

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 16.05.2023 15:05:47

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76afed6b448452eb8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60aee2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Приморская государственная сельскохозяйственная академия
Инженерно-технологический институт

ФИЗИКА

Часть 1.

Механика. Молекулярная физика и термодинамика.

Методические указания для практических занятий и самостоятельной
работы обучающихся по направлению 06.03.01 Биология

Электронное издание

Уссурийск 2022

Составитель: Здор Д.В., кандидат педагогических наук, доцент, доцент Инженерно-технологического института

Физика. Часть 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: Методические указания для практических занятий и самостоятельной работы обучающихся по направлению 06.03.01 Биология [Электронный ресурс]: / Д.В. Здор; ФГБОУ ВО ПГСХА. - Электрон. текст. дан. – Уссурийск: ПГСХА, 2022.- 85 с. - Режим доступа: www.de.primacad.ru.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями стандарта ФГОС ВО по направлению 06.03.01 Биология, содержат задания для самостоятельной работы обучающихся и методические указания по их выполнению.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия».

Содержание

Введение.....	4
Методические указания к решению задач.....	4
Раздел 1. Механика.....	6
Тема 1. Кинематика поступательного движения материальной точки.....	6
Тема 2. Динамики поступательного движения материальной точки.....	14
Тема 3. Динамика вращательного движения твердого тела.....	25
Тема 4. Импульс. Работа. Энергия. Законы сохранения.....	31
Тема 5. Механические колебания и волны.....	38
Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика.....	49
Тема 1. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов.....	49
Тема 2. Основы термодинамики.....	62
Примерный вариант контрольной работы №1.....	75
Решение типового варианта контрольной работы №1.....	76
Приложения.....	82
Литература.....	84

Введение

При изучении курса физики большое значение имеет практическое применение теоретических знаний, главное из которых – умение решать задачи. Решение физических задач способствует приобщению студентов к самостоятельной творческой работе, учит анализировать изучаемые явления, выделять главные факторы, обуславливающие то или иное явление.

Цель издания – формировать навыки работы над задачами, на примере решения задач показать связь физики с другими отраслями знания и производством.

Данные методические указания предназначены для решения задач по разделам «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика». Все темы построены по одной схеме: вопросы теории; тестовые задания для самоконтроля студентов при подготовке к практическим занятиям; примеры решения задач; задачи для решения в аудитории и домашнее задание.

Значком * обозначены задания повышенной сложности. Задания этого уровня могут быть использованы для работы со студентами, проявляющими повышенный интерес к физике.

Методические указания к решению задач

Решение задачи необходимо начинать с ее анализа.

Практически любая задача по физике содержит описание одного или нескольких процессов (или состояний). Поэтому, прежде всего, следует, как правило, выяснить, что является объектом изучения. Далее необходимо выявить какие тела или системы охватывают исследуемый процесс, какие величины его определяют и т.п. Только после этого можно установить, каким физическим законам подчиняются описываемые явления.

При решении задач следует руководствоваться следующими правилами.

- Внимательно прочитать условие задачи и записать его кратко в принятом стандартном буквенном обозначении. Величины, приведенные в условии задачи, выразить в системе единиц СИ.
- Проведя анализ задачи, выписать формулы и законы, на основании которых следует производить решение задачи.
- Если это необходимо, сделать схематический чертеж (рисунок, график, схему), поясняющий содержание задачи. Например, изобразить тело с приложенными к нему силами.
- Решить задачу в общем (буквенном) виде. В большинстве случаев решение сводится к составлению алгебраических уравнений, отражающих заданный физический процесс. Ответ, полученный в общем виде, позволяет сделать анализ решения при изменении исходных данных.
- Произвести вычисления, подставив в расчетную формулу числовые значения величин, приведенных в условии задачи. При этом необходимо руководствоваться правилами действия с приближенными числами.
- Получив численный ответ, проанализировать результат и оценить его правдоподобность.

Раздел 1. МЕХАНИКА

Тема 1. Кинематика поступательного движения материальной точки

Теоретический минимум

1. Механическое движение. Материальная точка. Система отсчета.
2. Характеристики поступательного движения материальной точки: средняя скорость, вектор средней скорости, мгновенная скорость, вектор мгновенной скорости, ускорение, мгновенное ускорение, тангенциальное и нормальное ускорение.
3. Прямолинейное движение материальной точки. Закон пути, закон скорости для равнопеременного прямолинейного движения.
4. Свободное падение тела. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.

Вопросы для самоконтроля

1. Объектом изучения физики является
 - a) движение тел
 - b) материальные тела
 - c) свойства материи
 - d) окружающий человека мир
2. Видами материи являются Указать все правильные ответы.
 - a) время
 - b) поле
 - c) пространство
 - d) вещество
3. Основными свойствами материи являются Указать все правильные ответы.
 - a) существование в пространстве и времени
 - b) способность исчезать и снова возникать
 - c) движение
 - d) превращение из одной формы в другую
4. Механика изучает
 - a) формы материи, их движение и взаимные превращения
 - b) движение и равновесие тел
 - c) свойства материальных тел

d) окружающий человека мир

5. Движение в механике понимается как Указать все правильные ответы.

a) изменение положения тел

b) изменение чего-либо с течением времени

c) превращение одной формы материи в другую

d) изменение положения частей тела относительно друг друга

6. основоположником классической механики считается

a) И. Ньютон

b) Р. Декарт

c) Г. Галилей

d) Демокрит

7. Основная задача механики –

a) изучение причин движения тел

b) определение состояния системы в последовательные моменты времени

c) изучение форм движения материи

d) изучение физических свойств материальных тел

8. Кинематика

a) это раздел физики, посвящённый изучению движения тел в связи с вызывающими его причинами

b) занимается описанием положения механической системы как функции времени

c) занимается изучением движения и условий равновесия тел

d) это раздел физики, посвящённый изучению свойств тел

9. Движение тела на рис. 1 является

a) вращательным

c) поступательным

b) колебательным

d) криволинейным

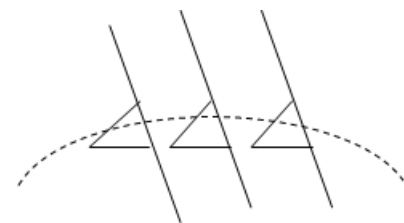


Рис. 1

10. Вращение тела – это такое движение, при котором все его точки движутся

a) по окружностям

b) по окружностям, одинакового радиуса

- c) вокруг одной оси
- d) вокруг оси, необязательно одной для всех точек

11. Непрерывное движение характеризуется

- a) средней скоростью
- b) мгновенной скоростью
- c) средним ускорение
- d) мгновенным ускорением

12. Средняя скорость находится как

- a) отношение пути, пройденного материальной точкой, к промежутку времени
- b) производная от радиус-вектора точки по времени
- c) производная от пути по времени
- d) вектор, равный отношению вектора перемещения к промежутку времени

13. Скорость материальной точки – это

- a) производная от пути по времени
- b) отношение пути, пройденного материальной точкой, к промежутку времени
- c) производная от радиус-вектора точки по времени
- d) вектор, равный отношению вектора перемещения к промежутку времени

14. Ускорение Указать все правильные ответы.

- a) это производная от скорости точки по времени
- b) это вторая производная от пути по времени
- c) в каждой точке траектории имеет такое же направление, как и вектор скорости в той же точке
- d) направлено вдоль траектории движения материальной точки

15. По отношению к траектории движения вектор ускорения раскладывают на ... компоненты. Указать все правильные ответы.

- a) вертикальную
- b) горизонтальную
- c) нормальную
- d) тангенциальную
- e) нормальную

с) линейную

ф) вращательную

16. Соотношения $a_\tau = const$, $a_n = 0$ справедливы для

- а) равномерного движения по окружности
- б) прямолинейного равномерного движения
- с) криволинейного равномерного движения
- д) прямолинейного равнопеременного движения

17. Соотношения $a_\tau = 0$, $a_n \neq 0$ справедливы для

- а) равномерного движения по окружности
- б) прямолинейного равномерного движения
- с) криволинейного равномерного движения
- д) прямолинейного равнопеременного движения

18. В случае прямолинейного равнопеременного движения материальной точки

- а) $S = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ б) $V = \frac{S}{t}$ с) $V = V_0 + a \cdot t$ д) все варианты верны

19. Представленные графики зависимостей кинематических величин от времени иллюстрируют

- а) прямолинейное неравномерное движение
- б) прямолинейное равномерное движение
- с) прямолинейное равноускоренное движение
- д) криволинейное равноускоренное движение

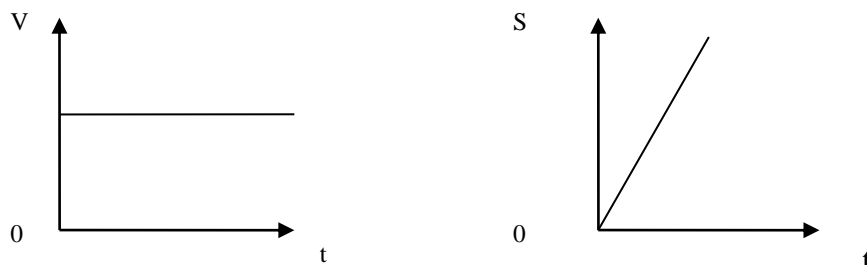


Рис. 2

20. Представленные графики зависимостей кинематических величин от времени иллюстрируют

- a) прямолинейное неравномерное движение
- b) прямолинейное равномерное движение
- c) прямолинейное равноускоренное движение
- d) криволинейное равноускоренное движение

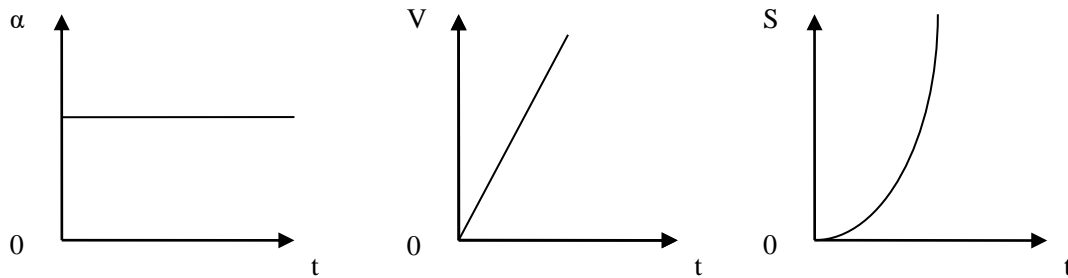


Рис. 3

21. График, изображенный на рис. 4, описывает

- a) равноускоренное движение
- b) равномерное движение
- c) равнозамедленное движение
- d) нет правильного ответа

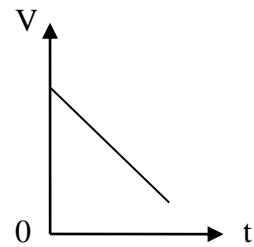


Рис. 4

Примеры решения задач

Пример 1. Зависимость пройденного пути от времени дается уравнением $S = A + B \cdot t + C \cdot t^3$, где $A = 2$ м/с, $B = 3$ м/с², $C = 4$ м/с³. Найти расстояние, скорость и ускорение точки в момент времени $t = 2$ с.

Решение. Расстояние найдем, подставив в уравнение движения числовые значения коэффициентов A , B , C и времени t :

$$S = 2 + 3 \cdot 2 + 4 \cdot 2^3 = 40 \text{ м.}$$

Мгновенная скорость есть первая производная пути по времени:

$$v = \frac{dS}{dt} = B + 3Ct^2.$$

В момент времени $t=2$ с:

$$v = 3 + 3 \cdot 4 \cdot 2^2 = 51 \text{ м/с.}$$

Ускорение точки получим как первую производную скорости по времени:

$$a = \frac{dV}{dt} = 6Ct$$

Тогда в момент времени $t=2$ с:

$$a = 6 \cdot 4 \cdot 2 = 48 \text{ м/с}^2.$$

Пример 2. Тело брошено вверх под углом 30° к горизонту с начальной скоростью 12 м/с. Определить: 1) продолжительность полета; 2) максимальную высоту, на которую поднимется тело; 3) дальность полета. Сопротивление воздуха не учитывать.

Решение.

В обозначенной на рис. 5 системе координат разложим вектор начальной скорости на горизонтальную и вертикальную составляющие:

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos\alpha; \quad (1)$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin\alpha \quad (2)$$

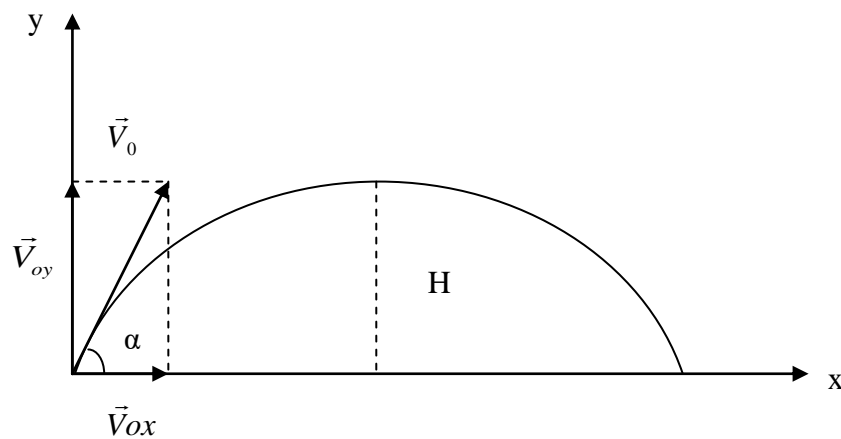


Рис. 5

Продолжительность полета:

$$t = 2 \cdot t_1; \quad (3)$$

где t_1 - время подъема.

Найдем наибольшую высоту, на которую поднимется тело $S_{y \max}$:

$$V_y = V_{0y} - q \cdot t_1 = V_0 \cdot \sin \alpha - q \cdot t_1; \quad (4)$$

$$S_y = V_{0y} \cdot t_1 - \frac{q \cdot t_1^2}{2} = V_0 \cdot t_1 \cdot \sin \alpha - \frac{q \cdot t_1^2}{2} \quad (5)$$

В верхней точке $V_y=0$, и получим:

$$V_0 \cdot \sin \alpha = q \cdot t_1 \quad (6)$$

Откуда

$$t_1 = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{q}; \quad (7)$$

$$S_{y \max} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{q} - \frac{q \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot q^2} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot q} \quad (8)$$

Таким образом, максимальная высота подъема:

$$H_{\max} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot q} \quad (9)$$

Движение по горизонтали является равномерным и поэтому:

$$S_{x \max} = V_x \cdot t,$$

$$V_x = V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha,$$

$$S_{x \max} = V_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad (10)$$

Пользуясь уравнением (3), (7), (9), (10), вычислим искомые величины:

$$t = \frac{2 \cdot 12 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 1,22 \text{ с};$$

$$H = \frac{12^2 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 9,8} = 1,84 \text{ м}; \quad S = 12 \cdot 1,22 \cdot 0,867 = 12,7 \text{ м}.$$

Задачи для решения в аудитории

1. Автомобиль движется 10 с со скоростью 2 м/с, 2 с – со скоростью 10 м/с, 5 с – со скоростью 9 м/с. С какой средней скоростью движется автомобиль?
2. Зависимость пройденного пути S от времени дается уравнением $S=A-Bt^2+Ct^3$, где $A=2$ м/с, $B=3$ м/с², $C=4$ м/с³. Найти: 1) зависимость скорости и ускорения от времени; 2) расстояние, пройденное телом, скорость, ускорение тела через 2 с после движения.
3. Автомобиль, имея скорость 70 м/с, стал двигаться равнозамедленно и через 10 с снизил скорость до 52 м/с. С каким ускорением двигался автомобиль на данном участке? Какое он при этом прошел расстояние?
4. Тело падает вертикально с высоты 19,6 м с нулевой начальной скоростью. За какое время тело пройдет: 1) первый 1 м своего пути; 2) последний 1 м своего пути?
5. С башни брошен камень в горизонтальном направлении с начальной скоростью 40 м/с. Какова скорость камня через 3 с после начала движения?
6. Камень брошен горизонтально со скоростью $V_x=15$ м/с. Найти нормальное, тангенциальное ускорения камня через 1 с после начала движения.
7. Тело брошено под углом 45^0 к горизонту. Определить наибольшую высоту подъема и дальность полета, если начальная скорость тела 20 м/с.
8. * Камень, брошенный вертикально вверх, достиг максимальной высоты 3 м. В этот момент был брошен второй камень с той же скоростью. На какой высоте и через какое время (считая от момента бросания второго камня) они встретились?

Ответ: 2,25 м; 0,39 с.

Домашнее задание

1. Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью 60 км/ч, остальную часть пути - со скоростью 80 км/ч. Какова средняя путевая скорость автомобиля?

2. Движение материальной точки задано уравнением $S=At+Bt^2$, где $A=4$ м/с, $B=-0,05$ м/с². Определить момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найти координату и ускорение в этот момент.
3. Тело брошено под углом 30° к горизонту. Найти тангенциальное и нормальное ускорения в начальный момент движения.
4. * Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы горизонтальная дальность его полета была наибольшей?

Ответ: 45° .

Тема 2. Динамика поступательного движения материальной точки

Теоретический минимум

1. Первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.
2. Масса и сила. Второй закон Ньютона.
3. Третий закон Ньютона.
4. Силы в природе.
5. Механическая система. Закон сохранения импульса.
6. механическая энергия. Закон сохранения и превращения механической энергии.

Вопросы для самоконтроля

1. Динамика – это раздел физики, посвященный изучению
 - a) изменения состояния тел в пространстве и времени
 - b) причин, вызывающих движение тел и обуславливающих их равновесие
 - c) движения тел в связи с вызывающими его причинами
 - d) свойств систем взаимодействующих тел
2. Законы Ньютона
 - a) были выведены из уравнений кинематики

- b) являются доказанными математически теоремами
- c) являются следствием уравнений кинематики и динамики
- d) являются обобщением опытных фактов

3. Первый закон Ньютона можно сформулировать следующим образом

- a) Во всех инерциальных системах отсчёта все механические явления протекают одинаково при одинаковых начальных условиях
- b) Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению
- c) Скорость изменения импульса тела равна действующей на него силе
- d) Всякое тело в отсутствии взаимодействия покоится или движется равномерно и прямолинейно

4. Инерциальной называется система отсчёта

- a) в которой выполняется первый закон Ньютона
- b) в которой все механические явления протекают одинаково при одинаковых начальных условиях
- c) в которой выполняется второй закон Ньютона
- d) которая движется равномерно и прямолинейно

5. Масса тела является характеристикой его Указать все правильные ответы.

- a) динамических свойств
- b) кинематических свойств
- c) гравитационного взаимодействия
- d) взаимодействия с другими телами при их столкновениях

6. Масса тела определяется

- a) силой, с которой тело притягивается к Земле
- b) его объёмом и плотностью
- c) его формой и плотностью
- d) его способностью взаимодействовать с другими телами

7. Плотность вещества – это

- a) масса единичного объёма вещества
- b) мера инертности тела
- c) произведение массы тела на его объём
- d) его способность сохранять форму в условиях внешних воздействий

8. Второй закон Ньютона можно сформулировать следующим образом

- a) Скорость изменения импульса тела равна действующей на него силе
- b) Во всех инерциальных системах отсчёта все механические явления протекают одинаково при одинаковых начальных условиях
- c) Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока взаимодействие с другими телами не заставит его изменить это состояние
- d) Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению

9. Из представленных равенств выберите второй закон Ньютона

a) $\vec{a} = K \cdot \frac{\vec{F}}{m}$ b) $\vec{a} = \frac{\sum_i^n \vec{F}_i}{m}$ c) $m \cdot \vec{V} = \vec{p}$ d) $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

10. Третий закон Ньютона можно сформулировать следующим образом

- a) Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению
- b) Скорость изменения импульса тела равна действующей на него силе
- c) Во всех инерциальных системах отсчёта все механические явления протекают одинаково при одинаковых начальных условиях
- d) Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока взаимодействие с другими телами не заставит его изменить это состояние

11. Существуют следующие типы фундаментальных взаимодействий. Указать все правильные ответы.

- a) гравитационное c) магнитное e) квантовое g) слабое
b) электрическое d) электромагнитное f) сильное

12. Основную роль в задачах классической механики играют следующие фундаментальные взаимодействия: Указать все правильные ответы.

- a) электромагнитное c) упругое e) неупругое
b) гравитационное d) сильное f) слабое

13. Силы трения покоя и скольжения обусловлены ... взаимодействием между молекулами

- a) гравитационным b) электромагнитным c) тепловым d) механическим

14. Силы упругости обусловлены ... взаимодействием между молекулами

- a) гравитационным b) электромагнитным c) тепловым d) механическим

15. В механике различают следующие виды сил Указать все правильные ответы

- a) стационарные и нестационарные
b) классические, квантовые и релятивистские
c) векторные и скалярные
d) потенциальные и кинетические
e) центральные и нецентральные
f) консервативные и неконсервативные

16. Гравитационные силы Указать все правильные ответы.

- a) являются центральными
b) являются консервативными
c) могут быть силами притяжения и отталкивания
d) могут быть только силами притяжения

17. Сила тяжести – это сила

- a) гравитационного взаимодействия между телом и Землёй

- b) с которой тело действует на опору или подвес
- c) с которой опора или подвес действует на тело
- d) гравитационного взаимодействия двух тел

18. Вес тела – это сила

- a) с которой тело действует на опору или подвес
- b) гравитационного взаимодействия между телом и Землёй
- c) с которой опора или подвес действует на тело
- d) с которой взаимодействуют два тела

19. Вес покоящегося относительно Земли тела

- a) в два раза больше силы тяжести
- b) равен силе тяжести
- c) в два раза меньше силы тяжести
- d) равен силе тяжести по величине и противоположен по направлению

20. Вес тела, неподвижного относительно Земли, и сила тяжести Указать все правильные ответы.

- a) приложены к одному телу и уравновешивают друг друга
- b) приложены к разным телам
- c) одинаковы по величине и направлению
- d) отличаются направлением

21. По своей природе различают следующие силы сопротивления движению тела в газе и жидкости. Указать все правильные ответы.

- a) вязкое трение
- b) трение скольжения
- c) трение качения
- d) трение покоя
- e) силы сопротивления среды

22. Различают следующие внешние силы трения Указать все правильные ответы.

- a) вязкое трение
- b) силы сопротивления среды
- c) силы трения скольжения
- d) силы трения качения

23. Изобразите все силы, действующие на тело в каждом из случаев

- a) тело движется по горизонтальной поверхности под действием внешней силы
- b) тело соскальзывает с наклонной плоскости
- c) тело подвешено на нити
- d) тело колеблется в вертикальной плоскости

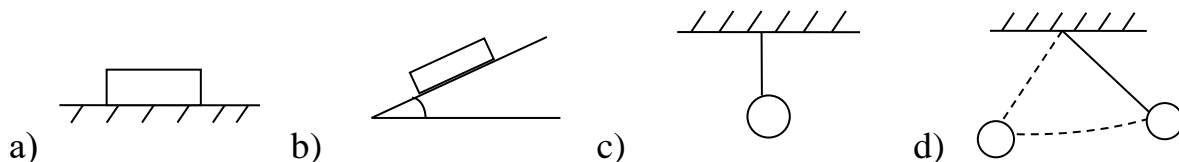


Рис. 6

Примеры решения задач

Алгоритм решения задачи на применение законов динамики

1. Выполнить чертеж к задаче, на котором:
 - a) выбрать систему координат;
 - б) изобразить векторы скоростей и ускорение;
 - в) указать все силы, действующие на каждое тело.
2. Записать второй закон Ньютона в векторной форме для каждого тела

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m \cdot \vec{a}.$$
3. Представить полученные уравнения в виде проекций на координатные оси.
4. Записать недостающие формулы сил природы.
5. Составить систему уравнений и решить её в общем виде, затем подставить числовые значения.

Примечание: если взаимодействуют несколько тел, то уравнение движения составляется для каждого из них в отдельности, причем число независимых уравнений должно быть равно числу неизвестных, тогда задача имеет решение.

Пример. Два груза массами $m_2=3$ кг и $m_3=2$ кг, лежащие на горизонтальном столе, соединены нитью, параллельной плоскости стола. На нити, прикрепленной к грузу m_2 и перекинутой через неподвижный блок, подвешен груз с массой $m_1=2$ кг. Определить: 1) ускорение системы грузов; 2) силы натяжения нити между первым и

вторым, вторым и третьим грузами. Коэффициент трения второго и третьего грузов о стол одинаков и равен 0,2.

Решение. Рассмотрим силы, действующие на каждое тело в отдельности и обозначим их на чертеже.

Запишем второй закон Ньютона для каждого тела в отдельности.

