

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 высших технологий
Кафедра	Кафедра радиотехники и электроники
Курс	1, 2-очная форма обучения

Направление (специальность): 27.03.02 Управление качеством

Направленность (профиль/специализация): Управление качеством в производственно-технологических комплексах

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:

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

СОГЛАСОВАНО	
Заведующий выпускающей кафедрой (кафедра ИФ)	
	/Бакланов С.Б./
Подпись	ФИО
Первый по учету	21 мая 2024 г.



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, основными методами измерения физических величин, простейшими методами обработки результатов эксперимента и основными приборами;
4. дать студентам 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 рывка 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 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 Б1.0, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению :27.03.02 Управление качеством.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции :ОПК-1, ОПК-2.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Дифференциальные уравнения и дискретная математика, Теория вероятностей и математическая статистика, Математический анализ, Ознакомительная практика, Инженерная графика, Преддипломная практика, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Материаловедение, Проектная деятельность.

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
ОПК-1Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов естественных наук математики	<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</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 рассчитать аккуратно , ясно и кратко ; решать типовые задачи по основным разделам физики , используя методы математического анализа</p> <p>владеть : методами физического анализа в инновационной деятельности ; методами экспериментального исследования в физике (планирование , постановка и обработка эксперимента)</p>
ОПК-2Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	<p>знать : математический аппарат для описания , анализа , теоретического и экспериментального исследования моделирования физических химических систем , явлений и процессов , использования в обучении профессиональной деятельности</p> <p>уметь : использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности</p> <p>владеть : основными экспериментальными методами определения</p>

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

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 16ЗЕТ

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
Формы текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование, коллоквиум	Тестирование коллоквиум			
Курсовая работа	-	-	-	-	-



Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)				
	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

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	коллоквиум
Тема 1.2. Кинематика поступательного и вращательного движения материальной точки	9	2	2	4	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.3. Динамика материальной точки. Законы Ньютона	9	2	2	4	0	1	Тестирование коллоквиум



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	Тестирование коллоквиум
Тема 1.5. Неинерциальные системы отсчета, уравнение движения	3	2	0	0	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.6. Движение тел переменной массы	4	2	1	0	0	1	коллоквиум
Тема 1.7. Работа и энергия. Закон сохранения механической энергии.	4	2	1	0	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.8. Столкновения тел, абсолютно упругий и неупругий удары	8	2	1	4	0	1	коллоквиум
Тема 1.9. Момент импульса, закон сохранения момента импульса	4	2	1	0	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.10. Движение в поле тяготения. Законы	4	2	1	0	0	1	Тестирование коллоквиум



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	Тестирование коллоквиум
Тема 1.12. Механика упругих тел. Закон Гука, модули Юнга, сдвига, кручения	8	2	1	4	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.13. Механика жидкости газа, основные уравнения гидростатики и гидродинамики	8	2	1	4	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.14. Механические колебания, гармонические колебания, сложение колебаний	8	2	1	4	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.15. Уравнения гармонических колебаний, маятник математический	8	2	1	4	0	1	Тестирование коллоквиум



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
кийи пружинный							
Тема 1.16. Механические волны. Типы волн, волновых характеристики	8	2	1	4	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 1.17. Основы релятивистской кинематики и динамики	8	4	2	0	0	2	Тестирование коллоквиум
Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика							
Тема 2.1. Элементы кинетической теории газов	12	4	2	4	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 2.2. Статистическое распределение	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 2.3. Классическая теория теплоемкости	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 2.4. Явления переноса	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 2.5. Реальные газы и жидкости	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 2.6. Термодинамический подход	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум



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
описанию макросистем							
Тема 2.7. Первый принцип термодинамики	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 2.8. Второй принцип термодинамики	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Раздел 3. Электричество и магнетизм							
Тема 3.1. Электрическое поле в вакууме	10	4	2	3	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 3.2. Проводник в электрическом поле	8	2	1	3	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 3.3. Электрическое поле диэлектрика	8	2	1	4	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 3.4. Энергия электрического поля	9	3	1	3	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 3.5. Постоянный электрический ток	9	3	2	3	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 3.6. Магнитное поле токов в вакууме	11	4	2	3	0	2	Тестирование коллоквиум



