

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**
МИИТ

Одобрено кафедрой
«Физика и химия»

ФИЗИКА

Задания на контрольные работы № 1 и № 2
с методическими указаниями
для студентов 1 курса
направления: 190401.65 «Эксплуатация железных дорог»
специальностей: Магистральный транспорт железных дорог,
Безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта

Составители: док. физ.-мат. наук, доц. Шулиманова З.Л.

Рецензент: канд. тех. наук, доц. Климова Т.Ф.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений профессиональной деятельности специалистов специальности «Организация и управление процессами перевозок и управления на железнодорожном транспорте» является организация и управление технической и технологической эксплуатацией железнодорожных транспортных систем.

Основой современной техники и технологии являются фундаментальные законы физики, знание которых позволяет изучать и анализировать информацию, технические данные, показатели и результаты работы транспортных систем, использовать возможности современных информационно-компьютерных технологий при управлении перевозками в режиме реального времени.

Решение задач по курсу общей физики позволяет применять физические явления и законы в практических приложениях, что способствует выработке аналитического инженерного мышления и формированию естественнонаучного мировоззрения.

Данные методические указания направлены на оказание помощи студентам заочной формы обучения при самостоятельной работе по изучению физики.

В пособии приведены основные формулы всех разделов общей физики, даны примеры решения типовых задач и методические указания по оформлению.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Проверкой степени усвоения теоретических знаний по физике является умение решения физических задач. Прежде чем решать задачи контрольной работы студент должен ознакомиться с основными формулами, типовыми примерами решения некоторых задач, указанных в методическом пособии.

Правила оформления контрольной работы и решения задач:

1. Каждая контрольная работа оформляется в отдельной тетради, на обложке которой приводятся сведения о студенте (фамилия, имя, отчество, факультет, шифр, номер специальности), а также номер контрольной работы.

2. Решение каждой задачи начинается на отдельном листе.
3. Все задачи решаются в системе СИ.
4. Условие задачи переписывается полностью без сокращений.
5. Кратко записываются данные задачи в тех единицах, которые указаны в условии и производится перевод размерности величин в СИ (если это необходимо) и указываются величины, которые нужно определить.
6. В большей части задач необходимо выполнять чертежи или рисунки с обозначением всех величин. Рисунки выполняются аккуратно, используя чертежные инструменты.

7. В решении указываются явления и законы, которые используются для решения с записью соответствующих формул.
8. С помощью этих законов, учитывая условие задачи, нужно получить необходимые расчетные формулы.
9. Вывод формул и решение задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.
10. Получив расчетную формулу, необходимо проверить её размерность (размерность должна совпадать с размерностью искомой физической величины);

Пример проверки размерности:

$$[v] = [GM/R]^{1/2} = \{[M^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}] \cdot [\text{кг}] \cdot [M^{-1}]\}^{1/2} = (M^2/\text{с}^2)^{1/2} = M/\text{с}.$$

11. Основные физические законы, которыми следует пользоваться при решении задач (выводах расчетных формул), приведены в данном методическом пособии.
12. После проверки размерности полученных формул проводится численное решение задачи (вычисления).
13. Вычисления следует проводить по правилам приближенных вычислений с точностью, соответствующей точности исходных числовых данных условия задачи с привлечением табличных значений некоторых физических величин (если это необходимо).
14. После вычислений необходимо записать ответ с указанием вычисленного значения искомой величины.
15. В конце контрольной работы нужно указать учебники, учебные пособия, использованные студентом при решении задач, дату сдачи контрольной работы и поставить свою подпись.
16. Контрольная работа сдается студентом на кафедру за две недели до начала экзаменационной сессии по данному предмету для проверки её преподавателем, который по результатам проверки, осуществляет допуск к защите контрольной работы.
17. Если контрольная работа не допускается к защите, студент производит **работу над ошибками в той же тетради** и сдает её на повторное рецензирование.

18. Во время защиты контрольной работы студент должен быть готов устно дать исчерпывающие пояснения к решению всех задач или решить предложенные тестовые задачи по той же тематике.

19. Выбор задач производится по таблице вариантов по следующей схеме:

Номера первых четырёх задач выбираются из варианта, соответствующего последней цифре шифра студента, номера двух последних – из варианта, соответствующего предпоследней цифре шифра.

Например, для шифра 1101-Д- 1259 первые четыре задачи берут из 9 варианта, а пятую и шестую – из 5 варианта.

Контрольная работа №1

Таблица 1

| Варианты | Номера задач | | | | | |
|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
| 1 | 101 | 111 | 121 | 131 | 141 | 151 |
| 2 | 102 | 112 | 122 | 132 | 142 | 152 |
| 3 | 103 | 113 | 123 | 133 | 143 | 153 |
| 4 | 104 | 114 | 124 | 134 | 144 | 154 |
| 5 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 | 155 |
| 6 | 106 | 116 | 126 | 136 | 146 | 156 |
| 7 | 107 | 117 | 127 | 137 | 147 | 157 |
| 8 | 108 | 118 | 128 | 138 | 148 | 158 |
| 9 | 109 | 119 | 129 | 139 | 149 | 159 |

Тематика задач

100-109 - кинематика поступательного и вращательного движения;

110-119 - динамика поступательного и вращательного движения;

120-129 - законы сохранения и механическая работа;

130-139 - закон Кулона, напряженность и потенциал электростатического поля;

140-149 - постоянный электрический ток, законы Ома;

150-159 - магнитное поле, сила Ампера и сила Лоренца, явление электромагнитной индукции.

Контрольная работа № 2

Таблица 2

| Варианты | Номера задач | | | | | |
|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 |
| 1 | 201 | 211 | 221 | 231 | 241 | 251 |
| 2 | 202 | 212 | 222 | 232 | 242 | 252 |
| 3 | 203 | 213 | 223 | 233 | 243 | 253 |
| 4 | 204 | 214 | 224 | 234 | 244 | 254 |
| 5 | 205 | 215 | 225 | 235 | 245 | 255 |
| 6 | 206 | 216 | 226 | 236 | 246 | 256 |
| 7 | 207 | 217 | 227 | 237 | 247 | 257 |
| 8 | 208 | 218 | 228 | 238 | 248 | 258 |
| 9 | 209 | 219 | 229 | 239 | 249 | 259 |

Тематика задач

- 200-209 - механические колебания и волны;
210-219 - интерференция, дифракция и поляризация световых волн;
220-229 - законы теплового излучения, фотоэффект и эффект Комптона;
230-239 - законы идеального газа, уравнение состояния идеального газа;
240-249 - первое начало термодинамики, цикл Карно;
250-259 - ядерные реакции, энергия связи и дефект масс.

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т р о ф и м о в а Г.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2007.
2. Т р о ф и м о в а Г.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2002(2001)
3. Т р о ф и м о в а Г.И. Физика в таблицах и формулах – М.: Дрофа, 2002.
4. Т р о ф и м о в а Г.И. Краткий курс физики. – М.: Высшая школа, 2001.
5. Д м и т р и е в а В.Ф., П р о к о ф ь е в В.Ф. Основы физики. – М.: Высшая школа, 2002.
6. Я в о р с к и й А.А., Д е т л а ф Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2002.
7. Т р о ф и м о в а Г.И., П а в л о в а З.Г. Сборник задач по общему курсу физики с решениями. – М.: Высшая школа, 2001.
8. В о л ь к е н ш т е й н В.С. Сборник задач по курсу физики. – СПб.: СпецЛит, 2001.
9. И з е р г и н а Е.Н., П е т р о в Н.И. Все решения к «Сборнику задач по общему курсу физики» В.С.Волькенштейн. – М.: Олимп, 2003.
10. Ч е р т о в А.Г., В о р о б ь ё в А.А. Задачник по физике. – М.: Высшая школа, 2001.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

Кинематика поступательного движения

- Кинематические уравнения движения

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t), \text{ где } t - \text{ время};$$

- Средняя скорость

$$\langle \vec{V} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \text{ где } \Delta \vec{r} - \text{ перемещение материальной точки}$$

за время Δt ;

- Средняя путевая скорость

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \text{ где } \Delta S - \text{ путь, пройденный материальной точкой}$$

за время Δt ;

- Мгновенная скорость

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \text{ где } \vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} - \text{ радиус вектор};$$

- Проекция скорости \vec{V} на оси координат x, y, z

$$V_x = \frac{dx}{dt}, V_y = \frac{dy}{dt}, V_z = \frac{dz}{dt};$$

- Модуль скорости

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2};$$

- Мгновенное ускорение

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}, \text{ где } \vec{V} = V_x\vec{i} + V_y\vec{j} + V_z\vec{k};$$

- Проекция ускорения на оси координат x, y, z

$$a_x = \frac{dV_x}{dt}, a_y = \frac{dV_y}{dt}, a_z = \frac{dV_z}{dt};$$

- Модуль ускорения

$$V = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2};$$

- Ускорение при криволинейном движении (по дуге окружности)

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t, \text{ где } \vec{a}_n - \text{ нормальное ускорение, направленное}$$

по радиусу к центру окружности;

$$\vec{a}_t - \text{ тангенциальное ускорение, направленное}$$

по касательной к точке окружности;

- Модули ускорений

$$a_n = \frac{V^2}{R}, \quad a_t = \frac{dV}{dt}, \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}; \quad R - \text{радиус окружности};$$

- Уравнения равномерного и равнопеременного движений

$$V = \text{const}, a = 0, \quad x = Vt \quad - \text{равномерное движение};$$

$$a = \text{const}, V = V_0 \pm at, \quad x = V_0t \pm \frac{at^2}{2} \quad - \text{равнопеременное движение};$$

“+” - равноускоренное, “-” - равнозамедленное.

- Движение тела вертикально вверх

$$V = V_0 - gt, \quad h = V_0t - \frac{gt^2}{2},$$

где $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения у поверхности Земли;
 h - высота подъёма.

- Движение тела вертикально вниз

$$V = V_0 + gt, \quad h = V_0t + \frac{gt^2}{2}.$$

Кинематика вращательного движения

Положение твёрдого тела (при заданной оси вращения) задается углом поворота φ .