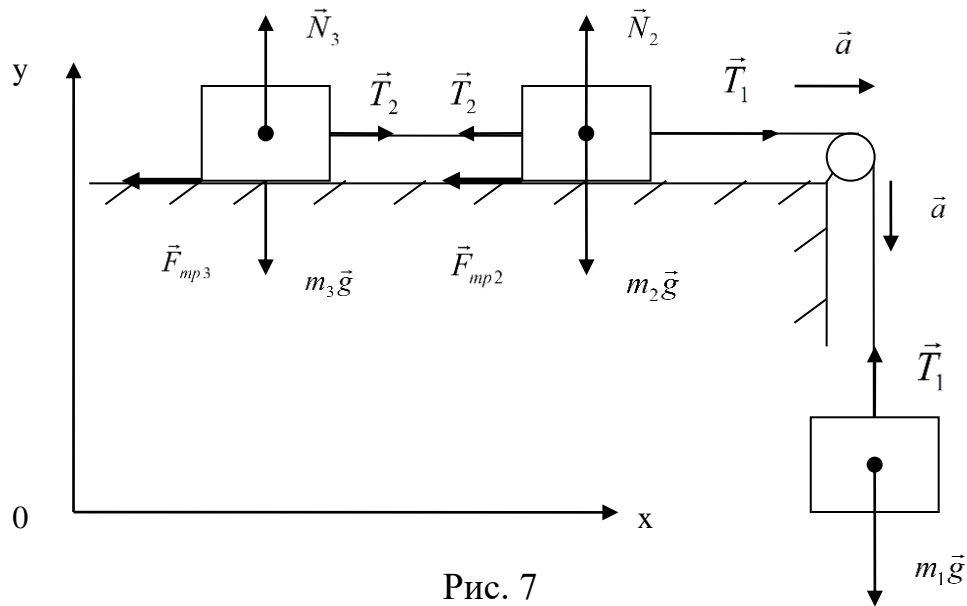


Рис. 7

На первое тело действуют сила тяжести $m_1 \cdot \vec{q}$ и сила натяжения нити \vec{T}_1 .

Равнодействующая этих сил сообщает телу ускорение \vec{a} :

$$m_1 \cdot \vec{q} + \vec{T}_1 = m_1 \cdot \vec{a} \quad (1)$$

На второе тело действуют сила тяжести $m_2 \cdot \vec{q}$, сила реакции стола \vec{N}_2 , сила трения \vec{F}_{mp2} , сила натяжения нити \vec{T}_1 и сила натяжения второй нити \vec{T}_2 .

Равнодействующая этих сил сообщает телу m_2 ускорение \vec{a} :

$$m_2 \cdot \vec{q} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp2} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = m_2 \cdot \vec{a} \quad (2)$$

На третье тело действуют также сила тяжести $m_3 \cdot \vec{q}$, сила реакции стола \vec{N}_3 , сила трения \vec{F}_{mp3} и сила натяжения нити \vec{T}_2 . Запишем второй закон Ньютона для тела m_3 :

$$m_3 \cdot \vec{q} + \vec{N}_3 + \vec{F}_{mp3} + \vec{T}_2 = m_3 \cdot \vec{a} \quad (3)$$

Перепишем каждое из полученных уравнений в скалярном виде, проектируя на направление движения:

$$\begin{cases} m_1 \cdot q - T_1 = m_1 \cdot a, (OY) \\ T_1 - T_2 - F_{mp2} = m_2 \cdot a, (OX) \\ T_2 - \vec{F}_{mp3} = m_3 \cdot a, (OX) \end{cases}$$

Решим данную систему уравнений, учитывая, что

$$F_{mp} = K \cdot N$$

По третьему закону Ньютона $\vec{N} = -\vec{P}$, т.е.

$$N = m \cdot q.$$

Следовательно,

$$F_{mp} = K \cdot m \cdot q.$$

Таким образом, имеем систему

$$\begin{cases} m_1 \cdot q - T_1 = m_1 \cdot a, \\ T_1 - T_2 - K \cdot m_2 \cdot q = m_2 \cdot a, \\ T_2 - K \cdot m_3 \cdot q = m_3 \cdot a, \end{cases}$$

решая которую получим:

$$a = \frac{q \cdot (m_1 - K \cdot m_2 - K \cdot m_3)}{m_1 + m_2 + m_3};$$

$$T_1 = m_1 \cdot (q - a);$$

$$T_2 = m_3 \cdot (a + K \cdot q).$$

Вычислим:

$$a = \frac{9,8 \cdot (2 - 0,2 \cdot 3 - 0,2 \cdot 2)}{2 + 3 + 2} = 1,4 \text{ м/с}^2,$$

$$T_1 = 2 \cdot (9,8 - 1,4) = 16,8 \text{ Н}, \quad T_2 = 2 \cdot (1,4 + 0,2 \cdot 9,8) = 6,72 \text{ Н}$$

Задачи для решения в аудитории

1. Тело массой 0,5 кг движется прямолинейно, причем зависимость пройденного пути от времени дается уравнением $S = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$, где $C = 5 \text{ м/с}^2$, $D = 1 \text{ м/с}^3$. Найти силу, действующую на тело в конце первой секунды движения.
2. Автомобиль весом в 10^4 Н останавливается при торможении за 5 с, пройдя при этом равнозамедленно расстояние 25 м. Найти: 1) начальную скорость автомобиля; 2) силу торможения.
3. К нити подвешен груз весом 9,8 Н. Найти натяжение нити, если нить с грузом: 1) поднимать с ускорением 5 м/с^2 ; 2) опускать с тем же ускорением.
4. К саням массой 350 кг приложена сила 500 Н. Определить коэффициент трения саней о лед, если сани движутся с ускорением $0,8 \text{ м/с}^2$.
5. Два груза ($m_1 = 500 \text{ г}$, $m_2 = 700 \text{ г}$) связаны невесомой нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. К грузу m_1 приложена горизонтально направленная сила 6 Н. Пренебрегая трением, определите: 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити.

6.

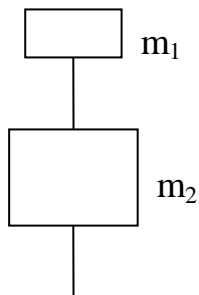


Рис. 8

Два груза, связанные нитью, движутся вниз с ускорением $2g$ (рис. 8). Во сколько раз сила натяжения нити, за которую тянут оба груза, больше силы натяжения нити, связывающей грузы. Масса нижнего груза в три раза больше массы верхнего.

7. К концам нити, перекинутой через блок, подвешены два тела массой 200 г и 150 г (рис. 9). Определить, за какое время тела пройдут расстояние 1 м.

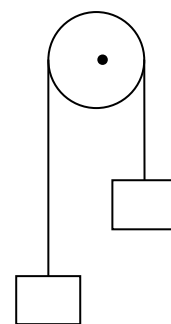


Рис. 9

8. Грузы одинаковой массы 0,5 кг соединены нитью и перекинуты через невесомый блок, укрепленный на конце стола (рис. 10). Коэффициент трения груза о стол 0,15. Определить ускорение грузов, силу натяжения нити.

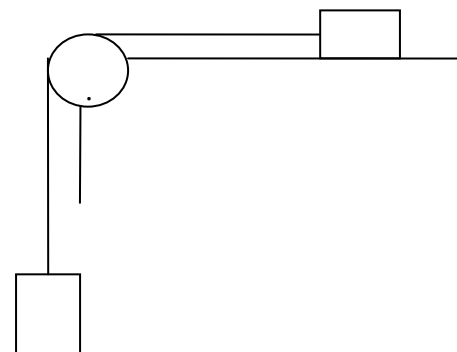


Рис. 10

9. Два груза массами 2 кг и 3 кг, лежащие на горизонтальном столе, соединены нитью, параллельной плоскости стола (рис. 11). На нити, прикрепленной ко второму грузу и перекинутой через неподвижный блок, подвешен груз массой 2 кг.

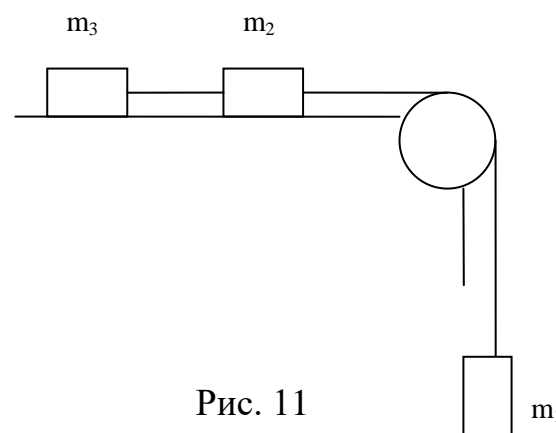


Рис. 11

Определить: 1) ускорение системы грузов; 2) силы натяжения нити между первым и вторым, вторым и третьим грузами. Коэффициент трения грузов о стол 0,2.

10. В установке (рис. 12) угол $\alpha=20^\circ$, массы тел $m_1=200$ г и $m_2=150$ г. Определить ускорение, с которым будут двигаться тела, если m_2 опускается. Трением пренебречь.

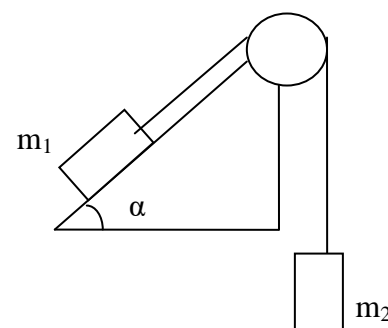


Рис. 12

11. В установке (рис. 13) углы α и β наклонных плоскостей с горизонтом соответственно равны 30° и 15° , массы тел $m_1=0,45$ кг и $m_2=0,5$ кг. Пренебрегая силами трения, определите: 1) ускорение, с которым движутся тела; 2) силу натяжения нити.

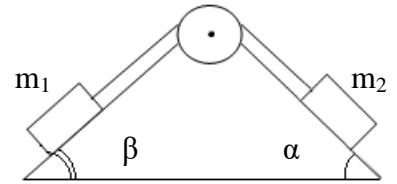


Рис. 13

Домашнее задание

1. Вес лифта с пассажирами равен 7,84 кН. Найти, с каким ускорением и в каком направлении движется лифт, если известно, что натяжение троса, поддерживающего лифт, равно: 1) 11,76 кН; 2) 5,88 кН.
2. Автомобиль массой 1800 кг, двигаясь из состояния покоя по горизонтальному пути, через 10 с от начала движения достигает скорости 30 м/с. Определить силу тяги двигателя. Сопротивлением движению пренебречь.

3.

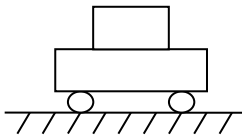


Рис. 14

По горизонтальной поверхности движется тележка с грузом (рис. 14). Масса груза 4 кг, масса тележки 2 кг. К тележке приложили силу тяги 50 Н. Сила трения тележки равна нулю, коэффициент трения скольжения груза по поверхности тележки 0,3. Определить ускорение тележки и груза.

4. Две гири с массами 2 кг и 1 кг соединены нитью и перекинуты через блок. Найти: 1) ускорение, с которым движутся гири; 2) натяжение нити. Трением пренебречь.

5.

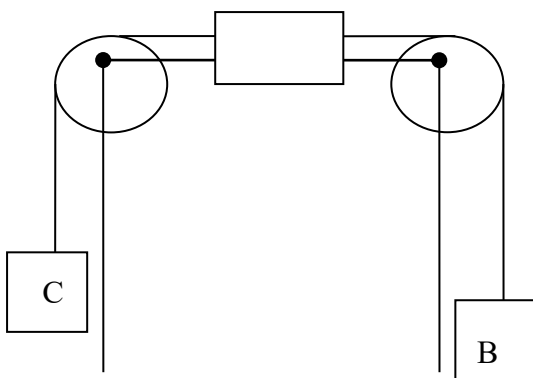


Рис. 15

Тело массой 2 кг находится на горизонтальном столе и соединено нитями посредством блоков 0,5 кг и 0,3 кг соответственно (рис 15). Пренебрегая трением, определить: 1) ускорение, с которым будут двигаться тела; 2) разность сил натяжения нитей.

6.

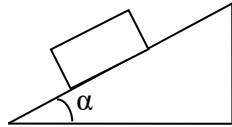


Рис. 16

На наклонную плоскость поместили кубик (рис 16). Коэффициент трения кубика о плоскость 0,5. Угол наклона плоскости 30° . Определить ускорение кубика.

Тема 3. Динамика вращательного движения твердого тела

Теоретический минимум

1. Кинематика вращательного движения. Связь между линейными и угловыми величинами.
2. Момент силы. Момент инерции. Момент импульса. Основной закон динамики вращательного движения.
3. Закон сохранения момента импульса.
4. Кинетическая энергия вращающегося тела. Кинетическая энергия вращающегося и движущегося поступательного тела.

Вопросы для самоконтроля

1. Материальная точка вращается вокруг вертикальной оси против часовой стрелки. Какое из указанных направлений определяет направление вектора угловой скорости?

- | | |
|------|------|
| a) 1 | b) 3 |
| c) 2 | d) 4 |

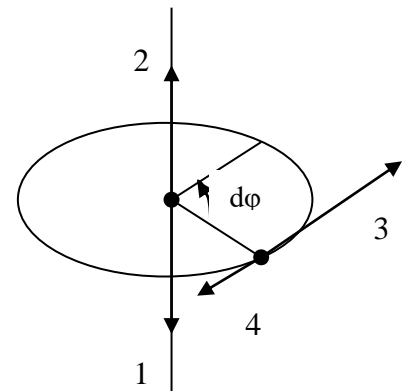


Рис. 17

2. Какое из представленных равенств определяет угловое ускорение

- | | | | |
|--|---|--|-----------------------------|
| a) $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$ | b) $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ | c) $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\varphi}}{d\varphi}$ | d) $a_\tau = \beta \cdot R$ |
|--|---|--|-----------------------------|

3. Величинами, характеризующими динамику вращательного движения являются

- a) масса и сила
- b) момент вращающей силы
- c) момент инерции
- d) момент импульса

4. Уравнение динамики вращательного движения относительно неподвижной оси описывается следующей формулой

a) $M = F \cdot R$ b) $M = I \cdot \beta$ c) $L = I \cdot W$ d) $M = \frac{dL}{dt}$

5. Момент силы относительно оси вращения – это

- a) векторное произведение силы на радиус-вектор точки её приложения
- b) скалярная величина, аналог силы в уравнении динамики вращательного движения
- c) производная от силы по времени
- d) сила, делённая на радиус вращения

6. Момент силы относительно точки определяется выражением

a) $M = [R; F]$ b) $M = J \cdot \beta$ c) $M = \frac{v^2}{R}$ d) $M = \beta \cdot R$

7. Аналогом массы в уравнении динамики вращательного движения является

- a) момент инерции
- b) момент вращения
- c) угловой момент
- d) момент движения

8. Момент инерции материальной точки относительно фиксированной оси вращения определяется следующим выражением

a) $J = \int R^2 dm$ b) $J = \int mR^2 dR$ c) $\frac{R}{m}$ d) $J = R^2 \cdot m$

9. Момент инерции абсолютно твёрдого тела относительно неподвижной оси вращения зависит от ... Указать все правильные ответы

- a) положения оси вращения
- b) углового ускорения
- c) распределения масс по объёму тела
- d) момента приложенной силы

10. Момент инерции твёрдого тела относительно фиксированной оси вращения равен

a) $J = \int R^2 dm$ b) $J = \int mR^2 dR$ c) $\frac{R}{m}$ d) $J = R^2 \cdot m$

11. Теорему Штейнера можно сформулировать следующим образом

- a) Момент силы, приложенной к телу, равен производной по времени из произведения момента инерции на угловое ускорение
- b) Момент инерции относительно произвольной оси равен сумме момента инерции относительно оси параллельной данной и проходящей через центр масс тела, и произведения массы тела на квадрат расстояния между осями
- c) Момент силы равен произведению силы на плечо силы
- d) Путём преобразования системы координат можно получить тензор момента инерции диагонального вида

12. Если тело участвует одновременно в поступательном и вращательном движении, то его кинетическая энергия равна

a) $E_k = \frac{m \cdot V^2}{2}$ b) $E_k = \frac{I \cdot W^2}{2}$ c) $E_k = \frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{I \cdot W^2}{2}$ d) $E_k = \frac{m \cdot V^2}{2} + \frac{I \cdot W^2}{2}$

13. Какое из представленных равенств определяет момент импульса материальной точки?

a) $\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}]$ b) $\vec{L} = m[\vec{r}, \vec{V}]$ c) $L = \sum_{i=1}^n m_i \cdot V_i \cdot R_i$ d) $L = I \cdot \omega$

14. Какое из представленных равенств определяет момент импульса твёрдого тела?

a) $\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}]$ b) $\vec{L} = m[\vec{r}, \vec{V}]$ c) $L = \sum_{i=1}^n m_i \cdot V_i \cdot R_i$ d) $L = I \cdot \omega$

15. Гироскоп – это

- a) прибор для определения скорости движущегося объекта
- b) массивное тело, движущееся с большой скоростью вокруг оси, относительно которой оно обладает максимальным моментом инерции

- с) прибор для определения ориентации движущегося объекта
- д) массивное тело, вращающееся с большой скоростью вокруг своей оси симметрии

16. Гироскопы используют для

- а) создания гирокомпасов
- б) измерения ускорений
- с) измерения скоростей
- д) измерения сил

Примеры решения задач

Пример 1. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10$ рад, $B = 20$ рад/с, $C = -2$ рад/с². Найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии 0,1 м от оси вращения, для момента времени $t = 4$ с.

Решение. Полное ускорение можно найти, зная его составляющие – тангенциальное и нормальное ускорение:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2};$$

$$a_t = \beta \cdot R, \quad a_n = \omega^2 \cdot R.$$

Таким образом,

$$a = \sqrt{\beta^2 \cdot R^2 + \omega^4 \cdot R^2} = R \cdot \sqrt{\beta^2 + \omega^4}.$$

Угловую скорость найдем как производную угла поворота по времени, а угловое ускорение – как производную угловой скорости по времени:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 2 \cdot C \cdot t; \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = 2 \cdot C.$$

В момент времени $t = 4$ с получим:

$$\omega = 20 + 2 \cdot (-2) \cdot 4 = 4 \text{ рад/с};$$

$$\beta = 2 \cdot (-2) = -4 \text{ рад/с}^2.$$

Тогда

$$a = 0,1 \cdot \sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1,65 \text{ м/с}^2.$$

Пример 2. Тонкий стержень массой 300 кг и длиной 50 см вращается с угловой скоростью 10 с^{-1} в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Продолжая вращаться в той же плоскости, стержень перемещается так, что ось вращения теперь проходит через конец стержня. Найти угловую скорость во втором случае.

Решение. Согласно закону сохранения момента импульса:

$$L = \text{const}; \quad (1)$$

$$L = I \cdot \omega, \quad I \cdot \omega = \text{const}, \quad (2)$$

то есть

$$I_1 \cdot \omega_1 = I_2 \cdot \omega_2. \quad (3)$$

Момент инерции стержня относительно оси, проходящей через центр масс и перпендикулярной стержню (первый случай), равен

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2. \quad (4)$$

По теореме Штейнера

$$I_2 = I_1 + m \cdot a^2, \quad (5)$$

где a - расстояние от центра масс до выраженной оси вращения.

Тогда

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2 + m \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot l\right)^2 = \frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2 \quad (6)$$

Пользуясь формулой (3), получим

$$\frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2 \cdot \omega_1 = \frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2 \cdot \omega_2,$$

откуда

$$\omega_2 = \frac{1}{4} \cdot \omega_1.$$

Вычислим

$$\omega_2 = \frac{1}{4} \cdot 10 = 2,5 \text{ с}^{-1}.$$

Задачи для решения в аудитории

1. Уравнение вращения твердого тела $\varphi = 3t^2 + t$. Определить угловую скорость и угловое ускорение через 10 с после начала движения.
2. Диск радиусом 10 см, находящийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением, равным 0,5 рад/с. Найти тангенциальное, нормальное и полное ускорение точек на окружности диска в конце второй секунды после начала движения.
3. Однородный стержень длиной 1 м и весом 4,9 Н вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если вращающий момент равен $9,8 \cdot 10^{-2}$ Н·м?
4. Однородный диск радиусом 0,2 м и весом 49 Н вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Зависимость угловой скорости вращения диска от времени дается уравнением $\omega = A + Bt$, где $A = 4$ рад/с, $B = 8$ рад/с². Найти величину касательной силы, приложенной к ободу диска.
5. К ободу однородного диска радиусом 0,2 м приложена постоянная касательная сила 98 Н. При вращении на диск действует момент сил трения 4,9 Н·м. Найти массу диска, если известно, что диск вращается с постоянным угловым ускорением 100 рад/с².
6. Диск массой 2 кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью 4 м/с. Найти кинетическую энергию диска.
7. * На сплошной цилиндрический вал радиусом 0,5 м намотан трос, к концу которого прикреплен груз массой 10 кг. Найти момент инерции вала и его массу, если известно, что груз опускается с ускорением 2,04 м/с².

Ответ: 76 кг.

Домашнее задание

1. Точка движется по окружности радиусом 2 см. Зависимость пути от времени дается уравнением $S=C \cdot t^3$, где $C=0,1 \text{ см/с}^3$. Найти нормальное и тангенциальное ускорение точки в момент, когда линейная скорость точки равна 0,3 м/с.
2. Маховик, момент инерции которого $63,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается с постоянной угловой скоростью 31,4 рад/с. Найти тормозящий момент, под действием которого маховик останавливается через 20 с.
3. Снаряд массой 20 кг имеет вид цилиндра радиусом 5 см. Снаряд летит со скоростью 300 м/с и вращается вокруг оси с частотой 200 с^{-1} . Вычислить кинетическую энергию снаряда.
4. Шар и полый цилиндр одинаковой массы катятся равномерно без скольжения по горизонтальной поверхности и обладают одинаковой кинетической энергией. Во сколько раз отличаются их линейные скорости?
5. * Барабан молотилки, вращаясь, совершает 1200 об/мин. При торможении он останавливается, сделав при этом 60 полных оборотов. Определить тормозящий момент, если момент инерции барабана $5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Ответ: 1045 Н·м.

Тема 4. Импульс. Работа. Энергия. Законы сохранения

Теоретический минимум

1. Импульс тела. Закон сохранения импульса.
2. Закон сохранения момента импульса.
3. Энергия. Работа постоянной и переменной силы.
4. Механическая энергия.
5. Закон сохранения и превращения механической энергии.

Вопросы для самоконтроля

1. Импульс тела – это
 - a) произведение массы тела на его скорость
 - b) произведение массы тела на квадрат его скорости, делённый на два
 - c) отношение силы, действующей на тело к его массе
 - d) кинетическая энергия движения тела
2. Механическая система называется замкнутой если
 - a) в ней действуют только внутренние силы
 - b) на её элементы не действуют никакие силы
 - c) на неё действуют только внешние силы
 - d) в ней действуют только внутренние консервативные силы
3. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса выполняются
 - a) независимо от скоростей движения и инерциальности системы отсчёта
 - b) только при нерелятивистских скоростях движения
 - c) только при нерелятивистских скоростях движения в инерциальных системах отсчёта
 - d) только в инерциальных системах отсчёта
4. Значение законов сохранения состоит в том, что Указать все правильные ответы.
 - a) они задают уравнения, решая которые можно описать движение тела
 - b) они ограничивают область допустимых значений динамических переменных
 - c) их использование позволяет облегчить решение некоторых задач
 - d) они позволяют найти, как изменяются координаты и скорости тел, не решая уравнений движения
5. Относительно консервативных сил можно утверждать, что Указать все правильные ответы.
 - a) они не зависят от координат тел, на которые действуют

- b) законы сохранения энергии, импульса и момента импульса выполняются только в случае действия в замкнутой системе консервативных сил
- c) они создают поле, каждой точке которого можно сопоставить потенциальную энергию тела
- d) они не зависят от скоростей движения тел, на которые они действуют

6. Кинетическая энергия частицы, представляемой материальной точкой, Указать все правильные ответы.

- a) равна произведению её массы на скорость
- b) сохраняет свою величину при столкновениях с другими частицами
- c) равна квадрату её импульса, делённому на удвоенную массу
- d) сохраняет своё значение при движении в поле консервативных сил

7. Относительно потенциальной энергии тела можно утверждать что Указать все правильные ответы.

- a) она равна силе, действующая на тело в данной точке пространства
- b) она не зависит от его координат
- c) её изменение, при перемещении из одной точки пространства в другую, равно работе консервативных сил, совершаемой над телом
- d) она не зависит от скорости его движения

8. Механическая энергия включает в себя Указать все правильные ответы.

- a) кинетическую энергию
- b) потенциальную энергию взаимодействия тел
- c) энергию упругой деформации
- d) энергию пластической деформации

9. Энергия деформации сжатой пружины определяется формулой

a) $E = \frac{k \cdot \Delta x^2}{2}$ b) $E = k \cdot \Delta x^2$ c) $E = mgh$ d) $E = \frac{m \cdot v^2}{2}$

10. Механическая работа, совершаемая при перемещении тела, в общем случае определяется как

- a) интеграл вдоль пути движения от скалярного произведения силы на элементарное перемещение тела
- b) произведение силы на величину пути, пройденного телом
- c) разность потенциальных энергий тела в начальной и конечной точках движения
- d) разность механических энергий тела в начальной и конечной точках движения

11. Относительно сохранения механической энергии справедливо следующее утверждение. Указать все правильные ответы.

- a) Механическая энергия замкнутой системы остаётся постоянной.
- b) Механическая энергия замкнутой консервативной системы остаётся постоянной.
- c) Механическая энергия тела остаётся постоянной при взаимодействиях.
- d) Механическая энергия тела не изменяется под действием консервативных сил.

12. Закон сохранения импульса можно сформулировать следующим образом

- a) Импульс замкнутой системы материальных тел остаётся постоянным
- b) Импульс замкнутой консервативной системы материальных тел остаётся постоянным
- c) Импульс консервативной системы материальных тел остаётся постоянным
- d) Импульс тела не изменяется при взаимодействии

13. В случае абсолютно упругого соударения двух тел Указать все правильные ответы.