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 вещества	8	2	1	3	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 3. 8. Взаимные превращения электрического и магнитного полей	8	2	2	3	0	1	Тестирование коллоквиум
Тема 3. 9. Электромagnetная индукция	12	4	2	4	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 3. 10. Уравнение Максвелла	11	4	2	3	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 3. 11. Электромагнитные колебания и волны	14	6	2	4	0	2	Тестирование коллоквиум
Раздел 4. Оптика							
Тема 4. 1. Электромagnetные волны	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 4. 2. Фотометрия	12	4	2	2	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 4. 3. Геометрическая оптика	14	4	2	4	0	4	Тестирование коллоквиум
Тема 4. 4. Оптические системы	10	4	2	2	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 4. 5. Интерференция света	14	4	2	6	0	2	Тестирование коллоквиум



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 4.6. Дифракция света	14	4	2	6	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 4.7. Поляризация света	7	2	1	2	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 4.8. Молекулярная оптика	9	2	1	4	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 4.9. Тепловое излучение	7	2	1	2	0	2	Тестирование коллоквиум
Тема 4.10. Основы квантовой оптики	5	2	1	0	0	2	Тестирование коллоквиум
Итого подлежит изучению	432	136	68	136	0	92	Тестирование коллоквиум

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

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

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

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 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 силы инерции на Земле. Вестела, 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 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. Общезначимый 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.

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 полетах гонения. 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, 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 трубка 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 жидкости 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, периоды частот колебаний. Сложение однонаправленных колебаний одинаковой частоты и близкими частотами. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.

Тема 1.15. Уравнения гармонических колебаний, маятник математический и пружинный

Малые колебания системы содной степенью свободы. Дифференциальное уравнение 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. Релятивистский импульс. Основное уравнение релятивистской динамики. Полная кинетическая энергия, 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. Примеры распределения частиц по объему. Распределение молекул газа по скоростям. Равновесное распределение Максвелла (по вектору модулю скорости) и его свойства, наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределение Больцмана и примеры его применения.

Тема 2.3. Классическая теория теплоемкости

Теплоемкость газов, теорема о равном 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.

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

Опыт Джоуля, понятие 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. Формулировка второго принципа термодинамики для тепловых 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 ее 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

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

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

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. Применены теоремы о циркуляции индукции. Дифференциальная форма закона магнитного поля. Момент сил, действующих на контур с током. Работа в магнитном поле.

Тема 3.7. Магнитное поле в веществе

Намагниченность 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 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 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. Сigmaticеские точки. Преломление на сферической поверхности. Фокусные расстояния и фокальные плоскости. Отражение на сферической поверхности. Линзы. Оптические оси линзы. Центрированные оптические системы. Тонкие линзы. Фокусные 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. Узлы и точки плоскости. Сложение оптических систем. Оптические инструменты. Диафрагма, 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

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 закона теплового излучения: оптическая пирометрия, источники света.

Тема 4.10. Основы квантовой оптики

Фотоэлектрический эффект. Опыт 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 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. Велосипедиста первые 5 с проехал 40 м, за следующие 10 с – 100 м, а последние 5 с – 20 м. Найти среднюю скорость на всем пути.

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

№ 9. Мотоциклист на расстоянии 10 м от железного дорожного 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 ствола 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 концу проволоки, жесткость которой 100 кН/м, чтобы растянуть ее на 1 мм?

№ 3. Насколько 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 горизонтально на расстоянии со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты брошено тело?

№ 9. Вратарь, выбивая мяч от ворот 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.

№ 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 кратко временно) с ускорением 25 м/с²?

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

№15. Брусок массой 400г под действием груза массой 100г (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 100г , 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 кг , движутся навстречу друг другу со скоростями 2 м/с каждое. С какой скоростью 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. С какой скоростью 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 $f = kv^2$.

С какой скоростью 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 её назад 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 с постоянным ускорением ng (g – ускорение свободного падения). Пренебрегая сопротивлением атмосферы и считая эффективную скорость ve 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 её поверхности. Эффективная скорость истечения $ve = 2000\text{ м/с}$. Число Циолковского $z = 5$. Определить, какое должно быть время сгорания топлива,

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

чтобы ракета достигла скорости $v=3000\text{ м/с}$ (принять, что ускорение силы тяжести вблизи Луны постоянно и равно $1,62\text{ м/с}^2$).

Число Циолковского называется отношением стартовой массы ракеты к массе ракеты без топлива.

7. Ракета движется в однородном поле силы тяжести в верх постоянным ускорением w .

Пренебрегая сопротивлением атмосферы и считая эффективную скорость истечения газов постоянной, определить время T , за которое масса ракеты уменьшится в два раза.

