

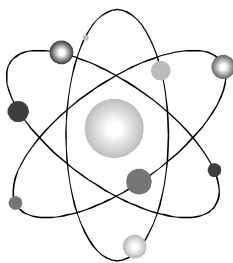
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Н.Ю. БЕРЕЗИН

ФИЗИКА

Часть 1

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия



НОВОСИБИРСК
2020

УДК 53(075.8)
Б 484

Рецензенты:

доцент кафедры общей физики НГТУ, канд. техн. наук *В.В. Христофоров*;
заведующий лабораторией кафедры общей физики МГРИ,
действительный член Академии горных наук,
канд. техн. наук *В.А. Рафиенко*;
дипломированный инженер-физик (МИФИ), канд. социол. наук, доцент
кафедры государственного управления и политических технологий ГУУ,
почетный профессор Международной геологоразведочной Академии
(МГА), научный руководитель лаборатории-музея «Занимательная
физика» МГРИ, член Экспертного Совета по профстандартам Комитета
по труду, социальной политике и делам ветеранов
Государственной думы ФС РФ *Н.Н. Соколов*

Березин Н.Ю.

Б 484 Физика: учебное пособие в 2 ч. / Н.Ю. Березин. – Новоси-
бирск: Изд-во НГТУ, 2020.

ISBN 978-5-7782-4167-1

Ч. 1: – 72 с.

ISBN 978-5-7782-4168-8

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания». В пособии описан опыт автора по организации самостоятельной деятельности студентов в рамках курса физики на примере систематизации информации для учебного процесса. Организация самостоятельной работы студентов в предлагаемой форме позволяет повысить уровень усвоения образовательных компетенций и мотивацию студентов. Также может быть полезно студентам младших курсов и преподавателям высших учебных заведений.

Работа подготовлена на кафедре общей физики

УДК 53(075.8)

ISBN 978-5-7782-4168-8 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7782-4167-1

© Березин Н.Ю., 2020
© Новосибирский государственный
технический университет, 2020

Должны мы, чтоб к мудрости
вечной добраться,
Что нам так заманчиво брезжит,
Опять и опять, и опять ошибаться,
Но реже и реже, и реже.

Пит Хейн. Груки

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс лекций «Физика» играет важную роль в формировании профессионального мышления будущих инженеров. Он закладывает тот фундамент исходных знаний по физике, отталкиваясь от которого студенты могут осваивать впоследствии дисциплины общего профессионального и специального профиля.

В курсе лекций студенты получают общее представление о физике как науке, об истории ее развития, своей будущей практической профессиональной деятельности, о теоретических направлениях в физике, учатся ориентироваться в этой системе знаний.

При создании учебного пособия преследовались следующие цели.

1. Помощь студентам в усвоении лекционного материала:

- выделение и проработка наиболее важных вопросов, рассматриваемых в лекционном курсе;
- структурирование пройденного материала.

2. Помощь преподавателю в контроле за усвоением данной дисциплины.

При написании пособия в разделе «Семинарские занятия» использованы материалы методического пособия «Вопросы для самоконтроля знаний по физике. Часть 1», составители А.В. Баранов, В.В. Давыдков, В.В. Христофоров.

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Каждый студент должен выполнить определенное количество заданий самостоятельной работы и сдать ее преподавателю к контрольным неделям. Результат работы влияет на количество баллов, полученных студентом на контрольной неделе.

Оценочный лист студента

Вид деятельности	Количество баллов
Лабораторная работа № 0	
Лабораторная работа № 1	
Лабораторная работа № 6	
Лабораторная работа № 13	
Контрольная работа 4. «Механика»	
Физический диктант 1	
Физический диктант 2	
Физический диктант 3	
Физический диктант 5	
Физический диктант 6	
Физический диктант 7	
Физический диктант 8	
Физический диктант 9	
РГЗ. Задача № 1. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 2. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 3. Термодинамика и статистическая физика	

Продолжение таблицы

Вид деятельности	Количество баллов
РГЗ. Задача № 4. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 5. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 6. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 7. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 8. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 9. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 10. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 11. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 12. Термодинамика и статистическая физика	
РГЗ. Задача № 1. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 2. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 3. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 4. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 5. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 6. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 7. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 8. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 9. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 10. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 11. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 12. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 13. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 14. Электростатика и постоянный ток	

Окончание таблицы

Вид деятельности	Количество баллов
РГЗ. Задача № 15. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 16. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 17. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 18. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 19. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 20. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 21. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 22. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 23. Электростатика и постоянный ток	
РГЗ. Задача № 24. Электростатика и постоянный ток	
Суммарный балл в семестре	
ЭКЗАМЕН	
ИТОГО	

До экзамена допускается студент, набравший по каждому виду деятельности минимальный балл:

- физический диктант – 50 баллов;
- контрольная работа – 20 баллов;
- лабораторная работа – 100 баллов;
- расчетно-графическое задание (одна задача) – 2 балла.

Критерии оценки при выполнении контрольной работы

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками, оценка составляет 20 баллов. Студент дает определение основных понятий.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные

задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки, оценка составляет 35 баллов. Студент формулирует основные гипотезы, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, решает задачу по известным алгоритмам.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, оценка составляет 50 баллов. Студент проводит сравнительный анализ понятий, теорий, подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает различные методы решения.

Критерии оценки при выполнении физического диктанта

Работа считается невыполненной, если теоретическое содержание курса не освоено, оценка составляет 00 баллов. Студент не дает определения основных понятий.

Работа считается выполненной на базовом уровне, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками, оценка составляет 50 баллов. Студент дает определение основных понятий.

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, оценка составляет 100 баллов.

Критерии оценки при выполнении лабораторных работ

Каждая лабораторная работа оценивается в 200 баллов с дискретизацией в 10 баллов: **максимум 100 баллов – защита работы и 100 баллов – протокол.**

Защита – минимум 50 баллов (вопросы первого уровня), максимум 100 баллов (вопросы третьего уровня). Защита лабораторной работы включает в себя устные ответы на вопросы из методических пособий с вопросами для защиты.

Оценка протокола:

- 1) общее оформление,
- 2) таблица измерений,
- 3) обработка результатов,
- 4) графики,
- 5) вывод.

Каждый пункт оценивается в 20 баллов. **Протокол сдан, если по каждому из пунктов студент набрал не менее 10 баллов.**

Сдать протокол измерений и защитить лабораторную работу допускается до следующего занятия включительно, иначе студент получает **минимальный балл по каждому из видов контроля.**

Оформление протокола

Формат – А4. Заготовка может быть выполнена в печатной форме. **Экспериментальные данные, графики, расчеты и выводы допускаются оформлять только в рукописной форме!**

**Критерии оценки при выполнении
расчетно-графического задания**

Расчетно-графическое задание оформляется на компьютере и высылается на адрес электронной почты преподавателя. Имя файла должно быть на русском языке и выглядеть следующим образом: фамилия, имя, группа, РГЗ №... Сокращение слов, кроме общепринятых (кг, м²), не допускается. Изложение каждой задачи расчетно-графической работы начинается с новой страницы, обязательно приводится текст задачи, заголовки выделяются. Шрифт – Times New Roman, размер – 14, интервал – 1,5.

Задание следует оформлять аккуратно. Наличие полей обязательно на всех страницах (обычное).

Все формулы должны быть набраны в редакторе MathType.

Титульный лист должен быть оформлен стандартным образом (см. образец).

Образец оформления титульного листа расчетно-графического задания

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ФГБОУ ВО

Кафедра общей физики

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
по дисциплине «Общая физика»

Номер варианта _____

Номера заданий _____

Выполнил: Ф.И.О. студента _____

Форма обучения (дневная / заочная) _____

Факультет _____

Специальность _____

Группа _____

Проверил: Ф.И.О. преподавателя _____

Оценка _____

НОВОСИБИРСК

20__

Общая оценка по защите расчетно-графического задания студента определяется с учетом его теоретической подготовки, качества выполнения и оформления работы.

Защита расчетно-графического задания оценивается по 288-балльной системе. Оценка выставляется после положительной оценки, полученной в результате проверки преподавателем и устной защиты.

Результат 288 баллов выставляется студенту, который знает общие положения основного материала, грамотно его излагает и правильно применяет теоретические сведения.

Результат 72 балла выставляется студенту, который не знает значительной части теоретического материала, допускает существенные ошибки.

Критерии оценки при выполнении итогового теста (экзамен)

Количество правильно полученных ответов при выполнении итогового теста соответствует количеству баллов.

Удачные обозначения обладают утонченностью и будят мысль, порой делая это, кажется, почти так же, как искусный учитель.

Бертран Рассел

ОБОЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УЧЕБНОМ ПОСОБИИ, И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Основные физические величины			
Длина	l , м	Сила света	J , кд (кандела)
Масса	m , кг	Сила электрического тока	I , А
Время	t , с	Количество вещества	ν , моль
Термодинамическая температура	T , К		
Дополнительные физические величины			
Плоский угол	α , ф, рад	Телесный угол	Ω , ср (стерадиан)
Производные физические величины			
Давление	p , Па	Скорость	v , м · с ⁻¹
Импульс	p , кг · м · с ⁻¹	Скорость угловая	ω , рад · с ⁻¹
Коэффициент жесткости	k , Н · м ⁻¹	Скорость центра инерции	v_c , м · с ⁻¹

Окончание таблицы

Коэффициент трения	μ	Ускорение	$a, \text{ м} \cdot \text{ с}^{-2}$
Модуль Юнга	$E, \text{ Па}$	Ускорение нормальное	$a_n, \text{ м} \cdot \text{ с}^{-2}$
Момент импульса	$L, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2 \cdot \text{ с}^{-1}$	Ускорение свободного падения	$g, \text{ м} \cdot \text{ с}^{-2}$
Момент инерции	$J, \text{ кг} \cdot \text{ м}^2$	Ускорение тангенциальное	$a_t, \text{ м} \cdot \text{ с}^{-2}$
Момент силы	$M, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	Ускорение угловое	$\varepsilon, \text{ рад} \cdot \text{ с}^{-2}$
Мощность	$N, \text{ Вт}$	Частота	$\nu, \text{ Гц}$
Напряжение упругое	$\sigma, \text{ Па}$	Частота круговая	$\omega, \text{ с}^{-1}$
Период колебаний	$T, \text{ с}$	Энергия кинетическая	$E_k, \text{ Дж}$
Плотность	$\rho, \text{ кг} \cdot \text{ м}^{-3}$	Энергия покоя	$E_0, \text{ Дж}$
Площадь	$S, \text{ м}^2$	Энергия полная	$E, \text{ Дж}$
Работа	$A, \text{ Дж}$	Энергия потенциальная	$E_p, \text{ Дж}$
Сила	$F, \text{ Н}$	Энергия удельная	$w, \text{ Дж} \cdot \text{ м}^{-3}$

Греческий алфавит

А α – альфа	Н η – эта	Н ν – ню	Т τ – тау
В β – бета	Θ θ – тэта	Ξ ξ – кси	Υ υ – ипсилон
Г γ – гамма	Ι ι – йота	Ο $\omicron$ – омикрон	Φ ϕ – фи
Δ δ – дельта	Κ κ – каппа	Π π – пи	Χ χ – хи
Ε ϵ – эпсилон	Λ λ – ламбда	Ρ ρ – ро	Ψ ψ – пси
Ζ ζ – дзета	Μ μ – мю	Σ σ – сигма	Ω ω – омега

ПРИСТАВКИ И МНОЖИТЕЛИ ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ

экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пета	П	10^{15}	санتي	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}

Фундаментальные физические константы

Абсолютный ноль температуры	$t = -273,15^\circ\text{C}$
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Заряд α -частицы	$q = 2e = 3,204 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_c = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 12,5663706144 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Магнитный момент протона	$\mu_p = 1,4106171 \cdot 10^{-26} \text{ Дж/Тл}$
Магнитный момент электрона	$\mu_e = 9,28483 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}$
Масса α -частицы	$m_\alpha = 6,644 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Постоянная Ридберга	$R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ 1/м}$
Объем одного моля идеального газа при нормальных условиях	$V_0 = 22,41383 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Ускорение свободного падения	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Окончание таблицы