- a) Сохраняются кинетическая и потенциальная энергии каждого тела
- b) Их механическая энергия может переходить в другие виды энергии
- c) Их механическая энергия не переходит в другие виды энергии
- d) Сохраняется кинетическая энергия каждого из взаимодействующих тел

14. В случае неупругого соударения двух тел Указать все правильные ответы.
- a) Сохраняется механическая энергия, и не сохраняется кинетическая энергия каждого тела
 - b) Сохраняется импульс каждого тела
 - c) Не сохраняется общий импульс взаимодействующих тел
 - d) Их механическая энергия тел частично переходит в другие виды энергии
 - e) Механическая энергия взаимодействующих тел полностью переходит в другие виды энергии
15. В общем случае при абсолютно неупругом соударении двух тел
- a) сохраняется механическая энергия, и не сохраняется кинетическая энергия каждого тела
 - b) их механическая энергия полностью переходит в другие виды энергии
 - c) не сохраняется их общий импульс
 - d) после взаимодействия они движутся как единое целое
16. Из представленных утверждений выберите закон сохранения импульса
- a) Момент импульса замкнутой консервативной системы остаётся постоянным
 - b) Момент импульса замкнутой системы остаётся постоянным
 - c) Момент импульса консервативной механической системы остаётся постоянным
 - d) Момент импульса инерциальной системы остаётся постоянным

Задачи для решения в аудитории

1. На рельсах стоит платформа весом $P_1=9800$ Н. На платформе закреплено орудие весом $P_2=4900$ Н, из которого производится выстрел вдоль рельсов. Вес снаряда $P_3=980$ Н, его начальная скорость относительно орудия $V_0=500$ м/с. Определить скорость платформы в первый момент после выстрела, если: 1) платформа двигалась со скоростью 18 км/ч, и выстрел был произведен в направлении и ее

движения; 2) платформа двигалась со скоростью 18 км/ч, и выстрел был произведен в направлении, противоположном направлению ее движения.

2. Три лодки массы M движутся друг за другом с одинаковыми скоростями V . Из средней лодки в крайние одновременно перебрасываются грузы массы m каждый со скоростью U относительно лодок. Какие скорости U_1, U_2, U_3 будут иметь лодки после перебрасывания грузов?
3. Человек, масса которого 70 кг, прыгает с неподвижной тележки со скоростью 7 м/с. Определить силу трения тележки о землю, если тележка после толчка остановилась после 5 с. Перед прыжком тележка была неподвижна.
4. Какую работу надо совершить, чтобы заставить движущееся тело массой 2 кг увеличить свою скорость от 2 м/с до 5 м/с?
5. Тело массой 5 кг падает с высоты 20 м. Определить сумму потенциальной и кинетической энергии тела в точке, находящейся на высоте 5 м от поверхности Земли. Сравните эту энергию с первоначальной энергией тела.
6. Камень брошен под углом 60° к горизонту со скоростью $V_0=15$ м/с. Вычислить кинетическую, потенциальную и полную энергию камня: 1) спустя 1 с после начала движения; 2) в высшей точке траектории. Масса камня 0,2 кг. Сопротивлением воздуха пренебречь.
7. К сжатой пружине длиной 5 м приставлены два шара массой 1 кг каждый. Пружина, распрямляясь, отбрасывает шары. С какой скоростью движутся шары, если в момент отделения их от пружины ее длина была 11 см, а коэффициент упругости пружины 800 Н/м?
8. Автомобиль на горизонтальном участке дороги развивает скорость 108 км/ч, мощность мотора 70 л. с. Определить тяговое усилие, считая его постоянным.
9. Диск массой 1 кг и диаметром 60 см вращается вокруг оси, проходящей через центр перпендикулярно его плоскости, делая 20 об/с. Какую работу надо совершить, чтобы остановить диск?

10. Горизонтальная платформа массой 25 кг и радиусом 0,8 м вращается с частотой 18 мин^{-1} . В центре стоит человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определите частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от $3,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ до $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Домашнее задание

1. Конькобежец, стоящий на льду, бросает в горизонтальном направлении камень 1 кг. Через 4 с камень падает, пролетев 20 м. С какой скоростью скользит при этом конькобежец, если его масса 75 кг? Трением пренебречь.
2. Два неупругих шара с массами 6 кг и 4 кг движутся со скоростями 8 м/с и 3 м/с соответственно вдоль одной прямой. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютно неупругого удара, если: 1) первый шар догоняет второй; 2) шары движутся навстречу друг другу?
3. Тело массой 5 кг поднимают с ускорением 2 м/с^2 . Определите работу силы в течение первых пяти секунд.
4. Определить потенциальную энергию растянутой на 10 см пружины, если известно, что под действием силы 30 Н пружина растягивается на 1 см.
5. Тело массой 5 кг ударяется о неподвижное тело массой 2,5 кг. Кинетическая энергия системы этих двух тел непосредственно после удара стала равна 5 Дж. Считая удар центральным и неупругим, найти кинетическую энергию первого тела до удара.
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 частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой.

Тема 5. Механические колебания. Волновой процесс

Теоретический минимум

1. Колебательный процесс. Гармонические колебания. Уравнение гармонических колебаний.
2. Скорость и ускорение гармонически колеблющейся точки. Энергия гармонических колебаний.
3. Свободные, затухающие и вынужденные колебания. Явление резонанса.
4. Сложение гармонических колебаний.
5. Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение волны.
6. Интерференция волн. Условия минимума и максимума интерференции.

Вопросы для самоконтроля

1. Процесс, при котором система, многократно отклоняясь от своего состояния равновесия, каждый раз вновь возвращается к нему, называется
 - a) гармоническим
 - b) волновым
 - c) колебательным
 - d) вынужденным
2. Промежуток времени, через который повторяются значения колеблющихся величины, называется
 - a) периодом
 - b) амплитудой
 - c) частотой
 - d) фазой
3. Колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса (косинуса), называется
 - a) механическим
 - b) электромагнитным
 - c) гармоническим
 - d) затухающим
4. Гармоническим колебаниям уделяют особое внимание потому, что Указать все правильные ответы.
 - a) процессы в природе часто близки к гармоническим
 - b) сумма и разность гармонических колебаний так же являются гармоническими колебаниями
 - c) любое незатухающее колебание является гармоническим
 - d) любые колебания можно рассматривать как суперпозицию гармонических

5. Фаза колебаний – это

- a) аргумент периодической функции, описывающей колебания
- b) текущий момент времени
- c) параметр колебательной системы
- d) определённый повторяющийся момент колебаний

6. Фаза колебания

- a) имеет размерность времени
- b) имеет размерность угла
- c) не имеет размерности
- d) имеет размерность длины

7. Математический маятник – это

- a) физическое тело, совершающее колебания под действием силы тяжести
- b) материальное тело, подвешенное на невесомой упругой нити
- c) груз, закреплённый на пружине
- d) материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити

8. Физический маятник – это

- a) материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити
- b) материальное тело, подвешенное на невесомой упругой нити
- c) груз, закреплённый на пружине
- d) физическое тело, совершающее колебания под действием силы тяжести

9. Колебания, совершающиеся за счет первоначальной сообщенной энергии при последующем отсутствии внешних воздействий на колебательную систему, называются

- a) свободными
- b) вынужденными
- c) гармоническими
- d) затухающими

10. Колебания с уменьшающейся амплитудой называется

- a) свободными
- b) вынужденными
- c) гармоническими
- d) затухающими

11. Колебания, происходящие под действием внешних сил, называют

- a) свободными
- b) вынужденными
- c) гармоническими
- d) затухающими

12. Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, когда частота вынужденных колебаний близка к частоте собственных колебаний системы, называется

- a) интерференцией b) сложением c) резонансом d) когерентностью

13. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см и периодом 2 с. Если смещение точки в момент времени, принятый за начальный, равно нулю, то точка колеблется в соответствии с уравнением

- a) $x = 0,04 \sin \pi t$ b) $x = 0,04 \cos \pi t$ c) $x = 0,04 \sin \pi 2t$ d) $x = 0,04 \cos \pi 2t$

14. На рис. 18 изображены зависимости от времени координаты и ускорения материальной точки, колеблющейся по гармоническому закону.

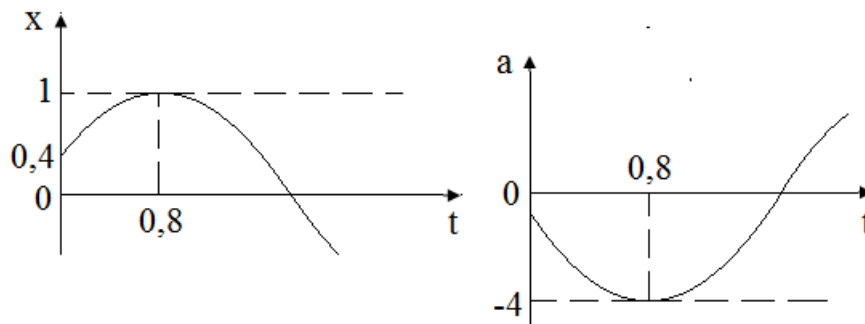


Рис. 18

Циклическая частота колебаний точки равна

- a) 2 с^{-1} b) 4 с^{-1} c) 1 с^{-1} d) 3 с^{-1}

15. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами и равными амплитудами A_0 . При разности фаз $\Delta\varphi = \frac{3 \cdot \pi}{2}$ амплитуда результирующего колебания равна

- a) 0 b) $2A_0$ c) $\frac{5}{2}A_0$ d) $A_0\sqrt{2}$

16. В случае волнового процесса

- a) происходит распространение колебаний в сплошной среде
b) частицы среды движутся вместе с волной

- c) частицы среды колеблются около своих положений равновесия
- d) происходит перенос энергии без переноса вещества

17. Переменными функции, описывающей распространение волны, являются

Указать все правильные ответы.

- a) время
- b) амплитуда
- c) частота
- d) координата
- e) длина волны
- f) период

18. Уравнение плоской волны имеет вид $x = 0,01\sin(10^3t - 2y)$. Тогда скорость распространения волны (в м/с) равна

- a) 2
- b) 500
- c) 1000
- d) 1500

19. По направлению колебаний различают следующие типы волн. Указать все правильные ответы.

- a) бегущие
- b) стоячие
- c) плоские
- d) сферические
- e) поперечные
- f) продольные

20. Продольные колебания происходят

- a) параллельно направлению распространения волны
- b) перпендикулярно направлению распространения волны
- c) в произвольном направлении по отношению к направлению распространения волны
- d) по поверхности постоянной фазы

21. Поперечные колебания происходят в направлении

- a) параллельном направлению распространения волны
- b) перпендикулярном волновой поверхности
- c) перпендикулярном поверхности постоянной фазы
- d) перпендикулярном направлению распространения волны

22. Звуковая волна – это

- a) направленное движение частиц среды
- b) процесс, происходящий с некоторой долей повторяемости

- с) повторяющееся согласованное движение частиц среды
- д) колебания частиц среды

23. Волновая поверхность – это

- а) передняя граница волны
- б) график волновой функции
- с) геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу
- д) плоскость, в которой происходят колебания частиц среды

24. Фронт волны – это

- а) геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу
- б) передняя волновая поверхность, наиболее удалённая от источника волны
- с) график волновой функции
- д) плоскость, в которой происходят колебания частиц среды

25. По характеру движения волновой поверхности различают следующие типы волн.

Указать все правильные ответы

- а) бегущие
- б) плоские
- с) сферические
- д) стоячие
- е) звуковые
- ф) поперечные
- г) продольные

26. Следующие типы волн могут распространяться только в материальной среде.

Указать все правильные ответы

- а) электромагнитные
- б) звуковые
- с) поперечные
- д) волны температуры

27. Для точки А оптическая разность хода лучей от двух когерентных источников

S_1 и S_2 равна 1,2 мкм. Если длина волны 600 нм, то в точке А будет наблюдаться

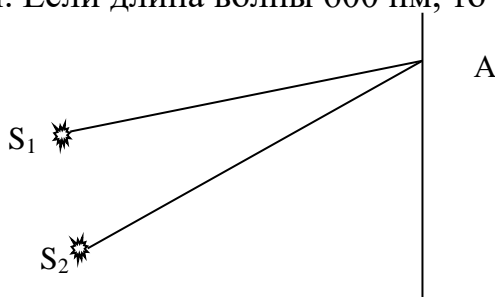


Рис. 19

- a) максимум интерференции, т.к. разность хода равна четному числу полуволен
- b) максимум интерференции, т.к. разность хода равна нечетному числу полуволен
- c) минимум интерференции, т.к. разность хода равна четному числу полуволен
- d) минимум интерференции, т.к. разность хода равна нечетному числу полуволен

28. При распространении волн наблюдаются следующие эффекты не характерные для потока классических материальных частиц Указать все правильные ответы

- a) отражение
- b) рассеяние
- c) преломление
- d) дифракция
- e) интерференция

Примеры решения задач

Пример 1. Складываются два колебания одинакового направления, выраженные уравнениями $x_1 = A_1 \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot (t + \tau_1)$, $x_2 = A_2 \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot (t + \tau_2)$, где $A_1=3$ см, $A_2=2$ см, $\tau_1 = \frac{1}{6}c$, $\tau_2 = \frac{1}{3}c$, $T=2$ с.

Построить векторную диаграмму сложения этих колебаний и составить уравнение результирующего колебания.

Решение: Построим векторную диаграмму для момента времени $t=0$.

Перепишем уравнения колебаний в виде $x_1 = A_1 \cdot \cos \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \tau_1 \right)$,
 $x_2 = A_2 \cdot \cos \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \tau_2 \right)$.

Отсюда видно, что складываемые колебания имеют одинаковую циклическую частоту:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}.$$

Начальные фазы колебаний соответственно равны

$$\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \tau_1; \varphi_2 = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \tau_2.$$

Вычислим:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{2} = 3,14c^{-1},$$

$$\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \frac{1}{6} = 30^\circ; \varphi_2 = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \frac{1}{3} = 60^\circ.$$

Изобразим векторы A_1 и A_2 . Для этого отложим отрезки длиной $A_1=3$ см, $A_2=2$ см под углами $\varphi_1=30^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$ к оси ox . Результирующее колебание будет происходить с той же частотой и амплитудой, определяемой соотношениями:

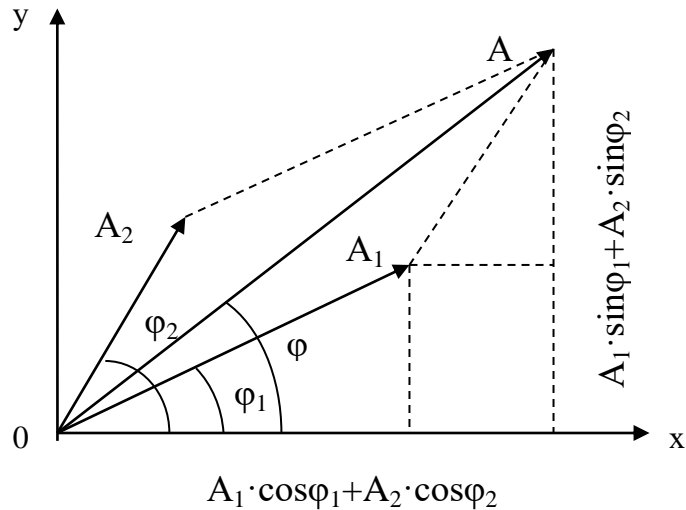


Рис. 20

$$\vec{A} = \vec{A}_1 + \vec{A}_2,$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

Из рисунка видно, что фаза результирующего колебания равна:

$$\varphi = \arctg \frac{A_1 \cdot \sin \varphi_1 + A_2 \cdot \sin \varphi_2}{A_1 \cdot \cos \varphi_1 + A_2 \cdot \cos \varphi_2}.$$

Вычислим:

$$A = \sqrt{0,03^2 + 0,02^2 + 2 \cdot 0,02 \cdot 0,03 \cdot \cos(60^\circ - 30^\circ)} = 0,05 \text{ м},$$

$$\varphi = \arctg \frac{0,03 \cdot \sin 30^\circ + 0,02 \cdot \sin 60^\circ}{0,03 \cdot \cos 30^\circ + 0,02 \cdot \cos 60^\circ} = \arctg 0,988 = 0,735 \text{ рад}.$$

Так как результирующее колебание является гармоническим и имеет ту же частоту, что и слагаемые колебания, то его уравнение:

$$x = 0,05 \cdot \cos(3,14 \cdot t + 0,735).$$

Пример 2. Колеблющиеся точки, находящиеся на одном луче, удалены от источника колебания на 6 и 8,7 м и колеблются с разностью фаз $\frac{3}{4} \cdot \pi$. Период колебаний источника 10^{-2} с. Чему равна длина и скорость распространения волны в данной среде? Составить уравнение волны.

Решение: Уравнение волны записывается в виде:

$$x = A \cdot \sin \omega \left(t - \frac{y}{V} \right) \quad (1)$$

или

$$x = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda} \right) \quad (2).$$

Разность фаз колеблющихся точек:

$$\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 2 \cdot \pi \frac{y_2 - y_1}{\lambda}.$$

Скорость распространения волны равна:

$$V = \frac{\lambda}{T}.$$

Вычислим:

$$\lambda = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (8,7 - 6)}{\frac{3}{4} \cdot 3,14} = 7,2 \text{ м},$$

$$V = \frac{7,2}{10^{-2}} = 720 \text{ м/с}.$$

Подставляя числовые значения в уравнение (2), запишем уравнение волны:

$$x = 0,5 \cdot \sin 2 \cdot \pi \left(10^2 \cdot t - \frac{y}{7,2} \right).$$

Задачи для решения в аудитории

1. Гармонические колебания величины S описываются уравнением $S = 0,02 \cos(6\pi + \frac{\pi}{3})$. Определить: 1) амплитуду колебаний; 2) циклическую частоту; 3) частоту колебаний; 4) период колебаний.
2. Составить уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой 0,1 м, периодом 6 с и начальной фазой, равной нулю.
3. Составить уравнение гармонического колебательного движения точки, совершающей колебания с амплитудой 9 см, если за 1 мин совершается 120 колебаний и начальная фаза колебаний равна 45° . Найти смещение материальной точки от положения равновесия при $t=0$ и при $t=2$ с.
4. Точка совершает гармонические колебания с периодом 6 с и с начальной фазой, равной нулю. Определить, за какое время, считая от начала движения, точка сместится от положения равновесия на половину амплитуды.
5. Уравнение движения точки в виде $x = \sin \frac{\pi}{6} t$. Найти моменты времени, в которые достигаются максимальные скорость и ускорение.
6. Определить максимальные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и циклической частотой $\omega = \frac{\pi}{2} \text{ с}^{-1}$.
7. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение равно 100 см/с^2 . Найти циклическую частоту

- колебаний, их период и амплитуду. Составить уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной нулю.
8. Колебания материальной точки массой 0,1 г происходят согласно уравнению $x = A \sin \omega t$, где $A = 5$ см, $\omega = 20$ с⁻¹. Определить максимальные значения возвращающей силы и кинетической энергии.
 9. Груз, подвешенный на спиральной пружине, колеблется по вертикали с амплитудой 8 см. Определить жесткость пружины, если известно, что максимальная кинетическая энергия груза составляет 0,8 Дж.
 10. Два одинаково направленных гармонических колебания одинакового периода с амплитудами 4 см и 8 см имеют разность фаз 45°. Определить амплитуду результирующего колебания.
 11. Разность фаз двух одинаково направленных гармонических колебаний одинакового периода 4 с и одинаковой амплитуды 5 см составляет $\pi/4$. Составить уравнение движения, получающегося в результате сложения этих колебаний, если начальная фаза одного из них равна нулю.
 12. Плоская звуковая волна имеет период равный 3 м/с, амплитуду 0,2 мм и длину волны 1,2 м. Для точек среды, удаленных от источника колебаний на расстояние 2 м, найти: 1) смещение в момент времени 7 с; 2) скорость и ускорение для того же момента времени. Начальную фазу принять равной нулю.
 13. Волна с периодом колебаний 1,2 с и амплитудой 2 см распространяется со скоростью 15 м/с. Определить смещение точки, находящейся на расстоянии 45 м от источника волн, в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло время 4 с?
 14. Две точки находятся на расстоянии 50 см друг от друга. Волна распространяется со скоростью 50 м/с вдоль прямой, соединяющей эти точки. Период колебаний равен 0,05 с. Найти разность фаз колебаний в этих точках.

15. Два когерентных источника посылают поперечные волны в одинаковых фазах. Периоды колебаний 0,2 с, скорость распространения в среде 800 м/с. Определить, при какой разности хода в случае наложения волн будет наблюдаться: 1) ослабление колебаний; 2) усиление колебаний.

16. * На пружине подвешен груз массой m . Период колебания системы 0,5 с. При добавлении одного груза массой Δm период колебания возрастает до 0,6 с. Определить удлинение пружины под действием дополнительного груза.

Ответ: 27,5 мм.

17. * Расстояние l_1 от точки А до точки С равно 12 м, а расстояние l_2 от точки В до точки С равно 15 м. Из точек А и В одновременно и в одинаковых фазах идут по направлению к точке С волны со скоростью 330 м/с и

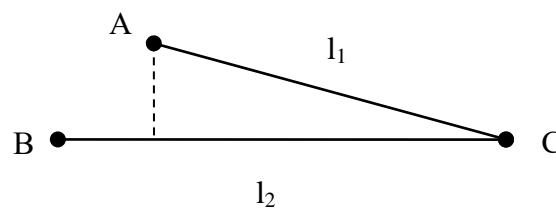


Рис. 21

частотой 550 Гц. Амплитуды волн равны $A_1=4$ см, $A_2=8$ см. Какова амплитуда А колебания в точке С?

Ответ: 12 см.

Домашнее задание

1. Через сколько времени от начала движения точка, совершая колебания по уравнению $x=7\sin 0,5\pi t$, проходит путь от положения равновесия до максимального смещения?
2. Частота колебаний струны 200 Гц, амплитуда колебаний $5 \cdot 10^{-3}$ м. Определить максимальную скорость струны.
3. Скорость материальной точки, совершающей гармонические колебания, задается уравнением $V(t)=-6\sin 2\pi t$. Найти зависимость этой точки от времени.
4. Материальная точка массой $m=20$ г совершает гармонические колебания по закону $x = 0,1 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$. Определить полную энергию этой точки.

5. Найти разность фаз колебаний двух точек, находящихся на расстоянии соответственно 10 м и 16 м от источника колебаний. Период колебаний 0,04 с, и скорость распространения 300 м/с.
6. Найти длину волн колебания, период которого 10^{-14} с. Скорость распространения колебаний $3 \cdot 10^8$ м/с.
7. Звуковые колебания с частотой 450 Гц и амплитудой 0,3 мм распространяются в упругой среде. Длина волны 80 см. Определить: 1) скорость распространения волн; 2) максимальную скорость частиц среды.

Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Тема 1. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов

Теоретический минимум

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
2. Идеальный газ. Его законы.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. Основное уравнение кинетической теории идеального газа. Энергия молекул.
5. Распределение молекул по скоростям Максвелла.
6. Число степеней свободы молекулы.
7. Внутренняя энергия идеального газа.

Вопросы для самоконтроля

1. Состояние системы, при котором все ее параметры имеют определенные значения, остающиеся при неизменных внешних условиях постоянными сколь угодно долго, называется

- a) исходным
- b) изолированным
- c) равновесным
- d) неравновесным

2. К основным положениям молекулярно-кинетической теории относятся следующие утверждения.

- a) Все тела состоят из молекул
- b) Молекулы представляются материальными точками, не взаимодействующими между собой
- c) Между молекулами тела действуют силы взаимного притяжения и отталкивания
- d) Молекулы постоянно хаотически движутся
- e) Молекулы оказывают давление на стенки сосуда
- f) Температура является мерой средней кинетической энергии движения молекул

3. Идею о молекулярном строении вещества одним из первых высказал

- a) М.В. Ломоносов
- b) Пифагор
- c) Демокрит
- d) Архимед

4. Косвенными свидетельствами молекулярного строения вещества являются

Указать все правильные ответы.

- a) диффузия
- b) упругие свойства твёрдого тела
- c) внутреннее трение
- d) броуновское движение

5. Следующие особенности делают практически неосуществимым полное механическое описание систем многих частиц. Указать все правильные ответы.

- a) Малые начальные отклонения механических характеристик оказывают большое влияние на конечное состояние системы.

- b) Значительные начальные отклонения механических характеристик оказывают малое влияние на конечное состояние системы.
- c) Законы механики неприменимы для полного описания систем многих частиц.
- d) Для полного механического описания систем многих частиц необходим слишком большой объём расчётов.