8. Эффективная скорость истечения газов из ракеты $v_e=2,4\text{ км/с}$. Какой процент должен составлять вес топлива от стартового веса ракеты, чтобы ракета, движущаяся в неплотной атмосфере, приобрела скорость 9 км/с ?

9. Ракета движется поступательно при отсутствии тяготения и сопротивления среды.

Эффективная скорость истечения газов $v_e=2400\text{ м/с}$. Определить число Циолковского, если момент полного сгорания топлива скорость ракеты будет равна 4300 м/с .

10. Тело переменной массы, имея начальную скорость, равную нулю, движется постоянным ускорением w по горизонтальному направлению. 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 «Союз» массой $6,6\text{ т}$, движущегося по орбите со скоростью $7,8\text{ км/с}$?
3. Импульс тела равен $8\text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а кинетическая энергия 16 Дж . Найти массу и скорость тела.
4. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину жесткостью 40 кН/м на $0,5\text{ м}$?
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 кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?
7. При подготовке к 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:

Очная форма

1. Частица массы $1,0\text{ г}$, двигавшаяся со скоростью $v_1=3,0i-2,0j$, испытала абсолютно неупругое столкновение с другой частицей, масса которой $2,0\text{ г}$ со скоростью $v_2=4,0j-6,0k$. Найти скорость образовавшейся частицы – вектор 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 массами m_1 и m_2 при абсолютно упругом 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:

а) она отскочила под прямым углом к своему первоначальному направлению движения; б) столкновение лобовое?

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

а) столкновение лобовое и частицы разлетелись в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями;

б) 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 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 к 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 совпала с шариком. Сопротивление воздуха не учитывать.

3. Доказать, что момент импульса M_K системы частиц относительно точки O_K системы отсчета может быть представлен как

$$M = M_C + [r_C p],$$

где M_C – ее собственный момент импульса (в поступательно движущейся системе отсчета,

связанной с центром инерции), r_C – радиус-

вектор центра инерции относительно точки O , p – суммарный импульс системы частиц в K -системе отсчета.

Тема 1.10. Движение в полетах гонения. 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: а) во сколько раз расстояние от Юпитера до Солнца превышает расстояние от Земли до Солнца; б) 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 – $2R$. Найти по законам 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. 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 точечному радиус-вектору $\vec{r}_1 = a\vec{i}$ приложена сила $\vec{F}_1 = A\vec{j}$, а к точечному радиус-вектору $\vec{r}_2 = b\vec{j}$ – сила $\vec{F}_2 = B\vec{i}$. Здесь b – радиус-вектор определены относительно начала координат O , \vec{i}, \vec{j} – орты осей x, y , A, B и b – постоянные. Найти плечо l равнодействующей силы относительно точки O .
2. Найти моменты инерции:
 - а) тонкого однородного стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец, если масса стержня m и его длина l ;
 - б) тонкой однородной прямоугольной пластинки относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости пластинки через одну из ее вершин, если стороны пластинки a и b , а ее масса m .
3. Вычислить моменты инерции:
 - а) медного однородного диска относительно оси симметрии, перпендикулярной 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_0 и осторожно положили на горизонтальную поверхность. С какой скоростью диск будет вращаться на поверхности, если коэффициент трения равен k ? Давление диска на поверхность считать равномерным.
5. Маховик с начальной угловой скоростью ω_0 начинает тормозиться силами, момент которых относительно его оси пропорционален квадрату угловой скорости. Найти среднюю угловую скорость маховика за все время торможения.

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

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Плоской медной цилиндрической дилы $l=65\text{см}$ поставили на горизонтальную поверхность и сверху приложили вертикальную сжимающую силу $F=1000\text{Н}$, 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 $h=1000\text{м}$.
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. Плоской медной цилиндрической дилы $l=65\text{см}$ поставили на горизонтальную поверхность и сверху приложили вертикальную сжимающую силу $F=1000\text{Н}$, 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°C ?