Нормальные условия:	
Атмосферное давление	$p_0 = 101325 \text{ Н/м}^2$
Температура	$T \cong 273 \text{ К}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Постоянная Вина	$b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Стефана–Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Фарадея	$F = 96,48456 \cdot 10^3 \text{ Кл/моль}$
Скорость света в вакууме	$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31441 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
Элементарный заряд	$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Удельный заряд электрона	$e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85418783 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
Удельная теплоемкость воды	$c = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
Удельная теплота плавления льда	$\lambda = 333,7 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$
Удельная теплота парообразования воды	$r = 2,256 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
Масса Земли	$M_3 = 5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Земли	$R_3 = 6,371 \cdot 10^6 \text{ м}$
Масса Солнца	$M_C = 1,9891 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Радиус Солнца	$R_C = 6,955 \cdot 10^8 \text{ м}$
Масса Луны	$M_{\text{Л}} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Радиус Луны	$R_{\text{Л}} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ м}$

ФОРМУЛЫ ПО РАЗДЕЛУ «МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

Скорость и ускорение:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

Равномерное движение:

$$v = \text{const}, \quad S = vt, \quad x = x_0 + v_x t.$$

Равнопеременное движение

$$a = \text{const}.$$

Ускорение: $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}, \quad a_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2S_x}.$

Проекция перемещения на ось движения X : $S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2},$

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}, \quad v_x = v_{0x} + a_x t.$$

Скорость $v_x = \sqrt{v_{0x}^2 + 2a_x S_x}.$

Координата тела $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$

Криволинейное движение:

$$\vec{v} = v_{\tau} \vec{e}_{\tau}, \quad \vec{a} = a_{\tau} \vec{e}_{\tau} + \frac{v^2}{R} \vec{e}_n, \quad \vec{a} = \vec{a}_{\tau} + \vec{a}_n,$$

где $a_n = \frac{v^2}{R}$ – проекция полного ускорения на нормаль; $a_{\tau} = \frac{dv_{\tau}}{dt}$ – проекция полного ускорения на направление касательной; $a = \sqrt{a_n^2 + a_{\tau}^2}$ – модуль полного ускорения при криволинейном движении.

Вращательное движение

$$\text{Угловая скорость } \vec{\omega} = \frac{d\vec{\phi}}{dt}.$$

$$\text{Угловое ускорение } \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Модуль угловой скорости для равномерного вращательного движения

$$\omega = \frac{\phi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n,$$

где T – период вращения; n – частота вращения $\left(n = \frac{N}{t}, N \text{ – число оборотов, совершаемых телом за время } t \right)$.

Связь между модулями линейных и угловых кинематических характеристик:

$$dr = R d\phi, \quad v = \omega R, \quad a_{\tau} = R\varepsilon, \quad a_n = \omega^2 R,$$

где dr – малый путь, пройденный точкой по дуге окружности радиусом R ; v – линейная скорость.

Первый закон Ньютона утверждает, что существуют инерциальные системы отсчета.

Второй закон Ньютона

Уравнение движения тела переменной массы (уравнение Мещерского) $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, $\sum \vec{F} = m\vec{a} + \frac{dm}{dt}\vec{v}$, где $\frac{dm}{dt}\vec{v}$ – реактивная сила; $\vec{v}$ – скорость истечения газов из ракеты при $m = \text{const} \rightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a}$.

Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

Основной закон динамики для неинерциальных систем отсчета

$$m\vec{a} = m\vec{a}_0 + \vec{F}_{\text{инерц}},$$

где $\vec{a}$ – ускорение в неинерциальной системе; $\vec{a}_0$ – в инерциальной системе отсчета; $\vec{F}_{\text{инерц}}$ – силы инерции; $\vec{F}_{\text{инерц}} = \vec{F}_{\text{и}} + \vec{F}_{\text{ц}} + \vec{F}_{\text{к}}$, $\vec{F}_{\text{и}}$ – силы инерции, проявляющиеся при поступательном движении системы отсчета с ускорением $\vec{a}_0$ ($\vec{F}_{\text{и}} = -m\vec{a}_0$); $\vec{F}_{\text{ц}}$ – центробежные силы инерции (силы инерции, действующие во вращающейся системе отсчета на тела, удаленные от оси вращения на конечное расстояние R) ($\vec{F}_{\text{ц}} = -m\omega^2 R$); $\vec{F}_{\text{к}}$ – кориолисова сила инерции (силы инерции, действующие на тело, движущееся со скоростью $\vec{v}'$ во вращающейся системе отсчета ($F_{\text{к}} = 2m[\vec{v}'\omega]$)).

Закон всемирного тяготения (для материальных точек)

Сила гравитационного притяжения (взаимодействующие массы покоятся или движутся с малой (нерелятивистской) скоростью)

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Ускорение свободного падения на поверхности планеты

$$g = G \frac{m_{\text{планеты}}}{R_{\text{планеты}}^2}.$$

Вес тела

Вес тела в покое $P = mg$.

Опора вместе с телом движется с ускорением, направленным вверх: $P = m(g + a)$.

Опора вместе с телом движется с ускорением, направленным вниз: $P = m(g - a)$.

Вес малого тела в верхней точке (движение по окружности в вертикальной плоскости) $P = m \left(g - \frac{v^2}{r} \right)$.

Вес малого тела в нижней точке (движение по окружности в вертикальной плоскости) $P = m \left(g + \frac{v^2}{r} \right)$.

Сила трения скольжения

Сила трения скольжения $|\vec{F}| = \mu |\vec{N}|$, где μ – коэффициент трения.

Закон Гука (для случая, когда $x \ll l$, где l – длина недеформированной пружины)

Сила упругости $F_{\text{упр}} = -kx$, где k – жесткость пружины; x – деформация пружины.

Механическое напряжение при упругой деформации стержня $\sigma = \frac{F}{s}$, где F – растягивающая (сжимающая) сила; s – площадь поперечного сечения стержня.

Относительное продольное растяжение (сжатие) $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$, где Δl – изменение длины тела при растяжении (сжатии); l_0 – длина тела до деформации.

Относительное поперечное растяжение (сжатие) $\varepsilon' = \frac{\Delta d}{d_0}$, где Δd – изменение диаметра стержня при растяжении (сжатии); d_0 – диаметр стержня.

Связь между относительным поперечным растяжением (сжатием) и относительным продольным растяжением (сжатием) $\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \mu$, где μ – коэффициент Пуассона.

Закон Гука для продольного растяжения (сжатия) $\sigma = E\varepsilon$, где E – модуль Юнга.

Потенциальная энергия упругодеформированного тела $E_p = \frac{kx^2}{2}$.

Потенциальная энергия упругорастянутого (сжатого) стержня $W_{\text{кин}} = V \frac{E\varepsilon^2}{2}$, где V – объем тела.

Динамика и статика вращательного движения

Проекция момента импульса на ось Z , совпадающую с осью вращения $L_z = I_z \omega_z$.

Момент силы $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$, $\vec{M} = I\vec{\varepsilon} + \vec{\omega} \frac{dI}{dt}$.

Закон сохранения момента импульса системы тел: если суммарный момент всех внешних сил равен нулю, то $\vec{L}$ сохраняется.

Модуль момента силы $M = Fl$, где l – плечо силы (кратчайшее расстояние между линией действия силы и той точкой, относительно которой определяется момент силы).

Теорема Штейнера $I = I_0 + mb^2$, где I_0 – момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс; I – момент инерции относительно оси, параллельной первой, отстоящей на расстояние b .

Система	Ось	I
Точка по окружности	Ось симметрии	mR^2
Стержень	Через середину	$1/12 mR^2$
Стержень	Через конец	$1/3 mR^2$
Шар	Через центр шара	$2/5 mR^2$
Сфера	Через центр сферы	$2/3 mR^2$
Кольцо или тонкостенный цилиндр	Ось симметрии	mR^2
Диск, сплошной цилиндр	Ось симметрии	$1/2 mR^2$

Условия равновесия тел $\sum \vec{M} = 0$, $\sum \vec{F} = 0$.

Закон сохранения импульса

Импульс тела $\vec{p} = m\vec{v}$.

Закон сохранения импульса системы тел $\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$ при условии $\sum \vec{F}_{\text{внешн}} = 0$.

Связь импульса результирующей постоянной силы с приращением импульса системы $\vec{F}t = \Delta \vec{p}$.

Потенциальная и кинетическая энергия. Работа. Мощность

Работа силы F $A = \vec{F} \cdot \vec{S}$.

Мощность $N = \frac{dA}{dt}$.

Кинетическая энергия при поступательном движении $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$.

Кинетическая энергия плоского движения $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$.

Потенциальная энергия поднятого над землей тела $E_p = mgh$.

Потенциальная энергия упругодеформированного тела $E_p = \frac{kx^2}{2}$.

Закон сохранения механической энергии (для консервативной системы)

$$E_{\text{кин}} + E_p = \text{const}.$$

МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ЗАКОНЫ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

Количество вещества

$$\nu = \frac{N}{N_A},$$

где N – число структурных элементов (молекул, атомов, ионов), составляющих тело; N_A – постоянная Авогадро.

Молярная масса вещества

$$M = \frac{m}{\nu},$$

где m – масса однородного тела; ν – количество вещества.

Связь молярной массы M с относительной молекулярной массой m_r вещества

$$M = M_r k,$$

где $k = 10^{-3}$ кг/моль.

Уравнение состояния идеальных газов (уравнение Клапейрона–Менделеева)

$$pV = \frac{m}{M}RT, \quad \text{или} \quad pV = \nu RT,$$

где m – масса газа; M – его молярная масса; R – молярная газовая постоянная; T – термодинамическая температура; ν – количество вещества.

Закон Дальтона

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_k,$$

где p – давление смеси газов; p_i – парциальное давление i -го компонента смеси; k – число компонентов смеси.

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГАЗОВ

Концентрация частиц (молекул, атомов) однородной системы

$$n = \frac{N}{V},$$

где V – объем системы.

Основное уравнение кинетической теории газов

$$p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon \rangle ,$$

где p – давление газа; $\langle \varepsilon \rangle$ – средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы.

Средняя кинетическая энергия:

- *приходящаяся на одну степень свободы молекулы*

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT ;$$

- *приходящаяся на все степени свободы молекулы (полная энергия молекулы)*

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT ;$$

- *поступательного движения молекулы*

$$\langle \varepsilon_{\text{п}} \rangle = \frac{3}{2} kT ,$$

где k – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура; i – число степеней свободы молекулы;

- *вращательного движения молекулы*

$$\langle \varepsilon_{\text{вр}} \rangle = \frac{i-3}{2} kT .$$

Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры

$$p = nkT .$$

Скорость молекул:

- *средняя квадратичная*

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}};$$

- *средняя арифметическая*

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}};$$

- *наиболее вероятная*

$$v_{\text{в}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}},$$

где m_0 – масса одной молекулы.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

Связь между молярной (C_m) и удельной (c) теплоемкостью газа

$$C_m = cM,$$

где M – молярная масса.

Молярные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении для идеального газа:

$$C_V = \frac{iR}{2}; \quad C_P = \frac{(i+2)R}{2},$$

где i – число степеней свободы; R – молярная газовая постоянная.

Удельные теплоемкости при постоянном объеме и постоянном давлении для идеального газа:

$$c_V = \frac{iR}{2M}; \quad c_P = \frac{(i+2)R}{2M}.$$

Уравнение Майера

$$C_p - C_V = R.$$

Показатель адиабаты

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V} = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i}.$$

Внутренняя энергия идеального газа

$$U = N \langle \varepsilon \rangle = \nu C_V T,$$

где $\langle \varepsilon \rangle$ – средняя кинетическая энергия молекулы; N – число молекул газа; ν – количество вещества.