6. Статистический метод

- a) заключается в использовании малого числа параметров, описывающих систему многих частиц, и средних значений механических величин
- b) представляет собой аксиоматическую теорию, основанную на постулатах термодинамики
- c) основан на замене взаимодействующих молекул не взаимодействующими между собой материальными точками
- d) предполагает полное описание механических характеристик частиц системы

7. Особенность термодинамического подхода состоит в том, что он

- a) учитывает тепловое движение частиц вещества
- b) основан на представлениях о молекулярном строении вещества
- c) основан на статистических методах рассмотрения систем многих частиц
- d) не связан с представлениями о молекулярной структуре вещества

8. Единицей измерения количества вещества является

- a) килограмм
- b) масса
- c) молекула
- d) моль

9. Единица количества вещества

- a) содержит столько же молекул как 12 г изотопа ^{12}C
- b) весит столько же, как и один моль молекул водорода
- c) весит столько же, как и один моль изотопа ^{12}C
- d) содержит столько же молекул, как и один грамм молекул водорода

10. Молярная масса – это

- a) количество вещества, содержащегося в одном моле
- b) количество вещества, содержащегося в одном килограмме
- c) количество молей вещества, содержащихся в одном килограмме
- d) масса одного моля вещества

11. Число Авогадро

- a) равно числу частиц в одном моле вещества
- b) это коэффициент пропорциональности в уравнении состояния идеальных газов
- c) это коэффициент пропорциональности между средней кинетической энергией молекулы и температурой идеального газа
- d) равно одной двенадцатой части массы изотопа углерода ^{12}C

12. Изолированной называется система

- a) элементы которой не взаимодействуют друг с другом и внешними телами
- b) имеющая границу, отделяющую её от внешней среды
- c) имеющая ограниченный объём
- d) не взаимодействующая с внешними телами

13. Термодинамическими параметрами Указать все правильные ответы.

- a) называются экспериментально измеримые физические величины, задающие состояние системы
- b) является совокупность координат и импульсов частиц системы
- c) называются характеристики системы, которые могут меняться в результате внешних воздействий и внутренних процессов
- d) являются количество тепла и работа

14. Уравнение состояния

- a) показывает, как изменяются термодинамические параметры системы со временем

- b) устанавливает взаимосвязь между микро- и макроскопическими параметрами термодинамической системы
- c) показывает, как зависит состояние системы от внешних воздействий
- d) устанавливает взаимосвязь между термодинамическими параметрами

15. Модель идеального газа заключается в том что Указать все правильные ответы.

- a) размеры молекул малы по сравнению с межмолекулярным расстоянием
- b) движением молекул можно пренебречь
- c) взаимодействием молекул можно пренебречь
- d) молекулы представляются твёрдыми шариками, двигающимися хаотически и испытывающими абсолютно упругие столкновения

16. Поведение реального газа приближается к поведению идеального газа

- a) в пределе высоких давлений и высоких температур
- b) в пределе низких давлений и низких температур
- c) ниже критической температуры
- d) в пределе низких давлений и высоких температур

17. Уравнением состояния идеального газа являются

- a) $F(p, V, T) = 0$
- b) $\frac{p \cdot V}{T} = const$
- c) $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$
- d) $p = n \cdot k \cdot T$

18. Круговой процесс – это такой

- a) произвольный процесс, в котором начальное и конечное состояния системы совпадают
- b) процесс, который допускает возвращение системы в первоначальное состояние без того, чтобы в окружающей среде остались какие-либо изменения
- c) равновесный процесс, в котором начальное и конечное состояния системы совпадают

d) процесс, который может быть проведён в обратном направлении и при этом в окружающей среде не останется каких-либо изменений

19. Температура – это

- a) термодинамический параметр состояния системы
- b) характеристика энергии взаимодействия молекул
- c) мера теплоты, которой обладает тело
- d) мера внутренней энергии тела

20. Два одинаковых тела находятся одновременно в термодинамическом равновесии с третьим телом, температура которого составляет 20°C . После того как эти тела приводятся в тепловой контакт друг с другом и изолируются от других тел, их равновесные температуры становятся равными

- a) 0°C и 40°C
- b) 10°C
- c) 40°C
- d) 20°C

21. Давление – это

- a) средняя сила, с которой молекулы газа действуют на поверхность единичной площади
- b) мера средней кинетической энергии движения молекул
- c) средняя сила, с которой молекулы газа взаимодействуют между собой
- d) внешний термодинамический параметр, определяющий состояние системы

22. На рис. 22 изображен график изменения состояния идеального газа в координатах V, T . Как будут выглядеть эти процессы на графике в координатах p, T ?

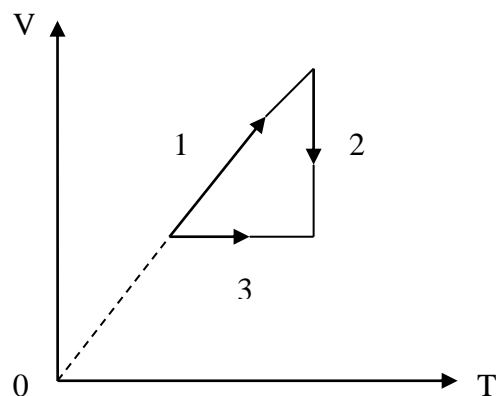


Рис. 22

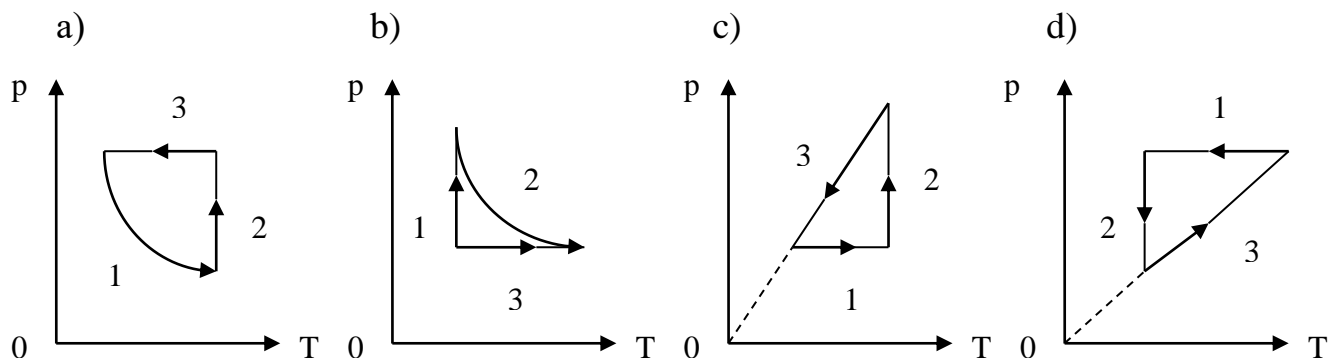


Рис. 23

23. Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеальных газов

$$\text{a) } p = \frac{2}{3} \cdot n_0 \langle E_k \rangle$$

$$\text{c) } f(v) = \frac{dN}{N \cdot dv}$$

$$\text{b) } \langle E_k \rangle = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$$

$$\text{d) } T = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{k} \langle E_k \rangle$$

24. На рис. 24 представлен график функции распределения молекул идеального газа по скоростям (распределения Максвелла). Для этой функции верным является утверждение

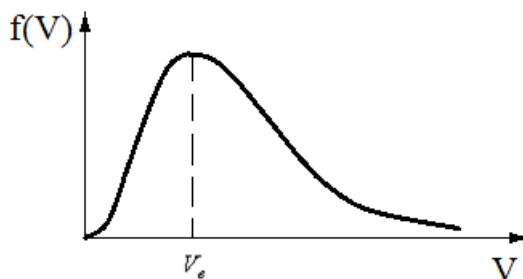


Рис. 24

- a) с ростом температуры величина максимума растет
- b) с ростом температуры максимум кривой смещается вправо
- c) с ростом температуры площадь под кривой растет
- d) площадь под всей кривой равна единице

25. Число степеней свободы молекулы

- a) совпадает с числом независимых координат, необходимых для задания положения атомов молекулы в пространстве
- b) равно числу независимых координат, которые необходимо ввести, чтобы задать положение в пространстве молекулы как целого
- c) для одноатомных – 3, для двухатомных – 5, для многоатомных – 7.
- d) равно числу атомов в молекуле умноженному на три минус число связей между атомами

26. Средняя кинетическая энергия молекул газа зависит от

- a) температуры
- b) давления
- c) концентрации
- d) числа степеней свободы

27. Средняя кинетическая энергия молекул азота равна

- a) $\frac{5}{2} \cdot k \cdot T$
- b) $\frac{1}{2} \cdot k \cdot T$
- c) $\frac{3}{2} \cdot k \cdot T$
- d) $\frac{7}{2} \cdot k \cdot T$

28. Внутренняя энергия газа Указать все правильные ответы.

- a) является суммой энергий всех его молекул
- b) является суммой кинетических энергий всех его молекул
- c) равна работе, которую может совершить газ при бесконечном расширении
- d) равна количеству теплоты, которое надо отнять у газа, чтобы охладить его до температуры абсолютного нуля

29. У идеального газа равна нулю

- a) энергия взаимодействия молекул
- b) энергия связи молекул
- c) кинетическая энергия движения молекул
- d) внутренняя энергия движения молекул

30. Определенное количество газа переведем из состояния (p_0, V_0) в состояние $(2p_0, V_0)$. При этом его внутренняя энергия

- a) уменьшилась
- b) увеличилась

- с) не изменилась d) нельзя дать ответ

31. Теплоёмкость

- a) равна отношению изменения температуры системы к количеству тепла, вызвавшего это изменение температуры
b) это количество тепла, которое надо отнять у системы, чтобы охладить её до температуры абсолютного нуля
c) показывает, какое количество тепла надо подвести к системе, чтобы изменить её температуру на один градус
d) это количество тепла, которое можно подвести к системе в изотермическом процессе

32. Удельная теплоёмкость – это

- a) теплоёмкость одного моля вещества
b) теплоёмкость всей системы
c) средняя теплоёмкость вещества, из которого состоит система
d) теплоёмкость единицы массы вещества

33. Молярная теплоёмкость – это

- a) теплоёмкость единицы массы вещества
b) теплоёмкость всей системы
c) средняя теплоёмкость вещества, из которого состоит система

34. Молярная теплоемкость водорода при постоянном давлении равна

- a) $41,5 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ c) $4 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$
b) $400 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ d) нет правильного ответа

35. Для теплоемкостей при постоянном объеме и постоянном давлении справедливо соотношение

- a) $C_p > C_v$ c) $C_p = C_v$
b) $C_p < C_v$ d) $C_p \leq C_v$

Примеры решения задач

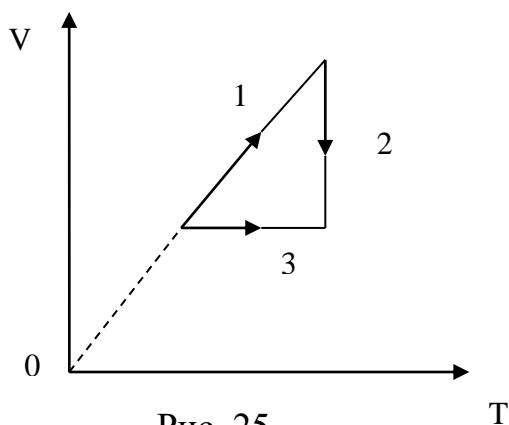


Рис. 25

- 1 – изобарический;
- 2 – изотермический;
- 3 – изохорический.

Пример 1. На рис. 25 изображен график изменения состояния идеального газа в координатах V, T. Представьте эти процессы на графике в координатах p, V. Назовите эти процессы.

Решение:

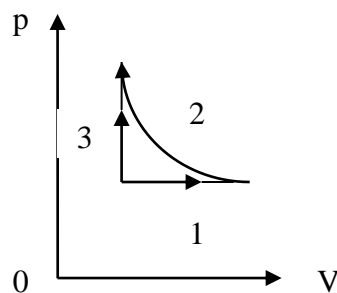


Рис. 26

Пример 2. Баллон содержит 80 г кислорода и 320 г аргона. Давление смеси 1 МПа, температура 300 К. Принимая данные газы за идеальные, определить объем баллона.

Решение: Согласно закону Дальтона:

$$p = p_1 + p_2$$

Парциальные давления p_1 и p_2 получим, пользуясь уравнением Менделеева – Клапейрона:

$$p_1 = \frac{m_1 \cdot R \cdot T}{M_1 \cdot V}, \quad p_2 = \frac{m_2 \cdot R \cdot T}{M_2 \cdot V}$$

Тогда

$$p = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \cdot \frac{R \cdot T}{V},$$

откуда объем баллона

$$V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \cdot \frac{R \cdot T}{p}$$

Вычислим:

$$M_1 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}, M_2 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль};$$

$$V = \left(\frac{0,08}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,32}{40 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \frac{8,31 \cdot 300}{10^6} = 0,0262 \text{ м}^3 = 26,2 \text{ л}$$

Задачи для решения в аудитории

1. Определите число атомов в 1 кг водорода и массу одного атома водорода.
2. В сосуде вместимостью 1 л находится кислород массой 1 г. Определите концентрацию молекул кислорода в сосуде.
3. Определите количество вещества и число молекул одноатомного газа, содержащегося в колбе вместимостью 240 см³ при температуре 17 °С и давлении 50 кПа.
4. Азот массой 7 г находится под давлением 0,1 МПа и температуре 290 К. Вследствие изобарного нагревания азот занял объем 10 л. Определите: 1) объем до расширения; 2) температуру после расширения.
5. В закрытом сосуде вместимостью 20 л находится водород массой 6 г и азот массой 12 г. Определите: 1) давление; 2) молярную массу газовой смеси в сосуде, если температура смеси 300 К.
6. В сосуде емкостью 8,3 л находится воздух при нормальном давлении и температуре 300 К. В сосуд вводят 3,6 г воды и закрывают крышкой. Определить давление в сосуде при 400 К, если вся вода при этой температуре превращается в пар.

7. В сосуде вместимостью 0,3 л при температуре 290 К находится некоторый газ. На сколько понизится давление газа в сосуде, если из него из-за утечки выйдет 10^{19} молекул?
8. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа при нормальных условиях равна 480 м/с. Сколько молекул содержит 1 г этого газа?
9. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекулы водорода равна 2,5 см при температуре 68 °С? Диаметр молекулы водорода принять равным $2,3 \cdot 10^{-10}$ м.
10. Найти плотность азота, если молекула за 1 с испытывает $2,05 \cdot 10^8$ с⁻¹ столкновений при температуре 280 К.
11. Определить коэффициент внутреннего трения для водорода, имеющего температуру 27 °С.
12. Определить коэффициент диффузии азота, находящегося при температуре 300 К под давлением 10^5 Па.
13. Вычислить массу льда, образующегося в течение часа в бассейне, площадь которого 10 м². Толщина льда 15 см, температура воздуха -10 °С, коэффициент теплопроводности льда 2,1 Вт/(м·К).
14. Определите среднее значение полной кинетической энергии одной молекулы кислорода при температуре 400 К.
15. Определите среднюю энергию поступательного движения молекул водяного пара массой 18 г при температуре 16 °С.
16. Определите энергию вращательного движения молекулы кислорода при температуре -173 °С.
17. Определите полную кинетическую энергию молекул, содержащихся в 1 кмоль азота, при температуре 7 °С.
18. Определите наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет $0,35$ кг/м³.

19. * Определите длину ребра кубического сосуда, содержащего 10^7 молекул идеального газа при нормальных условиях.

Ответ: $7,2 \cdot 10^{-7}$ м.

20. * При какой температуре средняя кинетическая энергия теплового движения молекулы кислорода будет достаточна для того, чтобы молекула кислорода, содержащегося в лунной поре, преодолела лунное тяготение и навсегда покинула пределы Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны $1,61 \text{ м/с}^2$, радиус $1,74 \cdot 10^6$ м.

Ответ: $2,16 \cdot 10^3$ К.

Домашнее задание

1. Определите плотность смеси газов водорода массой 8 г и кислорода массой 64 г при температуре 290 К и давлении 0,1 МПа.
2. В сосуде вместимостью 5 л при нормальных условиях находится азот. Определите: 1) количество вещества; 2) массу азота; 3) концентрацию его молекул в сосуде.
3. В цилиндре двигателя внутреннего сгорания давление в конце сжатия равно 1,1 МПа, а температура составляет 350 °С. Каким станет давление после сгорания газовой смеси, если температура при этом достигнет 2000 °С, а объем останется неизменным?
4. Определить среднюю длину свободного пробега молекулы и число соударений за 1 с, происходящих между всеми молекулами кислорода, находящегося в сосуде ёмкостью 2 л при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.
5. Определить кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы аммиака при 100°С, а также полную кинетическую энергию молекул, содержащихся в одном моле аммиака при той же температуре.

6. Вычислить энергию вращательного и поступательного движений молекул, содержащихся в 1 кг кислорода при 7°C .
7. Сколько степеней свободы имеет молекула, обладающая кинетической энергией $9,7 \cdot 10^{-21}$ Дж при 7°C ?
8. Найти отношение средних квадратичных скоростей молекул гелия и азота при одинаковых температурах.
9. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна 450 м/с. Давление газа равно $0,5 \cdot 10^5$ Н/м². Найти плотность газа при этих условиях.

Тема 2. Основы термодинамики

Теоретический минимум

1. Первое начало термодинамики. Его применение к изопроцессам.
2. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкость. Молярные теплоемкости C_p и C_v . Уравнение Майера.
3. Адиабатический процесс. Первое начало термодинамики для него. Закон Пуассона.
4. Второе начало термодинамики.
5. Цикл Карно. КПД тепловой машины.
6. Энтропия.

Вопросы для самоконтроля

1. Первое начало термодинамики можно сформулировать следующим образом
 - а) Невозможен самопроизвольный переход тепла от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой
 - б) Количество тепла, сообщённое системе, идёт на приращение внутренней энергии системы и совершение системой работы над внешними телами
 - в) Никакая машина, не может совершить работу большую, чем полученная извне теплота

d) Вечный двигатель первого рода невозможен

2. Уравнение, выражающее первое начало термодинамики выглядит следующим образом

a) $Q = \Delta U + A$

c) $dQ = TdS$

b) $\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$

d) $S = k \ln \Omega$

3. Первое начало термодинамики

a) устанавливает эквивалентность теплоты и работы как двух видов передачи энергии в термодинамических процессах

b) выражает закон сохранения энергии в изолированной системе

c) констатирует неэквивалентность различных видов энергии и постулирует направление протекания тепловых процессов

d) выражает закон сохранения энергии применительно к тепловым процессам

4. Особенности работы и теплоты как двух форм передачи энергии в термодинамическом процессе заключаются в том, что Указать все правильные ответы.

a) теплота описывает макроскопический процесс обмена механической энергией между системой и внешней средой, а работа описывает микроскопический процесс обмена энергией, протекающий при непосредственном соударении молекул

b) работа описывает макроскопический процесс обмена механической энергией между системой и внешней средой, а теплота описывает микроскопический процесс обмена энергией, протекающий при непосредственном соударении молекул

c) в круговом процессе полный поток тепла и работа могут быть положительными, отрицательными и нулевыми

d) в круговом процессе полный поток тепла и работа должны быть нулевыми

- e) в круговом процессе работа может быть положительной, отрицательной и нулевой, а полный поток тепла должен быть нулевым
- f) в круговом процессе полный поток тепла может быть положительным, отрицательным и нулевым, а работа должна быть нулевой

5. Работа, совершаемая при изменении объема газа, определяется формулой

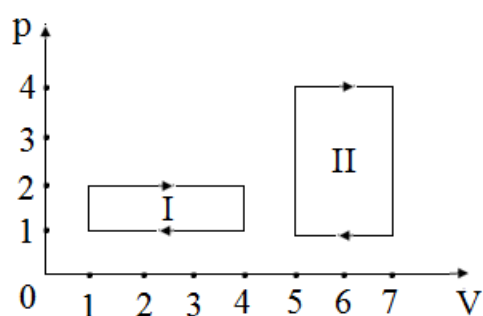
a)
$$A = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV$$

b)
$$A = R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}, \text{ при } T = \text{const}$$

c)
$$A = p \cdot (V_2 - V_1), \text{ при } p = \text{const}$$

d) нет правильного ответа

6. На рис. 27 изображены два циклических процесса. Отношение работ,



совершенных в каждом цикле, $\frac{A_I}{A_{II}}$ равно

- a) 2 c) 1
- b) $\frac{1}{2}$ d) -2

Рис. 27

7. Адиабатический процесс протекает в ... термодинамической системе.

- a) произвольной
- b) изолированной
- c) теплоизолированной
- d) термостатированной

8. Объем паров углекислого газа при адиабатном сжатии уменьшился в два раза. Как изменилось давление?

- a) уменьшилось в 2 раза

- b) увеличилось в 2 раза
- c) увеличилось в 4 раза
- d) уменьшилось в 4 раза

9. Обратимым называют процесс

- a) изменения состояния системы за время большее времени релаксации
- b) в котором количество тепла, сообщённое системе, идёт на приращение внутренней энергии системы и совершение системой работы над внешними телами
- c) при котором термодинамическая система циклически возвращается в исходное состояние
- d) допускающий возможность возвращения системы в первоначальное состояние без того, чтобы в окружающей среде остались какие-либо изменения

10. Обратимый и равновесный процессы соотносятся между собой следующим образом

- a) всякий обратимый процесс является равновесным
- b) обратимым может быть лишь равновесный процесс
- c) всякий равновесный процесс обратим
- d) равновесным может быть лишь обратимый процесс

11. Смысл второго начала термодинамики заключается в том, что оно

- a) выражает закон сохранения энергии применительно к тепловым процессам
- b) постулирует направление протекания тепловых процессов
- c) устанавливает эквивалентность теплоты и работы как двух видов передачи энергии в термодинамических процессах
- d) выражает закон сохранения энергии в изолированной системе

12. Формулировка Клаузиуса второго начала термодинамики заключается в следующем

- a) Теплота не может самопроизвольно переходить от тела более нагретого к менее нагретому
- b) Количество тепла, сообщённое системе, идёт на приращение внутренней энергии системы и совершение системой работы над внешними телами
- c) Любая термодинамическая изолированная система со временем приходит в состояние равновесия, характеризуемое некоторой температурой
- d) Теплота не может самопроизвольно переходить от тела менее нагретого к более нагретому

13. Формулировка Томсона второго начала термодинамики заключается в следующем

- a) Теплота не может самопроизвольно переходить от тела более нагретого к менее нагретому
- b) Количество тепла, сообщённое системе, идёт на приращение внутренней энергии системы и совершение системой работы над внешними телами
- c) Невозможен самопроизвольный переход тепла от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой
- d) Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы совершение работы за счёт охлаждения теплового резервуара

14. Вечный двигатель второго рода отличается от вечного двигателя первого рода тем, что он позволил бы совершать работу

- a) только за счёт охлаждения теплового резервуара
- b) без потребления энергии из внешних источников
- c) без изменений во внешней среде
- d) при передаче тепла от тела более нагретого к более холодному

15. Тепловой двигатель имеет следующие отличительные особенности. Указать все правильные ответы.

- a) В нём осуществляется обратимый термодинамический процесс

- b) Он позволяет переносить теплоту от тела менее нагретого к более нагретому за счёт работы внешних сил
- c) Он позволяет совершать работу за счёт теплоты, полученной от внешнего источника
- d) В нём осуществляется циклический термодинамический процесс
- e) В процессе его работы тепло передаётся в окружающую среду

16. При рассмотрении теплового двигателя как термодинамической системы, выделяют следующие его элементы. Указать все правильные ответы.

- a) нагреватель
- b) топливо
- c) рабочее тело
- d) холодильник

17. В вечном двигателе второго рода упускается из вида необходимость использования ... для получения работы за счёт тепловой энергии.

- a) рабочего тела
- b) нагревателя
- c) холодильника
- d) топлива

18. Цикл Карно состоит из двух

- a) изотерм и двух изобар
- b) изохор и двух изобар
- c) изотерм и двух адиабат
- d) изохор и двух адиабат

19. Коэффициент полезного действия тепловой машины, работающей по циклу Карно

- a) всегда больше, чем КПД любого другого цикла с теми же температурами нагревателя и холодильника
- b) зависит только от свойств рабочего тела и не зависит от температур нагревателя и холодильника
- c) зависит от свойств рабочего тела и разности температур нагревателя и холодильника

d) не зависит от свойств рабочего тела и температур нагревателя и холодильника

20. Вторую теорему Карно можно сформулировать следующим образом

a) КПД любого цикла не может быть больше, чем КПД цикла Карно с теми же температурами нагревателя и холодильника

b) Коэффициент полезного действия тепловой машины, работающей по циклу Карно, зависит только от температур нагревателя и холодильника

c) Коэффициент полезного действия тепловой машины, работающей по циклу Карно, зависит только от свойств рабочего тела и не зависит от температур нагревателя и холодильника

d) Любой циклический процесс можно рассматривать как совокупность циклов Карно

21. Выражение для КПД цикла Карно выглядит следующим образом

a) $\eta = 1 - \frac{T_{\max}}{T_{\min}}$

c) $\eta = \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$

b) $\eta = 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$

d) $\eta = \frac{T_{\max}}{T_{\min}} - 1$

22. На рис. 28 изображен цикл Карно. Теплота подводится к системе на участке

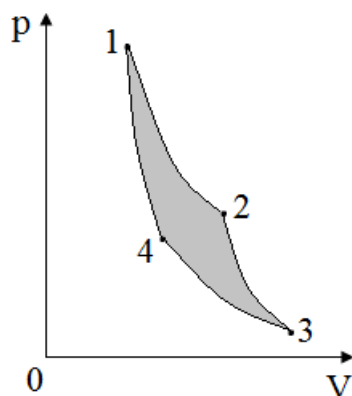


Рис. 28

a) 1-2

b) 2-3

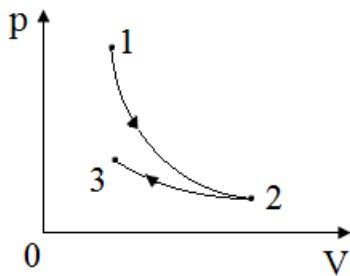
c) 3-4

d) 4-1

23. Тепловая машина работает по циклу Карно. Если температуру нагревателя увеличить, то КПД цикла

- a) не изменится
- b) увеличится
- c) уменьшится

24. На рис. 29 изображены две кривые изотерма и адиабата. Участок 1-2 соответствует



- a) изотермическому сжатию
- b) изотермическому расширению
- c) адиабатическому расширению
- d) адиабатическому сжатию

Рис. 29

25. Энтропия – это функция состояния

- a) элементарное приращение которой складывается из сообщённого системе элементарного количества тепла и совершённой над ней работы: $\delta S = \delta Q + \delta A$
- b) элементарное приращение которой равно отношению элементарного количества тепла к вызванному им приращению температуры: $\delta S = \delta Q / dT$
- c) дифференциал которой равен произведению элементарного теплового эффекта в равновесном процессе и температуры: $dS = \delta Q T$
- d) дифференциал которой связан с элементарным тепловым эффектом в обратимом процессе соотношением: $\delta Q = T dS$

26. При приближении к абсолютному нулю температуры энтропия системы в состоянии равновесия

- a) становится неопределённой
- b) стремится к максимуму
- c) стремится к нулю

d) стремится к бесконечности

27. Энтропия связана со статистическим весом термодинамического состояния системы следующим соотношением

a) $S = \exp \Omega$ c) $S = \frac{1}{\exp \Omega}$

b) $S = \frac{k}{\exp \Omega}$ d) $S = k \ln \Omega$

28. При протекании необратимых процессов энтропия изолированной термодинамической системы

- a) убывает
- b) остаётся постоянной
- c) становится неопределённой
- d) возрастает

29. При достижении равновесного состояния энтропия термодинамической системы становится

- a) равной нулю
- b) равной единице
- c) максимальной
- d) минимальной

30. При протекании обратимых процессов энтропия изолированной термодинамической системы

- a) остаётся постоянной
- b) возрастает
- c) убывает
- d) может возрастать или убывать в зависимости от вида процесса

Примеры решения задач

Пример. В цилиндре под поршнем находится водород массой 0,02 кг при температуре 300 К. Водород сначала расширился адиабатно, увеличив свой объем в 5 раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в 5 раз. Найти температуру в конце адиабатного расширения и работу, совершенную газом при этих процессах. Изобразить процесс графически.