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 50см . Сосуд наполнен водой. Пренебрегая вязкостью, найти, на какой высоте от дна сосуда следует сделать небольшое отверстие, чтобы струя из него bila поверхность стола на максимальное расстояние $l_{\text{макс}}$ от сосуда. Чему равно $l_{\text{макс}}$?
2. По трубке дилы l и радиуса R течет стационарный поток жидкости, плотность которой ρ , вязкость η . Скорость течения жидкости зависит от расстояния r до оси трубки по закону $v=v_0(1-r^2/R^2)$. Найти: а) объем жидкости, протекающей через сечение трубки в единицу времени; б) кинетическую энергию жидкости в объеме трубки; в) силу трения, которую испытывает трубка со стороны жидкости; г) разность давлений на концах трубки.
3. Винцовый шарик равномерно опускается в глицерине, вязкость которого $\eta=13,9\text{П}$. 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 $d=3,0\text{мм}$ опускается с нулевой начальной скоростью в прованском масле, вязкость которого $\eta=0,90\text{П}$. Через сколько времени после начала движения скорость шарика будет отличаться от установившегося значения на $n=1,0\%$?

Тема 1.14. Механические колебания, гармонические колебания, сложение колебаний

Вопросы к теме:



Очная форма

- Точка совершает колебания вдоль оси 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 ;
 - проекции скорости v_x и проекции ускорения w_x как функций координаты x .
- Некоторая точка движется вдоль оси по закону $x = a \sin^2(\omega t - \pi/4)$. Найти: а) амплитуду и период колебаний; изобразить график $x(t)$;
 - проекцию скорости v_x как функцию координаты x ; изобразить график $v_x(x)$.
- Частица совершает гармонические колебания вдоль оси 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 $v_0 = 100$ см/с. Найти координату и скорость v частицы через $t = 2,40$ с после этого момента.
- 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.
- Частица движется вдоль оси по закону $x = a \cos \omega t$. Найти путь, который она пройдет за промежуток времени от $t = 0$ до t .

Тема 1.5. Уравнения гармонических колебаний, маятники математический и пружинный

Вопросы к теме:

Очная форма

- Определить период малых колебаний математического маятника-шарика, подвешенного на нити длины $l = 20$ см, если он находится в жидкости, плотность которой $\eta = 3$, 0 раза меньше плотности шарика. Сопротивление жидкости считать пренебрежимо малым.
- 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.
- 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.
- К нерастянутой пружине, верхний конец которой закреплен, подвесили без толчка отпустили тело массы m . Жесткость пружины χ . Пренебрегая ее массой, найти закон движения тела $u(t)$, где u – его смещение из начального положения.
- Математический маятник совершает колебания в среде, для которой логарифмический декремент затухания $\lambda_0 = 1,50$. Каким будет логарифмический декремент затухания, если сопротивление среды увеличить в $n = 2,00$ раза? Во сколько раз следует увеличить сопротивление среды, чтобы колебания стали невозможны?

Тема 1.6. Механические волны. Типы волн, волновые характеристики

Вопросы к теме:

Очная форма

1. В однородной среде плотностью ρ установлена продольная стоячая волна вида $\xi = a \cos kx \cdot \cos \omega t$. Найдите выражения для объемной плотности:

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

Изобразите график 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 такая: П1 – И – П2 – стенка. Какой приемник регистрирует биения и какова их частота? Скорость звука $v = 340$ м/с.

3. На оси находятся приемник и источник звуковых колебаний частотой $\nu_0 = 2000$ Гц. Источник совершает гармонические колебания вдоль этой оси с круговой частотой ω и амплитудой $a = 50$ см. При каком значении ширины 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 на сколько процентов изменяется длина волны звука при отражении от стенки?

5. На расстоянии $l = 100$ м от точечного изотропного источника звука частоты 200 Гц уровень громкости $L = 50$ дБ. Порог слышимости на этой частоте соответствует интенсивности звука $I_0 = 1,0 \text{ нВт/м}^2$. Коэффициент затухания звуковой волны $\gamma = 5,0 \text{ м}^{-1}$. Найдите 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 системы отсчета. При каком значении v длина стержня в этой системе отсчета будет на $\eta = 0,5\%$ меньше его собственной длины?

2. Найдите 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 в 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. Найдите путь, который пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни $\Delta t = 20$ нс.

5. В К-системе отсчета μ -мезон, движущийся со скоростью $v = 0,990c$, пролетел от места своего рождения до точки распада расстояние $l = 3,0$ км. Определите собственное время жизни этого мезона.

Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика Тема

2.1. Элементы кинетической теории газов

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

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. Сосудом 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 $p=1,0$ атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.
4. Найти давление воздуха в откачиваемом сосуде как функцию времени от качки. Объем сосуда V , первоначальное давление p_0 . Процесс считать изотермическим, скорость качки независимой от давления и равной C .
Примечание. Скорость от качки называется объемом газа, откачиваемый за единицу времени, причем этот объем измеряется при давлении газа в данный момент.
5. Высокий цилиндрический сосуд 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 ошиб 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:

Очная форма

1. При какой температуре T в воздухе средние скорости молекул азота (N_2) и кислорода (O_2) отличаются на $30,0$ м/с?
2. Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднюю квадратичную скорости молекул кислорода

(02) 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 $\epsilon = \epsilon(r)$. 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. Считать атмосферу изотермической, а ускорение свободного падения независимым от высоты, вычислить давление а) на высоте 5 км, б) на высоте 10 км, в) в шахте на глубине 2 км. Расчет произвести для $T=293\text{К}$. 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 независимой от высоты и равной 0°C , определить это отношение η на высоте $h=10\text{км}$.

8. Установленная вертикально закрытая собоих концов труба наполнена газообразным кислородом (O_2). В высоту трубы $h=200\text{м}$, объем $V=200\text{л}$. Стенки трубы имеют всюду одинаковую температуру $T=293\text{К}$. Давление газа внутри трубы, вблизи ее основания равно $p_0=1,00 \times 10^5\text{Па}$. Определить количество N молекул кислорода, содержащихся в трубе.

9. Закрытая собоих концов труба длины $l=1,00\text{м}$ вращается вокруг перпендикулярной ей вертикальной оси, проходящей через открытый конец трубы, с угловой скоростью $\omega=62,8\text{рад/с}$. Давление окружающего воздуха $p_0=1,00 \times 10^5\text{Па}$, температура $t=20^\circ\text{C}$. Найти давление p в трубе вблизи закрытого конца.

10. Имеется N частиц, энергия которых может принимать лишь два значения ϵ_1 и ϵ_2 . Частицы находятся в равновесном состоянии при температуре T . Чему равно суммарная энергия E всех частиц в этом состоянии?

Тема 2.3. Классическая теория теплоемкости

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Вычислить удельные теплоемкости $c_{\text{вср}}$ газов: 1) гелия; 2) водорода; 3) углекислого газа.

2. Разность удельных теплоемкостей $c_{\text{вср}} - c_{\text{в}}$ некоторого двухатомного газа равна $260\text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Найти молярную массу M газа и его удельные теплоемкости $c_{\text{вср}}$.

3. Каковы удельные теплоемкости $c_{\text{вср}}$ смеси газов, содержащей кислород массой $m_1=10\text{г}$ и азот массой $m_2=20\text{г}$?

4. Определить удельную теплоемкость $c_{\text{вср}}$ смеси газов, содержащей $V_1=5\text{л}$ водорода и $V_2=3\text{л}$ гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.

5. Определить удельную теплоемкость $c_{\text{вср}}$ смеси кислорода и азота, если количество вещества ν_1 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

- 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 ; б) среднее время между столкновениями.
- 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 $p = 1,0 \text{ Па}$ (такое давление позволяют получать современные вакуумные насосы).
- Гелий при нормальных условиях заполняет пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами. Средний радиус цилиндров R , зазор между ними ΔR , причем $\Delta R \ll a$.
- 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 напряенности электрического поля внутри и вне шара как функцию расстояния r ;
 - максимальное значение напряенности $E_{\text{макс}}$ соответствующее ее значению расстояния $r_{\text{м}}$.
- 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 напряенности электрического поля вне шара не будет зависеть от r . Чему равна эта напряенность? Диэлектрическая проницаемость шара и окружающей среды предполагается равной единице.
- Найти вектор напряенности электрического поля, потенциал которого имеет вид $\phi = ar$, где a – постоянный вектор, r – радиус-вектор точки поля.
- Определить вектор напряенности электрического поля, потенциал которого зависит от координат x, y по закону $\phi = axy$, где a – постоянная. Изобразить примерный вид этих полей с помощью силовых линий (в плоскостях x, y).
- Найти потенциал $\phi(x, y)$ электростатического поля $E = 2axuy\mathbf{i} + a(x^2 - y^2)\mathbf{j}$, где a – постоянная, \mathbf{i} и \mathbf{j} – орты осей x и y .

