, находящийся в первом поезде, замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 14 с. какова длина второго поезда?

№6. Катер, переправляясь через реку, движется перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчета, связанной с водой. На сколько метров будет снесен катер течением, если ширина реки 800 м, а скорость течения 1 м/с?

№7. Велосипедист за первые 5 с проехал 40 м, за следующие 10 с — 100 м и за последние 5 с — 20 м. Найти среднюю скорость на всем пути.

№8. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 10 м/с, а вторую половину пути со скоростью 15 м/с. Найти среднюю скорость на всем пути.

№9. Мотоциклист на расстоянии 10 м от железнодорожного переезда начал тормозить. Его скорость в это время была 20 км/ч. Определить положение мотоцикла относительно переезда через 1 с от начала торможения. Ускорение мотоцикла 1 м/с².

№10. Пуля в стволе автомата Калашникова движется с ускорением 616 км/с². Какова скорость вылета пули, если длина ствола 41.5 см.

№11. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился через 5 с. найти тормозной путь.

Тема 1.3. Динамика материальной точки. Законы Ньютона

Вопросы к теме:

Очная форма

№1. Трактор, сила тяги которого 15 кН, сообщает прицепу ускорение 0.5 м/с². Какое ускорение сообщит тому же прицепу трактор, развивающий тяговое усилие 60 кН?

№2. Какие силы надо приложить к концам проволоки, жесткость которой 100 кН/м, чтобы растянуть ее на 1 мм?

№3. На сколько удлинится рыболовная леска жесткостью 0.5 кН/м при поднятии вертикально вверх рыбы массой 200 г?

№4. Средний радиус планеты Меркурий 2420 км, а ускорение свободного падения 3.72 м/с². Найти массу Меркурия.

№5. Средняя плотность Венеры 5200 кг/м³, а радиус планеты 6100 км. Найти ускорение свободного падения на поверхности Венеры.

№6. Сколько времени падало тело, если за последние 2 с оно прошло 60 м?

№7. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, упала на землю через 6 с. какова начальная скорость стрелы и максимальная высота подъема?

№8. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты брошено тело?

№9. Вратарь, выбивая мяч от ворот с земли, сообщил ему скорость 20 м/с, направленную под углом 60° к горизонту. Найти время полета мяча, максимальную высоту подъема и дальность полета.

№10. На соревнованиях лошадей тяжелоупряжных пород одна из них перевезла груз массой 23 т. Найти коэффициент сопротивления, если сила тяги лошади 2,3 кН.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

№11. Мальчик массой 50 кг, скатившись на санках с горки, проехал по горизонтальной дороге до остановки путь 20 м за 10 с. Найти силу трения и коэффициент трения.

№12. Автомобиль «Жигули» массой 1 т, трогаясь с места, достигает скорости 30 м/с через 20 с. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления равен 0,05.

№13. Подъемный кран поднимает груз массой 1 т. Какова сила натяжения троса в начале подъема, если груз движется (очень коротковременно) с ускорением 25 м/с^2 ?

№14. С каким ускорением a скользит брусок по наклонной плоскости с углом наклона 30° при коэффициенте трения $\mu = 0,2$

№15. Брусок массой 400 г под действием груза массой 100 г (рис.) проходит из состояния покоя путь 80 см за 2 с. Найти коэффициент трения.

Тема 1.4. Закон сохранения импульса

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Мяч массой 100 г, летевший со скоростью 20 м/с ударился о горизонтальную плоскость. Угол падения (угол между направлением скорости и перпендикуляром к плоскости) равен 60° . Найти изменение импульса мяча, если удар абсолютно упругий, а угол отражения равен углу падения.

№2. Два неупругих тела, массы которых 2 и 6 кг, движутся навстречу друг другу со скоростями 2 м/с каждое. С какой скоростью и в каком направлении будут двигаться эти тела после удара?

Тема 1.6. Движение тел переменной массы

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Ракета массы m зависла над поверхностью Земли. Сколько топлива в единицу времени она должна расходовать при этом, если скорость истечения газа u ? Как изменится результат, если ракета поднимается с ускорением a ?

2. Водомётный катер движется в спокойной воде. Сила сопротивления воды движению катера $f = kv^2$. Скорость выбрасываемой воды относительно катера u . Определите установившуюся скорость катера, если сечение потока захваченной двигателем воды S , плотность воды ρ .

3. С какой силой давит на землю кобра, когда она, готовясь к прыжку, поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью v ? Масса змеи m , её длина l .

4. Реактивный катер массы M приводится в движение насосом, который забирает воду из озера и выбрасывает ее назад с кормы катера. Скорость струи выбрасываемой воды относительно катера постоянна и равна u , а масса ежесекундно выбрасываемой насосом воды также постоянна и равна m . Найти модуль скорости катера как функцию времени. Силы трения в насосе и сопротивление воды движению катера не учитывать.

5. Ракета начальной массы m_0 поднимается вертикально вверх в однородном поле силы тяжести

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

с постоянным ускорением ng (g — ускорение земного тяготения). Пренебрегая сопротивлением атмосферы и считая эффективную скорость v_e истечения газов постоянной, определить:

- 1) закон изменения массы ракеты,
- 2) закон изменения массы ракеты при отсутствии поля тяготения.

6. Ракета стартует с Луны вертикально к ее поверхности. Эффективная скорость истечения $v_e=2000$ м/с. Число Циолковского $z=5$. Определить, какое должно быть время сгорания топлива, чтобы ракета достигла скорости $v=3000$ м/с (принять, что ускорение силы тяжести вблизи Луны постоянно и равно $1,62$ м/с²).

Числом Циолковского называется отношение стартовой массы ракеты к массе ракеты без топлива.

7. Ракета движется в однородном поле силы тяжести вверх с постоянным ускорением w . Пренебрегая сопротивлением атмосферы и считая эффективную скорость v_e истечения газов постоянной, определить время T , за которое масса ракеты уменьшится в два раза.

8. Эффективная скорость истечения газов из ракеты $v_e=2,4$ км/с. Какой процент должен составлять вес топлива от стартового веса ракеты, чтобы ракета, движущаяся вне поля тяготения и вне атмосферы, приобрела скорость 9 км/с?

9. Ракета движется поступательно при отсутствии тяготения и сопротивления среды. Эффективная скорость истечения газов $v_e=2400$ м/с. Определить число Циолковского, если в момент полного сгорания топлива скорость ракеты будет равна 4300 м/с.

10. Тело переменной массы, имея начальную скорость, равную нулю, движется с постоянным ускорением w по горизонтальным направляющим. Эффективная скорость истечения газов v_e постоянна. Определить, пренебрегая сопротивлением, путь, пройденный телом до того момента, когда его масса уменьшится в k раз.

Тема 1.7. Работа и энергия. Закон сохранения механической энергии.

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Какую работу совершает сила тяжести, действующая на дождевую каплю массой 20 мг, при ее падении с высоты 2 км?

2. Какова кинетическая энергия космического корабля «Союза» массой $6,6$ т, движущегося по орбите со скоростью $7,8$ км/с?