Решение: Температуры и объемы газа, совершающего адиабатный процесс, связаны между собой законом Пуассона:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

Отсюда

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

Работа газа при адиабатном расширении может быть определена по формуле:

$$A_1 = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot (T_1 - T_2)$$

Работа газа при изотермическом процессе может быть выражена в виде:

$$A_2 = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_2 \cdot \ln \frac{V_3}{V_2}$$

Произведем вычисления. Водород двухатомный газ, поэтому для него $i=5$.

Откуда

$$\gamma = \frac{i+2}{i} = 1,4$$

$$T_2 = \frac{300}{5^{1,4-1}} = \frac{300}{5^{0,4}} = \frac{300}{1,91} = 157K$$

$$A_1 = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 8,31}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2} \cdot (300 - 157) = 29,8 \text{кДж}$$

$$A_2 = \frac{0,02}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 157 \cdot \ln \frac{1}{5} = -21 \text{ кДж}$$

Знак “ – ” показывает, что при сжатии работа газа совершается внешними силами. График процесса приведен на рис. 30.

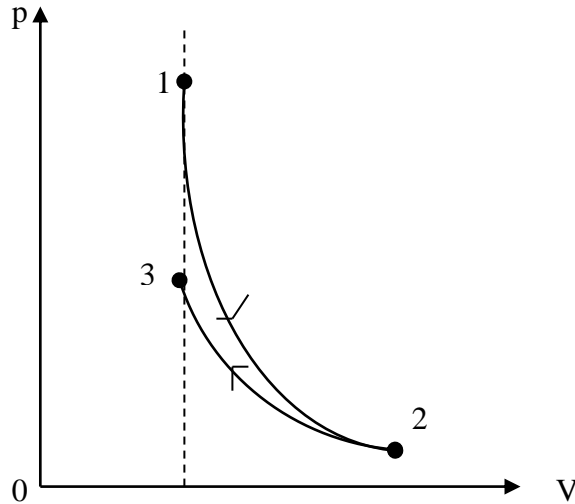


Рис. 30

Задачи для решения в аудитории

1. Кислород подвергся адиабатному расширению. В результате последующего изотермического процесса газ сжимают до первоначального давления. Постройте график процесса.
2. Идеальный газ подвергли изохорному нагреванию. После этого газ подвергли изотермическому расширению до начального давления, а затем он в результате изобарного сжатия возвращен в первоначальное состояние. Постройте график цикла.
3. Найти идеальную теплоемкость кислорода: 1) при постоянном объеме; 2) при постоянном давлении.
4. Найти для кислорода отношение удельной теплоемкости при постоянном давлении к удельной теплоемкости при постоянном объеме.

5. Определите удельные теплоемкости C_p и C_v , если известно, что некоторый газ при нормальных условиях имеет удельный объем $0,7 \text{ м}^3/\text{кг}$.
6. Азот массой 5 кг , нагретый на 150 К , сохраняя неизменный объем. Найти: 1) количество теплоты; 2) изменение внутренней энергии; 3) совершенную газом работу.
7. Для нагревания водорода массой 20 г при постоянном давлении затрачена теплота $3,94 \text{ кДж}$. Как изменится температура газа?
8. Расширяясь, водород, совершил работу 6 кДж . Определить количество теплоты, подведенное к газу, если процесс протекал: 1) изобарно; 2) изотермически.
9. 1 л гелия, находящийся при нормальных условиях, изотермически расширяется за счет тепла до объема 2 л . Найти: 1) работу, совершенную газом при расширении; 2) количество теплоты, сообщенное газу.
10. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре $0 \text{ }^\circ\text{C}$, если он расширяется адиабатно от объема V_1 до объема $V_2=2V_1$?
11. При адиабатном расширении 2 моль кислорода, находящегося при нормальных условиях, его объем увеличился в 3 раза. Определите: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) работу расширения газа.
12. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу $73,5 \text{ кДж}$. Температура нагревателя $100 \text{ }^\circ\text{C}$, температура холодильника $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Найти: 1) КПД машины; 2) количество теплоты, получаемое за один цикл от нагревателя; 3) количество теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику.
13. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, 70% количества теплоты, полученного от нагревателя, отдает холодильнику. Количество теплоты, получаемое от нагревателя, равно 5 кДж . Определите: 1) КПД цикла; 2) работу, совершаемую при полном цикле.

14. Идеальный газ совершает цикл Карно, КПД которого 0,4. Определите работу изотермического сжатия газа, если работа изотермического расширения 400 Дж.
15. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от 400 К до 600К?
16. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя 500 К, холодильника 300 К. Работа изотермического расширения 2 кДж. Определите: 1) КПД; 2) количество теплоты, отданное при изотермическом сжатии холодильнику.
17. Найти изменение энтропии при превращении 10 г льда при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в пар при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
18. Найти изменение энтропии при переходе 8 г кислорода от объема 10 л при температуре $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ к объему 40 л при температуре $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Домашнее задание

1. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из последовательных процессов изобарного расширения, адиабатного расширения и изотермического сжатия. Построить график цикла.
2. Считая азот идеальным газом, определите его удельную теплоемкость для изохорного процесса и для изобарного процесса.
3. 10 г кислорода находятся под давлением 0,3 МПа при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти: 1) количество теплоты, полученное газом; 2) изменение внутренней энергии газа; 3) работу, совершенную газом при расширении.
4. При адиабатическом сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа 100 кДж. Определить конечную температуру газа, если до сжатия кислород находился при температуре 300 К.

5. Азот массой 1 кг находится при температуре 300 К. В результате адиабатического сжатия давление газа увеличилось в 3 раза. Определите изменение внутренней энергии газа.
6. На нагревание кислорода массой 160 г на 12 К было затрачено количество теплоты 1,76 кДж. Как протекал процесс при постоянном объеме или при постоянном давлении?
7. Газ совершает цикл Карно. Термодинамическая температура нагревателя в два раза выше температуры охладителя. Определить КПД цикла.
8. Совершая цикл Карно, газ получил от нагревателя теплоту 1 кДж. Сколько теплоты было отдано охладителю, если КПД идеальной машины 20%.
9. Определить изменение энтропии при изотермическом расширении кислорода массой 10 г от объема 25 л до объема 100 л.

Примерный вариант контрольной работы № 1

1. Прямолинейное движение точки описывается уравнением $S=2t^2-t+4$. Найти скорость точки в момент за первые две секунды.
Ответ: 25 м/с; 6 м/с.
2. Две гири весом 2 кг и 1 кг соединены нитью и перекинуты через невесомый блок. Найти: 1) ускорение, с которым движутся гири; 2) натяжение нити. Трением в блоке пренебречь.
Ответ: 1) 3,27 м/с²; 2) 13 Н.
3. Снаряд, летевший со скоростью 400 м/с, разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого 40 % от массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью 150 м/с. Определить скорость большого осколка.
Ответ: 207 м/с.

4. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение частоту колебаний, их период и амплитуду. Написать уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной нулю.

Ответ: 10 с^{-1} ; 62,8 с; 1 м.

5. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 286 К.

Ответ: $3.95 \cdot 10^{-21}$ Дж

6. Определить работу изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, КПД которого 0,4, если работа изотермического расширения равна 8 Дж.

Ответ: 13.3 Дж

Решение типового варианта контрольной работы № 1

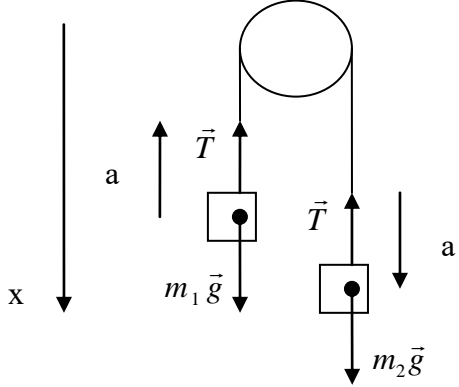
Задача №1. Прямолинейное движение точки описывается уравнением $S=3t^3-2t+1$. Найти скорость и ускорение точки в момент времени 4 с.

1. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью 4 м/с в сторону противоположную движению лодки. Найти скорость лодки после прыжка человека.
2. Тело совершает гармонические колебания. Период колебаний 0,15 с, максимальная скорость 8 м/с. Определить амплитуду колебаний. Написать уравнение процесса, если начальная фаза равна нулю.
3. Найти кинетическую энергию вращательного движения всех молекул кислорода, при температуре 300 К, если его масса равна 4 г.
4. Какое количество теплоты нужно сообщить 1 кмоль кислорода, чтобы он совершил работу 1000 Дж при изотермическом процессе?

№	Алгоритм	Применение алгоритма к решению данной задачи
1	Краткое условие задачи	$S(t) = 3t^3 - 2t + 1$ $t = 4 \text{ с}$ <hr/> $V - ?$ $a - ?$
2	Формулы и законы, применимые к решению задачи	1) $V(t) = S'(t)$ 2) $a(t) = V'(t) = S''(t)$
3	Чертеж, рисунок, схема	
4	Решение задачи в общем виде	1) $V(t) = S'(t) = (3t^3 - 2t + 1)' = 9t^2 - 2$ 2) $a(t) = V'(t) = S''(t) = (9t^2 - 2)' = 18t$
5	Вычисления	$V(4) = 9 \cdot 16 - 2 = 142 \text{ (м/с)}$ $A(4) = 18 \cdot 4 = 72 \text{ (м/с}^2\text{)}$
6	Ответ	142 м/с; 72 м/с ²

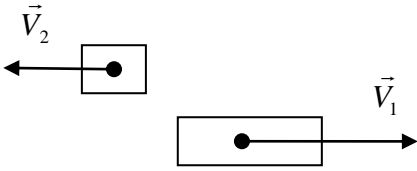
Задача №2. Через блок в виде сплошного диска перекинута нить, к концам которой подвешены грузы с массами 100 г и 200 г. Определить ускорение, с которыми будут двигаться грузы, если их предоставить самим себе.

1	Краткое условие задачи	СЛ: $m_1 = 100 \text{ г} \quad \quad 0,1 \text{ кг}$ $m_2 = 200 \text{ г} \quad \quad 0,2 \text{ кг}$ <hr/> $a - ?$
2	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m \cdot \vec{a}$

3	Чертеж, рисунок, схема	 <p style="text-align: center;">Рис. 33</p>
4	Решение задачи в общем виде	<p>Второй закон Ньютона для тела m_1:</p> $\vec{T} + m_1 \cdot \vec{g} = m_1 \cdot \vec{a}$ <p>Второй закон Ньютона для тела m_2:</p> $\vec{T} + m_2 \cdot \vec{g} = m_2 \cdot \vec{a}$ <p>В проекциях на ось x:</p> $-T + m_1 \cdot g = -m_1 \cdot a;$ $-T + m_2 \cdot g = m_2 \cdot a.$ $a = \frac{(m_2 - m_1) \cdot g}{m_2 + m_1}$
5	Вычисления	$a = \frac{(0,2 - 0,1) \cdot 9,8}{0,2 + 0,1} = 3,27 \text{ (м/с}^2\text{)}$
6	Ответ	$3,27 \text{ м/с}^2$

Задача №3. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью 4 м/с в сторону, противоположную движению лодки. Найти скорость лодки после прыжка человека.

1	Краткое условие задачи	$M = 240 \text{ кг}$ $M = 60 \text{ кг}$	
---	------------------------	---	--

		$V=2 \text{ м/с}$ $V_1=4 \text{ м/с}$ <hr/> $V_2-?$
2	Формулы и законы, применимые к решению задачи	1) $p=\text{const}, p_1=p_2$ 2) $p=m \cdot V$ 3) $(M+m) \cdot V=m \cdot V_1+M \cdot V_2$
3	Чертеж, рисунок, схема	 <p style="text-align: center;">Рис. 34</p>
4	Решение задачи в общем виде	$(M+m) \cdot V=-m \cdot V_1+M \cdot V_2$ $V_2 = \frac{(M+m) \cdot V + m \cdot V_1}{M}$
5	Вычисления	$V_2 = \frac{(240+60) \cdot 2 + 60 \cdot 4}{240} = 3,5 \text{ (м/с)}$
6	Ответ	3,5 м/с

Задача №4. Тело совершает гармонические колебания. Период колебаний 0,15 с, максимальная скорость 8 м/с. Определить амплитуду колебаний. Составить уравнение процесса, если начальная фаза равна нулю.

1	Краткое условие задачи	$T=0,15 \text{ с}$ $V_{\text{max}}=8 \text{ м/с}$ <hr/> $\varphi=0$ $A-?$ $S(t)-?$
---	------------------------	--

2	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$V=A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t+\varphi+\frac{\pi}{2})$ $V_{\max}=A \cdot \omega$ $\omega=\frac{2\pi}{T}$ $S(t)=A \cdot \cos(\omega \cdot t+\varphi)$
3	Чертеж, рисунок, схема	
4	Решение задачи в общем виде	$V_{\max}=A \cdot \omega$ $A=\frac{V_{\max}}{\omega}=\frac{T \cdot V_{\max}}{2\pi}$ $S(t)=A \cdot \cos(\frac{2\pi}{T} \cdot t+\varphi)$
5	Вычисления	$A=\frac{0,15 \cdot 8}{2 \cdot 3,14}=0,19 \text{ (м)}$ $S(t)=0,19 \cdot \cos(\frac{2\pi}{0,15} \cdot t+0)$ $S(t)=0,19 \cdot \cos(0,3\pi \cdot t)$
6	Ответ	0,19 м; $S(t)=0,19 \cdot \cos(0,3\pi \cdot t)$

Задача №5. Найти кинетическую энергию вращательного движения всех молекул кислорода при температуре 300 К, если его масса равна 4 г.

1	Краткое условие задачи	<div style="text-align: right;">СЛ:</div> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> O_2 $T=300 \text{ К}$ $m=4 \text{ г}$ </td> <td style="padding: 5px;"> $4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ </td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> $\langle E_{\text{вр}} \rangle = ?$ </td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </table>	O_2 $T=300 \text{ К}$ $m=4 \text{ г}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	$\langle E_{\text{вр}} \rangle = ?$	
O_2 $T=300 \text{ К}$ $m=4 \text{ г}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$					
$\langle E_{\text{вр}} \rangle = ?$						

2	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$U = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot T$ $\langle E_{\text{вр}} \rangle = \frac{m}{M} \cdot \frac{i_{\text{вр}}}{2} \cdot R \cdot T$
3	Чертеж, рисунок, схема	
4	Решение задачи в общем виде	$i=5$ $i_{\text{вр}}=2$ $E_{\text{вр}} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$
5	Вычисления	$E_{\text{вр}} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 300 = 312 \text{ (Дж)}$
6	Ответ	312 Дж

Задача №6. Какое количество теплоты нужно сообщить 1 кмоль кислорода, чтобы он совершил работу 1000 Дж при изотермическом процессе?

1	Краткое условие задачи	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $\nu=1 \text{ кмоль}$ $A=1000 \text{ Дж}$ $T=\text{const}$ <hr style="width: 100%;"/> $Q=?$ </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> СЛ: 1000 моль </div> </div>
2	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$dQ=dU+dA$ $T=\text{const}$
3	Чертеж, рисунок, схема	
4	Решение задачи в общем виде	$T=\text{const} \Rightarrow dU=0$ $dQ=dA$
5	Вычисления	$Q=A=1000 \text{ Дж}$
6	Ответ	1000 Дж

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Основные физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$ м ³ /(кг·с ²)
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Молярная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль·К)
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	V_{o_m}	$22,4 \cdot 10^{-3}$ м ³ /моль
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Элементарный заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8$ м/с
Постоянная Стефана - Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
Постоянная закона смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3}$ м·К
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
	\hbar	$1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Ридберга	R	$1,10 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Радиус Бора	a_0	$0,529 \cdot 10^{-10}$ м
Комптоновская длина волны электрона	Λ	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Магнетон Бора	μ_B	$0,927 \cdot 10^{-23}$ А·м ²
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18}$ Дж (13,6эВ)
Атомная единица массы	а. е. м.	$1,660 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

Таблица 2

Некоторые астрономические величины

Наименование	Значение	Наименование	Значение
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м	Расстояние от центра Земли до центра Солнца	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ кг		

Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м		
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30}$ кг	Расстояние от центра Земли до центра Луны	$3,84 \cdot 10^8$ м
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м		
Масса Луны	$7,33 \cdot 10^{22}$ кг		

Таблица 3

Плотность твердых тел

Твердое тело	Плотность кг/м ³	Твердое тело	Плотность кг/м ³	Твердое тело	Плотность кг/м ³
Алюминий	$2,70 \cdot 10^3$	Железо	$7,88 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Барий	$3,50 \cdot 10^3$	Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Серебро	$10,5 \cdot 10^3$
Ванадий	$6,02 \cdot 10^3$	Медь	$8,93 \cdot 10^3$	Цезий	$1,90 \cdot 10^3$
Висмут	$9,80 \cdot 10^3$	Никель	$8,90 \cdot 10^3$	Цинк	$7,15 \cdot 10^3$

Таблица 4

Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Жидкость	Плотность, кг/м ³
Вода (при 4 °С)	$1,00 \cdot 10^3$	Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$
Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$		

Таблица 5

Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м ³	Газ	Плотность, кг/м ³
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей

Жидкость	Коэффициент, мН/м	Жидкость	Коэффициент, мН/м
Вода	72	Ртуть	500
Мыльная вода	40	Спирт	22

Эффективный диаметр молекулы

Газ	Диаметр, м	Газ	Диаметр, м
Азот	$3,0 \cdot 10^{-10}$	Гелий	$1,9 \cdot 10^{-10}$
Водород	$2,3 \cdot 10^{-10}$	Кислород	$2,7 \cdot 10^{-10}$

Литература

1. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: учеб. пособие для технич. вузов / В.С. Волькенштейн. – М. – А.: Физматгиз, 2006. – 456 с.: ил.
2. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: учеб. Пос. - 3-е изд., перераб. – М: Наука, 2007.-416 с.
3. Сборник задач по физике: учеб пособие/Л.Л. Баканин, В.Е. Беннучкин, С.М. Козел, И.П. Мазанько; под ред. С.М. Козела. – 2-е изд., испр. – М.: Наука, 2000.- 352с.
4. Сборник задач по физике : учеб пособие для с/х вузов/Под ред. Р.И. Грабовского. – М.: Высш. шк., 2005. – 127 с.: ил.
5. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для студ. вузов/Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Высш. шк., 2022.- 591 с.: ил.

Здор Дмитрий Валерьевич

Физика. Часть 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: Методические указания для практических занятий и самостоятельной работы обучающихся по направлению 06.03.01 Биология

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Приморская государственная сельскохозяйственная академия
Инженерно-технологический институт

ФИЗИКА

Часть 2.

Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика.

Методические указания для практических занятий и
самостоятельной работы обучающихся по направлению 06.03.01

Биология

Электронное издание

Уссурийск 2023

Составитель: Здор Д.В., кандидат педагогических наук, доцент, доцент
Инженерно-технологического института

Физика. Часть 2. Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика:
Методические указания для практических занятий и самостоятельной
работы обучающихся по направлению 06.03.01 Биология [Электронный
ресурс]: / Д.В. Здор; ФГБОУ ВО ПГСХА. - Электрон. текст. дан. –
Усурийск: ПГСХА, 2023.- 63 с. - Режим доступа: [www. de.primacad.ru](http://www.de.primacad.ru).

Методические указания составлены в соответствии с требованиями
стандарта ФГОС ВО по направлению 06.03.01 Биология, содержат задания
для самостоятельной работы обучающихся и методические указания по их
выполнению.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО «Приморская
государственная сельскохозяйственная академия.

Содержание

Введение.....	4
Методические указания к решению задач.....	5
Раздел 1. Электричество и магнетизм.....	6
Тема 1: « Электрическое поле. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля».....	6
Тема 2: « Постоянный ток. Правила Кирхгофа».....	13
Тема 3: « магнитное поле. Закон Био- Савара- Лапласа. Сила Ампера. Сила Лоренца».....	19
Раздел 2: Оптика.....	26
Тема 1: « Волновые свойства света. Интерференция. Дифракция. Поляризация»	26
Тема 2: « Квантовые свойства света. Тепловые излучения. Фотоэффект».....	33
Раздел 3: Атомная и ядерная физика.	38
Тема 1: « Основы физики атома. Теорема атома водорода по Бору».....	38
Тема 2: « Строение ядра. Энергия связи ядра. Дефект массы ядра. Явление радиоактивности».....	43
Подготовка к контрольной работе № 2.	48
Приложения.	59
Литература.	62

ВВЕДЕНИЕ

При изучении курса физики большое значение имеет практическое применение теоретических знаний, главное из которых – умение решать задачи. Решение физических задач способствует приобщению студентов к самостоятельной творческой работе, учит анализировать изучаемые явления, выделять главные факторы, обуславливающие то или иное явление.

Цель издания – формировать навыки работы над задачами, на примере решения задач показать связь физики с другими отраслями знания и производством.

Данные методические указания предназначены для решения задач по разделам «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика» и содержат 6 тем. Все темы построены по одной схеме: вопросы теории; тестовые задания для самоконтроля студентов при подготовке к практическим занятиям; примеры решения задач; задачи для решения в аудитории и домашнее задание.

Кроме этого предусмотрена помощь студентам в подготовке к контрольной работе по указанным разделам. В конце методических указаний предлагается решить примерный вариант контрольной работы, основываясь на приведенном образце решения подобного варианта.

Значком * обозначены задания повышенной сложности. Задания этого уровня могут быть использованы для работы со студентами, проявляющими повышенный интерес к физике.

Методические указания к решению задач

Решение задачи необходимо начинать с ее анализа.

Практически любая задача по физике содержит описание одного или нескольких процессов (или состояний). Поэтому, прежде всего, следует, как правило, выяснить, что является объектом изучения. Далее необходимо выявить какие тела или системы охватывают исследуемый процесс, какие величины его определяют и т.п. Только после этого можно установить, каким физическим законам подчиняются описываемые явления.

При решении задач следует руководствоваться следующими правилами.

- Внимательно прочитать условие задачи и записать его кратко в принятом стандартном буквенном обозначении. Величины, приведенные в условии задачи, выразить в системе единиц СИ.
- Проведя анализ задачи, выписать формулы и законы, на основании которых следует производить решение задачи.
- Если это необходимо, сделать схематический чертеж (рисунок, график, схему), поясняющий содержание задачи. Например, изобразить тело с приложенными к нему силами.
- Решить задачу в общем (буквенном) виде. В большинстве случаев решение сводится к составлению алгебраических уравнений, отражающих заданный физический процесс. Ответ, полученный в общем виде, позволяет сделать анализ решения при изменении исходных данных.
- Произвести вычисления, подставив в расчетную формулу числовые значения величин, приведенных в условии задачи. При этом необходимо руководствоваться правилами действия с приближенными числами.

- Получив численный ответ, проанализировать результат и оценить его правдоподобность.

Раздел 1. Электричество и магнетизм

Тема 1: «Электрическое поле. Закон Кулона.

Напряженность и потенциал электростатического поля»

Теоретический минимум.

1. Электрический заряд. Закон Кулона.
2. Электрическое поле. Его напряженность. Линии напряженности.
3. Принцип суперпозиции электростатических полей.
4. Теорема Остроградского-Гаусса.
5. Потенциал электростатического поля.
6. Зависимость между напряженностью и потенциалом.
7. Энергия электрического поля.
8. Электроёмкость. Конденсатор.