Тема 3.2. Проводники в электрическом поле

Вопросы к теме:

Очная форма

- Точечный заряд q находится на расстоянии l от бесграничной проводящей плоскости. Какую работу необходимо совершить, чтобы медленно удалить этот заряд на очень большое расстояние от плоскости?
- Два точечных заряда, $q_1 = -q$, $q_2 = q$, расположены на расстоянии l друг от друга и на одинаковом расстоянии $l/2$ от бесграничной 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 находится между двумя проводящими взаимно перпендикулярными полуплоскостями. Расстояние заряда до каждой полуплоскости равно l . Найти модуль вектора силы, действующей на заряд.

4. Точечный диполь 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 находится на расстоянии l от проводящей безграничной плоскости.

Определить поверхностную плотность зарядов, индуцированных на плоскости, как функцию расстояния от основания перпендикуляра, опущенного из заряда на плоскость.

Тема 3.3. Электрическое поле в диэлектрике

Вопросы к теме:

Очная форма

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

2. Точечный заряд находится в центре шара из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Найти поляризованность P как функцию радиуса-вектора 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 графика напряженности электрического поля E и потенциала ϕ как функций расстояния 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:

Очная форма

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

2. Точечный заряд находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Найти



энергии взаимодействия этого заряда с зарядами, индуцированными на плоскости.

3. Конденсатор емкости $C_1 = 1, 0 \text{ мкФ}$, предварительно заряженный до напряжения $U = 300 \text{ В}$, подключили параллельно незаряженному конденсатору емкости $C_2 = 2, 0 \text{ мкФ}$. 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 соответственно и 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 $a = 1, 0 \text{ см}$ движется постоянной скоростью $v = 10 \text{ м/с}$ вдоль своей оси. Напряженность электрического поля непосредственно у поверхности цилиндра $E = 0, 9 \text{ кВ/см}$. Чем уравнен соответствующий конвекционный ток, т.е. ток, обусловленный механическим переносом заряда?

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

3. Конденсатор, заполненный диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 2, 1$, теряет за время $t = 3, 0$ 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. $\xi = 6, 0 \text{ В}$. Если параллельно вольтметру подключить некоторое сопротивление, то показание вольтметра уменьшится в $\eta = 2, 0$ раза, а показание амперметра востолько же увеличится. 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

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

2. Найти магнитный момент тонкого кругового витка со током, если радиус витка $R = 100 \text{ мм}$ и



индукция магнитного поля в его центре $B=6,0 \text{ мкТ}$.

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

4. При измерении эффекта Холла в натриевом проводнике напряженность поперечного поля оказалась $E=5,0 \text{ мкВ/см}$ при плотности тока $j=200 \text{ А/см}^2$ и индукции магнитного поля $B=1,00 \text{ Т}$. Найти концентрацию электронов проводимости и ее отношение к концентрации атомов в данном проводнике.

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

Тема 3.7. Магнитное поле вещества

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 $6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.
 2. Магнитная восприимчивость χ марганца равна $1,21 \cdot 10^{-4}$. Вычислить намагниченность J , удельную намагниченность $J_{уд}$ и молярную намагниченность $J_{мол}$ марганца в магнитном поле напряженностью $H=100 \text{ кА/м}$. Плотность марганца считать известной.
 3. Магнитная восприимчивость χ алюминия равна $2,1 \cdot 10^{-5}$. Определить его удельную магнитную $J_{уд}$ и молярную $J_{мол}$ восприимчивости.
 4. Висмутовый шарик радиусом $R=1 \text{ см}$ помещен в однородное магнитное поле ($B_0=0,5 \text{ Тл}$).
- Определить магнитный момент m , приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость χ висмута равна $-1,5 \cdot 10^{-4}$.
5. Напряженность H магнитного поля меди равна 1 МА/м . Определить намагниченность J меди и магнитную индукцию B , если известно, что удельная магнитная восприимчивость $\chi_{уд}=-1,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$.

Тема 3.8. Взаимные превращения электрического и магнитного полей

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Магнитный поток $\Phi=40 \text{ мВб}$ пронизывает замкнутый контур. Определить среднее значение ЭДС индукции, возникающей в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время $\Delta t=2 \text{ мс}$.
2. Прямой провод длиной $l=40 \text{ см}$ движется в однородном магнитном поле с скоростью $v=5 \text{ м/с}$ перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов U между концами провода равна $0,6 \text{ В}$. Вычислить индукцию B магнитного поля.
3. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,35 \text{ Тл}$ равномерно с частотой $n=480 \text{ мин}^{-1}$ вращается рамка, содержащая $N=500$ витков площадью $S=50 \text{ см}^2$. Ось вращения лежит в плоскости



рамки 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 индукцией $B=0,04$ Тл с угловой скоростью $\omega=5$ рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки перпендикулярно линиям индукции поля. Определить мгновенное значение ЭДС индукции ξ для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол $\alpha=60^\circ$ с линиями индукции поля. Площадь S катушки равна 100 см^2 .