3. Импульс тела равен 8 кг • м/с, а кинетическая энергия 16 Дж. Найти массу и скорость тела.

4. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину жесткостью 40 кН/м на $0,5$ см?

5. Найти потенциальную энергию тела массой 100 г, брошенного вертикально вверх со скоростью 10 м/с, в высшей точке подъема.

6. Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте h кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?

7. При подготовке пружинного пистолета к выстрелу пружину жесткостью 1 кН/м сжали на 3 см. Какую скорость приобретет «снаряд» массой 45 г при выстреле в горизонтальном направлении?

Тема 1.8. Столкновения тел, абсолютно упругий и неупругий удары

Вопросы к теме:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Очная форма

1. Частица массы 1,0 г, двигавшаяся со скоростью $v_1 = 3,0i - 2,0j$, испытала абсолютно неупругое столкновение с другой частицей, масса которой 2,0 г и скорость $v_2 = 4,0j - 6,0k$. Найти скорость образовавшейся частицы — вектор v и его модуль, — если проекции векторов v_1 и v_2 даны в системе СИ.

2. Найти приращение кинетической энергии замкнутой системы из двух шариков с массами m_1 и m_2 при их абсолютно неупругом столкновении, если до столкновения скорости шариков были v_1 и v_2 .

3. Частица массы m_1 испытала абсолютно упругое столкновение с покоившейся частицей массы m_2 . Какую относительную часть кинетической энергии потеряла налетающая частица, если:

- она отскочила под прямым углом к своему первоначальному направлению движения;
- столкновение лобовое?

4. Частица 1 испытала абсолютно упругое столкновение с покоившейся частицей 2. Найти отношение их масс, если:

- столкновение лобовое и частицы разлетелись в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями;
- частицы разлетелись симметрично по отношению к первоначальному направлению движения частицы 1 и угол между их направлениями разлета $\theta = 60^\circ$.

5. Шар, двигавшийся поступательно, испытал упругое соударение с другим, покоившимся, шаром той же массы. При соударении угол между прямой, проходящей через центры шаров, и направлением первоначального движения налетающего шара оказался равным $\alpha = 45^\circ$. Считая шары гладкими, найти долю η кинетической энергии налетающего шара, которая перешла в потенциальную энергию в момент наибольшей деформации.

Тема 1.9. Момент импульса, закон сохранения момента импульса

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Небольшой шарик массы m , привязанный на нити длины l к потолку в точке O , движется по горизонтальной окружности с постоянной угловой скоростью ω . Относительно каких точек момент импульса M шарика остается постоянным? Найти модуль приращения вектора момента импульса шарика относительно точки O за половину оборота.

2. Шарик массы m падает без начальной скорости с высоты h над поверхностью Земли. Найти модуль приращения вектора момента импульса шарика за время падения — относительно точки O системы отсчета, движущейся поступательно со скоростью V в горизонтальном направлении. В момент начала падения точка O совпадала с шариком. Сопротивление воздуха не учитывать.

3. Доказать, что момент импульса M системы частиц относительно точки O K -системы отсчета может быть представлен как

$$M = M_c + [r_{cp}],$$

где M_c — ее собственный момент импульса (в поступательно движущейся системе отсчета, связанной с центром инерции), r_{cp} — радиус-вектор центра инерции относительно точки O , p — суммарный импульс системы частиц в K -системе отсчета.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Тема 1.10. Движение в поле тяготения. Законы Кеплера

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Некоторая планета массы M движется по окружности вокруг Солнца со скоростью $v = 34,9$ км/с (относительно гелиоцентрической системы отсчета). Найти период обращения этой планеты вокруг Солнца.

2. Период обращения Юпитера вокруг Солнца в 12 раз больше соответствующего периода для Земли. Считая орбиты планет круговыми, найти:

- во сколько раз расстояние от Юпитера до Солнца превышает расстояние от Земли до Солнца;
- скорость и ускорение Юпитера в гелиоцентрической системе отсчета.

3. Некоторая планета массы M движется вокруг Солнца по эллипсу так, что минимальное расстояние между ней и Солнцем равно r , а максимальное — R . Найти с помощью законов Кеплера период обращения ее вокруг Солнца.

4. Доказать с помощью законов сохранения, что полная механическая энергия планеты массы m , движущейся вокруг Солнца по эллипсу, зависит только от его большой полуоси a . Найти формулу зависимости этой энергии от a .

5. Спутник, движущийся по круговой орбите радиуса $R = 2,00 \cdot 10^4$ км в экваториальной плоскости Земли с Запада на Восток, появляется над некоторым пунктом на экваторе через каждые $\tau = 11,6$ ч. Вычислить на основании этих данных массу Земли. Гравитационная постоянная предполагается известной.

Тема 1.11. Уравнения движения твердого тела. Моменты инерции тел.

Вопросы к теме:

Очная форма

1. К точке с радиус-вектором $r_1 = a_i$ приложена сила $F_1 = A_j$, а к точке с $r_2 = b_j$ — сила $F_2 = B_i$. Здесь оба радиус-вектора определены относительно начала координат O , i и j — орты осей x и y , a , b , A и B — постоянные. Найти плечо l равнодействующей силы относительно точки O .

2. Найти момент инерции:

а) тонкого однородного стержня относительно оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через его конец, если масса стержня m и его длина l ;


б) тонкой однородной прямоугольной пластинки относительно оси, проходящей перпендикулярно к плоскости пластинки через одну из ее вершин, если стороны пластинки a и b , а ее масса m .

3. Вычислить момент инерции:

а) медного однородного диска относительно оси симметрии, перпендикулярной к плоскости диска, если его толщина $b = 2,0$ мм и радиус $R = 100$ мм;

б) однородного сплошного конуса относительно его оси симметрии, если масса конуса m и радиус его основания R .

4. Однородный диск радиуса R раскрутили до угловой скорости ω и осторожно положили на горизонтальную поверхность. Сколько времени диск будет вращаться на поверхности, если коэффициент трения равен k ? Давление диска на поверхность считать равномерным.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

5. Маховик с начальной угловой скоростью ω_0 начинает тормозиться силами, момент которых относительно его оси пропорционален квадратному корню из его угловой скорости. Найти среднюю угловую скорость маховика за все время торможения.

Тема 1.12. Механика упругих тел. Закон Гука, модули Юнга, сдвига, кручения

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Сплошной медный цилиндр длины $l = 65$ см поставили на горизонтальную поверхность и сверху приложили вертикальную сжимающую силу $F = 1000$ Н, которая равномерно распределена по его торцу. На сколько кубических миллиметров изменился при этом объем цилиндра?

2. Определить объемную плотность энергии упругой деформации в пресной воде на глубине $h = 1000$ м.

3. Найти распределение объемной плотности энергии упругой деформации в стальном стержне в зависимости от расстояния r до его оси. Длина стержня l , угол закручивания φ .

4. Сплошной медный цилиндр длины $l = 65$ см поставили на горизонтальную поверхность и сверху приложили вертикальную сжимающую силу $F = 1000$ Н, которая равномерно распределена по его торцу. На сколько кубических миллиметров изменился при этом объем цилиндра?