Вопросы для самоконтроля.

1. Сила взаимодействия двух точечных зарядов определяется:
 - а) Законом Кулона;
 - б) Напряженностью электрического поля;
 - в) Потенциалом электрического поля;
 - г) Потокотом напряженности.
2. Два точечных заряда $q_1=1\text{Кл}$ и $q_2=2\text{Кл}$ находятся на расстоянии 1м друг от друга. Тогда кулоновская сила их взаимодействия равна:
 - а) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$;
 - б) $\frac{1}{2\pi\epsilon_0}$;
 - в) $\frac{1}{\pi\epsilon_0}$;
 - г) $\frac{2}{\pi\epsilon_0}$.

3. Электростатическое поле действует на помещенный в него пробный заряд величиной 2Кл с силой 4Н. Тогда напряженность поля в точке, где находится пробный заряд, равен:

а) 8 В/м; б) 2 В/м; в) $1/2$ В/м; г) 16 В/м.

4. Электрическое поле создано точечным зарядом q . Вектор напряженности поля в точки А ориентирован в направлении:

а) 1; в) 3;

б) 2; г) 4.

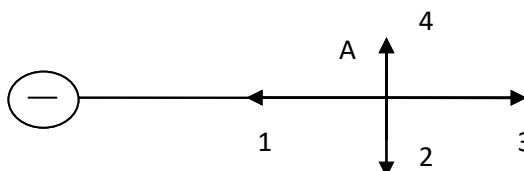
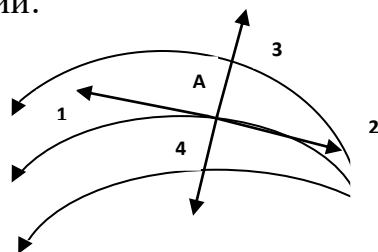


Рис. 1

5. Электростатическое поле изображено с помощью линий напряженности. Вектор напряженности в точке А ориентирован в направлении:



а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.

Рис. 2

6. Какой знак имеет заряд, изображенный на рис. 3?

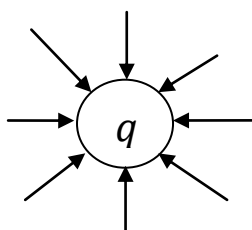


Рис. 3

7. Согласно принципу суперпозиции электростатических полей:

а) $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; в) $\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$;

б) $\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$; г) $\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$.

8. Замкнутая поверхность охватывает n зарядов. Если число охватываемых зарядов увеличить, то поток напряженности сквозь эту поверхность:

- а) увеличится
- б) уменьшится
- в) не изменится.

Как изменится поток напряженности, если поместить заряды за пределами пространства, окруженного этой поверхностью?

9. Потенциальная энергия пробного заряда 2Кл в некоторой точке электрического поля равна 12 Дж. Потенциал поля в этой точке равен:

- а) 6 В; б) 24 В; в) 4 В; г) 3 В.

10. Линии напряженности направлены в сторону:

- а) возрастания потенциала;
- б) убывания потенциала;
- в) не зависит от потенциала.

11. Поле, характеристики которого имеют одинаковое значение во всех точках, называется:

- а) статичным;
- б) однородным;
- в) изолированным;
- г) электрическим.

Примеры решения задач.

Пример 1. Два заряда $q_1=9$ нКл и $q_2=-7$ нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 20 см. Определить напряженность и потенциал электрического поля в третьей вершине треугольника.

Решение: 1) По принципу суперпозиции электростатических полей напряженность электрического поля в точке А равна геометрической (т.е. векторной) сумме напряженностей \vec{E}_1 и \vec{E}_2 полей, создаваемых зарядами q_1 и q_2 соответственно:

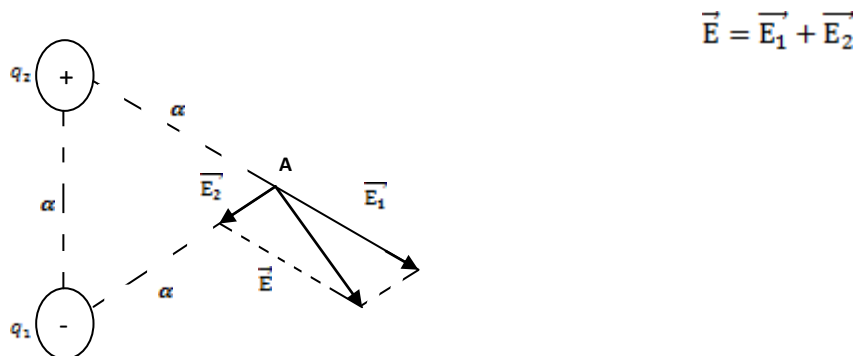


Рис.4

Модуль результирующей напряженности может быть найден по теореме косинусов как диагональ параллелограмма, построенного на векторах \vec{E}_1 и \vec{E}_2 (рис.4)

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 * E_2 * \cos \alpha} \quad (1)$$

Напряженность электрического поля точечного заряда определяется по формуле:

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2} \quad (2)$$

Так как $r=r_1=r_2 = a$, то имеем:

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2} \quad E_2 = \frac{q_2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2} \quad (3)$$

Поскольку $\alpha=120^\circ$, преобразуем:

$$\cos 120^\circ = \cos(180^\circ - 60^\circ) = -\cos 60^\circ = -\frac{1}{2} \quad (4)$$

С учетом (3) и (4) формула (1) примет вид:

$$E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2} \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + q_1 * q_2} \quad (5)$$

Подставив в формулу (5) числовые данные, вычислим:

$$E = \frac{1}{4 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 1 * 0,2^2} \sqrt{(9 * 10^{-9})^2 + (7 * 10^{-9})^2 + 9 * 10^{-9} * 7 * 10^{-9}} =$$

$$= 3,12 * 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 3,12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

2) Потенциал электрического поля в точке А равен алгебраической сумме потенциалов γ_1 и γ_2 полей, создаваемых зарядами q_1 и q_2 соответственно:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (6)$$

Потенциал поля точечного заряда определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (7)$$

Подставив (7) в (6) и учитывая, что $r_1 = r_2 = a$, получим:

$$\gamma = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon a} * (q_1 + q_2)$$

Вычислим:

$$\gamma = \frac{10^{-9}(9-7)}{4 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 1 * 0,2} = 90 \text{ В}$$

Пример 2. Точечный заряд 10^{-8} Кл находится на расстоянии 0,5 м от бесконечно протяженной плоскости, равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда $4 * 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 0,2 м.

Решение: Работа сил электрического поля определяется по формуле:

$$A = q(\gamma_1 - \gamma_2) \quad (1)$$

В нашем случае поле плоскости однородное. Потенциал однородного электрического поля с напряженностью E определяется по формуле:

$$\gamma = E * r \quad (2)$$

Напряженность поля заряженной плоскости равна:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \quad (3)$$

Тогда, подставив (2) и (3) в (1), получим:

$$A = q * E * (r_1 - r_2) = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} (r_1 - r_2)$$

Вычислим:

$$A = \frac{10^{-8} * 4 * 10^{-5} * (0,5 - 0,2)}{2 * 8,85 * 10^{-12}} = 6,8 * 10^{-3} \text{ Дж} = 6,8 \text{ мДж}$$

Задачи для решения в аудитории.

1. Расстояние между протоном и электроном в атоме водорода равно $5,3 * 10^{-11}$ м. Найти силу электростатического притяжения между ними.

Ответ: $4 * 10^{-12}$ Н.

2. Два заряда $1,1 * 10$ Кл и $4,4 * 10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии 12 см от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии?

Ответ: на расстоянии 4 см от первого заряда, на прямой, соединяющий заряды.

3. Расстояние между двумя точечными зарядами 10^{-8} Кл и $-5 * 10^{-8}$ Кл равно 10 см. Определить напряженность поля зарядов в точке, лежащей на прямой, соединяющей заряды, удаленной на 8 см. от первого заряда.

Ответ: $1,1 * 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

4. Два точечных одноименных заряда по $2,7 * 10^{-8}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии 5 см. друг от друга. Определите напряженность и потенциал поля, создаваемого этими зарядами, в точке, удаленной на расстоянии 3 см. от первого заряда и 4 см. от второго.

Ответ: $3,1 * 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

5. Определить работу по перемещению заряда 10^{-8} Кл в электрическом поле между двумя точками, находящимися на расстояниях 10 и 20 см. от заряда 10^{-7} Кл.

Ответ: $4,5 * 10^{-5}$ Дж

6. Шарик массой 1 г. и зарядом 10^{-8} Кл перемещается из точки А, потенциал которой равен 600 В., в точку В, потенциал в которой равен нулю. Чему была равна его скорость в точке А, если в точке В она стала равной 20 см/с ?

Ответ: $2 * 10^{-3} \frac{м}{с}$

7. Электрическое поле создается прямой нитью, заряженной равномерно с линейной плотностью $\rho = 5 * 10^{-9} \frac{Кл}{м}$. Определите числовое значение и направление градиента потенциала в точке на расстоянии 0,5 м. от нити.

Ответ: $1,8 * 10^{-2} \frac{В}{м}$; направлен к нити.

8. Определите расстояние между пластинами плоского конденсатора, если между ними приложена разность потенциалов 150 В, площадь каждой пластины 100 см^2 , ее заряд 10 нКл. Диэлектриком служит Слюда ($\epsilon = 7$)

Ответ: 9,29 мм.

9. Как изменится энергия плоского конденсатора, если расстояние между пластинами увеличить в 2 раза?

Ответ: увеличится в 2 раза.

Домашнее задание.

1. Два одинаковых положительных заряда 0,1 мкКл находятся на расстоянии 8 см. друг от друга. Определите напряженность поля в точке, находящейся на середине отрезка, соединяющего заряды.

Ответ: 0

2. Два точечных заряда по 10^{-7} Кл каждый расположены на расстоянии 10 см. друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля в точке, удаленной на 10 см. от каждого заряда.

Ответ: $1,6 * 10^5 \frac{В}{м}$; $1,8 * 10^4 \text{ В}$.

3. Какую скорость приобретает электрон, пройдя разность потенциалов, равную 5 В?

Ответ: $1,33 * 10^6 \frac{м}{с}$

4. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ($\epsilon = 7$). Расстояние между пластинами $d = 5 \text{ мм}$, разность

потенциалов 1 кВ. Определите: 1) напряженность поля в стекле;
2) поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора.
Ответ: 200 кВ/м ; $12,4 \text{ мкКл/м}^2$

Тема 2: " Постоянный ток. Правила Кирхгофа»

Теоретический минимум.

1. Электрический ток. Условия его существования.
2. Сила тока. Плотность тока.
3. Электродвижущая сила. Напряжение.
4. Закон Ома для участка цепи.
5. Закон Ома для полной цепи.
6. Закон Джоуля-Ленца.
7. Разветвленная цепь. Правила Кирхгофа.

Вопросы для самоконтроля.

1. Электрический ток возникает при наличии:
 - а) электрических зарядов;
 - б) потенциала;
 - в) электрического поля;
 - г) силы тока.
2. Сила тока в проводнике 3 А. Заряд, прошедший по проводнику в течение 4 с, равен:
 - а) 7 Кл;
 - б) 12 Кл;
 - в) 1 Кл;
 - г) 24 Кл.
3. Плотность тока силой 6 А, если поперечное сечение проводника 2 мм^2 , равна:

- а) $12 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; б) $3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; в) $4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$; г) $8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$
4. Источник тока в цепи:
- а) необходим для существования постоянного тока;
 б) поддерживает разность потенциалов;
 в) создает сторонние силы;
 г) является носителем зарядов.
5. Если сопротивление проводника на участке цепи увеличить в 2 раза, то сила тока на этом участке:
- а) не изменится;
 б) увеличится в 2 раза;
 в) уменьшится в 2 раза;
 г) уменьшится в 4 раза.
6. Определите сопротивление проводника длиной 230 м и площадью сечения 2 мм^2 . Удельное сопротивление металла $3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$
- а) 12 Ом; б) 0,03 Ом; в) 0,3 Ом; г) 0,12 Ом.
7. Согласно закону Ома для полной цепи:
- а) $I = \frac{U}{R}$; б) $R = \rho \frac{l}{S}$; в) $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$; г) $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R+r}$.
8. Плотность электрического тока в медном проводе равна 10 А/см^2 .
 Определите удельную тепловую мощность тока, если удельное сопротивление меди $\rho = 17 \text{ нОм} \cdot \text{ м}$:
- а) $170 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$; б) $1,7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$; в) $0,17 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$; г) $17 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$.

Примеры решения задач.

Пример 1. ЭДС батареи 50 В, внутреннее сопротивление 3 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение, под которым находится внешняя цепь, если ее сопротивление 17 Ом.

Решение: Для решения задачи воспользуемся законом Ома для полной цепи:

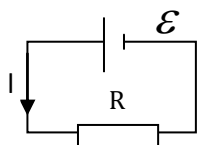


Рис. 5

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

(1)

Напряжение во внешней цепи, согласно закону Ома для однородного участка цепи, равно:

$$U = I * R \quad (2)$$

Вычислим:

$$I = \frac{50}{17 + 3} = 2,5 \text{ A};$$

$$U = 2,5 * 17 = 42,5 \text{ В.}$$

Пример 2. Два элемента с одинаковыми ЭДС 1,6 В и внутренними сопротивлениями 0,2 Ом и 0,8 Ом соединены параллельно и включены во внешнюю цепь, сопротивление которой 0,64 Ом. Найти силу тока на всех участках цепи.

Решение: Для расчета разветвленных цепей применяются правила Кирхгофа.

Порядок решения задачи с использованием правил Кирхгофа

1. Обозначить произвольно направление токов I выбрать направление обхода контуров.
2. По первому правилу составить $n-1$ уравнений, где n -число узлов в цепи.
3. Недостающие уравнения составить по второму правилу Кирхгофа. Их число $m-(n-1)$, где m -число контуров в цепи.
4. Решить полученную систему уравнений. Если вычисленное значение тока оказалось отрицательным, то выбранное направление тока противоположно истинному.
5. Для проверки правильности решения задачи составляется уравнение по второму правилу Кирхгофа для неиспользованного контура.

По первому правилу Кирхгофа для узла А имеем:

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0 \quad (1)$$

По второму правилу Кирхгофа для контура ABCD имеем:

$$IR + I_2 r_2 = \mathcal{E}_2 \quad (2)$$

Соответственно для контуров CEFD:

$$IR + I_1 r_1 = \mathcal{E}_1$$

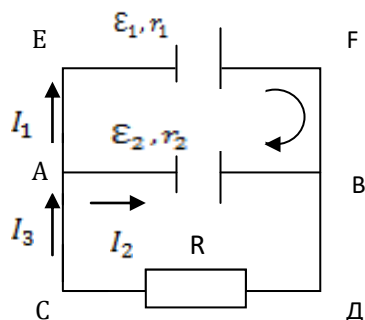


Рис.6

После подстановки числовых значений в формулы (1), (2), (3)

получим систему уравнений:

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I_3 = 0, \\ 0,8I_2 + 0,64I_3 = 1,6, \\ 0,2I_1 + 0,64I_3 = 1,6. \end{cases}$$

Эту систему с тремя неизвестными решим методом Крамера. Для чего вычислим главный и вспомогательные определители системы.

$$\Delta = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0,8 & 0,64 \\ 0,2 & 0 & 0,64 \end{vmatrix} = -0,512 - 0,128 - 0,16 = -0,8$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1,6 & 1,8 & 0,64 \\ 1,6 & 0 & 0,64 \end{vmatrix} = -1,024 - 1,28 + 1,024 = -1,28$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1,6 & 0,64 \\ 0,2 & 1,6 & 0,64 \end{vmatrix} = -1,024 - 0,32 + 1,024 = -0,32$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0,8 & 1,6 \\ 0,2 & 0 & 1,6 \end{vmatrix} = -1,28 - 0,32 = -1,6$$

Таким образом, по формуле Крамера:

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-1,28}{-0,8} = 1,6; \quad I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-0,32}{-0,8} = 0,4; \quad I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-1,6}{-0,8} = 2.$$

Задачи для решения в аудитории.

1. Сила тока в проводнике меняется со временем по уравнению $I = 4 + 2t$. Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника за время от $t_1 = 2\text{с}$ до $t_2 = 6\text{с}$? При каком постоянном токе через поперечное сечение проводника за это же время проходит такое же количество электричества?
 Ответ: 48 Кл; 12 А.

2. Найти падение напряжения на медном проводе длиной 500 м и диаметром 2 мм, если сила тока в нем равна 2 А. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$.

Ответ: 5,4 В.

3. ЭДС аккумулятора автомобиля 12 В. При силе тока 3 А его КПД равен 0,8. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

Ответ: 0,8 Ом.

4. Определите напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике объемом 10 см^3 , если при прохождении по нему постоянного тока за время 5 мин выделилось количество теплоты 2,3 кДж. Удельное сопротивление алюминия $26 \text{ нОм} \cdot \text{ м}$.

Ответ: $0,141 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

5. Два элемента с ЭДС 2 В и 1 В и проводник сопротивлением 0,5 Ом соединены по схеме (рис. 7).

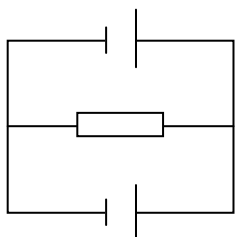


Рис. 7

Внутренние сопротивления элементов одинаковы и равны 1 Ом каждое.

Ответ: 1,5; 0,25; 1,25 А.

6. В схеме (рис.8) $\mathcal{E}_1 = 2,1 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 1,9 \text{ В}$, $R_1 = 45 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$.

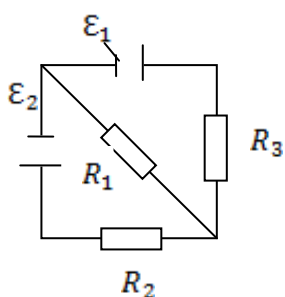


Рис. 8

Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 0,01 А; 0,03 А; 0,04 А.

7.

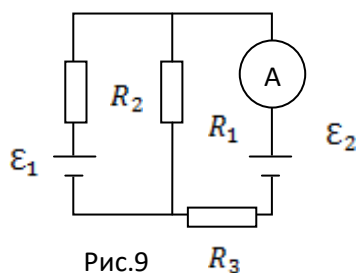


Рис.9

Какую силу тока показывает амперметр в схеме (рис.9), если $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 1 \text{ В}$, $R_1 = 10^3 \text{ Ом}$, $R_2 = 500 \text{ Ом}$, $R_3 = 200 \text{ Ом}$. и сопротивление $R_A = 200 \text{ Ом}$? Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 1 мА

Домашнее задание.

1. Элемент с ЭДС 1,1 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на внешнее сопротивление 9 Ом. Найти: 1) силу тока в цепи; 2) падение потенциала во внешней цепи.

Ответ: 0,11 А; 0,99 В.

2. Электродвижущая сила элемента равна 6 В и внутреннее его сопротивление 0,5 Ом. Чему равен КПД элемента при силе тока 2,4 А?

Ответ: 25%

3.

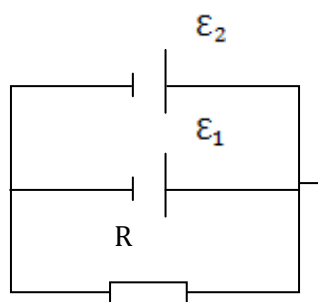


Рис.10

Два элемента с ЭДС 2 В и 1,5 В и внутренними сопротивлениями 0,5 Ом и 0,4 Ом соответственно включены параллельно сопротивлению 2 Ом (рис.10). Определить силу тока через это сопротивление.

Ответ: 0,775 А.

4.

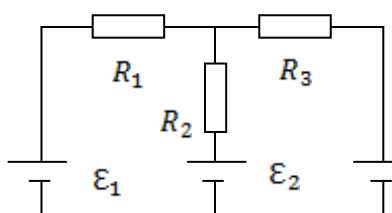


Рис.11

В схеме рис.11

$\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$, $\varepsilon_3 = 6 \text{ В}$, $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$. Найти силу тока во всех участках цепи. Сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 0,385 А; 0,077 А;

Тема 3:" Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера. Сила Лоренца»

Теоретический минимум.

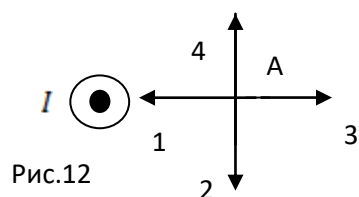
1. Взаимодействие токов. Магнитное поле.
2. Магнитная индукция.
3. Линии магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля.
4. Закон Био-Савара-Лапласа. Его применение к расчету магнитного поля (индукция магнитного поля прямого тока)
5. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера.
Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.
6. Действие магнитного поля на движущийся в нем заряд. Сила Лоренца.
7. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

Вопросы для самоконтроля.

1. Магнитное поле создается:
 - а) силой Ампера;
 - б) неподвижными зарядами;
 - в) движущимися зарядами;
 - г) все варианты верны.
2. Линии магнитной индукции всегда:
 - а) всегда уходят в бесконечность;
 - б) замкнуты и охватывают текущие токи;
 - в) начинаются на зарядах;
 - г) заканчиваются на зарядах.
3. Магнитное поле является:
 - а) вихревым;
 - б) потенциальным;
 - в) стационарным;
 - г) однородным.

4. Магнитное поле создано прямым проводником, расположенным перпендикулярно плоскости (рис.12). вектор магнитной индукции в точке А ориентирован в направлении:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.



5. Согласно принципу суперпозиции, магнитная индукция поля, создаваемого несколькими токами, равна:

а) $B = \frac{F_{Amax}}{I \cdot \Delta l}$; б) $d\vec{B} = k \frac{I[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$; в) $dB = k \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$; г) $\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$.

6. Сила, с которой магнитное поле действует на находящийся в нем элемент тока, называется:

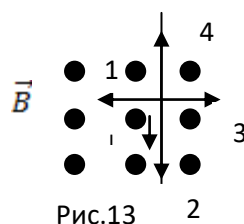
- а) сила Кулона;
- б) силой Ампера;
- в) силой Лоренца;
- г) магнитной индукцией.

7. Сила Ампера зависит от:

- а) магнитной индукции поля;
- б) силы тока в проводнике;
- в) длины проводника;
- г) все варианты верны.

8. Сила Ампера, действующая на проводник, изображенный на рис.13, ориентирована в направлении:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.



9. Сила, с которой магнитное поле действует на движущийся заряд, называется:
- а) силой Кулона;
 - б) силой Ампера;
 - в) силой Лоренца;
 - г) магнитной индукции.

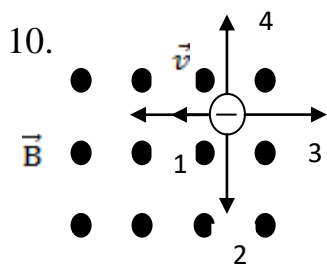


Рис. 14

Электрон влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции (рис.14). действующая на электрон сила Лоренца ориентирована в направлении:

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

11. Под действием магнитного поля замкнутый контур с током 2 А переместился таким образом, что магнитный поток сквозь этот контур изменился на 6 Вб. Тогда работа по перемещению проводника равна:
- а) 3 Дж; б) 4 Дж; в) 8 Дж; г) 12 Дж.

Примеры решения задач.

Пример 1. По двум длинным прямолинейным и параллельным проводом, расстояние между которыми 8 см, в противоположных направлениях текут токи 3 А и 5 А. Найти магнитную индукцию поля в точке, которая находится на расстоянии 2 см от первого проводника на линии, соединяющей проводники.

Решение: Изобразим проводники перпендикулярно плоскости чертежа (рис.15). Ток I_1 течет к нам, а ток I_2 - от нас.

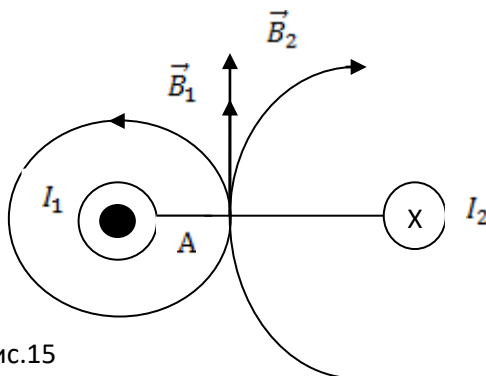


Рис.15

Индукция \vec{B} результирующего поля в точке А, согласно принципу суперпозиции, равна векторной сумме индукций \vec{B}_1 и \vec{B}_2 полей, создаваемых каждым током в отдельности:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \quad (1)$$

Для построения векторов \vec{B}_1 и \vec{B}_2 изображаем линии магнитной индукции каждого тока и указываем на них направление по правилу правого винта. Каждый из векторов \vec{B}_1 и \vec{B}_2 направлен по касательной к соответствующей силовой линии в точке А.

Таким образом, векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 одинаково направлены. Поэтому векторное равенство (1) заменяем скалярным равенством:

$$B = B_1 + B_2 \quad (2)$$

Индукция магнитного поля тока, текущего по прямому бесконечно длинному проводу, равна:

$$B = \mu_0 \mu \frac{1}{2\pi r} \quad (3)$$

Подставив выражение (3) для B_1 и B_2 в равенство (2),

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \left(\frac{I_1}{r_1} + \frac{I_2}{r_2} \right) \quad (4)$$

Подставим в (4) числовые значения величин и вычислим искомую индукцию:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1}{2\pi} * \left(\frac{3}{0,02} + \frac{5}{0,06} \right) = 1,33 * 10^{-6} \text{ Тл} = 1,33 \text{ мкТл}$$

Пример 2. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью 10^6 м/с. Индукция магнитного поля 0,3 Тл. Радиус окружности 4 см. Определить заряд частицы, если известно, что ее масса $3,84 * 10^{-27}$ кг.