- Кинематическое уравнение вращательного движения

$$\varphi = \varphi(t); \quad (\text{пример } \varphi = 2t^2 + 4(t-1) - 5)$$

- Мгновенная угловая скорость

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt};$$

- Угловое ускорение

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt};$$

- Связь линейных характеристик с угловыми

$$V = \omega R, \quad a_n = R\omega^2, \quad a_t = \varepsilon R, \quad a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2};$$

- Уравнения равномерного и равнопеременного вращений

$$\omega = \text{const}, \varepsilon = 0, \quad \varphi = \omega t \quad - \text{равномерное вращение};$$

$$\varepsilon = \text{const}, \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t, \quad \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad - \text{равнопеременное вращение};$$

- Частота и период вращения:

$$\text{Частота (число оборотов в единицу времени)} \quad \nu = \frac{N}{t},$$

$$\text{период (время одного полного оборота)} \quad T = \frac{1}{\nu},$$

циклическая (круговая) частота $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $\omega = 2\pi\nu$, $\varphi = 2\pi N$, где N – число оборотов.

Динамика поступательного движения материальной точки

Динамика – раздел механики, изучающий движение материальной точки (тела) с учетом сил, действующих на неё (него) со стороны других тел и полей.

- Уравнение движения (второй закон Ньютона)

$$m\vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n, \quad \text{где } m - \text{масса, } \vec{F} - \text{сила.}$$

- Импульс материальной точки (тела)

$$\vec{p} = m\vec{V}, \quad \text{где } \vec{V} - \text{скорость движения;}$$

- Второй закон Ньютона с учетом импульса

$$\frac{dp}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad \frac{d(m\vec{V})}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i;$$

- Второй закон Ньютона в скалярной форме

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = F, \quad \Delta p = F\Delta t, \quad \text{где } \Delta p = p_2 - p_1 - \text{изменение импульса;}$$
$$F\Delta t - \text{импульс силы.}$$

Виды сил

- Сила гравитационного взаимодействия (закон всемирного тяготения)

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$ - гравитационная постоянная, r - расстояние между материальными точками.

- Ускорение свободного падения у поверхности планет

$$g = G \frac{M}{R^2},$$

где M - масса планеты, R – радиус планеты.

Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Ускорение свободного падения для тел, поднятых над Землей на высоту h

$$g = G \frac{M}{(R+h)^2}.$$

- Сила тяжести

$$\vec{F}_T = m\vec{g},$$

- Сила упругости (закон Гука)

$$F = -kx, \quad \sigma = E\varepsilon = E \frac{\Delta l}{l},$$

где x - изменение размеров тела (удлинение), k - коэффициент упругости, $\sigma = \frac{F}{S}$ - напряжение в теле, возникающее за счет действия силы, S - площадь поперечного сечения тела, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{l - l_0}{l}$ - относительное удлинение, E - модуль Юнга (модуль упругости).

- Сила реакции опоры - обозначается \vec{N} .

Если материальная точка находится на горизонтальной поверхности, то $N = mg$;

- Сила трения скольжения

$$\vec{F} = \mu \vec{N}, \quad \text{где } \mu - \text{коэффициент трения};$$

- Работа, совершаемая силой \vec{F} , направленной под углом φ к горизонту

$$A = (\vec{F} \Delta \vec{r}), \quad A = F \Delta r \cos \varphi,$$

где Δr - перемещение материальной точки под действием силы, φ - угол между векторами силы и перемещения;

- Мощность

$$\langle P \rangle = \frac{A}{\Delta t} - \text{средняя мощность}; \quad P = \frac{dA}{dt}, P = FV \cos \varphi - \text{мгновенная мощность};$$

V - скорость движения.

- Кинетическая энергия материальной точки

$$E_k = \frac{mV^2}{2}, \quad E_k = \frac{p^2}{2m}; \quad \text{где } p - \text{импульс};$$

- Потенциальная энергия материальной точки, находящейся в гравитационном поле Земли

$$E_{II} = mgh, \quad \text{где } h - \text{высота подъёма};$$

- Потенциальная энергия сжатой (или растянутой) пружины

$$E_{II} = \frac{kx^2}{2}; \quad \text{где } x - \text{изменение размеров тела.}$$

- Законы сохранения:

Закон сохранения импульса $\vec{p} = const, m\vec{V} = const$ для замкнутых систем.

Закон сохранения энергии $E_{II} + E_k = const$ для замкнутых систем;

- Законы сохранения для абсолютно упругого и неупругого ударов:

Абсолютно упругий удар

$$\text{Закон сохранения импульса } m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = m_1 \vec{V}_1' + m_2 \vec{V}_2';$$

$$\text{Закон сохранения энергии } m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2 = m_1 V_1'^2 + m_2 V_2'^2;$$

Абсолютно неупругий удар

Закон сохранения импульса $m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = (m_1 + m_2)\vec{V}$;

Закон сохранения энергии $m_1V_1^2 + m_2V_2^2 = (m_1 + m_2)V^2$;

Динамика вращательного движения твердого тела

- Момент инерции относительно оси вращения

а) материальной точки $J = mr^2$,

где m - масса точки, r - расстояние до оси вращения;

б) твёрдого тела, состоящего из материальных точек

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 ;$$

- Моменты инерции некоторых тел правильной геометрической формы

| Форма тела | Ось, относительно которой определяется момент инерции | Формула |
|---|---|-------------------|
| Круглый однородный диск (цилиндр) радиусом R и массой m | Проходит через центр диска перпендикулярно плоскости основания | $\frac{mR^2}{2}$ |
| Тонкое кольцо, обруч, труба радиусом R и массой m , маховик радиусом R и массой m , распределённой по ободу | Проходит через центр перпендикулярно плоскости основания | mR^2 |
| Однородный шар радиусом R и массой m | Проходит через центр шара | $\frac{2mR^2}{5}$ |
| Однородный тонкий стержень массой m и длиной L | 1. Проходит через центр тяжести стержня перпендикулярно стержню | $\frac{mL^2}{12}$ |
| | 2. Проходит через конец стержня перпендикулярно стержню | $\frac{mL^2}{3}$ |

- Теорема Штейнера (момент инерции относительно произвольной оси)

$$J = J_C + ma^2 ,$$

где J_C - момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс,

a - расстояние оси вращения до оси, проходящей через центр масс.

- Момент силы \vec{F}

$$\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}], \quad M = Fl ,$$

где l - плечо силы (перпендикуляр, опущенный от оси вращения на линию действия силы), F - модуль силы;

- Момент количества движения (момент импульса)

$$L = J\omega, \quad \omega - \text{угловая скорость (циклическая частота)};$$

- Закон сохранения момента количества движения для двух взаимодействующих тел

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 = J_1'\omega_1' + J_2'\omega_2'.$$

где $J_1, J_2, \omega_1, \omega_2$ - моменты инерции и угловые скорости тел до взаимодействия;
 $J_1', J_2', \omega_1', \omega_2'$ - моменты инерции и угловые скорости тел после взаимодействия;

- Основное уравнение динамики вращательного движения

$$M = J\varepsilon, \quad M = \frac{dL}{dt},$$

где ε - угловое ускорение;

- Кинетическая энергия вращающегося тела

$$E_k = \frac{J\omega^2}{2};$$

- Кинетическая энергия тела, которое катится по плоскости

$$E_k = \frac{mV_c^2}{2} + \frac{J_c\omega^2}{2},$$

где V_c - скорость центра масс, J_c - момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс.

- Работа момента сил M

$$A = M\varphi, \quad \text{где } \varphi - \text{угол поворота тела.}$$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

- Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

где F - сила взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2 , находящихся на расстоянии r друг от друга; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ - электрическая постоянная, ε - диэлектрическая проницаемость среды (для воздуха $\varepsilon = 1$);

- Напряженность электрического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \quad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{q}{r^2};$$

где q_0 - положительный точечный заряд, помещенный в точку поля, в которой определяют напряжённость.

- Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n;$$

В случае двух полей $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha}$, α - угол между \vec{E}_1 и \vec{E}_2 ;

- Поток вектора напряжённости через замкнутую поверхность

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS;$$

где E_n - проекция вектора напряжённости на нормаль к поверхности, dS - элемент поверхности.

- Теорема Гаусса.

Поток вектора напряжённости через замкнутую поверхность, охватывающую заряды q_1, q_2, \dots, q_n , равен

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{\epsilon_0};$$

- Потенциал электрического поля

$$\varphi = \frac{W_p}{q}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q}{r}, \quad \varphi = \frac{A}{q},$$

где W_p - потенциальная энергия электрического поля; A - работа по перемещению положительного точечного заряда из данной точки в бесконечность;

- Работа поля по перемещению заряда из одной точки поля в другую

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2);$$

- Для однородного электрического поля

$$E = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{d},$$

где d - расстояние между эквипотенциальными поверхностями.

Конденсаторы. Электрическая ёмкость.

- Электроёмкость конденсатора или уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{\Delta\varphi};$$

- Электроёмкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d},$$

где S - площадь пластин, d - расстояние между пластинами, ϵ - диэлектрическая проницаемость диэлектрика между пластинами конденсатора;

- Электроёмкость шарового конденсатора

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R, \quad R - \text{радиус шара (сферы)};$$

- Электроёмкость плоского конденсатора, заполненного n слоями диэлектрика (слоистый конденсатор)

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d_1/\varepsilon_1 + d_2/\varepsilon_2 + \dots + d_n/\varepsilon_n};$$

- Электроёмкость последовательно соединенных конденсаторов

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n},$$

В случае двух конденсаторов

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2};$$

- Электроёмкость параллельно соединенных конденсаторов

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

В случае n одинаковых конденсаторов $C = nC_1$.

- Энергия заряженного конденсатора

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

Постоянный электрический ток

- Сила постоянного тока

$$I = \frac{q}{t}, \quad t - \text{ время};$$

- Сопротивление однородного проводника

$$R = \rho \frac{L}{S},$$

где S – площадь поперечного сечения проводника; L - длина проводника; ρ - удельное сопротивление.