Работа, связанная с изменением объема газа, в общем случае вычисляется по формуле

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV,$$

где V_1 – начальный объем газа; V_2 – его конечный объем.

Работа газа:

- *при изобарном процессе ($p = \text{const}$)*

$$A = p(V_2 - V_1);$$

- *при изотермическом процессе ($T = \text{const}$)*

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1};$$

- *при адиабатном процессе*

$$A = \frac{m}{M} C_V (T_1 - T_2) = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

где T_1 – начальная температура газа; T_2 – его конечная температура.

Уравнение Пуассона (уравнение газового состояния при адиабатном процессе)

$$pV^\gamma = \text{const}.$$

Связь между начальным и конечным значением газа при адиабатном процессе:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

Первое начало термодинамики в общем случае

$$Q = \Delta U + A,$$

где Q – количество теплоты, сообщенное газу; ΔU – изменение его внутренней энергии; A – работа, совершаемая газом против внешних сил.

Первое начало термодинамики:

- *при изобарном процессе*

$$Q = \Delta U + A = \frac{m}{M} C_V \Delta T + \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{m}{M} C_p \Delta T;$$

- *при изохорном процессе ($A = 0$)*

$$Q = \Delta U = \frac{m}{M} C_V \Delta T;$$

- *при изотермическом процессе ($\Delta U = 0$)*

$$Q = A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1};$$

- *при адиабатном процессе ($Q = 0$)*

$$A = -\Delta U = -\frac{m}{M} C_V \Delta T.$$

Термический коэффициент полезного действия (КПД) цикла в общем случае

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

где Q_1 – количество теплоты, полученное рабочим телом (газом) от нагревателя; Q_2 – количество теплоты, переданное рабочим телом охладителю.

КПД цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где T_1 – температура нагревателя; T_2 – температура охладителя.

Изменение энтропии при равновесном процессе

$$\Delta S = \int_A^B \frac{dQ}{T}.$$

Здесь A и B – пределы интегрирования, соответствующие начальному и конечному состоянию системы.

Формула Больцмана

$$S = k \ln W,$$

где S – энтропия системы; W – термодинамическая вероятность ее состояния; k – постоянная Больцмана.

Распределение Больцмана (распределение частиц в силовом поле)

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}},$$

где n – концентрация частиц; U – потенциальная энергия частицы; n_0 – концентрация частиц в точках поля, где $U = 0$; k – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура; e – основание натуральных логарифмов.

Барометрическая формула (распределение давления в однородном поле силы тяжести)

$$p = p_0 e^{-\frac{mgz}{kT}}, \quad \text{или} \quad p = p_0 e^{-\frac{Mgz}{RT}},$$

где p – давление газа; m – масса частицы; M – молярная масса; z – координата (высота) точки по отношению к уровню, принятому за нулевой; p_0 – давление на этом уровне; g – ускорение свободного падения; R – молярная газовая постоянная.

Средняя длина свободного пробега молекул газа

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi d^2 n},$$

где d – эффективный диаметр молекулы; n – концентрация молекул.

Диффузия (коэффициент диффузии)

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle,$$

где $\langle v \rangle$ – средняя арифметическая скорость молекул; $\langle \lambda \rangle$ – средняя длина свободного пробега молекул газа.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Закон Кулона для вакуума $F_K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ где ϵ_0 – электрическая постоянная.

Напряженность электрического поля $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$;

$$\left. \begin{aligned} \vec{E} &= \sum_{i=1}^N \vec{E}_i \\ \varphi &= \sum_{i=1}^N \varphi_i \end{aligned} \right\} \text{ принцип суперпозиции.}$$

Поток вектора напряженности через площадку S $\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S}$.

Теорема Гаусса для вакуума $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{внутр}}}{\epsilon_0}$.

Теорема о циркуляции $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$.

Потенциал $\varphi = \frac{W}{q}$; $\varphi = -\int \vec{E} \cdot d\vec{r}$.

Напряженность поля на расстоянии r от источника поля:

- *точечного заряда*

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2},$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды;

- *бесконечно длинной заряженной нити с линейной плотностью заряда τ*

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon r};$$

- *равномерно заряженной бесконечной плоскости с поверхностной плотностью заряда σ*

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon};$$

- *между двумя разноименно заряженными плоскостями*

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}.$$

Работа поля по перемещению заряда

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2), \quad U = \varphi_1 - \varphi_2, \quad U = \frac{A}{q}.$$

Связь между напряженностью и разностью потенциалов для однородного поля $U = E\Delta d$.

Емкость уединенного проводника $C = \frac{q}{\varphi}$.

Емкость конденсатора $C = \frac{q}{U}$.

Емкость плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$.

Энергия заряженного конденсатора $W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$.

Емкость заряженного шара $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r$.

Емкость сферического конденсатора $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$.

$$\left. \begin{aligned} C_{\text{паралл}} &= \sum C_i \\ \frac{1}{C_{\text{послед}}} &= \sum \frac{1}{C_i} \end{aligned} \right\} \text{батарея конденсаторов.}$$

Дипольный момент $\vec{p} = q\vec{d}$.

Поляризованность диэлектрика:

$$\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_i}{V}, \quad P = \chi\epsilon_0 E,$$

где χ – диэлектрическая восприимчивость; $\epsilon = 1 + \chi$, где ϵ – диэлектрическая проницаемость.

Теорема Гаусса для диэлектриков $\oint \epsilon E ds = \frac{\sum q_{\text{своб.}}}{\epsilon_0}$.

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{q}{\Delta t} \\ I &= qnSv \end{aligned} \right\} \text{сила тока.}$$

Плотность тока $j = \frac{I}{S} = qnv$.

Закон Ома для однородного участка цепи $I = \frac{U}{R}$.

Закон Ома для замкнутой цепи $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, где R – сопротивление внешней цепи; r – внутреннее сопротивление источника.

Закон Ома в дифференциальной форме $j = \frac{E}{\rho} = E\gamma$, где $\gamma = \frac{1}{\rho}$ – удельная электрическая проводимость вещества; ρ – удельное электрическое сопротивление

Сопротивление проводника $R = \rho \frac{l}{S}$.

Температурное изменение сопротивления $R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$.

ЭДС $\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$.

Работа сторонних сил $A_{\text{ст}} = \varepsilon I \Delta t$.

Сила тока короткого замыкания $I_{\text{кор.зам}} = \frac{\varepsilon}{r}$.

Закон Джоуля–Ленца $Q = A = IU \Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$, где A – работа, совершаемая силами электростатического поля и сторонними силами; U – напряжение на участке цепи (отношение работы, совершаемой электростатическими и сторонними силами, к величине заряда, над которым совершена работа).

Мощность тока $P = \frac{dA}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$.

Закон Джоуля–Ленца в дифференциальной форме $\omega = \gamma E^2 = \frac{E^2}{\rho} = jE$, где ω – удельная тепловая мощность тока; $\gamma = \frac{1}{\rho}$ – удельная электрическая проводимость вещества; ρ – удельное электрическое сопротивление

Правило Кирхгофа для узлов $\sum I_i = 0$.

Правило Кирхгофа для контуров $\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_k$.

Последовательное соединение проводников:

$$I = \text{const}, \quad U = \sum_{i=1}^N U_i, \quad R = \sum R_i.$$

Параллельное соединение:

$$I = \sum I_i, \quad U = \text{const}, \quad \frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}.$$

КОНСПЕКТЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ ЗАПОЛНЯЮТСЯ СТУДЕНТАМИ ВМЕСТЕ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ НА ЗАНЯТИЯХ

Занятие 1. «Кинематика»

1. Прямолинейное движение.
2. Криволинейное движение.
3. Вращательное движение.

Занятие 2. «Динамика»

1. Динамика прямолинейного движения.
2. Динамика криволинейного движения.

Занятие 3. «Динамика»

1. Законы сохранения в механике.
2. Твердое тело как система частиц. Вращательное движение твердых тел.

Занятие 4. Контрольная работа по «Механике»

Занятие 5. «Основы молекулярно-кинетической теории газов»

1. Законы идеальных газов.
2. Молекулярно-кинетическая теория газов.
3. Барометрическая формула. Явления переноса в газах.

Занятие 6. «Основы термодинамики»

1. Первое начало термодинамики.
2. Второе начало термодинамики.

Занятие 7. «Электростатика»

1. Закон Кулона. Взаимодействие заряженных тел.
2. Напряженность электрического поля.

Занятие 8. «Электростатика»

1. Потенциал электрического поля. Работа по перемещению электрического заряда в поле.
2. Электроемкость. Конденсаторы.

Занятие 9. «Постоянный электрический ток»

1. Основные законы постоянного тока.
2. Правила Кирхгофа (для разветвленных цепей).
3. Работа и мощность тока.

ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Записать все данные (с их единицами) и искомые в задаче величины.

2. Записать все данные задачи в СИ.

3. Сделать чертеж, схему или рисунок с обозначением данных задачи (в зависимости от условий задачи).

4. Установить, какие физические законы отвечают содержанию данной задачи.

5. Решить задачу в общем виде (получить «рабочую формулу»), т. е. выразить искомую величину через заданные в задаче.

При изучении движения точки (поступательного движения твердого тела) необходимо:

а) выбрать систему отсчета, относительно которой изучается движение;

б) связать с ней систему координат;

в) записать закон движения точки в векторном виде;

г) перейти к скалярной записи уравнений движения в проекциях на выбранные оси;

д) записать начальные данные и дополнительные условия рассматриваемого движения;

е) решить полученную систему уравнений и проанализировать ответ;

ж) если в движении участвует несколько тел, то удобно выбрать общие для всех начала отсчета перемещения и времени.

При изучении вращения тела вокруг неподвижной оси надо перейти к угловым характеристикам движения (угловому перемещению, угловой скорости, угловому ускорению), так как они одинаковы для всех точек тела, в то время как линейные характеристики различны.

6. Произвести вычисления.

7. Желательно произвести проверку единиц величин, подставив их в «рабочую формулу». Полученная единица должна совпадать с единицей искомой в задаче величины.

ЗАНЯТИЕ 1

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Кинематика»

1. Что изучает механика?
2. Что изучает классическая механика?
3. Что изучает релятивистская механика?
4. Как соотносятся области применения классической и релятивистской механики?
5. Что изучает кинематика?
6. Что изучает динамика?
7. Что изучает статика?
8. Что такое движение?
9. Что означает относительность движения? Приведите примеры.
10. Что такое тело отсчета? Исходя из чего выбирают тело отсчета?
11. Что такое система отсчета?
12. Что такое система координат? Для чего она необходима?
13. Что такое материальная точка? Чему равна ее масса?
14. Что такое абсолютно твердое тело?
15. Что такое траектория материальной точки?
16. Какие способы описания положения и движения используются в кинематике материальной точки?
17. Что является мерой положения и как описывается движение материальной точки в векторном способе?
18. Что такое радиус-вектор? Где он начинается и где заканчивается?
19. Что является мерой положения и как описывается движение материальной точки в координатном способе?
20. Что является мерой положения и как описывается движение материальной точки в естественном способе?
21. Что является мерой изменения положения материальной точки?
22. Где начинается и где заканчивается вектор перемещения материальной точки?
23. Что такое путь? Является ли путь мерой изменения положения материальной точки при произвольном движении?
24. При каких условиях путь может использоваться в качестве меры изменения положения материальной точки?
25. Что является мерой быстроты изменения положения материальной точки?

26. Дайте определение вектора мгновенной скорости материальной точки. Как направлен этот вектор? Поясните, как найти его направление исходя из определения мгновенной скорости.

27. Что является мерой быстроты изменения скорости?

28. Дайте определение вектора мгновенного ускорения. Как направлен этот вектор? Поясните, как найти его направление исходя из определения мгновенного ускорения.

29. Что такое тангенциальное ускорение? Чему оно равно и как направлено?

30. Мерой чего является тангенциальное ускорение?