5. Какое давление необходимо приложить к торцам стального цилиндра, чтобы длина его не изменилась при повышении температуры на 100 °С?

Тема 1.13. Механика жидкости и газа, основные уравнения гидростатики и гидродинамики

Вопросы к теме:

Очная форма

1. На столе стоит широкий цилиндрический сосуд высотой 50 см. Сосуд наполнен водой. Пренебрегая вязкостью, найти, на какой высоте от дна сосуда следует сделать небольшое отверстие, чтобы струя из него била в поверхность стола на максимальное расстояние $l_{\text{макс}}$ от сосуда. Чему равно $l_{\text{макс}}$?

2. По трубке длины l и радиуса R течет стационарный поток жидкости, плотность которой ρ и вязкость η . Скорость течения жидкости зависит от расстояния r до оси трубки по закону $v = v_0 (1 - r^2/R^2)$. Найти:

- объем жидкости, протекающей через сечение трубки в единицу времени;
- кинетическую энергию жидкости в объеме трубки;
- силу трения, которую испытывает трубка со стороны жидкости;
- разность давлений на концах трубки.

3. Свинцовый шарик равномерно опускается в глицерине, вязкость которого $\eta = 13,9$ П. При каком наибольшем диаметре шарика его обтекание еще остается ламинарным? Известно, что переход к турбулентному обтеканию соответствует числу $Re = 0,5$ (это значение числа Re , при котором за характерный размер взят диаметр шарика).

4. Стальной шарик диаметра $d = 3,0$ мм опускается с нулевой начальной скоростью в прованском масле, вязкость которого $\eta = 0,90$ П. Через сколько времени после начала движения скорость

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

шарика будет отличаться от установившегося значения на $n = 1,0\%$?

Тема 1.14. Механические колебания, гармонические колебания, сложение колебаний

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Точка совершает колебания вдоль оси x по закону $x = a \cos(\omega t - \pi/4)$. Построить примерные графики:

- смещения x , проекции скорости v_x и проекции ускорения w_x как функций времени t ;
- проекцию скорости v_x и проекции ускорения w_x как функций координаты x .

2. Некоторая точка движется вдоль оси x по закону $x = a \sin^2(\omega t - \pi/4)$. Найти:

- амплитуду и период колебаний; изобразить график $x(t)$;
- проекцию скорости v_x как функцию координаты x ; изобразить график $v_x(x)$.

3. Частица совершает гармонические колебания вдоль оси x около положения равновесия $x = 0$. Частота колебаний $\omega = 4,00$ рад/с. В некоторый момент координата частицы $x_0 = 25,0$ см и ее скорость $v_{x0} = 100$ см/с. Найти координату x и скорость v_x частицы через $t = 2,40$ с после этого момента.

4. Точка совершает гармонические колебания вдоль некоторой прямой с периодом $T = 0,60$ с и амплитудой $a = 10,0$ см. Найти среднюю скорость точки за время, в течение которого она проходит путь $a/2$:

- из крайнего положения;
- из положения равновесия.

5. Частица движется вдоль оси x по закону $x = a \cos \omega t$. Найти путь, который она пройдет за промежуток времени от $t = 0$ до t .

Тема 1.15. Уравнения гармонических колебаний, маятники математический и пружинный

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Определить период малых колебаний математического маятника — шарика, подвешенного на нити длины $l = 20$ см, если он находится в жидкости, плотность которой в $\eta = 3,0$ раза меньше плотности шарика. Сопротивление жидкости считать пренебрежимо малым.

2. Имеется недеформированная пружина жесткости $\chi = 13$ Н/м, концы которой закреплены. В точке, отстоящей от одного из концов пружины на $\eta = 1/3$ ее длины, укрепили небольшое тело массы $m = 25$ г. Пренебрегая массой пружины, найти период малых продольных колебаний данного тела. Силы тяжести нет.

3. Найти зависимость от времени угла отклонения математического маятника длины 80 см, если в начальный момент маятник отклонили на угол $3,0^\circ$ и без толчка отпустили.

4. К нерастянутой пружине, верхний конец которой закреплен, подвесили и без толчка отпустили тело массы m . Жесткость пружины χ . Пренебрегая ее массой, найти закон движения тела $y(t)$, где y — его смещение из начального положения.

5. Математический маятник совершает колебания в среде, для которой логарифмический декремент затухания $\lambda_0 = 1,50$. Каким будет логарифмический декремент затухания, если

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

сопротивление среды увеличить в $n = 2,00$ раза? Во сколько раз следует увеличить сопротивление среды, чтобы колебания стали невозможны?

Тема 1.16. Механические волны. Типы волн, волновые характеристики

Вопросы к теме:

Очная форма

1. В однородной среде с плотностью ρ установилась продольная стоячая волна вида $\xi = a \cos kx * \cos \omega t$. Найти выражения для объемной плотности:

- потенциальной энергии $w_p(x, t)$;
- кинетической энергии $w_k(x, t)$.

Изобразить графики распределения объемной плотности полной энергии w в пределах между двумя соседними узлами смещения в моменты $t = 0$ и $t = T/4$, где T — период колебаний.

2. Источник звуковых колебаний частоты $\nu_0 = 1000$ Гц движется по нормали к стенке со скоростью $u = 0,17$ м/с. На этой же нормали расположены два неподвижных приемника П1 и П2, причем последовательность расположения этих приемников и источника И такая: П1 — И — П2 — стенка. Какой приемник регистрирует биения и какова их частота? Скорость звука $v = 340$ м/с.

3. На оси x находятся приемник и источник звуковых колебаний с частотой $\nu_0 = 2000$ Гц. Источник совершает гармонические колебания вдоль этой оси с круговой частотой ω и амплитудой $a = 50$ см. При каком значении ω ширина частотного интервала, воспринимаемого неподвижным приемником, будет составлять $\Delta\nu = 200$ Гц? Скорость звука $v = 340$ м/с.

4. Неподвижный источник испускает монохроматический звук. К нему приближается стенка со скоростью $u = 33$ см/с. Скорость распространения звука в среде $v = 330$ м/с. Как и на сколько процентов изменяется длина волны звука при отражении от стенки?

5. На расстоянии $r = 100$ м от точечного изотропного источника звука частоты 200 Гц уровень громкости $L = 50$ дБ. Порог слышимости на этой частоте соответствует интенсивности звука $I_0 = 0,10$ нВт/м². Коэффициент затухания звуковой волны $\gamma = 5,0$ м⁻¹. Найти звуковую мощность источника.

Тема 1.17. Основы релятивистской кинематики и динамики

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Стержень движется в продольном направлении с постоянной скоростью v относительно инерциальной К-системы отсчета. При каком значении v длина стержня в этой системе отсчета будет на $\eta = 0,5\%$ меньше его собственной длины?

2. Найти собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость $v = c/2$, длина $l = 1,00$ м и угол между ним и направлением движения $\vartheta = 45^\circ$.