- Сопротивление последовательно соединенных n проводников

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n;$$

- Сопротивление параллельно соединенных n проводников

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n},$$

Для двух проводников $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2};$

- Закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}, \quad U - \text{ напряжение на концах проводника};$$

- Закон Ома для замкнутой цепи (содержащей источник тока)

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

где ε - электродвижущая сила (эдс) источника, r – внутреннее сопротивление источника тока;

- Работа на участке цепи

$$A = IUt = I^2 Rt, \quad t - \text{ время};$$

- Мощность тока

$$P = \frac{A}{t} = IU;$$

- Закон Джоуля –Ленца

$$Q = I^2 Rt = IUt,$$

где Q – количество теплоты, выделившееся в участке цепи за время t .

Магнитное поле постоянного тока

- Вектор магнитной индукции

$$\vec{B} = \frac{M_{\text{мех}}}{\vec{P}_m},$$

где $M_{\text{мех}}$ - механический момент контура с током, $\vec{P}_m = IS\vec{n}$ - магнитный момент контура с током, S - площадь контура, \vec{n} - нормаль к поверхности;

- Закон Био-Савара-Лапласа

Модуль вектора $d\vec{B}$

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl,$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная, μ - магнитная проницаемость среды, dl - длина элемента проводника, r - расстояние от середины элемента проводника до точки, в которой определяется магнитная индукция, α - угол между элементом проводника dl и r ;

- Принцип суперпозиции магнитных полей

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n;$$

В случае двух полей $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1 B_2 \cos \varphi}$;

φ - угол между \vec{B}_1 и \vec{B}_2 ;

- Сила Ампера (сила, действующая на проводник с током в магнитном поле)

$$F_A = BIl \sin \alpha,$$

где I – сила тока, B - магнитная индукция, l - длина проводника, α - угол между l и \vec{B} ;

- Сила Лоренца (сила, действующая со стороны магнитного поля на заряд, движущийся со скоростью \vec{V})

$$F_{Л} = |q|VB \sin \alpha ,$$

где α - угол между \vec{V} и \vec{B} ;

- Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt}, \quad \varepsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1,$$

где ε_i - электродвижущая сила индукции, N – число витков контура, Φ – магнитный поток, пронизывающий поверхность, ограниченную контуром, ψ - потокосцепление;

- Потокосцепление контура

$$\psi = LI ,$$

где L – индуктивность контура, I - сила тока.

- Электродвижущая сила самоиндукции

$$\varepsilon_c = -L \frac{dI}{dt}, \quad \varepsilon_c = -L \frac{\Delta I}{\Delta t};$$

- Индуктивность соленоида

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l} = \mu_0 \mu n^2 V .$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Контрольная работа №1

Задача 1. Зависимость пройденного пути S от времени t выражается уравнением $S = At + Bt^2 + Ct^3$, где $A = 2\text{ м/с}$, $B = 3\text{ м/с}^2$, $C = 4\text{ м/с}^3$. Определите для момента времени $t = 2\text{ с}$ после начала движения: 1) пройденный путь; 2) скорость; 3) ускорение.

Дано:

Решение

$$S = At + Bt^2 + Ct^3,$$

$$A = 2\text{ м/с}$$

$$B = 3\text{ м/с}^2$$

$$C = 4\text{ м/с}^3$$

$$t = 2\text{ с}$$

Найти: S -? V -? a -?

1) Для нахождения пройденного пути подставим значение времени $t=2\text{ с}$ в кинематическое уравнение движения $S = S(t)$.

2) Находим скорость движения. По определению мгновенная скорость – это производная пути по времени

$V = \frac{dS}{dt}$ поэтому дифференцируем исходное уравнение по времени:

$$V = \frac{d}{dt}(At + Bt^2 + Ct^3) = A + 2Bt + 3Ct^2 .$$

3) Находим ускорение движения. По определению мгновенное ускорение – это производная скорости по времени

$a = \frac{dV}{dt}$, поэтому дифференцируем полученное уравнение

для скорости:

$$a = \frac{d}{dt}(A + 2Bt + 3Ct^2) = 2B + 6Ct.$$

Проверяем размерность:

$$\left[\frac{dV}{dt} \right] = \frac{m}{c} + \frac{m \cdot c}{c^2} + \frac{m \cdot c^2}{c^3} = \frac{m}{c},$$

$$\left[\frac{dV}{dt} \right] = \frac{m}{c^2} + \frac{m \cdot c}{c^3} = \frac{m}{c^2}.$$

Вычисления

$$S = 2 \cdot 2 + 3 \cdot 4 + 4 \cdot 8 = 46(m)$$

$$V = 2 + 2 \cdot 3 \cdot 2 + 3 \cdot 4 \cdot 4 = 56(m/c)$$

$$a = 2 \cdot 3 + 6 \cdot 4 \cdot 2 = 54(m/c^2)$$

Ответ: $S = 46m$, $V = 56m/c$, $a = 54m/c^2$.

Задача 2. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением $\varphi = A + Bt^3$ ($A = 2 \text{ рад}$, $B = 4 \text{ рад}/c^3$). Определить для точек на ободе колеса: 1) нормальное ускорение a_n в момент времени $t = 2c$; 2) тангенциальное ускорение a_t в тот же момент времени; 3) угол поворота φ , при котором полное ускорение составляет с радиусом колеса угол $\alpha = 45^\circ$.

| Дано: | Решение |
|--------------------------------|--|
| | По определению нормальное ускорение вычисляется |
| $R = 0,1m$ | по формуле $a_n = w^2 R$, а $w = \frac{d\varphi}{dt}$, поэтому найдем w : |
| $A = 2 \text{ рад}$ | $w = \frac{d}{dt}(A + Bt^3) = 3Bt^2$, тогда $a_n = 9B^2 t^4 R$. |
| $B = 4 \text{ рад}/c^2$ | Тангенциальное ускорение $a_t = \varepsilon R$, $\varepsilon = \frac{dw}{dt}$ - угловое |
| $\varphi = A + Bt^3$ | ускорение: $\varepsilon = \frac{d}{dt}(3Bt^2) = 6Bt$, тогда $a_t = 6BtR$. |
| $t = 2c$ | Так как $\alpha = 45^\circ$, следовательно $tg\alpha = 1$, т.е. $tg\alpha = \frac{a_t}{a_n} = 1$, |
| $\alpha = 45^\circ$ | откуда $a_t = a_n$, $9B^2 t^4 = 6Bt \Rightarrow t^3 = \frac{2}{3B}$. Подставляем |
| $a_n = ?, a_t = ? \varphi = ?$ | полученное выражение для t^3 в выражение для φ : |
| | $\varphi = A + B \frac{2}{3B} = A + \frac{2}{3}.$ |

Проверка размерности

$$I_n \stackrel{-}{=} \frac{c^4 \cdot M}{c^6} = \frac{M}{c^2}, \quad I_t \stackrel{-}{=} \frac{c \cdot M}{c^3} = \frac{M}{c^2}.$$

Вычисления

$$a_n = 9 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 0,1 = 230 (M/c^2), \quad a_t = 6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,1 = 4,8 (M/c^2), \quad \varphi = 2 + \frac{2}{3} = 2,67 (\text{рад}).$$

Ответ: $a_n = 230 M/c^2$, $a_t = 4,8 M/c^2$, $\varphi = 2,67 \text{ рад}$.

Задача 3. Автомобиль движется вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью 20 м/с. Определить путь, пройденный автомобилем до остановки и время его движения, если коэффициент трения $\mu = 0,3$, а угол наклона $\alpha = 15^\circ$.

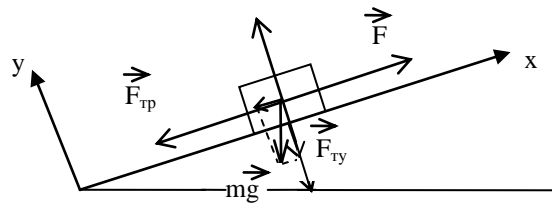
Дано

$$V_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,3$$

$$\alpha = 15^\circ$$

Решение



S - ?, t -?

Автомобиль движется вверх и останавливается, т.е. движение равнозамедленное. Конечная скорость равна нулю $V = 0$. Ось X направлена вдоль наклонной плоскости вверх, ось Y – перпендикулярно наклонной плоскости.

При равнозамедленном движении $S = V_0 t - \frac{at^2}{2}$, $V = V_0 - at$, т.к. $V = 0$, следовательно $V_0 = at$, откуда выразим время t: $t = \frac{V_0}{a}$.

Подставим данное выражение в формулу для пройденного пути, находим

$$S = V_0 \frac{V_0}{a} - \frac{a V_0^2}{2a^2} = \frac{V_0^2}{2a}.$$

Вычисляем ускорение a , с которым движется автомобиль, используя второй закон Ньютона.

На автомобиль действуют три силы: сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$, сила реакции опоры \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{TP} = \mu\vec{N}$.

Записываем второй закон Ньютона в векторной форме $m\vec{a} = \vec{F}_T + \vec{N} + \vec{F}_{TP}$.

Проецируем это уравнение на оси ОХ и ОУ:

ОХ: $-ma = -F_{TX} - F_{TP}$,

ОУ: $0 = N - F_{TY}$, откуда $F_{TY} = N = mg \cos \alpha$, тогда $F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$.

Проекция силы тяжести на ось ОХ равна $F_{TX} = mg \sin \alpha$.