31. Что такое нормальное ускорение? Чему оно равно и как направлено?

32. Мерой чего является нормальное ускорение?

33. Как разложить вектор полного ускорения на тангенциальную и нормальную составляющие?

34. Как связаны между собой векторы полного, нормального и тангенциального ускорений?

35. Как связаны между собой модули векторов полного, нормального и тангенциального ускорений?

36. Сформулируйте определение поступательного движения.

37. Сформулируйте определение вращательного движения.

38. Чем обусловлена необходимость введения угловых кинематических характеристик для описания вращательного движения?

39. Являются ли угловые кинематические характеристики истинными векторами? Ответ обоснуйте.

40. Что является мерой изменения положения тела при его вращении вокруг неподвижной оси?

41. Что является мерой быстроты изменения положения тела при его вращении вокруг неподвижной оси?

42. Дайте определение угловой скорости.

43. Как направлены векторы углового перемещения и угловой скорости? Сформулируйте правило правого винта для углового перемещения и угловой скорости.

44. Что является мерой быстроты изменения угловой скорости?

45. Напишите определение вектора углового ускорения. Как направлен этот вектор?

46. Сформулируйте правило правого винта для векторного произведения.

47. Чему равен модуль векторного произведения?

48. Как связаны векторы перемещения и углового перемещения при вращении тела относительно неподвижной оси?

49. Как связаны векторы скорости и угловой скорости при вращении тела относительно неподвижной оси?

50. Как связаны модули векторов скорости и угловой скорости при вращении тела относительно неподвижной оси?

51. Как связаны векторы ускорения, углового ускорения и угловой скорости при вращении тела относительно неподвижной оси?

52. Как связаны модули векторов ускорения, углового ускорения и угловой скорости при вращении тела относительно неподвижной оси?

53. Что такое преобразования Галилея? Что они позволяют вычислить?

54. Какое предположение о длительности временного промежутка между двумя событиями в разных системах отсчета лежит в основе преобразований Галилея?

55. Запишите преобразования Галилея.

56. Как соотносятся ускорения материальной точки в системах отсчета, которые равномерно движутся относительно друг друга?

1. Прямолинейное движение

Задача 1. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой (ось x) имеет вид $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 5$ м, $B = 4$ м/с, $C = -1$ м/с². Определить среднюю скорость $v_{\text{ср}}$ за интервал времени от $t_1 = 1$ с до $t_2 = 6$ с.

Задача 2. С воздушного шара, опускающегося вниз с постоянной скоростью 2 м/с, бросили вертикально вверх груз со скоростью 18 м/с относительно земли. Определить расстояние между шаром и грузом в момент, когда груз достигает высшей точки своего подъема. Через какое время груз пролетит мимо шара, падая вниз?

2. Криволинейное движение

Задача 3. С башни высотой 25 м горизонтально брошен камень со скоростью 15 м/с. Найти: 1) сколько времени камень будет в движении; 2) на каком расстоянии он упадет на землю; 3) с какой скоростью он упадет на землю; 4) какой угол составит траектория камня с гори-

зонтом в точке его падения на землю? Сопротивление воздуха не учитывать.

Задача 4. Мяч бросили со скоростью 10 м/с под углом 40° к горизонту. Найти: 1) на какую высоту поднимется мяч; 2) на каком расстоянии от места бросания мяч упадет на землю; 3) сколько времени он будет в движении?

3. Вращательное движение

Задача 5. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.

Задача 6. Колесо радиусом 10 см вращается с постоянным угловым ускорением $3,14 \text{ рад/с}^2$. Найти для точек на ободе колеса к концу первой секунды после начала движения: 1) угловую скорость; 2) линейную скорость; 3) тангенциальное ускорение; 4) нормальное ускорение; 5) полное ускорение и 6) угол, составляемый направлением полного ускорения с радиусом колеса.

Домашнее задание: 1.6, 1.14, 1.33, 1.61. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 2

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Динамика»

1. Сформулируйте первый закон Ньютона. В чем заключается его суть?
2. Что такое инерциальная система отсчета? Приведите примеры инерциальной и неинерциальной систем отсчета.
3. Может ли инерциальная система отсчета, связанная с некоторым телом отсчета, стать неинерциальной, и наоборот?
4. Что такое сила? Как можно измерить силу? Единица измерения силы в СИ.
5. Является ли сила векторной величиной? Ответ обоснуйте.
6. Что такое равнодействующая сила? Чему она равна? Всегда ли действие нескольких сил на одно тело можно заменить равнодействующей?

7. Что такое масса? Мерой чего она является? Единица измерения массы в СИ.

8. Что такое импульс (количество движения) материальной точки? Запишите определение импульса в математической форме. Как направлен вектор импульса? Единица измерения импульса в СИ.

9. Что такое импульс системы материальных точек? Как направлен этот вектор?

10. Сформулируйте второй закон Ньютона. Запишите его выражение в математической форме (связь силы и ускорения). Как взаимно ориентированы векторы силы и ускорения?

11. Сформулируйте второй закон Ньютона. Запишите его выражение в математической форме (связь силы и импульса). Как взаимно ориентированы векторы силы и приращения импульса?

12. Что такое импульс силы и как он связан с приращением импульса?

13. В чем заключается суть второго закона Ньютона?

14. Сформулируйте третий закон Ньютона. Запишите его выражение в математической форме.

15. В чем заключается суть третьего закона Ньютона?

16. Сформулируйте принцип относительности Галилея. В чем заключается его суть?

17. Сформулируйте закон сохранения импульса для системы тел.

18. Что такое система тел? Какие тела следует включать в нее?

19. Что такое внутренние силы?

20. Что такое внешние силы?

21. Что такое полный импульс системы тел? Чему он равен?

22. Может ли измениться импульс тела, включенного в систему тел, если полный импульс системы тел постоянен?

23. Что такое центр масс системы материальных точек? Чему равен радиус-вектор, определяющий его положение?

24. Всегда ли в центре масс находится материальная точка?

25. Назовите свойства центра масс системы материальных точек.

26. Каковы особенности системы отсчета, связанной с центром масс?

27. Что такое кинетическая энергия? Чему она равна? В каких единицах измеряется кинетическая энергия в СИ?

28. Как связаны между собой импульс и кинетическая энергия материальной точки в классической механике?

29. Что такое механическая работа? Запишите ее определение в векторной форме. В каких единицах измеряется механическая работа в СИ?

30. При каких условиях сила, приложенная к телу, не совершает работу?

31. Каков физический смысл работы (мерой чего она является)?

32. Как связаны работа и кинетическая энергия?

33. Что такое консервативная сила? Приведите примеры консервативных и неконсервативных сил.

34. Что такое потенциальная энергия? За счет чего у тела появляется потенциальная энергия? В каких случаях можно говорить, что работа совершается за счет потенциальной энергии?

35. Почему значение потенциальной энергии определяется с точностью до константы? Из каких соображений определяется значение этой константы? Ответ поясните.

36. Запишите выражение, описывающее связь силы и потенциальной энергии. Прочтите его. Как с помощью этого выражения определить направление силы?

37. Чему равна полная механическая энергия материальной точки? Чему равна полная механическая энергия системы тел?

38. С работой каких сил связаны приращения кинетической энергии, потенциальной энергии, полной механической энергии материальной точки, системы материальных точек?

39. Сформулируйте закон сохранения механической энергии для системы тел.

40. Что такое замкнутая система тел?

41. Что такое консервативная система тел?

1. Динамика прямолинейного движения

Задача 1. Ледяная горка составляет с горизонтом угол α . По ней пускают вверх камень, который после подъема съезжает вниз. Чему равен коэффициент трения, если время спуска в n раз больше времени подъема?

Задача 2. Наклонная доска, составляющая с горизонтом угол 60° , приставлена к горизонтальному столу. Два груза массой по 1 кг каждый соединены легкой нитью, направленной параллельно плоскостям доски и стола, перекинутой через невесомый блок, расположенный в месте примыкания наклонной плоскости к горизонтальному столу,

и могут перемещаться соответственно по доске и столу. Найти силу натяжения нити и ускорение системы, если коэффициент трения тел о поверхность доски и стола одинаков и равен 0,3.

Задача 3. Работа, затраченная на толкание ядра, брошенного под углом 15° к горизонту, равна 800 Дж. Масса ядра 8,0 кг. На каком расстоянии от места бросания ядро упадет на землю?

2. Динамика криволинейного движения

Задача 4. На сколько должен быть поднят наружный рельс над внутренним на закруглении железнодорожного пути радиусом 300 м, если ширина колеи 1524 мм? Скорость, при которой сила давления на рельсы перпендикулярна им, принять равной 54 км/ч.

Задача 5. На экваторе некоторой планеты тело весит вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность вещества этой планеты $3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Определить период вращения планеты вокруг своей оси.

Задача 6. На внутренней поверхности сферы радиусом 0,1 м, вращающейся вокруг вертикальной оси, внизу находится небольшой предмет. С какой постоянной частотой должна вращаться сфера, чтобы предмет находился в точке, направление на которую составляет угол 45° с вертикалью? Коэффициент трения между предметом и поверхностью сферы равен 0,2. Округлите до сотых.

Домашнее задание: 2.8, 2.32, 2.45, 2.55. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 3

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Законы сохранения в механике. Вращательное движение»

1. Что такое кинетическая энергия? Чему она равна? В каких единицах измеряется кинетическая энергия в СИ?

2. Как связаны между собой импульс и кинетическая энергия материальной точки в классической механике?

3. Что такое механическая работа? Запишите ее определение в векторной форме. В каких единицах измеряется механическая работа в СИ?

4. При каких условиях сила, приложенная к телу, не совершает работу?

5. Каков физический смысл работы (мерой чего она является)?

6. Как связаны работа и кинетическая энергия?

7. Что такое консервативная сила? Приведите примеры консервативных и неконсервативных сил.

8. Что такое потенциальная энергия? За счет чего у тела появляется потенциальная энергия? В каких случаях можно говорить, что работа совершается за счет потенциальной энергии?

9. Почему значение потенциальной энергии определяется с точностью до константы? Из каких соображений определяется значение этой константы? Ответ поясните.

10. Запишите выражение, описывающее связь силы и потенциальной энергии. Прочтите его. Как с помощью этого выражения определить направление силы?

11. Чему равна полная механическая энергия материальной точки? Чему равна полная механическая энергия системы тел?

12. С работой каких сил связаны приращения кинетической энергии, потенциальной энергии, полной механической энергии материальной точки, системы материальных точек?

13. Сформулируйте закон сохранения механической энергии для системы тел.

14. Что такое замкнутая система тел?

15. Что такое консервативная система тел?

16. Запишите определение момента силы относительно некоторой точки O . В каких единицах он измеряется в СИ?

17. Мерой чего является момент силы? Чем обусловлена необходимость его введения?

18. Где начинается и где заканчивается радиус-вектор, входящий в определение момента силы?

19. Как направлен вектор момента силы? Какое правило следует использовать для определения его направления?

20. Чему равен модуль момента силы?

21. Что такое пара сил? Чему равен момент пары сил?

22. Зависит ли момент пары сил от выбора точки O , относительно которой этот момент рассчитывается?

23. Что такое момент силы относительно оси? Чему он равен?
24. Запишите определение момента импульса материальной точки относительно некоторой точки O . В каких единицах он измеряется в СИ?
25. Где начинается и где заканчивается радиус-вектор, входящий в определение момента импульса материальной точки?
26. Как направлен вектор момента импульса материальной точки? Какое правило следует использовать для определения его направления?
27. Чему равен модуль момента импульса материальной точки?
28. Что такое момент импульса относительно оси? Чему он равен?
29. Чему равен момент импульса тела, вращающегося относительно неподвижной оси?
30. Как связаны между собой момент силы и момент импульса? Запишите выражение их связи в математической форме.
31. Дайте определение момента инерции тела относительно неподвижной оси. Мерой чего является момент инерции? В каких единицах он измеряется в СИ?
32. Чем обусловлена необходимость введения момента инерции?
33. Сформулируйте теорему Штейнера. Назовите входящие в ее выражение величины.
34. Запишите выражение основного закона динамики вращательного движения. Как взаимно ориентированы векторы момента силы и углового ускорения при вращении тела относительно неподвижной оси?
35. Сформулируйте закон сохранения момента импульса для системы тел. Поясните, при каких условиях момент импульса системы тел остается постоянным.
36. Чему равна кинетическая энергия тела, вращающегося относительно неподвижной оси? Запишите выражение для ее расчета.
37. Чему равна работа, совершаемая при воздействии на тело, вращающееся относительно неподвижной оси?