3. С какой скоростью двигались в К-системе отсчета часы, если за время $t = 5,0$ с (в К-системе) они отстали от часов этой системы на $\Delta t = 0,10$ с?

4. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы $\Delta t_0 = 10$ нс. Найти путь, который пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни $\Delta t = 20$ нс.

5. В К-системе отсчета мю-мезон, движущийся со скоростью $v = 0,990$ с, пролетел от места

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

своего рождения до точки распада расстояние $l = 3,0$ км. Определить собственное время жизни этого мезона.

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика

Тема 2.1. Элементы кинетической теории газов

Вопросы к теме:

Очная форма

1. В сосуде объемом $V = 30$ л содержится идеальный газ при температуре 0°C . После того, как часть газа была выпущена наружу, давление в сосуде понизилось на $\Delta p = 0,78$ атм (без изменения температуры). Найти массу выпущенного газа. Плотность данного газа при нормальных условиях $\rho = 1,3$ г/л.

2. Сосуд объемом $V = 20$ л содержит смесь водорода и гелия при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ и давлении $p = 2,0$ атм. Масса смеси $m = 5,0$ г. Найти отношение массы водорода к массе гелия в данной смеси.

3. В сосуде находится смесь $m_1 = 7,0$ г азота и $m_2 = 11$ г углекислого газа при температуре $T = 290$ К и давлении $p_0 = 1,0$ атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

4. Найти давление воздуха в откачиваемом сосуде как функцию времени откачки t . Объем сосуда V , первоначальное давление p_0 . Процесс считать изотермическим и скорость откачки не зависящей от давления и равной C .

Примечание. Скоростью откачки называют объем газа, откачиваемый за единицу времени, причем этот объем измеряется при давлении газа в данный момент.

5. Высокий цилиндрический сосуд с газообразным азотом находится в однородном поле тяжести, ускорение свободного падения в котором равно g . Температура азота меняется по высоте так, что его плотность всюду одинакова. Найти градиент температуры dT/dh .

6. Идеальный газ с молярной массой M находится в однородном поле тяжести, ускорение свободного падения в котором равно g . Найти давление газа как функцию высоты h , если при $h = 0$ давление $p = p_0$, а температура изменяется с высотой как

а) $T = T_0 (1 - ah)$; б) $T = T_0 (1 + ah)$, где a — положительная постоянная.

7. Какому давлению необходимо подвергнуть углекислый газ при температуре $T = 300$ К, чтобы его плотность оказалась равной $\rho = 500$ г/л? Расчет провести как для идеального газа, так и для ван-дер-ваальсовского.

8. Один моль азота находится в сосуде объемом $V = 1,00$ л. Найти:

а) температуру азота, при которой ошибка в давлении, определяемом уравнением состояния идеального газа, составляет $\eta = 10\%$ (по сравнению с давлением согласно уравнению Ван-дер-Ваальса);

б) давление газа при этой температуре.

9. Один моль некоторого газа находится в сосуде объемом $V = 0,250$ л. При температуре $T_1 = 300$ К давление газа $p_1 = 90$ атм, а при $T_2 = 350$ К давление $p_2 = 110$ атм. Найти постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.

Тема 2.2. Статистические распределения

Вопросы к теме:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Очная форма

1. При какой температуре T воздуха средние скорости молекул азота (N_2) и кислорода (O_2) отличаются на $30,0$ м/с?
2. Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости молекул кислорода (O_2) при 20 °С.
3. Найти среднее значение модуля x -вой компоненты скорости молекул газа, находящегося в равновесном состоянии при температуре T . Масса молекулы равна m .
4. Некоторый газ находится в равновесном состоянии. Какой процент молекул газа обладает скоростями, отличными от наиболее вероятной не более чем на 1 %?
5. Молекулы идеального газа находятся в равновесии в центрально-симметричном силовом поле, так что потенциальная энергия отдельной молекулы имеет вид $\epsilon_r = \epsilon_r(r)$. Написать выражение для dN_r — числа молекул, расстояния которых от силового центра лежат в интервале от r до $r+dr$. Известно, что плотность молекул на расстоянии r_1 равна n_1 .
6. Считая атмосферу изотермической, а ускорение свободного падения не зависящим от высоты, вычислить давление а) на высоте 5 км, б) на высоте 10 км, в) в шахте на глубине 2 км. Расчет произвести для $T=293$ К. Давление на уровне моря принять равным p_0 .
7. Вблизи поверхности Земли отношение объемных концентраций кислорода (O_2) и азота (N_2) в воздухе $\eta_0=20,95/78,08=0,268$. Полагая температуру атмосферы не зависящей от высоты и равной 0 °С, определить это отношение η на высоте $h=10$ км.
8. Установленная вертикально закрытая с обоих концов труба наполнена газообразным кислородом (O_2). Высота трубы $h=200$ м, объем $V=200$ л. Стенки трубы имеют всюду одинаковую температуру $T=293$ К. Давление газа внутри трубы, вблизи ее основания равно $p_0=1,00 \cdot 10^5$ Па. Определить количество N молекул кислорода, содержащихся в трубе.
9. Закрытая с одного конца труба длины $l=1,00$ м вращается вокруг перпендикулярной к ней вертикальной оси, проходящей через открытый конец трубы, с угловой скоростью $\omega=62,8$ рад/с. Давление окружающего воздуха $p_0=1,00 \cdot 10^5$ Па, температура $t=20$ °С. Найти давление p воздуха в трубе вблизи закрытого конца.
10. Имеется N частиц, энергия которых может принимать лишь два значения E_1 и E_2 . Частицы находятся в равновесном состоянии при температуре T . Чему равна суммарная энергия E всех частиц в этом состоянии?

Тема 2.3. Классическая теория теплоемкости

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Вычислить удельные теплоемкости c_V и c_p газов: 1) гелия; 2) водорода; 3) углекислого газа.
2. Разность удельных теплоемкостей $c_p - c_V$ некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/(кг·К). Найти молярную массу M газа и его удельные теплоемкости c_V и c_p .
3. Каковы удельные теплоемкости c_V и c_p смеси газов, содержащей кислород массой $m_1=10$ г и азот массой $m_2=20$ г?
4. Определить удельную теплоемкость c_V смеси газов, содержащей $V_1=5$ л водорода и $V_2=3$ л гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.
5. Определить удельную теплоемкость c_p смеси кислорода и азота, если количество вещества ν_1

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

первого компонента равно 2 моль, а количество вещества ν_2 второго равно 4 моль.

6. При адиабатном сжатии газа его объем уменьшился в $n=10$ раз, а давление увеличилось в $k=21,4$ раза. Определить отношение C_p/C_v теплоемкостей газов.

Тема 2.4. Явления переноса

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Пусть αdt — вероятность того, что молекула газа испытывает столкновение в течение времени dt , α — постоянная. Найти:

- вероятность того, что молекула не испытает столкновения в течение времени t ;
- среднее время между столкновениями.

2. Найти среднюю длину свободного пробега и среднее время между столкновениями молекул газообразного азота, находящегося:

- при нормальных условиях;
- при температуре $t = 0^\circ \text{C}$ и давлении $p = 1,0$ нПа (такое давление позволяют получать современные вакуумные насосы).