Решение: На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца:

$$F_{\text{л}} = qBv \sin \alpha \quad (1)$$

Сила Лоренца обуславливает центростремительное ускорение в соответствии с правилом левой руки, определяющим направление этой силы:

$$F_{\text{л}} = m\alpha_{\text{цс}} = m * \frac{v^2}{r} \quad (2)$$

Приравнивая правые части уравнений (1) и (2), получим:

$$qBv \sin \alpha = \frac{mv^2}{r} \quad (3)$$

Отсюда:

$$q = \frac{mv}{Br \sin \alpha} \quad (4)$$

Так как частица движется по окружности, то вектор скорости перпендикулярен вектору магнитной индукции. То есть $\alpha = 90^\circ$

Подставив числовые значения величин в (4), вычислим:

$$q = \frac{3,84 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6}{0,3 \cdot 0,04 \cdot \sin 90^\circ} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Задачи для решения в аудитории.

1. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми 20 см, текут токи 40 А и 80 А в одном направлении. Определите магнитную индукцию в точке, лежащей на прямой, соединяющей оба провода, на расстоянии 15 см от первого проводника.

Ответ: 267 мкТл.

2. По двум длинным проводникам, расположенным параллельно на расстоянии 15 см друг от друга, текут в противоположных направлениях токи 10 А и 5 А. Определить индукцию магнитного поля в точке, расположенной на расстоянии 5 см от первого проводника, на продолжении отрезка, соединяющего проводники.

Ответ: 35 мкТл.

3. По двум бесконечно длинным проводником текут токи силой 4 А и 6 А. Расстояние между проводниками 15 см. Определить

геометрическое место точек, в которых индукция магнитного поля равна нулю.

Ответ: в точке, лежащей между проводниками, на расстоянии 0,06 м от первого проводника.

4. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг от друга и находятся в одной плоскости. Найти магнитную индукцию этого поля в точке на расстоянии 1 см от первого проводника и 2 см от второго проводника, если $I_1 = 2 \text{ А}$, $I_2 = 3 \text{ А}$.

Ответ: 1) 50 мкТл; 2) 70 мкТл.

5. В однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл находится прямой проводник длиной 15 см, по которому течет ток 5 А. На проводник действует сила 0,13 Н. Определите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

Ответ: 60°

6. В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится квадратная рамка со стороной 10 см, по которой течет ток 4 А. Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определите работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно прямой, проходящей через середину ее противоположных сторон: 1) на 90° ; 2) на 180° ; 3) 360°

Ответ: 1) 0,04 Дж; 2) 0,08 Дж; 3) 0 Дж.

7. Заряженная частица движется по окружности радиусом 2 см в однородном магнитном поле с индукцией 12,6 мТл. Определите удельный заряд q/m частицы, если ее скорость 10^6 м/с .

Ответ: $4 * 10^8 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$.

8. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии 4 мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводу пустить ток 5 А?

Ответ: $4 * 10^{-16} \text{Н}$.

Домашнее задание.

1. Определить индукцию магнитного поля двух длинных прямых параллельных проводников с одинаково направленными токами 10 А в точке, расположенной на продолжении линии, соединяющей проводники с токами, на расстоянии 10 см от второго провода. Расстояние между проводниками 40 см.

Ответ: 24 мкТл.

2. Прямой провод длиной 2 см, по которому течет ток 0,5 А, помещен в магнитное поле под углом 45° к силовым линиям поля. Найти индукцию магнитного поля, если на провод действует сила 4,23 мН.

Ответ: 60 мТл.

3. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом 60 см в магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл.

Ответ: $2,8 * 10^{-12} \text{Дж}$.

4. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,5 Тл, движется перпендикулярно полю проводник длиной 10 см. По проводу течет ток 2 А. Скорость движения проводника $0,2 \text{ м/с}$ и направлена перпендикулярно вектору магнитной индукции. Определить работу перемещения проводника за 10 с.

Ответ: 0,2 Дж.

Раздел 2. Оптика

Тема 1: «Волновые свойства света. Интерференция. Дифракция. Поляризация»

Теоретический минимум.

1. Природа света.
2. Интерференция света. Когерентные источники.
3. Условия максимума и минимума освещенности при интерференции.
4. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
5. Дифракция Фраунгофеля от одной щели.
6. Дифракционная решетка. Условие максимума.
7. Поляризованный свет. Естественный свет.
8. Закон Малюса.

Вопросы для самоконтроля.

1. Природа света:
 - а) Корпускулярная;
 - б) Волновая;
 - в) Корпускулярно-волновая;
 - г) Электромагнитная.
2. Явление сложения когерентных волн называется:
 - а) Отражением;
 - б) Преломлением;
 - в) Интерференцией ;
 - г) Полным отражением.
3. Что будет наблюдаться в точке, для которой разность хода двух лучей от когерентных источников составляет $\frac{3\lambda}{2}$?
 - а) Максимум освещенности;
 - б) Минимум освещенности;

- в) Отражение;
 - г) Приложение.
4. В результате интерференции света от двух когерентных источников на экране наблюдается:
- а) Светлое пятно;
 - б) Темное пятно;
 - в) Чередование темных и светлых пятен;
 - г) Чередование светлых и темных пятен.
5. Дифракцией света называется:
- а) Отражение световых лучей;
 - б) Наложение световых лучей;
 - в) Усиление световых лучей;
 - г) Загибание световых лучей.
6. Каждая точка выделяемого отверстием участка фронта световой волны является:
- а) Волновой поверхностью;
 - б) Геометрической тенью;
 - в) Светлым пятном;
 - г) Вторичным источником света.
7. Согласно принципу Гюйгенса-Френеля волны от вторичных источников:
- а) Усиливают друг друга;
 - б) Ослабляют друг друга;
 - в) Интерферируют;
 - г) Не взаимодействуют друг с другом.
8. Выберите верное утверждение:
- а) Свет, у которого электромагнитные колебания совершаются в одной плоскости, называется естественным;

- б) Свет, у которого электрические колебания совершаются по всем направлениям, называется поляризованным;
- в) Свет, у которого электрические колебания совершаются в одной плоскости, называется поляризованным;
- г) Свет, у которого электромагнитные колебания совершаются по всем направлениям, называется поляризованным.

9. Поляризатор пропускает только колебания:

- а) перпендикулярные только оптической оси;
- б) совершаемые вдоль оптической оси;
- в) определенной амплитуды;
- г) определенной интенсивности.

10. Согласно закона Малюса:

- а) $E = E_0 * \cos \alpha$;
- б) $E = E_0 * \sin \alpha$;
- в) $I = I_0 * \cos \alpha$;
- г) $I_0 = I * \sin \alpha$;

Примеры решения задач.

Пример 1. В опыте юнга расстояние между щелями $d = 1$ мм, а расстояние l от щелей до экрана равно 3 м. Определите положение третьей темной полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм.

Решение: Положение третьей темной полосы определим из условия минимума освещенности при

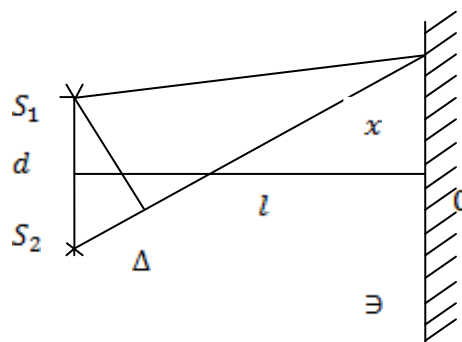


Рис.16

интерференции:

$$\Delta = \pm(2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

Оптическая разность хода лучей от двух источников Δ связана с расстоянием от точки 0 до темных полос соотношением:

$$\Delta = \frac{xd}{l} \quad (2)$$

Приравняв правые части равенств (1) и (2), получим:

$$\frac{xd}{l} = \pm(2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Отсюда:

$$x_{min} = \pm(m + \frac{1}{2}) \frac{l\lambda}{d} \quad (4)$$

Подставим числовые значения величин в равенство (4) и вычислим положение третьей темной полосы из условия, что $m = 3$:

$$x_{3min} = \pm \left(3 + \frac{1}{2}\right) \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = \pm 5,25 \text{ м}$$

Пример 2. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. Период решетки $d = 2 \text{ мкм}$. Определите наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка в случае красного света ($\lambda = 0,7 \text{ мкм}$).

Решение: Из условия главных максимумов дифракционной решетки, найдем порядок k дифракционного максимума:

$$k\lambda = d * \sin \varphi \quad (1)$$

$$k = \frac{d * \sin \varphi}{\lambda} \quad (2)$$

Так как $\sin \varphi$ не может быть больше 1, то число k не может быть больше $\frac{d}{\lambda}$, т.е.

$$k \leq \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

Подставив в формулу (3) числовые значения величин, получим:

$$k \leq \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,7 \cdot 10^{-6}} = 2,86$$

Если учесть, что порядок максимумов является целым числом, то:

$$k_{\max} = 2$$

Задачи для решения в аудитории.

1. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 1,2 мкм, длина волны которых 600 нм. Определите, что произойдет в этой точке вследствие интерференции.
Ответ: максимум освещенности.
2. Разность хода двух когерентных лучей 2,5 мкм. Определить длины волн видимого света (от 760 нм до 400 нм), которые дадут интерференционные максимумы.
Ответ: 625 нм, 500 нм, 417 нм.
3. АС и ВС когерентные лучи, длина которых 540 нм. Какая будет наблюдаться интерференционная картина в точке С, удаленной от источников света на 4 м и 4,27 м?
Ответ: максимум освещенности.
4. В опыте Юнга расстояние между щелями 1 мм, а расстояние от щелей до экрана 3 м. Определите положение первой светлой полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны 0,5 мкм.
Ответ: 1,5 мм.
5. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга 0,5 мм, длина волны 0,6 мкм. Определите расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос 1,2 м.
Ответ: 1 м.
6. На щель шириной 0,1 мм нормально падает монохроматический свет, соответствующий длине волны 0,7 мкм. Определите угол отклонения лучей, дающих первый дифракционный максимум.
Ответ: 36′
7. На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет длиной волны 0,6 мкм. Экран расположен 1 м от щели. Определите

расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от центрального максимума.

Ответ: 1,2 см.

8. Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу 30° соответствует максимум четвертого порядка для монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм.

Ответ: 250

9. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический пучок света с длиной волны 0,59 мкм, причем спектр третьего порядка наблюдается под углом $10^\circ 12'$. При какой длине световой волны дифракционный спектр первого порядка будет наблюдаться под углом $2^\circ 48'$?

Ответ: 0,49 мкм.

10. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,59 мкм. Под каким углом будут видны дифракционные максимумы первого и второго порядков, если решетка имеет 500 штрихов на см?

Ответ: $1^\circ 40'$; $3^\circ 24'$.

11. Угол между оптическими осями поляризатора и анализатора изменился от 30° до 45° . Определить изменение интенсивности прошедшего через них света.

Ответ: уменьшилась в 1,5 раза.

12. Определить, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два поляроида, угол между оптическими осями которых 60° .

Ответ: в 2 раза.

13. Интенсивность света после прохождения через поляризатор и анализатор уменьшилась в 4 раза. Найти угол между главными

плоскостями поляризатора и анализатора, если на поляризатор падал естественный свет.

Ответ: 45° .

Домашнее задание.

1. Определите во сколько раз изменится ширина интерференционных полос на экране, если зеленый светофильтр ($\lambda = 5 * 10^{-5} \text{ см}$) заменить красными ($\lambda = 6,5 * 10^{-5} \text{ см}$).

Ответ: 1,75.

2. Пучок монохроматического света с длиной волны 0,76 мкм падает нормально на щель, давая первый минимум под углом $14^\circ 30'$.

Определите ширину щели.

Ответ: 3 мкм.

3. Сколько штрихов на сантиметр имеет дифракционная решетка, если спектр 4-го порядка, даваемый ею при нормальном падении света с длиной волны 0,65 мкм, наблюдается под углом 6° .

Ответ: 400.

4. Определите, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два николя, угол между главными плоскостями которых 60° , а в каждом из николей теряется 8% интенсивности падающего на него света.

Ответ: 9,45.

5. На мыльную пленку с показателем преломления 1,33 под углом 45° падает параллельный пучок белого света. Определите, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый свет ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$).

Ответ: 0,13 мкм.

Тема 2: «Квантовые свойства света. Тепловые излучения. Фотоэффект»

Теоретический минимум.

1. Тепловые излучения. Тепловое равновесие.
2. Характеристики теплового излучения.
3. Закон Стефана-Больцмана.
4. Закон Вина.
5. Явление фотоэффекта.
6. Законы внешнего фотоэффекта.
7. Объяснения законов фотоэффектов квантовой теорией света.
Уравнение Эйнштейна.

Вопросы для самоконтроля.

1. Выберите правильное утверждение:
 - а) Тепловое излучение обусловлено нагреванием тела;
 - б) Тепловое излучение наступает при температуре теплового равновесия;
 - в) Тепловое излучение происходит за счет внутренней энергии вещества;
 - г) Тепловое излучение является равновесным процессом.
2. Для абсолютно черного тела:
 - а) Спектральная плотность энергетической светимости равна 0;
 - б) Спектральная плотность энергетической светимости равна 1;
 - в) Спектральная поглотительная способность равна 0;
 - г) Спектральная поглотительная способность равна 1.
3. Поглотительная способность тела равна 0,8. Чему равна его излучательная способность, если при той же температуре излучательная способность абсолютно черного тела равна $5 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$:

а) $6,25 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$; б) $0,16 * 10^{-7} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$; в) $4 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$; г) $5,8 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$.

4. Как и во сколько раз изменится энергетическая светимость абсолютно черного тела, если его термодинамическая температура уменьшится в 2 раза?:
- а) уменьшится в 16 раз;
 - б) увеличится в 16 раз;
 - в) уменьшится в 4 раза;
 - г) увеличится в 4 раза.
5. При возрастании температуры длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности излучательности черного тела:
- а) Возрастает;
 - б) Убывает;
 - в) Не изменяется.
6. При внешнем фотоэффекте с увеличением напряжения между электродами фототок
- а) Постепенно убывает;
 - б) Неограниченно возрастает;
 - в) Возрастает до некоторого значения;
 - г) Убывает до некоторого значения.
7. Если напряжение равно нулю, то фотоэффект:
- а) Не происходит;
 - б) Происходит;
 - г) Нельзя дать ответ.
8. При внешнем фотоэффекте число вырываемых в единицу времени электронов зависит от:
- а) Интенсивность света;
 - б) Частоты света;
 - в) Температуры вещества;

- г) Напряжения.
9. Начальная скорость фотоэлектронов зависит от:
- а) Интенсивности света;
 - б) Частоты света;
 - в) Температуры вещества;
 - г) напряжения.
10. Красная граница фотоэффекта определяет:
- а) Наименьшую интенсивность света, вызывающего фотоэффект;
 - б) Наибольшую интенсивность света, вызывающего фотоэффект;
 - в) наименьшую частоту излучения, вызывающего фотоэффект;
 - г) Наибольшую частоту излучения, вызывающего фотоэффект.
11. Согласно уравнению Эйнштейна:
- а) $\varepsilon = hv$;
 - б) $I_{\text{нас}} = en$;
 - в) $hv = A + \frac{mv^2}{2}$;
 - г) $hv = A + \frac{mv^2}{2}$.

Примеры решения задач.

Пример 1. Максимум энергии излучения черного тела при некоторой температуре приходится на длину волны 1 мкм. Вычислить излучательность тела при этой температуре.

Решение: Излучательность черного тела определим из закон Стефана-Болцмана:

$$R = \sigma T^4 \quad (1)$$

Из закона смещения Вина:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T} \quad (2)$$

Определим термодинамическую температуру:

$$T = \frac{b}{\lambda_{\text{max}}} \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), получим:

$$R = \sigma \left(\frac{b}{\lambda_{\text{max}}} \right)^4 \quad (4)$$

Вычислим:

$$R = 5,67 * 10^{-8} * \left(\frac{2,89 * 10^{-3}}{10^{-6}} \right) = 3,95 * 10^{-6} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Пример 2. Красная граница фотоэффекта для вольфрама 275 нм.

Определить работу выхода электрона из вольфрама и максимальную скорость электронов, вырываемых светом с длиной волны 180 нм.

Решение: Согласно уравнению Эйнштейна

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Исходя из условия, что для красной границы

$$\frac{mv^2}{2} = 0 \quad (2)$$

Получим:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} \quad (3)$$

Вычислим:

$$A = \frac{6,62 * 10^{-34} * 3 * 10^8}{2,75 * 10^{-7}} = 7,2 * 10^{-19} \text{ Дж} = \frac{7,2 * 10^{-19}}{1,6 * 10^{-19}} = 4,5 \text{ ЭВ}$$

Из уравнения Эйнштейна

$$v = \sqrt{\frac{2(hc - A\lambda)}{m\lambda}}$$

Вычислим:

$$v = \sqrt{\frac{2(6,62 * 10^{-34} * 3 * 10^8 - 7,2 * 10^{-19} * 1,8 * 10^{-7})}{9,1 * 10^{-31} * 1,8 * 10^{-7}}} = 9,1 * 10^5 \text{ м/с}$$

Задачи для решения в аудитории.

1. Определите температуру, при которой полная лучеиспускательная способность абсолютно черного тела составляет 10^4 Вт/м^2 .

Ответ: 648 К.

2. Определите, во сколько раз необходимо уменьшить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость ослабилась в 16 раз.

Ответ: 2.

3. Считая Солнце абсолютно черным телом, определите, сколько энергии оно излучает за 1 с. Температура солнечной поверхности 6000 К, радиус Солнца $6,95 \cdot 10^8$ м.

Ответ: $4,4 \cdot 10^{26}$ Дж.

4. На какую длину волны приходится максимум излучения абсолютно черного тела, имеющего температуру 37°C .

Ответ: 9,3 мкм.

5. При охлаждении абсолютно черного тела длина волны, соответствующая максимуму излучения, увеличилась от 0,4 до 0,7 мкм. Во сколько раз уменьшилась при этом лучеиспускательная способность тела.

Ответ: 9,4.

6. Найдите энергию кванта света, соответствующего длине волны 500 нм.

Ответ: $3,96 \cdot 10^{-19}$ Дж.

7. На поверхность серебристой пластинки падают ультрафиолетовые лучи ($\lambda=0,3$ мкм). Работа выхода электронов из серебра 4,7 эВ. Будет ли иметь место фотоэффект?

Ответ: нет.

8. Определите красную границу фотоэффекта для платины

($A_{\text{вых}} = 8,5 \cdot 10^{-19}$ Дж).

Ответ: 233 нм.

9. Количество движения электрона, имеющего скорость 1400 м/с, равно количеству движения фотона. Какой длине волны соответствует этот фотон?

Ответ: 0,52 мкм.

10. Человеческий глаз наиболее чувствителен к зеленому свету ($\lambda=0,55$ мкм), для которого порог чувствительности глаза соответствует 80

фотонам, падающим на сетчатку за 1 с. Какой мощности света соответствует этот порог?

Ответ: $2,9 \cdot 10^{-17}$ Вт.

Домашнее задание.

1. Длина волны, соответствующая максимуму излучения для Солнца 0,47 мкм. Определите температуру поверхности Солнца.
Ответ: 6160 К.
2. Определите лучеиспускательную способность Земли, считая Землю абсолютно черным телом с температурой поверхности 7°C .
Ответ: $3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.
3. Определите красную границу фотоэффекта для цезия ($A_{\text{цезия}} = 3,1 \cdot 10^{-19}$ Дж).
Ответ: 662 нм.
4. Определите энергию, массу и импульс фотона, соответствующего видимому свету ($\lambda = 0,6$ мкм).
Ответ: $3,31 \cdot 10^{-19}$ Дж; $3,7 \cdot 10^{-36}$ кг; $1,1 \cdot 10^{-27}$ кг * м/с.

Раздел 3. Атомная и ядерная физика

Тема 1: «Основы физики атома.

Теория атома водорода по Бору»

Теоретический минимум.

1. Ядерная модель строения атома (модель Резерфорда).
2. Несостоятельной ядерной модели строения атома. Дискретность энергетических состояний атома.
3. Постулаты Бора.

4. Спектр излучения атома водорода. Серии Бальмера, Лаймана, Пашена.
5. Энергетические уровни атома водорода.

Вопросы для самоконтроля.

1. Согласно ядерной модели Резерфорда:
 - а) Весь положительный заряд атома сосредоточен в ядре;
 - б) В атомном ядре сосредоточена меньшая часть массы атома;
 - в) Атомные ядра имеют малый размер по сравнению с объемом атома;
 - г) Заряд ядра равен по величине суммарному заряду электронов.
2. Атом излучает энергию:
 - а) Непрерывно и дает сплошной спектр;
 - б) Дискретно и дает сплошной спектр;
 - в) Непрерывно и дает линейчатый спектр;
 - г) Дискретно и дает линейчатый спектр.
3. В стационарном состоянии атом:
 - а) Только излучает энергию;
 - б) Только поглощает;
 - в) И излучает и поглощает;
 - г) Не излучает и не поглощает.
4. Атом излучает энергию:
 - а) Всегда;
 - б) При приближении электрона к ядру;
 - в) При удалении электрона от ядра;
 - г) При движении электрона вокруг ядра.
5. С увеличением квантового числа энергия атома:
 - а) Увеличивается;
 - б) Уменьшается;
 - в) Не изменяется.
6. Энергия атома при движении электрона по второй орбите $-3,38$ эВ. Электрон перешел со второй орбиты на первую, после чего энергия

атома стала равной $-13,55$ эВ. Излучение какой частоты соответствовало этому переходу:

- а) $10,17$ Гц;
 - б) $16,93$ Гц;
 - в) $2,46 \cdot 10^{15}$ Гц;
 - г) $67,32 \cdot 10^{-34}$ Гц.
7. Энергетическое состояние с $n=1$ называется:
- а) Нормальным;
 - б) Возбужденным;
 - в) Стационарным;
 - г) Определенным.

Задачи для решения в аудитории.

1. Найти радиусы первых двух электронных орбит в атоме водорода, скорость электрона на них.
Ответ: $5,3 \cdot 10^{-11}$ м; $2,12 \cdot 10^{-10}$ м; $2,19 \cdot 10^6$ м/с; $1,1 \cdot 10^6$ м/с.
2. Найти угловую скорость вращения электрона на первой орбите в атоме водорода.
Ответ: $4,1 \cdot 10^{16}$ рад/с.
3. При переходе электрона внутри атома с более высокого энергетического уровня на более низкий излучается квант света с энергией $1,98$ эВ. Определите длину волны излучения.
Ответ: 627 нм.
4. Электрон атома водорода переходит со второй орбиты на первую. Вычислите частоту и энергию излучения.
Ответ: $2,47 \cdot 10^{15}$ Гц; $10,22$ эВ.
5. Определите длину волны, соответствующий второй спектральной линии в серии Пашена.
Ответ: $1,28$ мкм.

6. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия и какая она по счету?

Ответ: 0,41 мкм; 4-я линия серии Бальмера.

7. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена.

Ответ: 1) 91 нм; 2) 364 нм; 3) 820 нм.

8. Определите кинетическую, потенциальную и полную энергию электрона на второй стационарной орбите атома водорода.

Ответ: $5,42 \cdot 10^6$ Дж; $-10,84 \cdot 10^{-19}$ Дж; $-5,42 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Домашнее задание.

1. Определите, на сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $4,86 \cdot 10^{-7}$ м.

Ответ: 2,56 эВ.

2. Электрон атома водорода переходит с четвертого энергетического уровня на второй. Найдите длину волны излучения.

Ответ: 486 нм.

3. Найдите период обращения электрона на первой орбите в атоме водорода.

Ответ: $1,5 \cdot 10^{-6}$ с.

4. Определите длину волны, соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.

Примеры решения задач.

Пример 1. Определить энергию фотона, излучаемого атомом водорода при переходе электрона с третьего энергетического уровня на первый, а также длину электромагнитной волны, соответствующую этому фотону.

Решение: Переход электрона атома водорода с отдаленной орбиты на внутреннюю связан с излучением кванта энергии:

$$\mathcal{E} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

Длина волны излучаемого света связана с номерами орбит до и после перехода соотношениям:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \quad (2)$$

Подставим в (2) $R = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$, $n_1 = 3$, $n_2 = 1$ и вычислим длину волны:

$$\frac{1}{\lambda} = 9,77 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$$

$$\lambda = 1,02 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 102 \text{ нм}$$

Тогда согласно формуле (1) энергия фотона:

$$\mathcal{E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,02 \cdot 10^{-7}} = 19,43 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 12,14 \text{ эВ}$$

Пример 2. Найти наименьшую и наибольшую длину волны спектральных линий водорода в видимой области спектра.

Решение: Длина волн спектральных линий водорода всех серий определяются формулой:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

При $k=1$, $n=2,3,4,\dots$ - серия Лаймана в ультрафиолетовой области;

При $k=2$, $n=3,4,5,\dots$ - серия Бальмера в видимой области;

При $k=3$, $n=4,5,6,\dots$ - серия Пашена в инфракрасной области.