1. Законы сохранения в механике

Задача 1. С наклонной плоскости высотой 1 м и длиной склона 10 м скользит тело массой 1 кг. Найти: 1) кинетическую энергию тела у основания плоскости; 2) скорость тела у основания плоскости; 3) расстояние, пройденное телом по горизонтальной части пути до

остановки. Коэффициент трения на всем пути считать постоянным и равным 0,05.

Задача 2. Два тела с массами m и $3m$ движутся во взаимно перпендикулярных направлениях. После соударения тело массой m остановилось. Какую часть его энергии составляет выделившееся при ударе тепло?

Задача 3. Груз массой 0,5 кг падает с некоторой высоты на плиту массой 1 кг, укрепленную на пружине жесткостью $9,8 \cdot 10^2$ Н/м. Определить наибольшее сжатие пружины, если в момент удара груз обладал скоростью 5 м/с. Удар неупругий.

2. Твердое тело как система частиц. Вращательное движение твердых тел

Задача 4. Две гири с массами 2 кг и 1 кг соединены нитью и перекинуты через блок массой 1 кг. Найти: 1) ускорение, с которым движутся гири; 2) натяжения нитей T_1 и T_2 , к которым подвешены гири. Блок считать однородным диском. Трением пренебречь.

Задача 5. На барабан с горизонтально расположенной осью вращения массой 9 кг намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Найти ускорение груза. Барабан считать однородным цилиндром. Трением пренебречь.

Задача 6. Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, делая 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит при этом на краю платформы. С какой скоростью начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой.

Домашнее задание: 2.36, 2.81, 3.20, 3.49. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 5

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Основы молекулярно-кинетической теории»

1. Какой газ называется идеальным? Опишите модель идеального газа.
2. Что называется числом степеней свободы механической системы i ?
3. Чему равно число i для одноатомной и многоатомной молекул? Обоснуйте свой ответ.
4. Что утверждает закон равнораспределения?
5. Как зависит внутренняя энергия идеального газа от его абсолютной температуры?
6. Как объясняют давление газа в МКТ?
7. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Назовите микро- и макропараметры системы.
8. Выведите основное уравнение МКТ.
9. Что позволяет рассчитать уравнение состояния идеального газа Клапейрона–Менделеева?
10. Дайте определение вероятности.
11. Каков смысл функции распределения?
12. Каков смысл условия нормировки?
13. Запишите формулу для определения среднего значения результатов измерения величины x с помощью функции распределения.
14. Что представляет собой распределение Максвелла?
15. Что такое функция распределения Максвелла? Каков ее физический смысл?
16. Постройте график функции распределения Максвелла $F(v)$ и укажите ее характерные особенности.
17. Укажите на графике $F(v)$ наиболее вероятную скорость в v_v . Получите выражение для v_v . Как изменяется график $F(v)$ при повышении температуры?
18. Получите барометрическую формулу. Что она определяет?
19. Получите зависимость концентрации молекул газа в поле силы тяжести от высоты.
20. Запишите закон распределения Больцмана: а) для молекул идеального газа в поле силы тяжести; б) для частиц массой m , находящихся в роторе центрифуги, вращающейся с угловой скоростью ω .

21. Объясните физический смысл распределения Максвелла Больцмана.
22. Что такое прицельное расстояние, эффективный диаметр?
23. Что называется средней длиной свободного пробега молекулы? От чего зависит длина свободного пробега молекулы?
24. Какие процессы называются явлениями переноса?
25. Что такое время релаксации?
26. Запишите закон Фурье. Что переносится в процессе теплопроводности?
27. Получите выражение для коэффициента теплопроводности. От каких величин он зависит?
28. Запишите закон внутреннего трения. Что переносится в процессе внутреннего трения?
29. Чему равен коэффициент динамической вязкости?
30. Сформулируйте закон Фика. Что переносится в процессе диффузии?
31. Что является конечным результатом явлений переноса в изолированных системах? Когда эти явления прекращаются?
32. Укажите общие признаки процессов переноса.

1. Законы идеальных газов

Задача 1. В баллоне объемом 10 л находится гелий под давлением 1 МПа при температуре 300 К. После того как из баллона был израсходован гелий массой 10 г, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определить давление гелия, оставшегося в баллоне.

Задача 2. В сосуде находятся 25 г кислорода и 75 г азота при температуре 10 °С и давлении 1 МПа. Найти молярную массу смеси и объем сосуда.

2. Молекулярно-кинетическая теория газов

Задача 3. В сосуде находится $3,59 \cdot 10^{20}$ молекул азота, которые оказывают на стенки сосуда давление 20 кПа. Каков объем сосуда, если средняя квадратичная скорость молекул 300 м/с?

Задача 4. Найти среднюю квадратичную скорость, среднюю кинетическую энергию поступательного движения и среднюю полную кинетическую энергию молекул гелия и азота при температуре 27 °С. Определить полную энергию всех молекул 100 г каждого из газов.

3. Барометрическая формула. Явления переноса в газах

Задача 5. Рассчитать среднюю длину свободного пробега молекул азота и коэффициент диффузии при давлении 10^5 Па и температуре 17°C . Как изменятся найденные величины в результате двукратного увеличения объема газа: а) при постоянном давлении; б) при постоянной температуре?

Задача 6. На какой высоте над уровнем моря атмосферное давление составляет 78 кПа, если температура воздуха 17°C и не меняется с высотой, а давление на уровне моря нормальное? Найти число частиц в единице объема (концентрацию молекул) на этой высоте.

Домашнее задание: 8.24, 9.21, 10.13, 10.68. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 6

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Основы термодинамики»

1. Чем термодинамический метод исследования свойств систем отличается от молекулярно-кинетического?
2. Какую часть энергии системы называют внутренней?
3. Как определяется работа в термодинамике?
4. Что называется количеством теплоты?
5. Какая из величин A , Q , U является функцией состояния термодинамической системы? Почему?
6. Сформулируйте первое начало термодинамики.
7. Запишите первое начало термодинамики для всех известных вам изопроцессов идеального газа.
8. Что такое теплоемкость тела? Чем отличаются удельная и молярная теплоемкости?
9. Чему равна теплоемкость для каждого изопроцесса? Почему теплоемкость C_p больше C_V ?
10. Получите выражение для работы в каждом процессе. При каком изопроцессе не совершается работа?
11. Какой процесс называется адиабатным? Как можно осуществить процесс, близкий к адиабатному?

12. Выведите уравнение Пуассона для адиабатного процесса.
13. Чем отличается обратимый процесс от необратимого? От обратного?
14. Охарактеризуйте равновесное состояние. Можно ли реализовать равновесный процесс?
15. Что такое цикл?
16. При каких условиях может работать идеальная машина Карно?
17. Из каких процессов состоит цикл Карно?
18. Почему в выражение для работы за цикл идеальной машины Карно не входит работа, совершенная при адиабатных процессах?
19. Чему равен КПД идеальной машины Карно? Что характеризуют температуры T_1 и T_2 в формуле для идеальной машины Карно?
20. Как работают холодильная машина и тепловой насос?
21. Что такое энтропия?
22. Чему равно приращение энтропии ΔS при протекании обратимого процесса?
23. Как изменяется энтропия при протекании необратимого процесса в адиабатически изолированной системе?
24. Что такое термодинамическая вероятность?
25. Как связана энтропия с термодинамической вероятностью?
26. Сформулируйте второе начало термодинамики.

1. Первое начало термодинамики

Задача 1. Один моль идеального двухатомного газа расширяется изобарически, изотермически, адиабатически до объема, в 5 раз большего первоначального. При каком из этих процессов работа по расширению будет больше? Определить также изменение внутренней энергии и количество подведенной теплоты. Считать первоначальное состояние нормальным.

2. Второе начало термодинамики

Задача 2. Нагреватель тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, имеет температуру $t_1 = 200^\circ\text{C}$. Определить температуру охладителя, если при получении от нагревателя количества теплоты 1 Дж машина совершает работу 0,4 Дж. Потери на трение и теплоотдачу не учитывать.

Задача 3. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Исходное состояние одноатомного газа соответствует давлению 5 атм, температуре 300 К и объему 2 л. В конце изотермического расширения объем стал равен 5 л, а в конце адиабатического – 8 л. Найти КПД цикла, работу за один цикл, количество теплоты, взятого от нагревателя и переданного холодильнику за один цикл.

Задача 4. Газ, совершающий цикл Карно, КПД которого 25 %, при изотермическом расширении производит работу 240 Дж. Какова работа, совершаемая при изотермическом сжатии?

Задача 5. Кислород массой 0,45 г имеет в начальном состоянии объем 2 л и температуру 10 °С, а в конечном – объем 10 л и температуру 50 °С. Найти изменение энтропии кислорода при переходе из первого состояния во второе.

Задача 6. 0,3 кг льда, взятого при температуре –40 °С, превращается в пар при атмосферном давлении. Найти изменение энтропии.

Домашнее задание: 11.1, 11.26, 11.56, 11.72. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 7

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Электростатика»

1. Что такое электрический заряд?
2. Что такое точечный электрический заряд?
3. Как определить, имеет ли тело электрический заряд?
4. Перечислите основные свойства электрических зарядов.
5. Сформулируйте закон Кулона.
6. Запишите закон Кулона в векторной форме. Как с его помощью определить направление кулоновской силы?
7. Как называется и что из себя представляет величина ϵ_0 , входящая в выражение закона Кулона?
8. Что такое электростатическое поле? Что осуществляется с его помощью?
9. Какое электростатическое поле называют однородным?

10. Запишите определение вектора напряженности. Назовите входящие в определение величины. В каких единицах измеряется напряженность в СИ?

11. Какой заряд входит в определение напряженности: создающий исследуемое электрическое поле или пробный заряд?

12. Как определить направление вектора напряженности (поясните, как это сделать с помощью определения напряженности)?

13. Что такое пробный заряд? Какой знак он может иметь?

14. Влияет ли знак пробного заряда на направление вектора напряженности электростатического поля?

15. При каком условии заряд, используемый для измерения напряженности, можно считать малым?

16. Должен ли пробный заряд являться точечным?

17. Запишите выражение для расчета напряженности поля точечного заряда (в векторной форме). Как с его помощью найти направление вектора напряженности в интересующей нас точке?

18. Как можно найти модуль и направление вектора силы, действующей на точечный заряд, если известна напряженность электрического поля в точке, где находится точечный заряд?

19. Сформулируйте принцип суперпозиции для электростатического поля, созданного системой из нескольких зарядов. На чем основана его справедливость?

20. Сформулируйте принцип суперпозиции применительно к силе, действующей на точечный заряд со стороны нескольких зарядов.

21. Сформулируйте принцип суперпозиции применительно к напряженности поля, созданного несколькими зарядами в интересующей нас точке.

22. Что такое распределенный заряд? Приведите примеры.

23. Перечислите характеристики распределенных зарядов и запишите их определения. В каких единицах измеряются эти характеристики в СИ?

24. Что такое поток вектора напряженности? Запишите определение элементарного потока $d\Phi$.

25. Что такое вектор ds , входящий в определение элементарного потока вектора напряженности?

26. Как определить направление вектора ds ?

27. Какая математическая операция связывает векторы, входящие в определение потока вектора напряженности?