3. Гелий при нормальных условиях заполняет пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами. Средний радиус цилиндров R , зазор между ними ΔR , причем $\Delta R > a$.

6. Шар радиуса R имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния r до его центра по закону $\rho = \rho_0 (1 - r/R)$, где ρ_0 — постоянная. Полагая диэлектрическую проницаемость шара и окружающего пространства равной единице, найти:

- модуль вектора напряженности электрического поля внутри и вне шара как функцию расстояния r ;
- максимальное значение напряженности $E_{\text{макс}}$ и соответствующее ему значение расстояния r_m .

7. Система состоит из шара радиуса R , заряженного сферически симметрично, и окружающей среды, заполненной зарядом с объемной плотностью $\rho = \alpha/r$, где α — постоянная, r — расстояние от центра шара. Найти заряд шара, при котором модуль вектора напряженности электрического поля вне шара не будет зависеть от r . Чему равна эта напряженность? Диэлектрическая проницаемость шара и окружающей среды предполагается равной единице.

8. Найти вектор напряженности электрического поля, потенциал которого имеет вид $\varphi = ar$, где a — постоянный вектор, r — радиус-вектор точки поля.


9. Определить вектор напряженности электрического поля, потенциал которого зависит от координат x, y по закону $\varphi = axy$, где a — постоянная. Изобразить примерный вид этих полей с помощью силовых линий (в плоскости x, y).

10. Найти потенциал $\varphi(x, y)$ электростатического поля $E = 2axyi + a(x^2 - y^2)j$, где a — постоянная, i и j — орты осей x и y .

Тема 3.2. Проводники в электрическом поле

Вопросы к теме:

Очная форма

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Точечный заряд q находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Какую работу необходимо совершить, чтобы медленно удалить этот заряд на очень большое расстояние от плоскости?

2. Два точечных заряда, q и $-q$, расположены на расстоянии l друг от друга и на одинаковом расстоянии $l/2$ от безграничной проводящей плоскости. Найти:

а) модуль вектора электрической силы, действующей на каждый заряд;

б) модуль вектора напряженности электрического поля в точке, расположенной на середине между этими зарядами.

3. Точечный заряд q находится между двумя проводящими взаимно перпендикулярными полуплоскостями. Расстояние заряда до каждой полуплоскости равно l . Найти модуль вектора силы, действующей на заряд.

4. Точечный диполь с электрическим моментом p находится на расстоянии l от бесконечной проводящей плоскости. Найти модуль вектора силы, действующей на диполь, если вектор p перпендикулярен плоскости.

5. Точечный заряд q находится на расстоянии l от проводящей безграничной плоскости. Определить поверхностную плотность зарядов, индуцированных на плоскости, как функцию расстояния r от основания перпендикуляра, опущенного из заряда на плоскость.

Тема 3.3. Электрическое поле в диэлектрике

Вопросы к теме:

Очная форма

1. неполярная молекула с поляризуемостью β находится на большом расстоянии l от полярной молекулы с электрическим моментом p . Найти модуль вектора силы взаимодействия этих молекул, если вектор p ориентирован вдоль прямой, проходящей через обе молекулы.

2. Точечный заряд q находится в центре шара из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Найти поляризованность P как функцию радиус-вектора r относительно центра системы, а также заряд q' внутри сферы, радиус которой меньше радиуса шара.

3. Показать, что на границе диэлектрика с проводником поверхностная плотность связанного заряда диэлектрика $\sigma' = -\sigma(\epsilon - 1)/\epsilon$, где ϵ — диэлектрическая проницаемость, σ — поверхностная плотность заряда на проводнике.


4. Однородный изотропный диэлектрик имеет вид сферического слоя с радиусами a и b . Изобразить примерные графики напряженности электрического поля E и потенциала φ как функций расстояния r от центра слоя, если диэлектрик имеет некоторый положительный сторонний заряд, распределенный равномерно:

а) по внутренней поверхности слоя; б) по объему слоя.

5. При некоторых условиях поляризованность безграничной незаряженной пластины из диэлектрика имеет вид $P = P_0(1 - x^2/d^2)$, где P_0 — вектор, перпендикулярный к пластине, x — расстояние от середины пластины, d — ее толщина. Найти напряженность E электрического поля внутри пластины и разность потенциалов между ее поверхностями.

Тема 3.4. Энергия электрического поля

Вопросы к теме:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Очная форма

1. Определить энергию взаимодействия точечных зарядов, расположенных в вершинах квадрата со стороной a .

2. Точечный заряд q находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Найти энергию взаимодействия этого заряда с зарядами, индуцированными на плоскости.

3. Конденсатор емкости $C_1 = 1,0$ мкФ, предварительно заряженный до напряжения $U = 300$ В, подключили параллельно к незаряженному конденсатору емкости $C_2 = 2,0$ мкФ. Найти приращение электрической энергии этой системы к моменту установления равновесия. Объяснить полученный результат.

4. Система состоит из двух концентрических тонких металлических оболочек радиусами R_1 и R_2 с соответствующими зарядами q_1 и q_2 . Найти значения собственной энергии каждой оболочки W_1 и W_2 , энергии взаимодействия оболочек W_{12} и полную электрическую энергию W системы.

5. Заряд q распределен равномерно по объему шара радиуса R . Полагая диэлектрическую проницаемость равной единице, найти:

а) собственную электростатическую энергию шара;

б) отношение энергии W_1 , запасенной внутри шара, к энергии W_2 , заключенной в окружающем пространстве.

Тема 3.5. Постоянный электрический ток

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Длинный равномерно заряженный по поверхности цилиндр радиусом сечения $a = 1,0$ см движется с постоянной скоростью $v = 10$ м/с вдоль своей оси. Напряженность электрического поля непосредственно у поверхности цилиндра $E = 0,9$ кВ/см. Чему равен соответствующий конвекционный ток, т.е. ток, обусловленный механическим переносом заряда?

2. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен стеклом с удельным сопротивлением $\rho = 100$ ГОм*м. Емкость конденсатора $C = 4,0$ нФ. Найти ток утечки через конденсатор при подаче на него напряжения $U = 2,0$ кВ.

3. Конденсатор, заполненный диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2,1$, теряет за время $\tau = 3,0$ мин половину сообщенного ему заряда. Предполагая, что утечка заряда происходит только через диэлектрическую прокладку, вычислить ее удельное сопротивление.

4. Амперметр и вольтметр подключили последовательно к батарее с э.д.с. $\xi = 6,0$ В. Если параллельно вольтметру подключить некоторое сопротивление, то показание вольтметра уменьшается в $\eta = 2,0$ раза, а показание амперметра во столько же раз увеличивается. Найти показание вольтметра после подключения сопротивления.

5. Найти э. д. с. и внутреннее сопротивление источника, эквивалентного двум параллельно соединенным элементам с э. д. с. ξ_1 и ξ_2 и внутренними сопротивлениями R_1 и R_2 .