Рассмотрим серию Бальмера. Очевидно, наименьшая длина волны спектральных линий этой серии будет при $n=\infty$. Тогда из (1) имеем:

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{R}{4};$$

$$\lambda_1 = \frac{4}{R} = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Наибольшая длина волны соответствует $n=3$:

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{5R}{36};$$

$$\lambda_2 = \frac{36}{5R} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

Таким образом, видимый спектр водорода лежит в интервале длин волн от 365 нм до 656 нм.

**Тема 2: «Строение ядра. Энергия связи ядра.
Дефект массы ядра. Явление радиоактивности»**

Теоретический минимум.

1. Строение ядра. Его характеристики.
2. Ядерные силы. Их свойства.
3. Энергия связи ядра. Дефект массы ядра.
4. Явление радиоактивности.
5. Закон радиоактивного распада. Правила смещения.
6. Физические основы ядерной энергетики.

Вопросы для самоконтроля.

1. Атомное ядро состоит из:
 - а) Протонов;
 - б) Нейтронов;
 - в) Электронов;
 - г) Ионов.
2. Число нейтронов в ядре технеция ${}_{99}^{43}\text{Tc}$ равно:
 - а) 43; б) 99; в) 56; г) 142.
3. Число нуклонов в ядре технеция ${}_{99}^{43}\text{Tc}$ равно:
 - а) 43; б) 99; в) 56; г) 142.
4. Между нуклонами в ядре атома действуют:
 - а) Гравитационные силы;
 - б) Электромагнитные силы;
 - в) Ядерные силы;
 - г) Особые силы.
5. Энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется:
 - а) Энергией ядра;
 - б) ядерной энергией;

- в) Энергией нуклона.
- г) Энергией связи ядра
6. Выберите верное утверждение:
- а) Масса атомного ядра меньше суммы масс нуклонов, составляющих ядро;
- б) Масса атомного ядра больше суммы масс нуклонов, составляющих ядро;
- в) Масса атомного ядра и масса всех нуклонов, составляющих ядро, одинаковы;
- г) При образовании отдельных нуклонов атомного ядра масс с системы изменяется.
7. При образовании ядра выделилась энергия 34,8 МэВ. Чему равен дефект массы ядра:
- а) 0,0696 а.е.м.;
- б) 60329 а.е.м.;
- в) $21,6 \cdot 10^{-8}$ а.е.м.;
- г) $194,4 \cdot 10^8$ а.е.м.
8. α -излучение представляет собой поток:
- а) Квантов электромагнитного излучения, испускаемых ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное;
- б) Ядер атомов гелия;
- в) Электронов;
- г) Протонов.
9. Естественное радиоактивное превращение ядер, происходящее самопроизвольно при радиоактивном излучении, называется:
- а) Свечением;
- б) Радиоактивностью;
- в) Дефектом;
- г) Радиоактивным распадом.

10. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяцу. Количество радиоактивных атомов уменьшается в 16 раз:
- Через 3 месяца;
 - Через 4 месяца;
 - Через 5 месяцев;
 - Через 6 месяцев.
11. Полоний ${}_{84}^{214}\text{Po}$ превращается в висмут ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ в результате:
- Одного α -распада и одного β -распада;
 - Одного α -распада и двух β -распада;
 - Двух α -распада и одного β -распада;
 - Четырех α -распада и одного β -распада;
12. Наиболее устойчивыми являются:
- Ядра легких элементов;
 - Ядра тяжелых элементов;
 - Ядра с большим числом протонов;
 - Ядра с большим числом нейтронов.
13. Ядерная энергетика основана на:
- Деление атомных ядер;
 - Синтез атомных ядер;
 - Деление и синтез атомных ядер.

Примеры решения задач.

Пример 1. Определите дефект массы и энергию связи ядра атома бора ${}_{5}^{10}\text{B}$.

Решение: Дефект массы ядра определяется по формуле:

$$\Delta m = z * m_p + (A - Z) * m_n - m_{\text{я}} \quad (1)$$

или:

$$\Delta m = z * m_{\frac{1}{2}\text{H}} + (A - Z) * m_n - m_{\text{я}} \quad (2)$$

Значение величин, входящих в (2), являются табличными:

$m_{\frac{1}{2}\text{H}} = 1,00783$ а. е. м., $m_n = 1,00867$ а. е. м., $m_a = 10,01294$ а. е. м.

Вычислив, получим:

$$\Delta m = 0,06956 \text{ а. е. м.}$$

Энергия связи ядра определяется по формуле:

$$E_{\text{св}} = \Delta m * c^2 \quad (3)$$

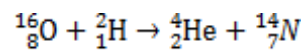
Или:

$$E_{\text{св}} = 931 * \Delta m \quad (4)$$

Подставив полученное значение Δm , вычислим:

$$E_{\text{св}} = 931 * 0,06956 = 64,8 \text{ МэВ}$$

Пример 2. Вычислить энергию ядерной реакции.



Выделяется или поглощается эта энергия?

Решение: Энергию ядерной реакции определим по формуле:

$$\Delta E = 931 * \Delta m, \quad (1)$$

Где Δ -изменение массы при реакции, то есть разность между массой частиц, вступающих в реакцию, и массы частиц, образовавшихся в результате реакции:

$$\Delta m = (m_{{}^{16}_8\text{O}} + m_{{}^2_1\text{H}}) - (m_{{}^4_2\text{He}} + m_{{}^{14}_7\text{N}}) \quad (2)$$

Пользуясь табличными значениями масс атомов, по формуле (2), находим:

$$\Delta m = 0,00334 \text{ а. е. м.}$$

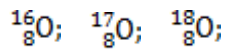
Вставив значения Δm в (1), получим:

$$\Delta E = 931 * 0,00334 = 3,11 \text{ МэВ.}$$

Так как масса исходных ядер больше массы ядер, образовавшихся в результате реакции, то ядерная реакция протекает с выделением энергии.

Задачи для решения в аудитории.

1. Определите число протонов и нейтронов, входящих в состав ядер изотопов кислорода:



2. Вычислите дефект массы, энергию связи, удельную энергию связи ядра изотопа кислорода ${}^{16}_8\text{O}$.

Ответ: 0,13709 а.е.м.; 127,63 МэВ; 7,98 МэВ/нуклон

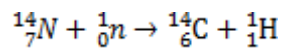
3. Определите, какая энергия в эВ соответствуют дефекту массы $3 \cdot 10^{-20}$ мг.

Ответ: 16825 эВ.

4. Определите энергию связи ядра атома гелия ${}^4_2\text{He}$.

Ответ: 28,4 МэВ.

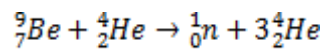
5. Найдите энергия атомной реакции



Выделяется или поглощается энергия?

Ответ: 0,62 МэВ; энергия выделяется.

6. Найдите энергию ядерной реакции



Ответ: -1,56 МэВ.

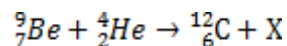
7. Ядро изотопа фосфора ${}^{32}_{15}\text{P}$ выбросило отрицательную -частицу. В какое ядро превратилось ядро фосфора?

Ответ: ${}^{32}_{16}\text{S}$.

8. В какой элемент превращается ${}^{238}_{92}\text{U}$ после трех α и двух β распадов?.

Ответ: ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.

9. Определите частицу, обозначенную буквой X в реакции:



Ответ: ${}^1_0\text{n}$.

10. Определите период полураспада радиоактивного изотопа, если $\frac{5}{8}$ начального количества ядер этого изотопа распалось за время 849 с.

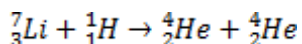
Ответ: 10 минут.

Домашнее задание.

1. Найдите энергию связи ядра ${}^7_3\text{Li}$.

Ответ: 37,71 МэВ.

2. Найдите энергию ядерной реакции



Ответ: 17,3 МэВ.

3. В какой элемент превращается радиоактивный изотоп ${}^8_3\text{Li}$ после одного β – и одного α –распада?

Ответ: ${}^4_2\text{He}$.

4. Период полураспада радиоактивного изотопа актиния ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ составляет 10 сут. Определите время, за которое распадется $\frac{1}{3}$ начального количества ядер актиния.

Ответ: 5,85 сут.

Подготовка к контрольной работе №2

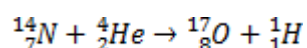
Примерный вариант контрольной работы №1

Вариант №1

1. Два заряда 30 нКл и -30 нКл расположены на расстоянии 25 см друг от друга. Найти напряженность и потенциал в точке, лежащей на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии 5 см от первого заряда.
2. Два длинных прямых параллельных проводника, по которым текут токи 0,2 А и 0,4 А, находятся на расстоянии 14 см. найти индукцию магнитного поля в точке, расположенной между проводниками на расстоянии 4 см от первого из них.
3. На дифракционную решетку нормально падает свет. При этом максимуму второго порядка для длины волны 0,65 мкм соответствует

угол 45° . найдите угол, соответствующий максимуму третьего порядка для длины волны $0,5 \text{ мкм}$.

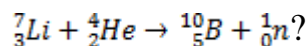
4. Фотон с длиной волны $0,2 \text{ мкм}$ вырывает с поверхности натрия фотоэлектрон, кинетическая энергия которого 2 эВ . Определите работу выхода и красную границу фотоэффекта.
5. Электрон в атоме водорода перенесся с четвертого энергетического уровня на второй. Определите длину волны испускаемого фотона.
6. Вычислите энергию ядерной реакции



Вариант №2

1. Два заряда -1 нКл и 2 нКл находятся на расстоянии 20 см один от другого. Найдите напряженность и потенциал поля, созданного этими зарядами, в точке, расположенной между зарядами на линии, соединяющей заряды на расстоянии 15 см . от первого из них.
2. Два длинных прямых параллельных проводника, по которым текут в противоположном направлениях токи $0,2 \text{ А}$ и $0,4 \text{ А}$, расположены на расстоянии 12 см . друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей посередине отрезка, соединяющего проводники.
3. Определить число штрихов на 1 мм . дифракционной решетки, если свет длиной волны 600 нм нормально падает на решетку и дает первое изображение щели на расстоянии $3,3 \text{ см}$. от центрального. Расстояние от решетки до экрана 110 см .
4. Работа выхода электронов с поверхности цезия $1,89 \text{ эВ}$. Определить кинетическую энергию фотоэлектронов, если металл освещен желтым светом длиной волны 589 нм .
5. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого электрического уровня на второй. Определить длину волны испускаемого фотона.

6. Найдите энергию ядерной реакции



Решение контрольной работы №2

(Вариант №2).

№	Алгоритм	Применение алгоритма к решению задачи
---	----------	---------------------------------------

1.

Два заряда -1 нКл и 2 нКл находятся на расстоянии 20 см один от другого. Найдите напряженность и потенциал поля, созданного этими зарядами, в точке, расположенной между зарядами на линии, соединяющей заряды на расстоянии 15 см. от первого из них.

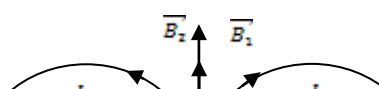
<u>1</u>	Краткое условие задачи	$q_1 = -1$ нКл $q_2 = 2$ нКл $l = 20$ см $r_1 = 15$ см	-10^{-9} Кл $2 \cdot 10^{-9}$ Кл $0,2$ м $0,15$ м	
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2; E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2; \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	1) $E = E_1 + E_2$ $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1^2} + \frac{q_2}{(l-r_1)^2} \right)$ 2) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{l-r_1} \right)$		

<u>5</u>	Вычисления	$E = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} * \left(\frac{10^{-9}}{0,15^2} + \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,05^2} \right) = 7,6 * 10^3 \text{ В/м} = 7,6 \text{ кВ/м}$ $\varphi = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} * \left(\frac{-10^{-9}}{0,15} + \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,05} \right) = 0,3 * 10^3 \text{ В} = 0,3 \text{ кВ}$
<u>6</u>	Ответ	7,6 кВ/м; 0,3 кВ.

2.

Два длинных прямых параллельных проводника, по которым текут в противоположном направлении токи 0,2 А и 0,4 А, расположены на расстоянии 12 см. друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей посередине отрезка, соединяющего проводники.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$I_1 = 0,2 \text{ А}$ $I_2 = 0,4 \text{ А}$ $l = 12 \text{ см}$ $r_1 = r_2 = 6 \text{ см}$ $B - ?$	0,12 м 0,06 м	
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$B = B_1 + B_2$ $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$		
<u>3</u>	Чертеж			



<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	$B = B_1 + B_2$ $B = \frac{\mu_0}{2\pi r_1} (I_1 + I_2)$
<u>5</u>	Вычисления	$B = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,06} * (0,2 + 0,4) = 2 * 10^{-6} \text{Тл} = 2 \text{мкТл}$
<u>6</u>	Ответ	2 мкТл.

3.

Определить число штрихов на 1 мм. дифракционной решетки, если свет длиной волны 600 нм нормально падает на решетку и дает первое изображение щели на расстоянии 3,3 см. от центрального. Расстояние от решетки до экрана 110 см.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$\lambda = 600 \text{ нм}$ $a = 3,3 \text{ см}$ $b = 110 \text{ см}$ $k = 1$ $l = 1 \text{ мм}$	$6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ $3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $1,1 \text{ м}$ 10^{-3} м	
		$N - ?$		
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$d \sin \varphi = k\lambda$ $d = l/n$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в	$\frac{l}{N} \sin \alpha = k\lambda$	$N = \frac{l \sin \varphi}{k\lambda}$	

	общем виде	Для малых углов φ $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{b}$ $N = \frac{Ia}{k\lambda b}$
<u>5</u>	Вычисления	$N = \frac{3,3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot 1,1} = 0,5 \cdot 10^2 = 50$
<u>6</u>	Ответ	50

4.

Работа выхода электронов с поверхности цезия 1,89 эВ. Определить кинетическую энергию фотоэлектронов, если металл освещен желтым светом длиной волны 589 нм.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$A_{\text{вых}} = 1,89 \text{ эВ}$ $\lambda = 589 \text{ нм}$ $E_{\text{к}} - ?$	$3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ $58,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$	
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}; \quad \frac{mv^2}{2} = E_{\text{к}} \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}$ $E_{\text{к}} = \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}$		
<u>5</u>	Вычисления	$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{58,9 \cdot 10^{-8}} - 3 \cdot 10^{-19} = 0,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$		
<u>6</u>	Ответ	$0,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$		

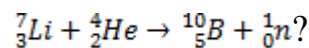
5.

Электрон в атоме водорода перешел с четвертого электрического уровня на второй. Определить длину волны испускаемого фотона.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$n_1 = 4$ $n_2 = 2$ $\lambda - ?$		
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в общем виде			
<u>5</u>	Вычисления	$\frac{1}{\lambda} = 1,1 * 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = 2,1 * 10^{-6} \text{ м}^{-1}$ $\lambda = 0,48 * 10^{-6} \text{ м} = 480 \text{ нм}$		
<u>6</u>	Ответ	480 нм		

6.

Найдите энергию ядерной реакции



<u>1</u>	Краткое условие задачи	${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}?$		
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\Delta E = 931 * \Delta m$		
<u>3</u>	Чертеж			

<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	$\Delta E = 931[m({}_3^7\text{Li}) + m({}_2^4\text{He}) - (m({}_5^{10}\text{B}) + m({}_0^1\text{n}))]$
<u>5</u>	Вычисление	$\Delta E = 931(7,01601 + 4,00260 - (10,01294 + 1,00867)) = 931(-0,03) = -2,793 \text{ МэВ}$ <p>$\Delta E < 0 \Rightarrow$ реакция идет с поглощением энергии</p>
<u>6</u>	Ответ	-2,793 МэВ

Глоссарий

Новое понятие	Определение
Абсолютно чёрное тело	Тело, способное поглощать полностью при любой температуре все падающее на него излучения любой частоты.
Взаимная индукция	Возникновение ЭДС индукции в одном из контуров при изменении силы тока в другом.
Дефект массы ядра	<p>Величина, на которую уменьшается масса всех нуклонов при образовании из них атомного ядра.</p> $\Delta m = Z \times m_p + (A - Z)m_n - m_x$
Дисперсия света	Зависимость скорости распространения волн в среде от их длины.
Дифракционная решетка	Система параллельных щелей равной ширины.
Дифракция света	Явление не прямолинейности распространения света вблизи преграды.

Интерференция света	Сложение когерентных волн, в результате которого в различных областях пространства наблюдается усиление или ослабление результирующей волны.
Когерентные волны	Волны, имеющие постоянную разность фаз.
Линия магнитной индукции	Линия, в каждой точке которой касательная совпадает с вектором магнитной индукции.
Линия напряженности	Линия, в каждой точке которой касательная совпадает с вектором напряженности электрического поля.
Магнитная индукция	Основная характеристика магнитного поля, численно равна максимальной силе Ампера, действующей на единичный элемент тока. $B = \frac{F_{Amax}}{I \cdot dl}$
Магнитное поле	Вид материи, посредством которого взаимодействуют движущиеся электрические заряды.
Напряжение	Разность потенциалов на полюсах источника тока, замкнутого внешней электрической цепью.
Напряженность электрического поля в некоторой точке.	Физическая величина, определяемая силой, с которой электрическое поле действует на пробный положительный заряд, помещенный в данную точку поля. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$
Однородный участок цепи	Участок цепи, на который не действуют сторонние силы.
Период полураспада	Время, за которое исходное число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое.

Плотность тока	<p>Физическая величина, определяемая силой тока, проходящего через единицу поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока.</p> $j = \frac{\Delta I}{\Delta S}$
Поляризованный свет	Свет, электрические колебания которого совершаются в одной плоскости.
Потенциал электрического поля в некоторой точке	<p>Физическая величина, определяемая потенциальной энергией пробного заряда в данной точке электрического поля.</p> $\gamma = \frac{E_n}{q_0}$
Поток вектора напряженности электрического поля сквозь некоторую поверхность	<p>Число линий напряженности электрического поля, пронизывающих данную поверхность.</p> $\Phi_E = \int E_n dS$
Пробный заряд	Заряд, не изменяющий картины исследуемого поля.
Радиоактивный распад	Естественное радиоактивное превращение ядер, происходящих самопроизвольно.
Разветвленная электрическая цепь	Электрическая цепь, состоящая из нескольких замкнутых контуров, имеющих общие участки.
Самоиндукция	Возникновение ЭДС индукции в контуре при изменении силы тока в нем.
Сила Ампера	<p>Сила, с которой магнитное поле действует на помещенный в него проводник с током.</p> $\vec{F}_A = I [\vec{l}, \vec{B}]$

Сила Лоренца	Сила, с которой магнитное поле действует на движущийся в нем электрический заряд. $\vec{F}_A = q[\vec{v}, \vec{B}]$
Сила тока	Количество электричества, проходящего через поперечное сечение проводника за единицу времени. $I = \frac{dq}{dt}$
Стационарное состояние атома	Движение электронов по стационарным орбитам.
Сторонние силы	Силы, действующие на носители тока со стороны источника тока.
Тепловое излучение	Свечение тел, обусловленное направлением (Совершается за счет внутренней энергии вещества).
Фотоэффект	Освобождение электронов от связей с атомами и молекулами вещества под действием электромагнитного излучения (бывает внутренним и внешним).
Электродвижущая сила источника тока	Отношение работы сторонних сил при перемещении точечного заряда вдоль всей цепи к заряду. $\mathcal{E} = \frac{A}{q}$
Электрический ток	Упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.
Электрическое поле	Вид материи, посредством которого взаимодействуют электрические заряды.
Электромагнитная волна	Распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле. Является поперечной, состоящей из двух совпадающих по фазе волны-электрической (\vec{E}) и магнитной (\vec{B}).
Электромагнитн	Возникновение в замкнутом проводнике электрического

ая индукция	тока, обусловленное изменением магнитного поля.
Элементарный заряд	Заряд, равный по величине заряду электрона. $(e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл})$
Энергия связи ядра	Энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны. $\Delta E = \Delta m \times c^2$
Ядерные силы	Силы, связывающие нуклоны в атомном ядре (намного превышают гравитационные, электрические, магнитные силы и не сводятся к ним).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Основные физические постоянные (значения округлённые)

Физическая величина	Обозначения	Числовые значения
Ускорение свободного падения	g	9,8м/с ²
Гравитационная постоянная	G	6,67× 10 ⁻¹¹ м ³ (кг× с ²)
Постоянная Авогадро	N_A	6,02× 10 ²³ моль ⁻¹
Молярная газовая постоянная	R	8,31Дж/(К× моль)
Постоянная Больцмана	k	1,38× 10 ⁻²³ Дж/К
Заряд электрона, протона	e	1,60× 10 ⁻¹⁹ Кл
Масса электрона	m_e	9,11× 10 ⁻³¹ кг
Масса протона	m_p	1,67× 10 ⁻²⁷ кг
Постоянная Фарадея	F	9,65× 10 ⁴ Кл/(кг× моль)
Скорость света в вакууме	c	3× 10 ⁸ м/с
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	5,67× 10 ⁻⁸ Вт/(м ² × К ⁴)

Постоянная Вина	b	$2,9 \times 10^{-3} \text{ м} \times \text{К}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \times 10^{-34} \text{ Дж} \times \text{с}$
Постоянная Ридберга	R	$1,1 \times 10^7 \text{ м}^{-1}$
Молярный объём газа при нормальных условиях	V_m	$22,4 \times 10^{-3} \text{ м}^3$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \times 10^{-7} \text{ Гн/м}$

Удельное сопротивление веществ, $10^{-8} \text{ Ом} \times \text{м}$

Алюминий....2,8	Медь.....1,7
Графит.....39,0	Никелин...40
Железо.....11	Нихром...100
Константан...50	

Диэлектрическая проницаемость

Вода.....81	Слюда....7
Воздух.....1,0006	Стекло...6
Керосин...2	Фарфор...5
Парафин...2	Эбонит...3

Масса покоя некоторых частиц, а.е.м.

Электрон.....0,00055	Нейтрон.....1,00867
Протон.....1,00728	α – частица4,00149

Масса нейтральных атомов некоторых изотопов, а.е.м.

Водород ${}^1_1\text{H}$...1,0083	Углерод ${}^{12}_6\text{C}$...12,00000
Водород ${}^3_1\text{H}$...2,01410	Углерод ${}^{14}_6\text{C}$...14,00324
Водород ${}^2_1\text{H}$...3,01605	Азот ${}^{13}_7\text{N}$...13,00574
Гелий ${}^3_2\text{He}$...3,01603	Азот ${}^{14}_7\text{N}$...14,00307
Гелий ${}^4_2\text{He}$...4,00260	Кислород ${}^{16}_8\text{O}$...15,99491

Литий ${}^6_3\text{Li} \dots 6,01513$

Кислород ${}^{17}_8\text{O} \dots 17,00453$

Литий ${}^6_3\text{Li} \dots 7,01601$

Фосфор ${}^{32}_{15}\text{P} \dots 32,02609$

Бериллий ${}^9_4\text{Be} \dots 9,01219$

Сера ${}^{32}_{16}\text{S} \dots 32,02793$

Бор ${}^{10}_5\text{B} \dots 10,01294$

Золото ${}^{197}_{79}\text{Au} \dots 197,03346$

Бор ${}^{10}_5\text{B} \dots 11,00930$

Уран ${}^{235}_{92}\text{U} \dots 235,04392$

Приставки для образования кратных и дольных единиц.

Приставки квадратных единиц	Отношение к основной единице	Обозначение русское	Приставки дольных единиц	Отношение к основной единице	Обозначение русское
Экса	10^{18}	Э	деци	10^{-1}	д
Пэта	10^{15}	П	санتي	10^{-2}	с
Тера	10^{12}	Т	милли	10^{-3}	м
Гига	10^9	Г	микро	10^{-6}	мк
Мега	10^6	М	нано	10^{-9}	н
Кило	10^3	к	пико	10^{-12}	п
Гекто	10^2	г	фемто	10^{-15}	ф
Дека	10^1	да	атто	10^{-18}	а

Литература

1. Айзензон, А.Е. Курс физики: учеб. пособие для студ. технич. вузов/А.Е. Айзензон. – М.: Высш. шк., 1996 – 462 с.: ил.
2. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: учеб. пособие для технич. вузов/В.С. Волькенштейн. – 10-е изд., стереотип. – М. – А.: Физматгиз, 1979. – 456 с.: ил.
3. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: учеб. Пос. - 3-е изд., перераб. – М: Наука, 2021.-416 с.
4. Сборник задач по физике: учеб пособие/Л.Л. Баканин, В.Е. Беннучкин, С.М. Козел, И.П. Мазанько; под ред. С.М. Козела. – 2-е изд., испр. – М.: Наука, 1990.-352с.
5. Сборник задач по физике : учеб пособие для с/х вузов/Под ред. Р.И. Грабовского. – М.: Высш. шк., 1975. – 127 с.: ил.
6. Татарников, В.М. Общая физика: магнетизм, оптика, квантовая физика, физика атомов: (конспекты лекций, лабораторные работы, задачи): учеб. Пособие для вузов/Татарников В.М. – 2-е изд., перераб. – Уссурийск: изд-во УГПИ, 2005-262с.: ил.
7. Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб пособие для инж.-технич. спец. вузов/Т.И. Трофимова. – 6-е изд., стереотип. – М.: Высш. шк., 1999. – 542 с.: ил.
8. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для студ. вузов/Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Высш. шк., 2022.- 591 с.: ил.

Здор Дмитрий Валерьевич

Физика. Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика:
Методические указания для практических занятий и самостоятельной
работы обучающихся по направлению 06.03.01 Биология

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44