28. Как вычислить поток вектора напряженности через произвольную поверхность конечного размера?
29. Сформулируйте теорему Гаусса.
30. Запишите теорему Гаусса в математической форме.
31. В чем заключен практический смысл теоремы Гаусса?
32. В чем заключен теоретический смысл теоремы Гаусса?
33. По какой формуле рассчитывается напряженность электростатического поля, созданного бесконечной прямолинейной равномерно заряженной нитью в интересующей нас точке? Как направлены векторы напряженности в этом поле?
34. По какой формуле рассчитывается напряженность поля, созданного бесконечной равномерно заряженной плоскостью в интересующей нас точке? Как направлен вектор напряженности в таком поле?
35. По какой формуле рассчитывается напряженность поля, созданного равномерно заряженной сферой в интересующей нас точке? Как направлен вектор напряженности в таком поле?
36. По какой формуле рассчитывается напряженность поля, созданного равномерно заряженным шаром в интересующей нас точке? Как направлен вектор напряженности в таком поле?
37. Как рассчитывается элементарная работа по перемещению заряда в электростатическом поле?
38. Как рассчитывается работа при произвольном конечном перемещении заряда в электростатическом поле?
39. Является ли поле электростатических сил потенциальным? Обоснуйте свой ответ.
40. Как связаны между собой работа электростатических сил и потенциальная энергия заряда, перемещающегося под их действием? За счет чего электростатические силы совершают работу?
41. Что такое циркуляция вектора? Запишите определение циркуляции.
42. Чему равна циркуляция вектора напряженности электростатического поля? На что указывает значение циркуляции вектора $\mathbf{E}$?

1. Закон Кулона. Взаимодействие заряженных тел

Задача 1. Три одинаковых положительных заряда по 1 нКл расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре треугольника, чтобы сила

притяжения с его стороны уравнивает силы взаимного отталкивания зарядов, находящихся в вершинах?

Задача 2. Два одинаково заряженных шарика, имеющих массу 0,5 г каждый и подвешенных на нитях длиной 1 м, разошлись на 4 см друг от друга. Найти заряд каждого шарика.

Задача 3. Одинаковые шарики, подвешенные на нитях равной длины, закрепленных в одной точке, зарядили одинаковыми одноименными зарядами. Шарики оттолкнулись, и угол между нитями стал равен 60° . После погружения шариков в жидкий диэлектрик угол между нитями уменьшился до 50° . Найти диэлектрическую проницаемость среды. Выталкивающей силой пренебречь. Ответ округлить до десятых.

2. Напряженность электрического поля

Задача 4. Стальной шар радиусом 0,5 см, погруженный в керосин, находится в однородном электрическом поле напряженностью 35 кВ/см, направленной вертикально вверх. Определить заряд шара, если он находится во взвешенном состоянии.

Задача 5. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами 30 нКл и -10 нКл. Расстояние между зарядами равно 20 см. Определить напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 15 см от первого и на расстоянии 10 см от второго заряда.

Задача 6. Электрическое поле создано бесконечной плоскостью, заряженной с поверхностной плотностью $\sigma = 400$ нКл/м², и бесконечной прямой нитью, заряженной с линейной плотностью $\tau = 100$ нКл/м. На расстоянии 10 см от нити находится точечный заряд 10 нКл. Определить силу, действующую на заряд, ее направление, если заряд и нить лежат в одной плоскости, параллельной заряженной плоскости.

Домашнее задание: 13.11, 13.18, 14.3, 14.15. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 8

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Электростатика»

1. Запишите определение потенциала в электростатическом поле. Назовите величины, входящие в определение. В каких единицах измеряется потенциал в СИ?
2. Какой заряд входит в определение потенциала: создающий исследуемое электрическое поле или пробный заряд?
3. Запишите выражение для расчета потенциала поля, созданного точечным зарядом в интересующей нас точке.
4. Как связаны между собой работа электростатических сил по перемещению заряда из одной точки в другую и потенциалы этих точек?
5. Сформулируйте принцип суперпозиции применительно к потенциалу поля, созданного несколькими зарядами в интересующей нас точке.
6. Как связаны напряженность и потенциал в произвольной точке поля? На что указывает знак «минус», входящий в это выражение?
7. Что такое силовые линии электростатического поля? Где они начинаются и где заканчиваются? Как они направлены?
8. На что указывает густота силовых линий?
9. Как по картине силовых линий соотнести модули вектора напряженности в различных точках?
10. Как по картине силовых линий определить направление вектора напряженности в интересующей нас точке?
11. Могут ли силовые линии пересекаться? Ответ обоснуйте.
12. Что такое эквипотенциальная поверхность? Что такое эквипотенциальная линия?
13. Могут ли эквипотенциальные поверхности пересекаться? Ответ обоснуйте.
14. Под каким углом пересекаются силовые линии и эквипотенциальные поверхности? Ответ обоснуйте.
15. Что такое электрический диполь? Что такое плечо диполя и как направлен этот вектор?
16. Чему равен дипольный момент диполя? Как он направлен? В каких единицах он измеряется в СИ?
17. Как ведет себя диполь, помещенный в однородное электрическое поле? Чему равен момент действующих на него сил?

18. Что такое проводники и что такое диэлектрики? В чем заключается различие между этими типами вещества?
19. Сколько типов диэлектриков существует в природе? Назовите типы диэлектриков.
20. Что такое полярные и неполярные диэлектрики? Приведите примеры по каждому типу диэлектриков.
21. Что такое поляризация диэлектриков?
22. Опишите механизм поляризации неполярных диэлектриков первого типа.
23. Опишите механизм поляризации неполярных диэлектриков второго типа.
24. Опишите механизм поляризации полярных диэлектриков.
25. Как зависит степень поляризации диэлектриков от напряженности внешнего электрического поля?
26. Как зависит степень поляризации диэлектриков от температуры?
27. Что является количественной мерой степени поляризации диэлектрика?
28. Запишите определение вектора поляризованности. Назовите входящие в него величины.
29. Как направлен вектор поляризованности? В каких единицах он измеряется в СИ? Ответы обоснуйте.
30. Как связаны между собой векторы поляризованности и напряженности?
31. Что такое диэлектрическая восприимчивость? В каких единицах она измеряется в СИ?
32. Как взаимно ориентированы вектор напряженности и вектор поляризованности в изотропных и анизотропных диэлектриках? Ответы обоснуйте.
33. Что такое поляризационные заряды в диэлектрике? Из-за чего они возникают и где локализованы?
34. Что такое связанные заряды? Являются ли поляризационные заряды свободными или связанными?
35. Как направлено электрическое поле, созданное связанными зарядами внутри диэлектрика?
36. Как соотносится напряженность электрического поля, вызвавшего поляризацию диэлектрика, с напряженностью поля внутри диэлектрика?

37. Суперпозиция каких полей определяет напряженность поля внутри диэлектрика?

38. Что такое диэлектрическая проницаемость диэлектрика? Каков ее физический смысл? В каких единицах она измеряется в СИ?

39. Запишите определение вектора электрического смещения. Как соотносится его направление с направлением вектора $\mathbf{E}$ внутри изотропного и анизотропного диэлектриков? В каких единицах он измеряется в СИ?

40. Чем обусловлена необходимость введения кроме вектора напряженности $\mathbf{E}$ еще одной характеристики электрического поля – электрического смещения $\mathbf{D}$?

41. Сформулируйте теорему Гаусса для вектора электрического смещения.

42. Какими зарядами определяется поток вектора $\mathbf{D}$ через замкнутую поверхность?

43. Как связаны между собой тангенциальные составляющие вектора напряженности на границе раздела двух диэлектриков?

44. Как связаны между собой тангенциальные составляющие вектора электрического смещения на границе раздела двух диэлектриков?

45. Как связаны между собой нормальные составляющие вектора напряженности на границе раздела двух диэлектриков?

46. Как связаны между собой нормальные составляющие вектора электрического смещения на границе раздела двух диэлектриков?

47. Что происходит с линиями вектора напряженности электрического поля на границе раздела двух диэлектриков?

48. Что происходит с линиями вектора электрического смещения на границе раздела двух диэлектриков?

49. Что такое проводники?

50. Чему равна напряженность поля внутри проводника, находящегося во внешнем электростатическом поле? Ответ обоснуйте.

51. Как соотносятся потенциалы разных точек поверхности проводника? Ответ обоснуйте.

52. Под каким углом к поверхности проводника направлены силовые линии электрического поля? Ответ обоснуйте.

53. Что происходит с зарядом, который был сообщен проводнику?

54. Как связана напряженность электрического поля вблизи поверхности проводника с поверхностной плотностью заряда?

55. Почему удаление вещества из некоторого объема внутри заряженного проводника не влияет на его электрическое поле?

56. Чему равна напряженность электрического поля в замкнутой полости внутри заряженного проводника? Что можно сказать о величине потенциала этого поля?

57. Как защитить измерительные приборы от влияния внешнего электростатического поля? Что такое электростатический экран?

58. Если замкнутая полость внутри проводника не пустая, а в нее помещен заряд q , то появится ли заряд на поверхности полости? Чему этот заряд равен? Ответ обоснуйте.

59. Изменится ли электростатическое поле вне заряженного проводника, если в замкнутой полости внутри проводника помещен заряд q ?

60. Что такое потенциал проводника?

61. Что называют электроемкостью уединенного проводника C ?

62. Зависит ли электроемкость уединенного проводника C от величины его заряда и потенциала? Ответ обоснуйте.

63. Зависит ли электроемкость уединенного проводника C от его формы, размеров и электрофизических характеристик диэлектрика, в который помещен проводник? Ответ обоснуйте.

64. Что такое электрический конденсатор?

65. Что называют электроемкостью конденсатора C ? Поясните смысл величин, входящих в определение C .

66. От чего зависит электроемкость конденсатора C ?

67. Как определить энергию взаимодействия системы точечных зарядов $q_1, q_2, \dots, q_N$?

68. Поясните разницу между понятиями «собственная энергия» заряженного проводника и «энергия взаимодействия» одного заряженного проводника с другим. Что такое полная энергия взаимодействия?

69. Как определить энергию уединенного заряженного проводника?

70. Как определить энергию заряженного конденсатора?

71. Можно ли утверждать, что энергия заряженного проводника и конденсатора локализована в их электрическом поле? Ответ обоснуйте.

72. Как выразить энергию электрического поля через характеристики самого поля?

73. Как определить объемную плотность энергии электрического поля?

74. Учитывает ли выражение для объемной плотности энергии электрического поля в диэлектрике энергию, запасенную за счет поляризации этого диэлектрика? Ответ обоснуйте.

1. Потенциал электрического поля.

Работа по перемещению электрического заряда в поле

Задача 1. Шарик массой 1 г перемещается между точками, потенциал первой точки 600 В, второй – равен нулю. Определить скорость шарика в первой точке, если во второй точке его скорость 30 см/с. Заряд шарика 10 нКл.

Задача 2. Два шарика, радиусы которых 5 и 8 см, а потенциалы 120 В и 50 В, соединяют проводом. Найти потенциалы шаров после их соединения и заряд, прошедший с одного шарика на другой.

Задача 3. Электрон влетает горизонтально вдоль оси x в плоский воздушный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 10^6 м/с. Длина конденсатора 1 см, напряженность электрического поля в нем $5 \cdot 10^3$ В/м. Найти скорость электрона при вылете из конденсатора и его смещение вдоль оси y .

2. Емкость. Конденсаторы

Задача 4. Три одинаково заряженных водяных капли радиусом 1 мм каждая сливаются в одну большую каплю. Найти потенциал большой капли, если заряд малой 10^{-10} Кл.

Задача 5. Расстояние между пластинами плоского воздушного конденсатора, присоединенного к источнику напряжения с ЭДС 180 В, равно 5 мм. Площадь пластин конденсатора 175 см^2 . Найти работу по раздвижению пластин до расстояния 12 мм, если конденсатор перед раздвижением пластин отключен от источника.