Тема 3.6. Магнитное поле токов в вакууме

Вопросы к теме:

Очная форма

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Постоянный ток $I = 10$ А течет по длинному прямому проводнику круглого сечения. Найти магнитный поток через одну из половин осевого сечения проводника в расчете на один метр его длины.

2. Найти магнитный момент тонкого кругового витка с током, если радиус витка $R = 100$ мм и индукция магнитного поля в его центре $B = 6,0$ мкТ.

3. Два протона движутся параллельно друг другу с одинаковой скоростью $v = 300$ км/с. Найти отношение сил магнитного и электрического взаимодействия данных протонов.

4. При измерении эффекта Холла в натриевом проводнике напряженность поперечного поля оказалась $E = 5,0$ мкВ/см при плотности тока $j = 200$ А/см² и индукции магнитного поля $B = 1,00$ Т. Найти концентрацию электронов проводимости и ее отношение к концентрации атомов в данном проводнике.

5. На железном сердечнике в виде тора со средним радиусом $R = 250$ мм имеется обмотка с общим числом витков $N = 1000$. В сердечнике сделана поперечная прорезь шириной $b = 1,00$ мм. При токе $I = 0,85$ А через обмотку индукция магнитного поля в зазоре $B = 0,75$ Т. Пренебрегая рассеянием магнитного потока на краях зазора, найти магнитную проницаемость железа в этих условиях.

Тема 3.7. Магнитное поле в веществе

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Определить намагниченность J тела при насыщении, если магнитный момент каждого атома равен магнетону Бора μ_B и концентрация атомов $6 \cdot 10^{28}$ м⁻³.

2. Магнитная восприимчивость χ марганца равна $1,21 \cdot 10^{-4}$. Вычислить намагниченность J , удельную намагниченность $J_{уд}$ и молярную намагниченность J_m марганца в магнитном поле напряженностью $H = 100$ кА/м. Плотность марганца считать известной.

3. Магнитная восприимчивость χ алюминия равна $2,1 \cdot 10^{-5}$. Определить его удельную магнитную $J_{уд}$ и молярную J_m восприимчивости.

4. Висмутовый шарик радиусом $R = 1$ см помещен в однородное магнитное поле ($B_0 = 0,5$ Тл). Определить магнитный момент m , приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость χ висмута равна $-1,5 \cdot 10^{-4}$.

5. Напряженность H магнитного поля в меди равна 1 МА/м. Определить намагниченность J меди и магнитную индукцию B , если известно, что удельная магнитная восприимчивость $\chi_{уд} = -1,1 \cdot 10^{-9}$ м³/кг.

Тема 3.8. Взаимные превращения электрического и магнитного полей

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Магнитный поток $\Phi = 40$ мВб пронизывает замкнутый контур. Определить среднее значение ЭДС индукции, возникающей в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время $\Delta t = 2$ мс.

2. Прямой провод длиной $l = 40$ см движется в однородном магнитном поле со скоростью $v = 5$ м/с

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов U между концами провода равна 0,6 В. Вычислить индукцию B магнитного поля.

3. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,35$ Тл равномерно с частотой $n=480$ мин⁻¹ вращается рамка, содержащая $N=500$ витков площадью $S=50$ см². Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции ξ_{\max} , возникающую в рамке.

4. Короткая катушка, содержащая $N=1000$ витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,04$ Тл с угловой скоростью $\omega=5$ рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной линиям индукции поля. Определить мгновенное значение ЭДС индукции ξ_i для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол $\alpha=60^\circ$ с линиями индукции поля. Площадь S катушки равна 100 см².

5. Проволочное кольцо радиусом $r=10$ см лежит на столе. Какое количество электричества Q протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление R кольца равно 1 Ом. Вертикальная составляющая индукции B магнитного поля Земли равна 50 мкТл.

Тема 3.9. Электромагнитная индукция

Вопросы к теме:

Очная форма

1. По П-образному проводу перемещается с постоянной скоростью v под действием силы F замыкающая провод перемычка. Контур находится в перпендикулярном к его плоскости однородном магнитном поле. Чему равна сила F , если в контуре выделяется каждую секунду количество теплоты Q ?

2. Изолированный металлический диск радиуса $a=0,250$ м вращается с частотой $n=1000$ мин⁻¹. Найти разность потенциалов U между центром и краем диска, возникающую:

а) в отсутствие магнитных полей,

б) в случае, когда имеется перпендикулярное к диску однородное поле с индукцией $B=10,0$ мТл.

3. Между полюсами электромагнита помещена небольшая катушка, расположенная так, что оси катушки и полюсных наконечников магнита совпадают. Площадь, поперечного сечения катушки $S=3,00$ мм², число витков $N=60$. При повороте катушки на 180° через соединенный с ней баллистический гальванометр протекает заряд $q=4,50$ мкКл. Определить напряженность поля H между полюсами. Сопротивление катушки, гальванометра и соединительных проводов $R=40,0$ Ом.

4. По соседству расположены два витка проволоки. По первому течет ток $I=10,0$ А. В цепь второго включен баллистический гальванометр. Полное сопротивление второй цепи $R=5,00$ Ом. Чему равна взаимная индуктивность L_{12} витков, если при выключении тока I через гальванометр проходит заряд $q=1,00 \cdot 10^{-8}$ Кл?

5. На бесконечный соленоид с n витками на единицу длины и площадью поперечного сечения S намотана катушка из N витков. Найти взаимную индуктивность L_{12} катушки и соленоида. Проницаемость среды, заполняющей соленоид, равна μ .

Тема 3.10. Уравнение Максвелла

Вопросы к теме:

Очная форма

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Пространство между двумя концентрическими металлическими сферами заполнено однородной слабо проводящей средой с удельным сопротивлением ρ и диэлектрической проницаемостью ϵ . В момент $t = 0$ внутренней сфере сообщили некоторый заряд. Найти:

а) связь между векторами плотностей тока смещения и тока проводимости в произвольной точке среды в один и тот же момент;

б) ток смещения через произвольную замкнутую поверхность, расположенную целиком в среде и охватывающую внутреннюю сферу, если заряд этой сферы в данный момент равен q .

2. Точечный заряд q движется с нерелятивистской скоростью $v = \text{const}$. Найти плотность тока смещения $j_{\text{см}}$ в точке, находящейся на расстоянии r от заряда на прямой:

а) совпадающей с траекторией заряда;

б) перпендикулярной к траектории и проходящей через заряд.

3. В некоторой области инерциальной системы отсчета имеется вращающееся с угловой скоростью ω магнитное поле, индукция которого равна B . Найти $\nabla \times E$ в этой области как функцию векторов ω и B .

4. Длинный сплошной алюминиевый цилиндр радиуса $a = 5,0$ см вращают вокруг его оси в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТ. Угловая скорость вращения $\omega = 45$ рад/с, причем $\omega \uparrow \uparrow B$. Пренебрегая магнитным полем возникающих зарядов, найти их объемную и поверхностную плотности.