Получаем $ma = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$, откуда $a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

Подставляем найденное выражение для ускорения в выражения для определения искомым величин :

$$S = \frac{V_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}, \quad t = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$

Проверяем размерность

$$\left[\frac{m^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot m} \right] = m, \quad \left[\frac{m \cdot c^2}{c \cdot m} \right] = c.$$

Вычисления

$$S = \frac{400}{2 \cdot 9,81(\sin 15^\circ + 0,5 \cdot \cos 15^\circ)} = \quad t = \frac{20}{9,81(\sin 15^\circ + 0,5 \cdot \cos 15^\circ)} =$$

Ответ:

Задача 4. Вентилятор вращается с частотой $\nu = 600$ об/мин. После выключения он начал вращаться равнозамедленно и, сделав $N=50$ оборотов, остановился. Работа A сил торможения равна 31,4 Дж. Определить момент сил торможения M и момент инерции J вентилятора.

| Дано | Решение |
|-----------------------------------|--|
| $\nu = 600$ об/мин $= 10$ об/с | По определению работа $A = M\varphi$ (1), где M – момент тормозящей силы, φ - угол поворота. |
| $N=50$ | $\varphi = 2\pi N$. Из (1) выражаем M : $M = \frac{A}{\varphi} = \frac{A}{2\pi N}$. |
| $A = 31,4$ Дж | Для нахождения момента инерции записываем основное уравнение вращательного движения $M = J\varepsilon$, откуда |
| $M=?$ $J=?$ | $J = \frac{M}{\varepsilon}$ (2), где ε - угловое ускорение. Найдем ε , используя то, что вентилятор вращается равнозамедленно. При равнозамедленном вращении $\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}$, $\omega = \omega_0 - \varepsilon t$. |

Так как вентилятор останавливается $w = 0$, следовательно $w_0 = \varepsilon t \Rightarrow \varepsilon = \frac{w_0}{t}$. По

определению $w_0 = 2\pi\nu$. $\varphi = w_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2} = w_0 t - \frac{w_0 t \cdot t}{2t} = \frac{w_0 t}{2} = 2\pi N$, откуда находим

время вращения вентилятора до полной остановки $t = \frac{4\pi N}{w_0} = \frac{4\pi N}{2\pi\nu} = \frac{2N}{\nu}$,

$\varepsilon = \frac{2\pi\nu^2}{2N} = \frac{\pi\nu^2}{N}$, подставляя это выражение в (2), получаем $J = \frac{MN}{\pi\nu^2}$.

Проверка размерности $\frac{\text{Дж} \cdot \text{с}^2}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}} = \text{кг} \cdot \text{м}^2$

Вычисления

$$M = \frac{31,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,1(\text{Дж}), \quad J = \frac{0,1 \cdot 50}{3,14 \cdot 100} = 1,59 \cdot 10^{-2}(\text{кг} \cdot \text{м}^2) .$$

Ответ: $M = 0,1 \text{ Дж}$, $J = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Задача 5. Платформа в виде диска радиусом $R = 1 \text{ м}$ вращается по инерции с частотой $\nu_1 = 6 \text{ мин}^{-1}$. На краю платформы стоит человек, масса которого $m = 80 \text{ кг}$. С какой частотой ν_2 будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы $J = 120 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

Дано:

$$R = 1 \text{ м};$$

$$\nu_1 = 6 \text{ мин}^{-1} = 0,1 \text{ с}^{-1};$$

$$m_1 = 80 \text{ кг};$$

$$J_2 = 120 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\nu_2 = ?$$

Решение.

Человек вместе с платформой составляет замкнутую механическую систему, поэтому момент импульса этой системы должен иметь постоянное значение.

Момент импульса системы в первом случае, когда человек стоял на краю платформы

$$L_1 = \omega_1 J_1 + \omega_1 J_2 = \omega_1 (J_1 + J_2), \quad (1)$$

где $\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot \nu_1$ - угловая скорость вращения платформы и человека в первом случае, J_1 - момент инерции человека, J_2 - момент инерции платформы.

Момент инерции человека можно определить по формуле:

$$J_1 = m_1 \cdot R^2.$$

Когда человек перейдет в центр платформы, момент инерции человека станет равным нулю (расстояние до оси вращения $R=0$), следовательно, во втором случае момент импульса человека станет равным нулю.

Момент импульса системы во втором случае

$$L_2 = \omega_2 J_2,$$

где $\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot \nu_2$ - угловая скорость вращения платформы во втором случае.

Запишем закон сохранения импульса:

$$\begin{aligned} \vec{L}_1 &= \vec{L}_2; \\ 2 \cdot \pi \cdot \nu_1 (m_1 \cdot R^2 + J_2) &= 2 \cdot \pi \cdot \nu_2 \cdot J_2; \\ \nu_1 (m_1 \cdot R^2 + J_2) &= \nu_2 \cdot J_2; \\ \nu_2 &= \frac{\nu_1 (m_1 R^2 + J_2)}{J_2}; \end{aligned}$$

Производим проверку размерности расчетной формулы:

$$\left[\frac{1}{c} \cdot (кг \cdot м^2 + кг \cdot м^2) \right] = \frac{1}{c}.$$

Вычисление:

$$\nu_2 = \frac{0,1 \cdot (0 + 120)}{120} \approx 0,17 c^{-1}.$$

Ответ: если человек перейдет в центр платформы, платформа будет вращаться с частотой равной $0,17 c^{-1}$.

Задача 6. Два точечных заряда $6,7$ нКл и $(-13,2)$ нКл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Найти напряженность электрического поля в точке, расположенной на расстоянии 3 см от положительного заряда и 4 см от отрицательного.

Дано:

$$q_1 = 6,7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -13,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Решение

$$r = 0,05\text{ м}$$

$$r_1 = 0,03\text{ м}$$

$$r_2 = 0,04\text{ м}$$

Е - ?

Электрическое поле создается двумя зарядами, поэтому напряженность в данной точке поля находим по принципу суперпозиции для напряженности.

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

Поскольку заряды q_1 и q_2 точечные, то по определению их напряженности вычисляются по формулам $E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r_1^2}$, $E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r_2^2}$ (2).

Из условия задачи следует, что угол между векторами \vec{E}_1 и \vec{E}_2 прямой. Тогда результирующую напряженность можно найти по теореме Пифагора $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ (3). Подставляем формулы (2) в (3)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4}}.$$

Проверка размерности $E = \frac{\text{Кл} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \Phi} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{м} \cdot \text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}.$

Вычисления

$$E = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \sqrt{\frac{(6,7 \cdot 10^{-9})^2}{(0,03)^4} + \frac{(-13,2 \cdot 10^{-9})^2}{(0,04)^4}} = 101 \cdot 10^3 \text{ (В/м)}$$

Ответ: $E = 101 \text{ кВ/м.}$

Задача 7. Циклотрон предназначен для ускорения протонов до энергии 5 МэВ. Определить наибольший радиус орбиты, по которой движется протон, если индукция магнитного поля $B = 1 \text{ Тл.}$

| Дано : | Решение |
|--|--|
| $E_k = 5 \text{ МэВ} = 8 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$ $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $B = 1 \text{ Тл}$ $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ | Протон движется в циклотроне по спиральной орбите, состоящей из полуокружностей с постепенно увеличивающимся радиусом. В магнитном поле на него действует сила Лоренца $F_L = qBV \sin \alpha,$ так как движение происходит перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} , то |
| <p>R - ?</p> | |

угол $\alpha = 90^\circ$, $\sin 90^\circ = 1$, тогда $F_{\perp} = qBV$. Протон движется по окружности с ускорением $a = a_n = \frac{V^2}{R}$. Второй закон Ньютона в скалярной форме запишется $ma_n = F_{\perp}$, $\frac{mV^2}{R} = qVB$, откуда $R = \frac{mV}{qB}$.

По определению кинетическая энергия $E_k = \frac{mV^2}{2} = \frac{p^2}{2m} = \frac{(mV)^2}{2m} \Rightarrow mV = \sqrt{2mE_k}$, тогда искомый радиус окружности $R = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$

Проверка размерности $\left[\frac{\text{кг} \cdot \text{Дж}}{\text{Кл}^2 \cdot \text{Тл}^2} \right] = \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot \text{А}^2 \cdot \text{м}^4}{\text{Кл}^2 \cdot \text{Дж}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^3}{\text{с}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Н}} = \text{м}^2$

Вычисления

$$R = \frac{\sqrt{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 8 \cdot 10^{-13}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1} = 0,32(\text{м}).$$

Ответ: $R = 0,32\text{м}$.

Контрольная работа №1

ЗАДАЧИ

100. Два тела начали одновременно двигаться равноускоренно: одно с начальной скоростью 5 м/с и ускорением 1,5 м/с², другое без начальной скорости с ускорением 2,5 м/с². Построить графики их движений и по графикам определить, через сколько времени оба тела будут иметь одинаковую скорость и какой путь пройдет каждое тело за это время.

101. Маховик, вращающийся со скоростью 120 об/мин, останавливается в течение 1,5 мин. Определить сколько оборотов сделает маховик до полной остановки и с каким угловым ускорением он останавливается.

102. Движение материальной точки задано уравнением $x = At + Bt^2$, где $A = 4$ м/с, $B = -0,05$ м/с². Определить момент времени, в который скорость материальной точки равна нулю. Найти координату и ускорение в этот момент. Построить графики зависимости координаты, пути, скорости и ускорения этого движения от времени.

103. Точка движется по окружности радиусом $R = 2$ см. Зависимость пути от времени дается уравнением $s = Ct^3$, где $C = 0,1$ см/с³. Найти нормальное a_n и тангенциальное a_t ускорение точки в момент, когда линейная скорость точки $V = 0,3$ м/с.

104. Период вращения одного колеса вдвое меньше периода другого колеса, а его радиус втрое больше радиуса другого колеса. Сравнить нормальные ускорения для точек обода обоих колёс.

105. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$. Определите: 1) скорость \vec{V} , 2) ускорение \vec{a} , 3) модуль скорости в момент времени $t = 2c$.

106. Мяч падает на плоскую поверхность с высоты 20м и вновь подпрыгивает на высоту 5м. Чему равна скорость мяча в момент падения на площадку? Сколько времени проходит от начала падения до момента достижения им точки наивысшего подъёма? Какова скорость мяча в момент отрыва его от площадки?

107. Поезд отошёл от станции с ускорением 20 см/с^2 . Достигнув скорости 36 км/час, он стал двигаться равномерно в течение 2 мин, а затем, затормозив, прошёл до остановки 100 м. Найти среднюю скорость поезда. Построить график зависимости скорости от времени.