Задача 6. Пластины плоского конденсатора подключены к источнику с ЭДС, равной 2 В. Определить изменение емкости и энергии электрического поля конденсатора, если конденсатор наполовину заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$. Расстояние между пластинами $d = 1$ см, площадь пластин $S = 50 \text{ см}^2$.

Домашнее задание: 15.7, 16.15, 17.11, 18.5. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ЗАНЯТИЕ 9

Вопросы для самоподготовки к семинарскому занятию по теме «Постоянный электрический ток»

1. Что такое свободные носители заряда?
2. Что такое электрический ток?
3. Какие частицы могут быть свободными носителями заряда в разных проводниках?
4. Двигутся ли свободные носители заряда при отсутствии электрического поля в проводнике? Каков характер этого движения? Как меняется характер их движения при появлении электрического поля?
5. Что такое дрейфовая скорость свободных носителей заряда? От чего она зависит?
6. Что принято считать за направление электрического тока?
7. Что такое сила электрического тока I ? Векторной или скалярной величиной является I ? В каких единицах измеряется I ?
8. Что такое плотность электрического тока $\mathbf{j}$? Векторной или скалярной величиной является $\mathbf{j}$? Как определяется направление $\mathbf{j}$?
9. Как определить силу тока, протекающего через некоторую поверхность, если в каждой точке этой поверхности задана плотность тока?
10. Запишите уравнение непрерывности для плотности тока. Поясните связь этого уравнения с законом сохранения заряда.
11. Каков физический механизм появления электрического сопротивления проводника R ? Как определить величину R , если заданы длина и площадь поперечного сечения проводника, изготовленного из определенного вещества.
12. Как и почему сопротивление металлического проводника зависит от температуры?
13. Что такое однородный проводник?
14. Запишите закон Ома для однородного проводника в интегральной форме. Поясните смысл величин, входящих в закон.
15. Что такое удельная проводимость вещества?
16. Запишите закон Ома для однородного проводника в локальной (дифференциальной) форме. Поясните смысл величин, входящих в закон.
17. Что такое сторонние силы? Может ли в замкнутой цепи протекать постоянный электрический ток без участия сторонних сил? Ответ поясните.

18. Что такое ЭДС источника? При каком условии ЭДС источника равна разности потенциалов между его клеммами?

19. Что такое однородный и неоднородный участок электрической цепи?

20. Что такое напряжение U на некотором участке электрической цепи? В каком случае U равно разности потенциалов, в каком – ЭДС, в каком – их алгебраической сумме?

21. Запишите обобщенный закон Ома в интегральной форме. Поясните смысл величин, входящих в закон.

22. Запишите обобщенный закон Ома в локальной (дифференциальной) форме. Поясните смысл величин, входящих в закон.

23. Сформулируйте первое правило Кирхгофа.

24. Сформулируйте второе правило Кирхгофа.

25. Для решения каких задач удобно использовать правила Кирхгофа?

26. Как определяются направления и знаки токов в первом правиле Кирхгофа? Опишите алгоритм его применения.

27. Для какого участка электрической цепи записывается второе правило Кирхгофа? Опишите алгоритм его применения.

28. Как определить количество уравнений, необходимых для решения задачи с помощью правил Кирхгофа?

29. Если при решении задачи с помощью правил Кирхгофа некоторые токи получились отрицательными, что это означает?

30. Что такое работа тока? Что при этом совершает работу? Что такое мощность тока?

31. Что такое работа источника тока? Что при этом совершает работу? Что такое мощность источника?

32. Как связана работа источника тока с работой тока на участках замкнутой электрической цепи?

33. Почему при прохождении электрического тока по проводнику в нем выделяется тепло?

34. При каком условии работа тока на участке цепи равна количеству тепла, которое при этом выделяется?

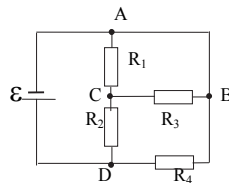
35. Запишите закон Джоуля–Ленца для проводника в интегральной форме. Поясните смысл величин, входящих в закон.

36. Как определить количество тепла, выделяемое на участке цепи, если сила тока меняется со временем?

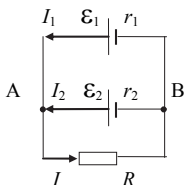
37. Запишите закон Джоуля–Ленца для проводника в локальной (дифференциальной) форме. Поясните смысл величин, входящих в закон.

1. Основные законы постоянного тока

Задача 1. Найти полное сопротивление электрической цепи (см. рисунок), если внутреннее сопротивление источника 1 Ом, а сопротивления участков цепи равны $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 12$ Ом, $R_4 = 6$ Ом.



Задача 2. Вольтметр с внутренним сопротивлением 2500 Ом, включенный в сеть, показал напряжение 125 В. Определить дополнительное сопротивление, при подключении которого вольтметр показывает 100 В.



2. Правила Кирхгофа (для разветвленных цепей)

Задача 3. Рассчитать токи во всех участках цепи, изображенной на рисунке.

3. Работа и мощность тока

Задача 4. Определить ток короткого замыкания для источника, который при токе в цепи $I_1 = 10$ А имеет полезную мощность $P_1 = 500$ Вт, а при токе $I_2 = 5$ А – мощность $P_2 = 375$ Вт.

Задача 5. Намотка в электрической кастрюле состоит из двух одинаковых секций. Сопротивление каждой секции 20 Ом. Через сколько времени закипит 2,2 л воды, если: 1) включена одна секция; 2) обе секции включены последовательно; 3) обе секции включены параллельно? Начальная температура воды 16 °С, напряжение в сети 110 В, КПД нагревателя 85 %.

Задача 6. Сколько меди нужно для устройства линии электропередачи длиной 10 км, если напряжение на электростанции 440 В, а потребителю необходимо передать мощность 50 кВт при допустимой потере напряжения в проводе 10 %?

Домашнее задание: 19.4, 19.14, 19.22, 19.32. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

РЕЙТИНГ-ЛИСТ

ФБ ТОПП (1 часть)

Название модуля	Вид контроля	Сроки контроля	Максимальное число баллов	Минимальное число баллов	Экзамен
Механика	Контрольная работа «0–50»		50	20	Тест итоговый 60 заданий
	Лабораторные работы «100–200»	семестр	$2 \cdot 200 = 400$	$2 \cdot 100 = 200$	
	Физический диктант на практиках «0–100»	семестр	$3 \cdot 100 = 300$	0	
Термодинамика и статистическая физика	РГЗ «2–8»	12-я неделя	$12 \cdot 8 = 96$	$12 \cdot 2 = 24$	
	Лабораторные работы «100–200»	семестр	$1 \cdot 200 = 200$	$1 \cdot 100 = 100$	
	Физический диктант на практиках «0–100»	семестр	$2 \cdot 100 = 200$	0	
Электростатика и постоянный ток	РГЗ «2–8»	18-я неделя	$24 \cdot 8 = 192$	$24 \cdot 2 = 48$	
	Лабораторные работы «100–200»	семестр	$1 \cdot 200 = 200$	$1 \cdot 100 = 100$	
	Физический диктант на практиках «0–100»	семестр	$3 \cdot 100 = 300$	0	
Всего			$1938 \cdot 0,031 = 60,08$	$472 \cdot 0,031 = 14,63$	$60 \cdot 0,665 = 40$

Расчетно-графическое задание: 8 баллов – с защитой, 2 балла – без защиты.

Посещение: 100 % лекций с наличием конспекта плюс 5 баллов, 100 % практических занятий с решением всех задач плюс 5 баллов (баллы без коэффициента).

Опоздание на занятия (лекция, практика, лабораторная работа) минус 0,5 балла за одно занятие (баллы без коэффициента).

Не сданная до следующего занятия задача из домашнего задания минус 1 балл за задачу (баллы без коэффициента).

ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ ЗАДАЧ К РГЗ
«МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА»

Вариант	Молекулярное строение	Уравнение газового состояния	Смеси газов	Концентрация молекул	Основное уравнение кинетической теории газов. Энергия молекул	Скорости молекул	Распределение Больцмана	Теплоемкость идеального газа	Работа расширения газа	Первое начало термодинамики	Круговые процессы. Термический КПД. Цикл Карно	Энтропия
1	8.1	8.16	8.36	9.1	9.12	9.25	10.1	11.1	11.18	11.25	11.53	11.69
2	8.2	8.17	8.37	9.2	9.13	9.26	10.2	11.2	11.19	11.26	11.54	11.70
3	8.3	8.18	8.38	9.3	9.14	9.27	10.3	11.3	11.20	11.27	11.55	11.71
4	8.4	8.19	8.39	9.4	9.15	9.28	10.4	11.4	11.21	11.28	11.56	11.72
5	8.5	8.20	8.40	9.5	9.16	9.29	10.5	11.5	11.22	11.29	11.57	11.73
6	8.6	8.21	8.41	9.6	9.17	9.30	10.6	11.6	11.23	11.30	11.58	11.74
7	8.7	8.22	8.42	9.7	9.18	9.31	10.7	11.7	11.24	11.31	11.59	11.75
8	8.1	8.17	8.38	9.4	9.16	9.30	10.1	11.5	11.22	11.29	11.57	11.73
9	8.3	8.18	8.38	9.3	9.14	9.25	10.1	11.1	11.18	11.25	11.53	11.69
10	8.7	8.22	8.36	9.1	9.12	9.25	10.6	11.6	11.23	11.30	11.58	11.74
11	8.4	8.19	8.39	9.4	9.15	9.28	10.4	11.4	11.21	11.28	11.56	11.72
12	8.1	8.18	8.37	9.1	9.14	9.25	10.3	11.2	11.20	11.25	11.54	11.70

Окончание таблицы

Вариант	Молекулярное строение	Уравнение газового состояния	Смеси газов	Концентрация молекул	Основное уравнение кинетической теории газов. Энергия молекул	Скорости молекул	Распределение Больцмана	Теплоемкость идеального газа	Работа расширения газа	Первое начало термодинамики	Круговые процессы. Термический КПД. Цикл Карно	Энтропия
13	8.2	8.19	8.38	9.2	9.15	9.26	10.4	11.3	11.21	11.26	11.55	11.71
14	8.3	8.20	8.39	9.3	9.16	9.27	10.5	11.4	11.22	11.27	11.56	11.72
15	8.4	8.21	8.40	9.4	9.17	9.28	10.6	11.5	11.23	11.28	11.57	11.73
16	8.5	8.22	8.41	9.5	9.18	9.29	10.7	11.6	11.24	11.29	11.58	11.74
17	8.6	8.17	8.42	9.6	9.16	9.30	10.1	11.7	11.22	11.30	11.59	11.75
18	8.7	8.18	8.38	9.7	9.14	9.31	10.1	11.5	11.18	11.31	11.57	11.73
19	8.1	8.22	8.38	9.4	9.12	9.30	10.6	11.1	11.23	11.29	11.53	11.69
20	8.3	8.19	8.36	9.3	9.15	9.25	10.4	11.6	11.21	11.25	11.58	11.74

**ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ ЗАДАЧ К РГЗ
«ЭЛЕКТРОСТАТИКА»**

Вариант	Взаимодействие точечных зарядов	Взаимодействие точечного заряда с зарядом, равномерно распределенным	Напряженность поля точечных зарядов	Напряженность поля заряда, распределенного по кольцу и сфере	Напряженность поля заряженной линии	Напряженность поля заряженной плоскости	Напряженность поля заряда, распределенного по объему	Потенциальная энергия и потенциал поля точечных зарядов	Потенциал поля линейно распределенных зарядов	Потенциал поля зарядов, распределенных по объему	Работа по перемещению зарядов в поле	Движение заряженных частиц в электрическом поле
1	13.1	13.14	14.1	14.7	14.11	14.21	14.27	15.1	15.14	15.32	15.41	15.51
2	13.2	13.15	14.2	14.8	14.12	14.22	14.28	15.2	15.15	15.33	15.42	15.52
3	13.3	13.16	14.3	14.9	14.13	14.23	14.29	15.3	15.16	15.34	15.43	15.53
4	13.4	13.17	14.4	14.10	14.14	14.24	14.30	15.4	15.17	15.35	15.44	15.54
5	13.5	13.18	14.5	14.7	14.15	14.25	14.31	15.5	15.18	15.36	15.45	15.55
6	13.6	13.19	14.6	14.8	14.16	14.26	14.27	15.6	15.19	15.37	15.46	15.56
7	13.7	13.20	14.2	14.9	14.17	14.21	14.28	15.7	15.20	15.38	15.47	15.57
8	13.8	13.21	14.3	14.10	14.18	14.22	14.29	15.8	15.21	15.39	15.48	15.58
9	13.9	13.22	14.4	14.7	14.19	14.23	14.30	15.9	15.22	15.40	15.49	15.60
10	13.10	13.14	14.5	14.8	14.20	14.24	14.31	15.10	15.23	15.32	15.50	15.70