5. Показать, что уравнения Максвелла $\nabla \times E = -\partial B / \partial t$ и $\nabla \cdot B = 0$ являются совместимыми, т. е. первое из них не противоречит второму.

Тема 3.11. Электромагнитные колебания и волны

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Конденсатор емкости C заряжается до напряжения U_0 и замыкается на катушку с индуктивностью L . Чему равна амплитуда I_m силы тока в образовавшемся колебательном контуре? Активным сопротивлением контура пренебречь.

2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкости $C = 4,0$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 2,0$ мГ и активным сопротивлением $R = 10$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в момент максимума тока.

3. Колебательный контур имеет емкость $C = 10$ мкФ, индуктивность $L = 25$ мГ и активное сопротивление $R = 1,0$ Ом. Через сколько колебаний амплитуда тока в этом контуре уменьшится в e раз?

4. На сколько процентов отличается частота ω свободных колебаний контура с добротностью $Q = 5,0$ от собственной частоты ω_0 колебаний этого контура?

5. В контуре, добротность которого $Q = 50$ и собственная частота колебаний $\nu_0 = 5,5$ кГц, возбуждаются затухающие колебания. Через сколько времени энергия, запасенная в контуре, уменьшится в $\eta = 2,0$ раза?

Раздел 4. Оптика

Тема 4.1. Электромагнитные волны

Вопросы к теме:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Очная форма

1. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 3,0$ МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью 4,0. Найти приращение ее длины волны.

2. Плоская электромагнитная волна с частотой $\nu = 10$ МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью 10 мСм/м и диэлектрической проницаемостью 9. Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.

3. Плоская электромагнитная волна $E = E_t \cos(\omega t - kt)$ распространяется в вакууме. Считая векторы E_t и k известными, найти вектор H как функцию времени t в точке с радиус-вектором $r = 0$

4. Плоская электромагнитная волна падает нормально на поверхность плоскопараллельного слоя толщиной l из немагнитного вещества, диэлектрическая проницаемость которого экспоненциально падает от значения ϵ_1 на передней поверхности до ϵ_2 на задней. Найти время распространения данной фазы волны через этот слой.

5. Плоская гармоническая линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в вакууме. Амплитуда напряженности электрической составляющей волны $E_t = 50$ мВ/м, частота $\nu = 100$ МГц. Найти:

- действующее значение плотности тока смещения;
- среднюю за период колебания плотность потока энергии.

6. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна $E = E_t \cos(\omega t - kx)$, где $E_t = E_{teu}$. Найти вектор H в точке с координатой $x = 7,7$ м в момент $t = 0$ и $t = 33$ нс, когда $E_t = 160$ В/м, $k = 0,51$ м⁻¹.

Тема 4.2. Фотометрия

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Найти с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза:

- поток энергии, соответствующий световому потоку в $1,0$ лм с длиной волны $0,51$ и $0,64$ мкм;
- световой поток, приходящийся на интервал длин волн от $0,58$ до $0,63$ мкм, если соответствующий поток энергии $\Phi_9 = 4,5$ мВт, причем последний распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция $V(\lambda)$ зависит линейно от длины волны.

2. Точечный изотропный источник испускает световой поток $\Phi = 0$ лм с длиной волны $\lambda = 0,59$ мкм. Найти амплитудные значения напряженностей электрического и магнитного полей этого светового потока на расстоянии $r = 1,0$ м от источника.

3. Найти среднюю освещенность облучаемой части непрозрачной сферы, если на нее падает:

- параллельный световой поток, создающий в точке нормального падения освещенность E_0 ;
- свет от точечного изотропного источника, находящегося на расстоянии $l = 100$ см от центра сферы; радиус сферы $R = 60$ см и сила света $I = 36$ кд.

4. Определить светимость поверхности, яркость которой зависит от направления по закону $L = L_0 \cos Q$, где Q - угол между направлением излучения и нормалью к поверхности.

5. Некоторая светящаяся поверхность подчиняется закону Ламберта. Ее яркость равна L . Найти:

- световой поток, излучаемый элементом dS этой поверхности внутрь конуса, ось которого нормальна к данному элементу, если угол полураствора конуса равен Q ;

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

б) светимость такого источника.

Тема 4.3. Геометрическая оптика

Вопросы к теме:

Очная форма

1. При каком значении угла падения луч, отраженный от поверхности воды, будет перпендикулярен к преломленному лучу?

2. Имеются две оптические среды с плоской границей раздела. Пусть $Q_{пр}$ - предельный угол падения луча, а Q_1 - угол падения, при котором преломленный луч перпендикулярен к отраженному (предполагается, что луч идет из оптически более плотной среды). Найти относительный показатель преломления этих сред, если $\sin Q_{пр}/\sin Q_1 = 1,28$.

3. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной $d = 6,0$ см. Угол падения $Q = 60^\circ$. Найти величину бокового смещения луча, прошедшего через эту пластину.

4. Показать, что при преломлении в призме с малым преломляющим углом Q луч отклоняется на угол $A = (n - 1)Q$ независимо от угла падения, если последний также мал.

5. Для некоторой стеклянной призмы угол наименьшего отклонения луча равен преломляющему углу призмы. Найти последний.

6. Трехгранная призма с преломляющим углом 60° дает угол наименьшего отклонения в воздухе 37° . Какой угол наименьшего отклонения даст эта призма в воде?

7. Луч света, содержащий две монохроматические составляющие, проходит через трехгранную призму с преломляющим углом $e = 60^\circ$. Определить угол между обеими составляющими луча после призмы, если показатели преломления для них равны 1,515 и 1,520 и призма ориентирована на угол наименьшего отклонения.

Тема 4.4. Оптические системы

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Найти построением:


а) ход луча за собирающей и рассеивающей тонкими линзами (рис. 5. 7, г.де OO' - оптическая ось, F и F' - передний и задний фокусы);

б) положение тонкой линзы и ее фокусов, если известно положение оптической оси OO' и положение пары сопряженных точек $P P'$ (см. рис. 5.5); среды по обе стороны линз одинаковы;

ход луча 2 за собирающей и рассеивающей тонкими линзами (рис. 5.8), если известно положение линзы и ее оптической оси OO' и ход луча 1; среды по обе стороны линз одинаковы.

2. Тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f = 25$ см проецирует изображение предмета на экран, отстоящий от линзы на расстоянии $l = 5,0$ м. Экран придвинули к линзе на $dl = 18$ см. На сколько следует переместить предмет, чтобы опять получить четкое изображение его на экране?

3. Источник света находится на расстоянии $l = 90$ см от экрана. Тонкая собирающая линза, помещенная между источником света и экраном, дает четкое изображение источника при двух

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

положениях. Определить фокусное расстояние линзы, если:

а) расстояние между обоими положениями линзы $d_l = 30$ см;

б) поперечные размеры изображения при однол, положении линзы в 1] = 4,0 раза больше, чем при другом.

4. Между предметом и экраном, положения которых неизменны, помещают тонкую собирающую линзу. Перемещением линзы находят два положения, при которых на экране образуется четкое изображение предмета. Найти поперечный размер предмета, если при одном положении линзы размер изображения $h' = 2,0$ мм, а при другом $h'' = 4,5$ мм.