108. Мяч брошен вертикально вверх с балкона, находящегося на высоте 25м над Землей, со скоростью 20 м/с. Найти скорость мяча в момент его приземления.

109. Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением $a_t = 0,5 \text{ м/с}^2$. Определить полное ускорение точки на участке кривой с радиусом кривизны $R = 3\text{м}$, если точка движется на этом участке со скоростью $V = 2 \text{ м/с}$.

110. Груз массой 50 кг с помощью каната поднимают вертикально вверх на высоту 10 м в течение 2с. Считая движение груза равноускоренным, определите силу упругости каната во время подъёма.

111. Средняя высота движения спутника над поверхностью Земли равна 1700км. Определите скорость обращения спутника вокруг Земли. (Считать радиус Земли равным 6400км).

112. Тонкий однородный стержень длиной $l = 50\text{см}$ и массой 400г вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 3\text{рад/с}^2$ около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определить вращающий момент M .

113. Два груза массой 200 г и 300г подвешены к нерастяжимой невесомой нити, переброшенной через неподвижный блок. С каким ускорением движется система грузов? Чему равна сила упругости нити, соединяющей грузы?

114. Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращался с частотой $\nu = 8\text{с}^{-1}$. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой $F = 40\text{ Н}$, под действием которой вал остановился через 10 с. Определить коэффициент трения μ .

115. Поезд массой 500 т, двигавшийся по горизонтальному участку пути со скоростью 13 м/с остановился под действием постоянной силы трения равной 100 кН. Сколько времени потребовалось для торможения?

116. Платформа в виде диска радиусом 1 м вращается по инерции с частотой $\nu = 6\text{ мин}^{-1}$. На краю платформы стоит человек массой 80 кг. С какой частотой ν_1 будет вращаться платформа, если человек перейдет в её центр? Момент инерции платформы $J = 120\text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

117. Найти силу тяги, которую развивает мотор автомобиля, движущегося в гору с постоянным ускорением 1 м/с^2 . Масса автомобиля равна $1,0 \cdot 10^3\text{ кг}$. Уклон прямолинейной трассы составляет 1 м на 25 м пути. Коэффициент трения 0,1.

118. Расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны меньше массы Земли в 81 раз. В какой точке прямой, соединяющей их центры, тело будет притягиваться с одинаковой силой?

119. Маховик в виде диска массой 50 кг и радиусом 20 см был раскручен до частоты вращения $\nu = 480\text{ мин}^{-1}$ и затем предоставлен самому себе. Вследствие трения маховик остановился. Найти момент M сил трения, если маховик до полной остановки сделал 120 оборотов.

120. Поезд массой 500 т поднимается равномерно со скоростью 36 км/ч по уклону 1 м на 10 м пути. Коэффициент трения 0,002. Определить мощность, развиваемую локомотивом поезда.

121. Два шара массами 6 кг и 4 кг движутся вдоль одной прямой со скоростями 8 м/с и 3 м/с. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютно неупругого удара, если: 1) первый шар догоняет второй, 2) шары движутся навстречу друг другу.

122. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он двигался со скоростью 36 км/ч в направлении противоположном движению снаряда?

123. Какую работу нужно произвести, чтобы маховику массой $m = 0,6 \text{ т}$, распределенной по ободу диаметром $d = 1,6 \text{ м}$, сообщить вращение с частотой $\nu = 240 \text{ об/мин}$?

124. Пуля массой 10 г , летящая со скоростью 800 м/с , пробила доску толщиной 8 см . После этого скорость пули уменьшилась до 400 м/с . Найти среднюю силу сопротивления, с которой доска действовала на пулю.

125. Тело массой $0,5 \text{ кг}$ брошено вертикально вверх со скоростью 10 м/с . Чему равна работа силы тяжести: а) при подъёме на максимальную высоту, 2) при его падении до первоначального уровня?

126. При подвешивании груза массой 15 кг пружина динамометра растянулась до максимального деления шкалы. Жесткость пружины 10000 Н/м . Какая работа была совершена при растяжении пружины?

127. Баба копра массой 500 кг падает на сваю массой 120 кг со скоростью 4 м/с . Определить КПД удара бабы копра о сваю. Удар неупругий.

128. С какой скоростью вылетит из пружинного пистолета шарик массой 10 г , если пружина была сжата на $x = 5 \text{ см}$. Жесткость пружины 200 Н/м ?

129. Определите массу однородного сплошного диска, насаженного на ось, к ободу которого приложена постоянная касательная сила $F = 40 \text{ Н}$, если через 5 с после начала действия силы его кинетическая энергия составляла $2,5 \text{ кДж}$.

130. Даны два шарика массой 1 г каждый. Какой заряд нужно сообщить каждому шарика, чтобы сила взаимного отталкивания зарядов на шариках уравновесила гравитационную силу взаимного притяжения шариков? Шарики находятся в вакууме.

131. В две вершины равностороннего треугольника со стороной $a = 0,1 \text{ м}$ помещены точечные заряды $+10^{-4} \text{ Кл}$ и -10^{-4} Кл . Определите значение напряжённости поля в третьей вершине.

132. Два одинаковых металлических шарика имеющих заряды $9 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ и $3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, приведены в соприкосновение и разведены на прежнее расстояние. Определить отношение модулей сил взаимодействия шариков до и после соприкосновения.

133. Шар радиусом $2,5 \text{ м}$ зарядили до потенциала 80 В . Найти потенциал поля в точке, отстоящей от поверхности шара на расстоянии $1,5 \text{ м}$.

134. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = +8 \text{ нКл}$ и $q_2 = -5,3 \text{ нКл}$ равно 40 см. Вычислить напряженность E поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряжённость, если второй заряд будет положительным?

135. Два шарика с зарядами $8 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ и $5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ находятся на расстоянии 0,4 м друг от друга. До какого расстояния их можно сблизить, если совершить работу $2,7 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$?

136. Определить напряженность электрического поля в точке, удалённой на расстояние 0,10 м от точечного заряда, если в точке, удалённой от него на 0,05 м напряженность равна 40 В/м.

137. Свинцовый шарик диаметром 0,5 см помещён в глицерин. Определить заряд шарика, если в однородном электростатическом поле шарик оказался взвешенным в глицерине. Электростатическое поле направлено вертикально вверх, и его напряжённость $E = 4 \text{ кВ/м}$. Плотность свинца $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$, плотность глицерина $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$.

138. Конденсатор ёмкостью 0,02 мкФ соединили с источником тока, в результате чего он приобрёл заряд 10^{-8} Кл . определите значение напряжённости поля между пластинами конденсатора, если расстояние между ними 5 мм.

139. Двигаясь между двумя точками в электрическом поле, электрон приобрёл скорость равную $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Чему равно напряжение (разность потенциалов) между этими точками?

140. К сети напряжением 120 В присоединяются два сопротивления. При их последовательном соединении ток в цепи равен 3 А, а при параллельном соединении суммарный ток равен 16 А. Найти величину сопротивлений R_1 и R_2 .

141. Два параллельно соединенных резистора с сопротивлениями $R_1 = 40 \text{ Ом}$ и $R_2 = 10 \text{ Ом}$ подключены к источнику тока с ЭДС 10 В. Ток в цепи равен 1 А. Найти внутреннее сопротивление источника тока и ток короткого замыкания $I_{кз}$.

142. Участок электрической цепи составлен из трех кусков провода одинаковой длины, изготовленных из одного и того же материала, соединенных последовательно. Сечения кусков провода равны 1 мм^2 , 2 мм^2 и 3 мм^2 . Разность потенциалов на концах участка 12 В. Найти разность потенциалов на каждом куске провода.

143. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС каждого элемента 1,2 В, внутреннее сопротивление 0,2 Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление 1,5 Ом. Найти силу тока во внешней цепи.

144. ЭДС батареи 12 В. При силе тока равном 4 А КПД батареи составляет 60%. Определить внутреннее сопротивление батареи.

145. Проводник длиной 50 см и площадью поперечного сечения 0,2 мм² изготовлен из материала с удельным сопротивлением $1,2 \cdot 10^{-6}$ Ом·м и подключен к источнику тока, ЭДС которого 4,5 В и внутреннее сопротивление 3 Ом. Найти напряжение на концах проводника и значение напряжённости электрического поля в нём.

146. Цепь состоит из источника тока с ЭДС равной 4,5 В и внутренним сопротивлением 1,5 Ом и проводников сопротивлением $R_1=4,5$ Ом и $R_2=3$ Ом, соединенных последовательно. Определить напряжение на проводнике R_2 . Чему равна работа, совершаемая током в проводнике R_1 за 20 мин?

147. Во сколько раз необходимо изменить диаметр сечения подводящих проводников, чтобы потери мощности в них сократились в 2 раза?

148. Электродпечь должна давать количество тепла $Q = 100,6$ кДж за время 10 мин. Какова должна быть длина нихромовой проволоки сечением $S = 5 \cdot 10^{-7}$ м², которая служит нагревателем печи, если печь предназначена для электросети напряжением 16 В? Удельное сопротивление нихрома $\rho=1,1$ мкОм·м.

149. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока $I_1= 30$ А мощность во внешней цепи $P_1= 180$ Вт, а при силе тока $I_2= 10$ А Эта мощность равна $P_2= 200$ Вт.

150. Прямой провод длиной 40 см движется в однородном магнитном поле со скоростью 5 м/с под углом 45° к линиям индукции. Разность потенциалов между концами провода равна 0,6 В. Вычислить индукцию B магнитного поля.

151. Круговой проволочный виток площадью 20 см² находится в однородном магнитном поле, индукция которого равномерно изменяется на 0,1 Тл за 0,4 с. Плоскость витка перпендикулярна линиям индукции. Чему равна ЭДС индукции, возникающая в проводнике?

152. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции со скоростью $V = 5 \cdot 10^6$ м/с. Индукция магнитного поля равна $2 \cdot 10^{-2}$ Тл. Определить радиус кривизны траектории движения

электрона. Величина заряда электрона и его масса равны соответственно $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

153. Рамка, сила тока в которой 0,5 А, помещена в однородное магнитное поле таким образом, что на неё действует максимальный момент сил 0,01 Н·м. Площадь рамки 0,1 м². Вычислите значение вектора магнитной индукции магнитного поля. Какая из величин, приведённых в условии, изменится и во сколько раз, если силу тока в рамке увеличить вдвое?

154. Найти модуль и направление индукции магнитного поля, в котором горизонтально расположенный проводник длиной 20 см и массой 4 г может висеть в воздухе, когда по нему течёт ток 10 А. Архимедову силу не учитывать.

155. В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции влетает электрон с кинетической энергией $4,8 \cdot 10^{-15}$ Дж. Какова индукция магнитного поля, если радиус кривизны траектории движения электрона равен 5,8 см? Величина заряда электрона и его масса равны соответственно $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

156. Прямой провод длиной 30 см движется в однородном магнитном поле со скоростью 6 м/с под углом 30° к линиям индукции. Разность потенциалов U между концами проводника равна 0,4 В. Вычислить индукцию B магнитного поля.

157. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U=0,5$ кВ, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии $r=1$ см от него. Определите силу, действующую на электрон, если через проводник пропустить ток $I=10$ А.

158. Соленоид диаметром 3 см, имеющий $N=600$ витков, помещён в магнитное поле, индукция которого изменяется со скоростью 1 мТл/с. Ось соленоида составляет с вектором магнитной индукции угол $\alpha=30^\circ$. Определите ЭДС индукции, возникающей в соленоиде.

159. В магнитное поле, изменяющееся по закону $B = B_0 \cos \omega t$ ($B_0 = 0,1$ Тл, $\omega = 4\pi \cdot 10^4$ с⁻¹), помещена квадратная рамка со стороной 50 см, причём нормаль к рамке образует с направлением поля угол $\alpha = 45^\circ$. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени $t = 5$ с.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №2

Механические колебания и волны

- Уравнение гармонических колебаний

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где A – амплитуда колебаний, ω – циклическая частота, t – время, φ_0 – начальная фаза колебаний, $(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний;

- Циклическая частота

$$\omega = 2\pi\nu, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu} \text{ - период колебаний;}$$

- Скорость точки, совершающей гармонические колебания

$$V = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0);$$

$$V_{\max} = A\omega$$

- Ускорение точки, совершающей гармонические колебания

$$a = \frac{dV}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x;$$

$$|a_{\max}| = A\omega^2$$

- При сложении колебаний одного направления и одинаковой частоты – результирующая амплитуда колебаний находится по формуле:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}$$

- начальная фаза результирующего колебания

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{A_1 \sin \varphi_{01} + A_2 \sin \varphi_{02}}{A_1 \cos \varphi_{01} + A_2 \cos \varphi_{02}};$$

- Дифференциальное уравнение колебаний материальной точки

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0;$$

- Период колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};$$

где m – масса груза, k – коэффициент упругости пружины

- Период колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где g – ускорение свободного падения, l – длина нити маятника;

- Период колебаний физического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}},$$

где L – приведённая длина физического маятника, J – момент инерции,

l - расстояние от точки подвеса до центра масс маятника;

- Полная энергия гармонических колебаний

$$E = \frac{mA^2\omega^2}{2};$$

- Уравнение плоской волны

$$y(x,t) = A\cos(\omega t - kx),$$

где $k = \frac{\omega}{V}$ - волновое число, V - модуль скорости распространения волны;

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \lambda - \text{длина волны}, \quad V = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu;$$

- Разность фаз колебаний точек, отстоящих друг от друга на расстоянии Δx

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} = \frac{2\pi(x_2 - x_1)}{\lambda};$$

- Эффект Доплера для звуковых волн

$$\nu = \frac{V_{зв} \pm U_{пр}}{V_{зв} \mp U_{ист}} \nu_0,$$

где ν - частота звуковых колебаний, воспринимаемая движущимся приемником, ν_0 - частота звуковых колебаний, испускаемых источником;

Оптика

- Скорость света в среде

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

где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ - скорость света в вакууме, n - абсолютный показатель преломления;

- Закон отражения света – угол падения равен углу отражения

- Закон преломления света

$$\frac{\sin i}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12},$$

где i - угол падения, β - угол преломления. $n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ - относительный показатель преломления второй среды относительно первой;

- Условие образования максимума освещенности при интерференции световых волн

$$\Delta = \pm m\lambda,$$

где $m = 0, 1, 2, \dots$ - номер максимума, Δ - оптическая разность хода, λ - длина волны.

- Условие образования минимума освещенности при интерференции световых волн

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

где λ - длина волны, $(2m+1)=0,1,2,\dots$ - номер минимума, Δ - оптическая разность хода;

- Условие образования максимума освещенности при дифракции световых волн

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda,$$

где d - постоянная решетки, $m=0,1,2,\dots$ - номер максимума, $\Delta = d \sin \varphi$ - оптическая разность хода;

- Условие образования главных минимумов освещенности при дифракции световых волн

$$a \sin \varphi = \pm m \lambda,$$

где a - ширина щели решетки, $m=0,1,2,\dots$ - номер минимума, $\Delta = a \sin \varphi$ - оптическая разность хода;

- Условие образования дополнительных минимумов освещенности при дифракции световых волн

$$d \sin \varphi = \pm(2m+1)\lambda/2,$$

где d - постоянная решетки, $(2m+1)=0,1,2,\dots$ - номер минимума, $\Delta = d \sin \varphi$ - оптическая разность хода;

- Закон Малюса (интенсивность плоскополяризованного света)

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

где I - интенсивность света, прошедшего через анализатор, I_0 - интенсивность света, падающего на поляризатор;

- Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_2}{n_1} = n_{12};$$

где i_B - угол, при котором отраженный луч полностью поляризован;

Квантовая оптика

- Закон Стефана-Больцмана (закон теплового излучения)

$$R_\lambda = \sigma T^4.$$

где R_λ - энергетическая светимость чёрного тела, T - абсолютная температура, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}^4$ - постоянная;

- Закон смещения Вина (закон теплового излучения)

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}, b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К};$$

- Закон Вина (закон теплового излучения)

$$(r_{\lambda,T})_{\max} = CT^5,$$

где $(r_{\lambda,T})_{\max}$ - максимальная спектральная плотность энергетической светимости, $C = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}^5$ - постоянная;

- Закон внешнего фотоэффекта (формула Эйнштейна)

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mV_{\max}^2}{2},$$

где $A_{\text{вых}}$ - работа выхода электрона из металла, $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ - энергия фотона;

- Красная граница фотоэффекта (максимальная длина волны или минимальная частота, при которой ещё возможен фотоэффект)

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}, \quad \nu_0 = \frac{A_{\text{вых}}}{h};$$

- Эффект Комптона

$$\lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2}, \quad \lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos \theta), \quad \lambda_c = \frac{h}{m_0 c},$$

где λ' - длина волны рассеянного фотона, λ - длина волны падающего фотона, m_0 - масса покоя электрона, c - скорость света, λ_c - комptonовская длина волны;

Молекулярная физика и термодинамика

- Законы идеального газа:

- изотермический ($T = \text{const}$), $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1};$

- изобарический ($P = \text{const}$), $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2};$

- изохорический ($V = \text{const}$), $\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2};$

- адиабатический ($\delta Q = 0$), $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$, $\gamma = C_p / C_v$ - показатель адиабаты.

- Уравнение состояния идеального газа

$$PV = \frac{m}{\mu} RT,$$

где m, μ - соответственно, масса газа и молярная масса газа, $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ - универсальная газовая const, T - абсолютная температура;

- Первое начало термодинамики

$$\delta Q = dU \pm \delta A, Q = \Delta U \pm A,$$

где Q -количество теплоты, ΔU – изменение внутренней энергии, A - работа газа (над газом);

- Применение первого начала к изопроцессам:

- изотермический ($T=\text{const}$) $\Delta U=0$, $Q = A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$;

- изобарический ($P=\text{const}$) $A = P\Delta V = P(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R\Delta T$,

$$Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T, \quad \Delta U = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T ;$$

- изохорический ($V=\text{const}$) $A=0$, $\Delta U = Q = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T$,

- адиабатический ($\delta Q = 0$) $\Delta U = -A = -\frac{m}{\mu} C_v \Delta T$,

где $C_v = \frac{i}{2} R, C_p = \frac{i+2}{2} R$ - удельные теплоемкости при постоянном объёме и давлении, i – число степеней свободы молекулы; для одноатомной молекулы $i = 3$, для двухатомной - $i = 5$, для трёхатомной и многоатомной - $i = 6$.

- Цикл Карно – замкнутый цикл, состоящий из двух изотерм и двух адиабат. Коэффициент полезного действия цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

где Q_1 - полученная теплота от нагревателя, Q_2 - теплота, переданная холодильнику, T_1 - температура нагревателя, T_2 - температура холодильника.

Атомное ядро. Ядерные реакции

- Ядро обозначается символом ${}^A_Z X$, где z - зарядовое число (число протонов в ядре), A – массовое число (число нейтронов и протонов в ядре); число нейтронов в ядре $N = A - Z$.

- Закон радиоактивно распада

$$N = N_0 \exp(-\lambda t) ,$$

где N – число нераспавшихся ядер за время t , N_0 - начальное число ядер,

λ - постоянная распада, $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$, $T_{1/2}$ - период полураспада (время, за

которое распадается половина исходного числа ядер);

- Активность изотопа

$$A = A_0 \exp(-\lambda t) ;$$

- Дефект массы Δm ядра (разность между суммой масс свободных нейтронов и протонов и массой, образовавшегося из них ядра)

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_n ;$$

- Энергия связи ядра

$$E_{св} = \Delta mc^2 ,$$

Если энергия выражена в мегаэлектрон-вольтах (МэВ), а масса в атомных единицах (а.е.м.), то $c^2 = 931,4$ МэВ/а.е.м.