Окончание таблицы

Вариант	Взаимодействие точечных зарядов	Взаимодействие точечного заряда с зарядом, равномерно распределенным	Напряженность поля точечных зарядов	Напряженность поля заряда, распределенного по кольцу и сфере	Напряженность поля заряженной линии	Напряженность поля заряженной плоскости	Напряженность поля заряда, распределенного по объему	Потенциальная энергия и потенциал поля точечных зарядов	Потенциал поля линейно распределенных зарядов	Потенциал поля зарядов, распределенных по объему	Работа по перемещению зарядов в поле	Движение заряженных частиц в электрическом поле
11	13.11	13.15	14.6	14.9	14.11	14.25	14.27	15.11	15.24	15.33	15.41	15.71
12	13.12	13.16	14.2	14.10	14.12	14.26	14.28	15.12	15.25	15.34	15.42	15.61
13	13.13	13.17	14.2	14.7	14.13	14.21	14.29	15.13	15.26	15.35	15.43	15.62
14	13.4	13.18	14.3	14.8	14.14	14.22	14.30	15.4	15.27	15.36	15.44	15.63
15	13.5	13.19	14.4	14.9	14.15	14.23	14.31	15.5	15.28	15.37	15.45	15.64
16	13.6	13.20	14.5	14.10	14.16	14.24	14.27	15.6	15.29	15.38	15.46	15.65
17	13.7	13.21	14.6	14.7	14.17	14.25	14.28	15.7	15.30	15.39	15.47	15.66
18	13.8	13.22	14.2	14.8	14.18	14.26	14.29	15.8	15.31	15.40	15.48	15.67
19	13.9	13.17	14.6	14.9	14.19	14.22	14.30	15.9	15.14	15.33	15.49	15.68
20	13.10	13.18	14.2	14.10	14.20	14.23	14.31	15.10	15.15	15.34	15.50	15.69

Вариант	Напряженность и потенциал поля диполя. Электрический момент диполя	Диполь в электрическом поле	Поляризация диэлектриков	Электрическая емкость проводящей сферы	Электрическая емкость плоского конденсатора	Соединения конденсаторов	Энергия плоского конденсатора	Энергия поля заряженной сферы	Закон Ома для участка цепи	Закон Ома для полной цепи	Правила Кирхгофа	Работа и мощность тока
1	16.1	16.10	16.20	17.1	17.6	17.15	18.1	18.13	19.1	19.12	19.19	19.25
2	16.2	16.11	16.21	17.2	17.7	17.16	18.2	18.14	19.2	19.13	19.20	19.26
3	16.3	16.12	16.22	17.3	17.8	17.17	18.3	18.15	19.3	19.14	19.21	19.27
4	16.4	16.13	16.23	17.4	17.9	17.18	18.4	18.16	19.4	19.15	19.22	19.28
5	16.5	16.14	16.24	17.5	17.10	17.19	18.5	18.17	19.5	19.16	19.23	19.29
6	16.6	16.15	16.20	17.1	17.11	17.20	18.6	18.18	19.6	19.17	19.24	19.30
7	16.7	16.16	16.21	17.2	17.12	17.21	18.7	18.19	19.7	19.18	19.19	19.31
8	16.8	16.17	16.22	17.3	17.6	17.22	18.8	18.20	19.8	19.12	19.20	19.32
9	16.9	16.18	16.23	17.4	17.7	17.23	18.9	18.21	19.9	19.13	19.21	19.33
10	16.1	16.19	16.24	17.5	17.8	17.24	18.10	18.13	19.10	19.14	19.22	19.34
11	16.2	16.10	16.20	17.1	17.9	17.25	18.11	18.14	19.11	19.15	19.23	19.35
12	16.3	16.11	16.21	17.2	17.10	17.15	18.12	18.15	19.1	19.16	19.24	19.36
13	16.4	16.12	16.22	17.3	17.11	17.16	18.3	18.16	19.2	19.17	19.19	19.25
14	16.5	16.13	16.23	17.4	17.12	17.17	18.4	18.17	19.3	19.18	19.20	19.26
15	16.6	16.14	16.24	17.5	17.7	17.18	18.5	18.18	19.4	19.12	19.21	19.27
16	16.7	16.15	16.20	17.1	17.8	17.19	18.6	18.19	19.5	19.13	19.22	19.28
17	16.8	16.16	16.21	17.2	17.9	17.20	18.7	18.20	19.6	19.14	19.23	19.29
18	16.9	16.17	16.22	17.3	17.10	17.21	18.8	18.21	19.7	19.15	19.24	19.30
19	16.2	16.18	16.23	17.4	17.11	17.22	18.9	18.13	19.8	19.16	19.21	19.31
20	16.3	16.19	16.24	17.5	17.12	17.23	18.10	18.19	19.9	19.17	19.22	19.32

Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике, 2001 г.

ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Кроме семинарских занятий студенты выполняют лабораторные работы. Методические указания к выполнению лабораторных работ студенты берут в библиотеке или в лабораториях в электронном виде на занятиях, или на сайте кафедры общей физики. Формы отчета работ приведены в лабораториях на стендах. Далее приводятся рекомендуемые таблицы измерений при выполнении лабораторных работ (студент вправе использовать и свои таблицы).

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

N	m	$x_{\text{нач}}$	$x_{\text{кон}}$	x	$\bar{x}$	S_x	Δx	$\bar{v}$	$\frac{1}{\sqrt{m}}$	Δv
	кг	м	м	м	м	м	м	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$	$\text{кг}^{-1/2}$	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
1										
2										
3										
4										
5										
1					—	—	—			—
1					—	—	—			—

ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ФБ (ТОПП) 1 КУРС

<i>Первое занятие</i>	<i>Второе занятие</i>	<i>Третье занятие</i>	<i>Четвертое занятие</i>
Работа № 0	Работа № 1	Работа № 6	Работа № 13
Определение объема тела цилиндрической формы	Измерение скорости пули с помощью баллистического маятника	Определение показателя адиабаты методом Клемана и Дезорма	Изучение работы источника ЭДС
	Ссылка на видеоописание выполнения лабораторной работы  	Ссылка на видеоописание выполнения лабораторной работы 	Ссылка на видеоописание выполнения лабораторной работы 

Литература по выполнению лабораторных работ

- Механика и термодинамика, Новосибирск, 2020, № 4983



шифр 53 М 55 (лабораторные работы № 0, 1, 6)

- Электричество и магнетизм, Новосибирск, 2012, № 4231



шифр 53 Э 454 (лабораторная работа № 13)

- Механика и электростатика, Новосибирск, 2011. Вопросы для защиты лабораторных работ по физике, № 4092 шифр 53 М 55 (лабо-



раторные работы № 0, 1)

- Электричество и магнетизм, Новосибирск, 2012. Вопросы для защиты лабораторных работ по физике, № 4215 шифр 53 Э 454 (лабо-



раторная работа № 13)

ВОПРОСЫ НА ЭКЗАМЕН

1. Кинематика материальной точки. Векторный и координатный способы описания движения.
2. Кинематические характеристики движения материальной точки. Тангенциальное, нормальное и полное ускорение.
3. Кинематика вращательного движения твердого тела.
4. Связь между кинематическими характеристиками поступательного и вращательного движения.
5. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.
6. Преобразования Галилея. Следствия преобразований Галилея. Принцип относительности Галилея.
7. Закон сохранения импульса. Центр масс системы материальных точек.
8. Работа силы. Мощность.
9. Консервативные (потенциальные) силы. Потенциальная энергия системы материальных точек. Связь силы и потенциальной энергии.
10. Кинетическая энергия системы материальных точек.
11. Закон сохранения механической энергии системы материальных точек.
12. Момент импульса частицы. Момент силы.
13. Закон сохранения момента импульса системы материальных точек.
14. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Момент инерции.
15. Теорема Штейнера.
16. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Работа внешних сил при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси.
17. Основные представления дорелятивистской физики, ее противоречия.

18. Постулаты Эйнштейна. Синхронизация часов, соотношения между событиями.
19. Замедление времени и сокращение длины.
20. Преобразования Лоренца.
21. Следствия преобразований Лоренца.
22. Релятивистский импульс. Закон взаимосвязи массы и энергии.
23. Уравнение состояния идеального газа.
24. Первое начало термодинамики.
25. Теплоемкость.
26. Изопроцессы в идеальном газе.
27. Энтропия.
28. Второе начало термодинамики.
29. Цикл Карно.
30. Термодинамические потенциалы.
31. Уравнение кинетической теории газов.
32. Энергия молекул газа.
33. Распределение Максвелла.
34. Распределение Больцмана.
35. Функция распределения Максвелла–Больцмана.
36. Электрическое поле. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
37. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции.
38. Работа электростатических сил. Теорема о циркуляции вектора напряженности.
39. Потенциальная энергия. Потенциал электростатического поля. Связь между напряженностью и потенциалом поля.
40. Поток вектора напряженности. Теорема Остроградского–Гаусса для электростатического поля в вакууме.
41. Применение теоремы Гаусса к расчету электростатических полей (сфера, шар).
42. Применение теоремы Гаусса к расчету электростатических полей (полый цилиндр, сплошной цилиндр).
43. Применение теоремы Гаусса к расчету электростатических полей (плоскость, две плоскости).
44. Диполь в электрическом поле. неполярные и полярные диэлектрики.
45. Поляризация диэлектриков. Типы поляризации. Вектор поляризации.

46. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрической среде. Вектор электрического смещения.
47. Условия для электростатического поля на границе раздела двух изотропных диэлектрических сред.
48. Распределение зарядов в проводнике. Напряженность и электрическое смещение вблизи поверхности проводника.
49. Электрическая емкость уединенного проводника.
50. Взаимная электрическая емкость двух проводников. Конденсаторы. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.
51. Энергия системы точечных зарядов. Энергия заряженного уединенного конденсатора.
52. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии.
53. Электрический ток. Сила и плотность тока.
54. Сторонние силы. Электродвижущая сила и напряжение.
55. Закон Ома. Сопротивление проводников.
56. Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца.
57. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Контроль самостоятельной работы студента	4
Обозначения физических величин, используемых в учебном пособии, и единицы их измерения	11
Приставки и множители десятичных кратных и дольных единиц международной системы СИ	13
Формулы по разделу «Механика. Молекулярная физика. Термодинамика. Электростатика. Законы постоянного тока»	15
Порядок решения задач	33
Рейтинг-лист	60
Таблица вариантов задач к РГЗ «Молекулярная физика, термодинамика»	61
Таблица вариантов задач к РГЗ «Электростатика»	63
Выполнение лабораторных работ	66
График выполнения лабораторных работ	67
Вопросы на экзамен	69

Березин Николай Юрьевич

ФИЗИКА

Часть 1

Учебное пособие

Выпускающий редактор *И.П. Брованова*

Корректор *И.Е. Семенова*

Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*

Компьютерная верстка *С.И. Ткачева*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 19.05.2020. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 50 экз.
Уч.-изд. л. 4,18. Печ. л. 4,5. Изд. № 46. Заказ № 595. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20