5. Тонкая собирающая линза с относительным отверстием $D : f = 1 : 3,5$ (D - диаметр линзы, f - ее фокусное расстояние) дает изображение достаточно удаленного предмета на фотопластинке. Яркость предмета $L = 260$ кд/м² Потери света в линзе составляют 0,10. Найти освещенность изображения.

6. Галилеева труба 10-кратного увеличения при установке на бесконечность имеет длину 45 см. Определить:

а) фокусные расстояния объектива и окуляра трубы;

б) на какое расстояние надо передвинуть окуляр трубы, чтобы ясно видеть предметы на расстоянии 50 м.

7. Рассчитать положение главных плоскостей и фокусов толстой выпукло-вогнутой стеклянной линзы, если радиус кривизны выпуклой поверхности $R_1 = 10,0$ см, вогнутой $R_2 = 5,0$ см и толщина линзы $d = 3,0$ см.

Тема 4.5. Интерференция света

Вопросы к теме:

Очная форма

1. В опыте Ллойда (рис. 5.13) световая волна, исходящая н[?] посредственно из источника S (узкой щели), интерферирует с волной, отраженной от зеркала Z . В результате на экране \mathcal{E} образуется система_ интерференционных полос. Расстояние от источника - до экрана $l = .100$ см. При некотором- положении источника ширина интерференционной полосы на экране $dx = 0,25$ мм, а после того как источник отодвинули от плоскости зеркала на $dh = 0,60$ мм, ширина полос уменьшилась в ' 1,5 раза. Найти длину волны света.

2. Расстояния от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны соответственно $a = 25$ см и $b = 100$ см. Бипризма стеклянная с преломляющим углом $Q = 20'$. Найти длину волны света, сли ширина интерференционной полосы на экране $dx = 0,55$ мм.


3. Плоская световая волна с 'А, =

= О, 70 мкм падает нормально на осно
вание бипризмы, сделанной из стекла

($n = 1,520$) с преломляющим углом $Q = 5,0^\circ$. За бипризмой (рис. 5.15)

находится плоскопараллельная стеклянная пластинка, и пространство ме-жду ними заполнено бензолом ($n' = 1,500$). Найти ширину интерференционной полосы на экране \mathcal{E} , расположенном за этой системой.

4. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстояние $d = 2,5$ мм. На экране, расположенном за диафрагмой на $l = 100$ см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

какую сторону сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщины $h = 10$ мкм?

5. На тонкую пленку ($n = 1,33$) ° падает параллельный пучок елого света. Угол падения 52 . При какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет ($0,60$ мкм)?

6. Для уменьшения потерь света из-за отражения от поверхности стекла последнее покрывают тонким слоем вещества с показателем преломления $n'' = (n)^{0,5}$, где n - показатель преломления стекла. В этом случае амплитуды световых колебаний, отраженных от обеих поверхностей такого слоя, будут одинаковыми. При какой толщине этого слоя отражательная способность стекла в направлении нормали будет равна нулю для света с длиной волны λ .

7. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны 40 см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца $r = 2,5$ мм. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на $\Delta h = 5,0$ мкм. Каким стал радиус этого кольца?

8. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности $R = 12,5$ см прижата к стеклянной пластинке. Диаметры десятого и пятнадцатого темных колец Ньютона в отраженном свете равны $d_1 = 1,00$ мм и $d_5 = 1,50$ мм. Определить длину волны света.

Тема 4.6. Дифракция света

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,50$ мкм расположен на расстоянии $a = 100$ см перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса $r = 1,0$ мм. Найти расстояние B от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет $k = 3$.

2. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого r можно менять в процессе опыта. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны $a = 100$ см и $B = 125$ см. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при $r_1 = 1,00$ мм и следующий максимум при $r_2 = 1,29$ мм.


3. Плоская световая волна 640 нм с интенсивностью I_0 падает нормально на круглое отверстие радиуса $1,2$ мм. Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии $1,5$ м от отверстия.

4. Плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью I_0 падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Какова интенсивность света I за экраном в точке, для которой отверстие:

- равно первой зоне Френеля; внутренней половине первой зоны;
- сделали равным первой зоне Френеля и затем закрыли его полови-ну (по диаметру)?

5. Свет с длиной волны λ . падает нормально на длинную прямоугольную щель ширины b . Найти угловое распределение интенсивности света при френелевой дифракции, а также угловое положение минимумов.

6. Имеется зрительная труба с диаметром объектива $D = 5,0$ см. Определить разрешающую способность объектива трубы и минимальное расстояние между двумя точками, находящимися на расстоянии $l = 3,0$ км от трубы, которое она может разрешить (считать длину волны $0,55$ мкм).

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

7. Вычислить наименьшее расстояние между двумя точками на Луне, которое можно разрешить рефлектором с диаметром зеркала в 5 м. Считать, что длина волны света 0,55 мкм.

Тема 4.7. Поляризация света

Вопросы к теме:

Очная форма

1. При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит 30% светового потока, а через два таких поляризатора 13,5%. найти угол между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

2. Степень поляризации частично поляризованного света $P = 0,25$. Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

3. На пути частично поляризованного пучка поместили николю. При повороте николя на угол 60° из положения, соответствующего максимуму пропускания света, интенсивность прошедшего света уменьшилась в 3,0 раза. Найти степень поляризации падающего света.

4. Естественный свет падает под углом Брюстера на поверхность стекла. Определить с помощью формул Френеля:

- а) коэффициент отражения;
- б) степень поляризации преломленного света.

Тема 4.8. Молекулярная оптика

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Свободный электрон находится в поле монохроматической световой волны. Интенсивность света $I = 150 \text{ Вт/м}^2$, его частота $\omega = 3,4 \cdot 10^{15} \text{ рад/с}$. Найти:

- а) амплитуду колебаний электрона и амплитуду его скорости;
- б) отношение F, J, \dot{F} , где F и f_3 - амплитудные значения сил, действующих на электрон со стороны магнитной и электрической составляющих поля световой волны; показать также, что это отношение равно $\frac{1}{2} v/c$, где v - амплитуда скорости электрона, c - скорость света.

2. Электромагнитная волна с частотой ω распространяется в разреженной плазме. Концентрация свободных электронов в плазме равна n_0 . Пренебрегая взаимодействием волны с ионами плазмы, найти зависимость:

- а) диэлектрической проницаемости плазмы от частоты;
- б) фазовой скорости электромагнитной волны от ее длины волны λ в плазме.

3. Найти концентрацию свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой $\nu = 100 \text{ МГц}$ ее показатель преломления $n = 0,90$.

4. В ряде случаев диэлектрическая проницаемость вещества оказывается величиной комплексной или отрицательной и показатель преломления - соответственно комплексным ($n' = n + i\kappa$) или чисто мнимым ($n' = i\kappa$). Написать для этих случаев уравнение плоской волны и выяснить физический смысл таких показателей преломления.

5. Найти зависимость между групповой и фазовой v_{gr}