- Энергия ядерной реакции

$$Q = c^2[(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)] ,$$

где m_1, m_2 - массы покоя ядра мишени и бомбардирующей частицы;
 $m_3 + m_4$ - сумма масс покоя ядер продуктов реакции.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Контрольная работа №2

Задача 1. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 2$ см и периодом $T = 4$ с. Написать уравнение движения точки, если её движение начинается из положения $X_0 = 4$ см .

| Дано: | Решение |
|---|---|
| $A = 0,04$ м $T = 4$ с $X_0 = 0,04$ м | Уравнение гармонического колебания записывается в виде $X = A \sin(\omega t + \varphi_0)$. Чтобы записать уравнение, нужно найти циклическую частоту ω и начальную фазу φ_0 . По определению $\omega = \frac{2\pi}{T}$. В момент времени $t = 0$ $X_0 = A \sin \varphi_0$, откуда $\sin \varphi_0 = \frac{X_0}{A} \Rightarrow \varphi_0 = \arcsin \frac{X_0}{A}$. |
| $X = X(t) - ?$ | <div style="text-align: center;">Вычисления</div> $\omega = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} , \quad \varphi_0 = \arcsin \frac{0,02}{0,04} = \frac{\pi}{6} ,$ <p>Ответ: $X = 0,04 \sin(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{6})$.</p> |

Задача 2. Определить наибольший порядок спектра, который может образовать дифракционная решётка, имеющая 500 штрихов на 1 мм, если длина волны падающего света 500 нм. Какую наибольшую длину волны можно наблюдать в спектре этой решётки?

| Дано: | Решение |
|-------|---------|
| | |

$$N_0 = 5 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$$

$$\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Запишем условие образования дифракционных максимумов $d \sin \varphi = m\lambda$, где $d = \frac{1}{N}$ - постоянная решётки, m - номер максимума (порядок спектра).

Из условия максимума найдем $m = \frac{d \sin \varphi}{\lambda} = \frac{\sin \varphi}{\lambda N_0}$ (1).

$$m_{\max} - ? \quad \lambda_{\max} - ?$$

Из формулы (1) следует, что при заданных N_0 и λ наибольший порядок спектра будет при $\sin \varphi_{\max} = 1$, тогда

$m_{\max} = \frac{1}{\lambda N_0}$. Наибольшая длина волны определяется из

$$\lambda_{\max} = \frac{d \sin \varphi_{\max}}{m_{\max}} = \frac{1}{m_{\max} N_0}.$$

Вычисления

$$m_{\max} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^5} \approx 3, \quad \lambda_{\max} = \frac{1}{3 \cdot 5 \cdot 10^5} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$$

Ответ: $m_{\max} \approx 3, \quad \lambda_{\max} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$

Задача 3. Фотон с длиной волны $\lambda = 11 \text{ нм}$ рассеялся на свободном электроны. Длина волны рассеянного фотона $\lambda' = 12 \text{ нм}$. Определить угол θ рассеяния.

Дано:

$$\lambda = 11 \text{ нм} = 11 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

$$\lambda' = 12 \text{ нм} = 12 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

$\theta - ?$

Решение

Согласно эффекту Комптона

$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos\theta)$, где $\lambda_c = \frac{h}{m_e c}$ - комптоновская

длина волны. Если фотон рассеян на электроны, то $\lambda_c = 2,436 \cdot 10^{-12} \text{ м}.$

$$\Delta\lambda = \lambda_c - \lambda_c \cos\theta, \quad \lambda_c - \Delta\lambda = \lambda_c \cos\theta, \quad \cos\theta = 1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda_c},$$

Искомое выражение $\theta = \arccos\left(1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda_c}\right).$

Вычисления

$$\theta = \arccos\left(1 - \frac{10^{-12}}{2,436 \cdot 10^{-12}}\right) = \arccos 0,41 = 65,8^\circ$$

Ответ: $\theta = 65,8^\circ.$

Задача 4. Определить красную границу λ_0 фотоэффекта для цезия, если при облучении его поверхности фиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 400 \text{ нм}$ максимальная скорость фотоэлектронов равна $0,65 \text{ Мм/с}.$

Дано:

Решение

$\lambda = 400 \text{ нм} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ Красная граница – это максимальная длина световой
 $V_{\text{max}} = 0,65 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ волны, при которой возможен фотоэффект.
 $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ По определению $\lambda_0 = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$. Работу выхода
 $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ определяем из уравнения Эйнштейна

$$\lambda_0 - ? \qquad h\nu = \frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}, \quad \frac{hc}{\lambda} - \frac{mV_{\text{max}}^2}{2} = A_{\text{вых}}.$$

Проверка размерности $\lambda_0 = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{Дж}} = \text{м}$

Вычисления

$$A_{\text{вых}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 0,65^2 \cdot 10^{12}}{2} = 3,05 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)},$$

$$\lambda_0 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,05 \cdot 10^{-19}} = 6,51 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$$

Ответ: $\lambda_0 = 6,51 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

Задача 5. Определить плотность смеси состоящей из 4 г водорода и 32г кислорода, при температуре 7°C и давлении 93кПа.

Дано:

$$m_1 = 0,004 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,032 \text{ кг}$$

$$T = 280 \text{ К}$$

$$P = 93 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\mu_1 = 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\mu_2 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\rho - ?$$

Решение

По определению $\rho = \frac{m}{V}$, где $m = m_1 + m_2$ - масса смеси газов,

V - объём сосуда. Найдём объём, занимаемый смесью.

По закону Дальтона давление смеси газов

$$P = P_1 + P_2. \text{ По условию задачи } V_1 = V_2 = V; T_1 = T_2 = T;$$

Запишем уравнение состояния для каждого из газов

$$P_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT,$$

$$P_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT. \text{ Складываем левые и правые части}$$

уравнений состояния, получаем

$$(P_1 + P_2)V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) RT \Rightarrow V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{P}$$

Для плотности получаем

$$\rho = \frac{(m_1 + m_2)P}{\left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}\right)RT}$$

Проверяем размерность

$$\rho = \frac{\text{кг} \cdot \text{Н} \cdot \text{моль} \cdot \text{К}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{К} \cdot \text{моль}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Вычисления

$$\rho = \frac{(0,004 + 0,032)93 \cdot 10^3}{\left(\frac{0,004}{0,002} + \frac{0,032}{0,032}\right)8,31 \cdot 280} = 0,43(\text{кг} / \text{м}^3)$$

Ответ: $\rho = 0,43 \text{ кг} / \text{м}^3$.

Задача 6. Водород массой 6,5г, находящийся при температуре $T=300\text{К}$, расширяется вдвое при постоянном давлении за счёт притока тепла извне. Определить: 1) количество теплоты, сообщенное газу; 2) работу расширения; 3) изменение внутренней энергии газа.

Дано :

Решение

| | |
|---|--|
| H_2 $P = const$ $m = 0,0065 \text{ кг}$ $T_1 = 300 \text{ К}$ $\mu = 0,002 \text{ кг} / \text{моль}$ $\frac{V_2}{V_1} = 2$ $R = 8,31 \text{ Дж} / \text{моль} \cdot \text{К}$ <hr/> $Q - ?, A - ?, \Delta U - ?$ | Процесс изобарический $P = const, \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$, откуда находим $T_2 \cdot T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = 2T_1$ (1). По определению при $P = const$: $A = \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1), \quad Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{i+2}{2} R (T_2 - T_1),$ $\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R (T_2 - T_1),$ где i – число степеней свободы молекулы водорода. Молекула водорода двухатомная, следовательно $i=5$. <div style="text-align: center;">Вычисления</div> |
|---|--|

$$A = \frac{0,0065}{0,002} 8,31 \cdot 300 = 8102 (\text{Дж}),$$

$$Q = \frac{0,0065}{0,002} 8,31 \cdot 300 \cdot \frac{7}{2} = 28357 (\text{Дж}), \quad \Delta U = \frac{0,0065}{0,002} 8,31 \cdot 300 \cdot \frac{5}{2} = 20255 (\text{Дж}),$$

Ответ: $A = 8102 \text{ Дж}, \quad Q = 28357 \text{ Дж}, \quad \Delta U = 20255 \text{ Дж}.$

Задача 7. Температура пара, поступающего в паровую машину, $T_1 = 400\text{К}$,

Температура конденсатора $T_2=320\text{К}$. Какова теоретически возможная максимальная работа A машины при затрате количества теплоты $Q=6\text{кДж}$.

| Дано: | Решение |
|-------------------|---|
| $T_1=400\text{К}$ | По определению коэффициент полезного действия тепловой машины $\eta = \frac{A}{Q}$, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Поэтому |
| $T_2=320\text{К}$ | |
| $Q=6000\text{Дж}$ | |

$$\frac{A}{Q} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \text{ откуда } A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} Q.$$

| | |
|---------|------------------------------|
| $A - ?$ | Проверяем размерность |
|---------|------------------------------|

$$\frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} = \frac{\text{К}}{\text{К}} = 1$$

Вычисления

$$A = \frac{400 - 320}{400} 6000 = 1200 (\text{Дж})$$

Ответ: $A = 1200 \text{Дж}$.

Задача 8. В ядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ выделяется энергия $\Delta E = 3,27 \text{МэВ}$. Определить массу атома ${}^3_2\text{He}$, если масса ${}^2_1\text{H}$ равна $2,01410 \text{а.е.м.}$

| Дано: | Решение |
|--|--|
| ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ | Энергия, выделяющаяся при данной реакции определяется $\Delta E = \Delta m c^2$, где Δm - дефект массы; $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$. |
| $\Delta E = 3,27 \text{МэВ}$ | |
| $m_{\text{H}} = 2,01410 \text{а.е.м.}$ | |

Запишем реакцию в виде ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + \Delta E$, отсюда

$$m_{\text{He}} = 2m_{\text{H}} - m_{\text{n}} - \frac{\Delta E}{c^2}. \text{ Когда энергия выражена в МэВ}$$

$$c^2 = 931,4 \text{МэВ} / \text{а.е.м.}$$

Вычисления

$$m_{\text{He}} = 2 \cdot 2,01410 - 1,00867 - \frac{3,27}{931,4} = 3,01603 (\text{а.е.м.}).$$

Ответ: $m_{\text{He}} = 3,01603 \text{а.е.м.}$

ЗАДАЧИ

200. Груз массой 500 г, подвешенный к пружине, совершает свободные колебания с амплитудой 10 см. Жесткость пружины 100 Н/м. Найти полную механическую энергию системы и наибольшую скорость движения груза.