5. Проволочное кольцо радиусом $r=10$ см лежит на столе. Какое количество электричества Q протечет по кольцу, если его повернуть содной стороны на другую? Сопротивление R кольца равно 10 м . В 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 переключатель. Контур находится в перпендикулярном к его плоскости однородном магнитном поле. Чем уравна сила F , если контур 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 перпендикулярно к диску однородное поле индукцией $B=10,0$ мТл.

3. Между полюсами электромагнита помещена небольшая катушка, расположенная так, что оси катушки и полюсных кончиков 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 $R=40,00$ м.

4. Пососедству расположены два витка проволоки. По первому течет ток $I=10,0$ А. В цепь второго включен баллистический гальванометр. Полное сопротивление второй цепи $R=5,000$ м. Чем уравна 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 витками на единицу длины 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

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

- а) связь между векторами плотности 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:
- совпадающей с траекторией заряда;
 - перпендикулярной 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 плоской алюминиевый цилиндр радиуса $a = 5,0$ см вращают вокруг его оси в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТл. Угловая скорость вращения $\omega = 45$ рад/с, причем $\omega \uparrow B$. 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 совместными, т.е. первое из них не противоречит второму.

Тема 3.11. Электромагнитные колебания и волны

Вопросы к теме:

Очная форма

- Конденсатор емкости C заряжается до напряжения U_0 и замыкается на катушку с индуктивностью L . Чем равна амплитуда $I_{\text{м}}$ силы тока в образовавшемся колебательном контуре? Активным сопротивлением контура пренебречь.
- Колебательный контур состоит из конденсатора емкости $C = 4,0$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 2,0$ мГн и активного сопротивления $R = 100$ м. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в момент максимума тока.
- Колебательный контур имеет емкость $C = 10$ мкФ, индуктивность $L = 25$ мГн и активное сопротивление $R = 1,00$ м. Через сколько колебаний амплитуда тока в этом контуре уменьшится в n раз?
- Насколько процентно отличается частота свободных колебаний контура с добротностью $Q = 5,0$ от собственной частоты ω_0 колебаний этого контура?
- 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 $n = 2,0$ раза?

Раздел 4. Оптика

Тема 4.1. Электромагнитные волны

Вопросы к теме:

Очная форма



1. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 3,0 \text{ МГц}$ переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4,0$. Найти приращение ее длины волны.
2. Плоская электромагнитная волна с частотой $\nu = 10 \text{ МГц}$ распространяется в слабопроводящей среде с удельной проводимостью 10 мСм/м и диэлектрической проницаемостью ϵ . Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.
3. Плоская электромагнитная волна $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$ распространяется в вакууме. Считая векторы E 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 $E_0 = 50 \text{ В/м}$, частота $\nu = 100 \text{ МГц}$. Найти:
 - а) действующее значение плотности тока смещения;
 - б) среднюю за период колебания плотность потока энергии.
6. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$, где $E_0 = E_0 \sin \theta$. Найти вектор H в точке с координатой $x = 7,7 \text{ м}$ в момент $t = 0$ в $t = 33 \text{ нс}$, когда $E_0 = 160 \text{ В/м}$, $k = 0,51 \text{ м}^{-1}$.

Тема 4.2. Фотометрия

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Найти по кривой относительной спектральной чувствительности глаза:
 - а) поток энергии, соответствующий световому потоку $1,0 \text{ лм}$ с длиной волны $0,51$ и $0,64 \text{ мкм}$;
 - б) световой поток, приходящий с интервал длин волн от $0,58$ до $0,63 \text{ мкм}$, если соответствующий поток энергии $9 = 4,5 \text{ Вт}$, 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 $\Phi = 0 \text{ лм}$ с длиной волны $\lambda = 0,59 \text{ мкм}$. Найти амплитудные значения напряженностей электрического и магнитного полей этого светового потока на расстоянии $r = 1,0 \text{ м}$ от источника.
3. Найти среднюю освещенность облучаемой части не прозрачной сферы, если на нее падает: а) параллельный световой поток, создающий в точках нормального падения освещенность E_0 ;
- б) свет от точечного изотропного источника, находящегося на расстоянии $l = 100 \text{ см}$ от центра сферы; радиус сферы $R = 60 \text{ см}$ и сила света $I = 36 \text{ кд}$.
4. Определить светимость поверхности, яркость которой зависит от направления по закону $I = I_0 \cos \theta$, где θ – угол между направлением излучения и нормалью к поверхности.
5. Некоторая светящаяся поверхность подчиняется закону Ламберта. Ее яркость равна L . Найти:
 - а) световой поток, излучаемый элементом dS этой поверхности внутрь конуса, ось которого нормальна данному элементу, если угол полураствора конуса равен Q ;
 - 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 оптически 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 лучидет 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 плоскую параллельную 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 малым преломляющим углом Q луч отклоняется на угол $A = (n-1)Q$ независимо от угла падения, если последний так же мал.
5. Для некоторой стеклянной призмы угол наименьшего отклонения луча равен преломляющему углу призмы. Найти последний.
6. Трехгранная призма 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 преломляющим углом $= 60^\circ$. 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, т. де $00'$ – оптическая ось, F и F' – передний и задний фокусы);
 - б) положение тонкой линзы и ее фокусов, если известно положение оптической оси $00'$ и положение пары сопряженных точек PP' (см. рис. 5.5); среды по обе стороны линзы одинаковы;

ход луча 2 за собирающей и рассеивающей тонкими линзами (рис. 5.8), если известно положение линзы и ее оптической оси $00'$ 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 $d_l = 18$ см. Насколько следует переместить предмет, чтобы опять получить четкое изображение 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 в двух положениях. Определить фокусное расстояние линзы, если:
 - а) расстояние между обоими положениями линзы $d_l = 30$ см;
 - б) поперечные размеры изображения при одном JV , положении линзы $l_1 = 4,0$ 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 непосредственно 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 $\Delta x = 0,25$ мм, а после того как источник отодвинули от плоскости зеркала на $\Delta h = 0,60$ 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 $Q = 20^\circ$. Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране $\Delta x = 0,55$ мм.

3. Плоская световая волна $\lambda = 0,70$ мкм падает нормально на основную бипризму, сделанную из стекла

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

находится плоскопараллельная стеклянная пластинка, и пространство между 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 расстоянии $d = 2,5$ мм. На экране, расположенном за диафрагмой на $l = 100$ см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщины $h = 10$ мкм?

5. Тонкую пленку ($n = 1,33$) падает параллельный пучок белого света. Угол падения 52° . При



какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен желтый цвет ($\lambda = 600 \text{ нм}$)?

6. Для уменьшения потерь света из-за отражения от поверхности стекла последние 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 прикасается выпуклой поверхностью стеклянной пластинки. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца $r = 2,5 \text{ мм}$. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на $dh = 5,0 \text{ мкм}$. Каким стал радиус этого кольца?

8. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности $R = 12,5 \text{ см}$ прижата к стеклянной пластинке. Диаметры десятиго и пятнадцатого темных колец Ньютона в отраженном свете равны $d_1 = 1,00 \text{ мм}$ и $d_4 = 1,50 \text{ мм}$. Определить длину волны света.

Тема 4.6. Дифракция света

Вопросы к теме:

Очная форма

1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,50 \text{ мкм}$ расположен на расстоянии $a = 100 \text{ см}$ перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса $r = 1,0 \text{ мм}$. 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 можно менять в процессе опыта. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны $a = 100 \text{ см}$ и $b = 125 \text{ см}$. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при $r_1 = 1,00 \text{ мм}$ и следующий максимум при $r_2 = 1,29 \text{ мм}$.

3. Плоская световая волна с длиной волны $\lambda = 400 \text{ нм}$ падает нормально на круглое отверстие радиуса $1,2 \text{ мм}$. Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии $1,5 \text{ м}$ от отверстия.

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

- а) равно первой зоне Френеля; внутренней половине первой зоны;
- б) сделало равным первой зоне Френеля, а затем закрыли его половиной (по диаметру)?

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

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

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



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 $F_e/F_{\text{эл}}$, где F_e и $F_{\text{эл}}$ – 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 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 длины волны λ в плазме.
3. Найти концентрацию свободных электронов в ионосфере, если для радиоволн 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 ($n' = n + ix$) или чисто мнимым ($n' = ix$). Написать для этих случаев уравнение плоской волны и объяснить физический смысл таких показателей преломления.
5. Найти зависимость между групповой и фазовой $v_{\text{гр}}$