201. Груз массой 2 кг, подвешенный к пружине, совершает гармонические колебания с амплитудой 5 см. Жесткость пружины 50 Н/м. Написать уравнение колебательного движения груза $x = x(t)$, если в момент времени $t = 0$ груз находился в крайнем нижнем положении.

202. Координата груза маятника изменяется согласно формуле $x = 0,8 \cos(2\pi t - \frac{\pi}{2})$. Изобразить графически колебания этого маятника и определить период и частоту колебаний.

203. На каком расстоянии друг от друга находятся две соседние точки, колеблющиеся в противофазе, если длина волны 16 м?

204. Гармоническое колебание материальной точки задано уравнением $x = 0,2 \sin(10\pi t + \pi/4)$ м. Определить момент времени, при котором точка будет находиться в положении равновесия и максимальную скорость колебания.

205. Определить на какой частоте работает генератор электромагнитных волн, если кратчайшее расстояние между точками волны, колеблющимися в противофазе, равно 0,25 м.

206. Расстояние от источника звука до точек А и В в воде соответственно равны 80 м и 105 м. Источник испускает волны частотой 28 Гц. Определите разность фаз звуковой волны в точках А и В. Скорость звука в воде 1400 м/с.

207. Ёмкость конденсатора в колебательном контуре радиоприёмника плавно меняется от 10 до 100 пФ, индуктивность катушки в контуре 50 мкГн. В каком диапазоне длин волн может работать радиоприёмник?

208. Измеряя глубину моря под кораблём с помощью эхолота, обнаружили, что моменты отправления и приёма ультразвукового сигнала разделены промежутками времени 1,0 с. Какова глубина моря под кораблём, если скорость звука в воде 1435 м/с?

209. Изменение силы тока в зависимости от времени задано уравнением $i = 20 \cos 100\pi t$. Найти частоту и период колебаний, амплитуду силы тока, а также значение силы тока при фазе $\frac{\pi}{4}$.

210. Два когерентных источника S_1 и S_2 излучают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить на каком расстоянии будет первый

максимум освещенности, если расстояние между источниками $d = 1 \text{ мм}$ и расстояние от источников до экрана $l = 4 \text{ м}$.

211. Дифракционная решётка содержит 120 штрихов на 1 мм. Найти длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если угол между двумя главными максимумами первого порядка равен 8° .

212. Луч света проходит из глицерина в стекло так, что пучок, отражённый от границ этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол γ между падающим и преломлённым лучами.

213. Расстояние на экране между двумя первыми максимумами освещенности равно 1.2 мм. Определить длину волны света, излучаемого когерентными источниками S_1 и S_2 , если расстояние между источниками $d = 1 \text{ мм}$ и расстояние от источников до экрана 2 м.

214. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении под углом 41° к оси пучка совпали максимумы двух линий с длиной волны 656,3 нм и 410,2 нм?

215. На сколько процентов уменьшается интенсивность света после прохождения через призму Николя, если потери света составляют 10%.

216. Определить угол дифракции для спектра второго порядка света натрия с длиной волны 589 нм, если на 1 мм дифракционной решётки приходится пять штрихов.

217. На мыльную плёнку с показателем преломления 1,33 падает белый свет под углом 45° . При какой наименьшей толщине плёнки отражённые лучи будут окрашены в жёлтый цвет с длиной волны $6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$?

218. На дифракционную решётку нормально падает фиолетовый свет с длиной волны 0,45 мкм. Период дифракционной решётки 2 мкм. Чему равен наибольший порядок спектра, который можно наблюдать с помощью этой дифракционной решетки?

219. Луч света последовательно проходит через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол $\varphi = 38^\circ$. Принимая коэффициент поглощения каждого николя $k = 0,12$, найти, во сколько раз луч света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с лучом, падающим на первый николю.

220. Температура T верхних слоёв звезды Сириус равна 10 кК . Определить поток энергии Φ_e , излучаемый с поверхности $S = 1\text{ км}^2$ этой звезды.

221. Красная граница фотоэффекта для металла $3 \cdot 10^{14}\text{ Гц}$. Определить работу выхода для этого металла и кинетическую энергию фотоэлектронов, если на металл падает свет частотой $5 \cdot 10^{14}\text{ Гц}$.

222. Максимум спектральной плотности энергетической светимости яркой звезды Арктур приходится на длину волны $\lambda_{\max} = 580\text{ нм}$. Принимая, что звезда излучает как абсолютно чёрное тело, определить температуру T поверхности звезды.

223. На цинковую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны 220 нм . Определить максимальную скорость V_{\max} фотоэлектронов.

224. Вследствие изменения температуры чёрного тела максимум спектральной плотности сместился с $\lambda_{\max 1} = 2,4\text{ мкм}$ на $\lambda_{\max 2} = 0,8\text{ мкм}$. Как и во сколько раз изменилась энергетическая светимость тела и максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

225. Рентгеновское излучение длиной волны $55,8\text{ пм}$ рассеивается плиткой графита (Комптон-эффект). Определить длину волны λ' излучения, рассеянного под углом $\theta = 60^\circ$ к направлению падающего излучения.

226. Работа выхода для вольфрама $7,7 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$. Какую частоту должен иметь свет, чтобы при его падении на вольфрамовую пластинку средняя скорость фотоэлектронов была равна 2000 км/с ?

227. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,25\text{ МэВ}$ рассеялся на свободном электроне. Энергия ε' рассеянного фотона равна $0,2\text{ МэВ}$. Определить угол рассеяния θ .

228. На поверхность лития падает монохроматический свет с длиной волны 310 нм . Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее $1,7\text{ В}$. Определить работу выхода.

229. Какая доля энергии фотона при эффекте Комптона приходится на электрон отдачи, если фотон претерпел рассеяние на угол $\theta = 180^\circ$? Энергия фотона ε до рассеяния равна $0,255\text{ МэВ}$.

230. Метеорологический шар, заполненный водородом, поднялся на высоту, где температура воздуха 0°С . Давление внутри шара $1,5 \cdot 10^5\text{ Па}$. Определить плотность водорода внутри шара.

231. Какое число молекул находится в сосуде объёмом 5 м^3 при температуре 300 К , если давление газа 10^{-12} Па ?

232. В сосуде объёмом 1 м^3 под давлением 10^5 Па находится газ, количество вещества которого 2 моль . Какова средняя кинетическая энергия молекул этого газа?

233. Давление в камере автомобильной шины при температуре 275 К равно $4,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$. При движении автомобиля температура воздуха в камере повысилась до 300 К . На сколько при этом изменилось давление воздуха? Считать объём шины постоянным.

234. В цилиндре дизельного двигателя в начале такта сжатия температура воздуха была равна 290 К . Определить температуру воздуха в конце такта сжатия, если объём уменьшился в 8 раз, а давление возросло в 32 раза.

235. Баллон объёмом $0,02 \text{ м}^3$ содержит сжатый кислород при температуре 300 К и давлении $7,5 \text{ МПа}$. В процессе газосварки давление в баллоне понизилось до $5,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$, а температура стала равной 295 К . Определить массу кислорода израсходованную при газосварке.

236. На сколько понизилось давление кислорода, находящегося в сосуде объёмом $0,2 \text{ м}^3$ при температуре 280 К , если выпущено $0,08 \text{ кг}$ газа?

237. Сосуд вместимостью $V = 0,02 \text{ м}^3$ содержит азот массой $m_1 = 5 \text{ г}$ и водород массой $m_2 = 2 \text{ г}$ при температуре $T = 320 \text{ К}$. Определить давление смеси газов.

238. В сосуде находятся $m_1 = 10 \text{ г}$ кислорода и $m_2 = 6 \text{ г}$ углекислого газа при температуре $t^0 = 17^0 \text{ С}$ и давлении $P = 1,5 \text{ МПа}$. Найти молярную массу смеси газов и объём сосуда.

239. В объёме 4 л находится газ массой 12 г при температуре 450 К . При какой температуре плотность этого газа станет равной 6 кг/м^3 , если давление возрастёт в $1,2$ раза?

240. Газ находится в сосуде под давлением $2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$. При сообщении газу $6 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ теплоты он изобарно расширился и объём его увеличился на 2 м^3 . Определить изменение внутренней энергии и температуры.

241. Какое количество тепла газ отдаёт холодильнику, если при совершении им работы в 100 Дж коэффициент полезного действия 25% .

242. В цилиндре заключено 1,6 кг кислорода при температуре 17°C . До какой температуры нужно изобарно нагреть кислород, чтобы работа по расширению была равна $4 \cdot 10^4$ Дж?

243. В ходе цикла Карно рабочее вещество получает от нагревателя 300 кДж тепла. Температуры нагревателя 400 К, холодильника 200 К. Определить работу, совершаемую рабочим веществом за цикл.

244. Для изобарного нагревания 800 моль газа на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определить работу, совершаемую газом при расширении и приращение его внутренней энергии.

245. В идеальном тепловом двигателе рабочее тело получив от нагревателя 40 кДж количества теплоты, совершило работу 27 кДж. Во сколько раз температура нагревателя выше температуры холодильника?

246. В сосуде находятся 20 г азота и 32 г кислорода. Найти изменение внутренней энергии смеси этих газов при её охлаждении на 28 К.

247. Азот, начальное давление которого 10^5 Па и объём 10 л, расширяется изотермически, увеличивая свой объём в два раза. Найти работу совершаемую газом.

248. В идеальной тепловой машине количество теплоты, полученное от нагревателя, равно 6,3 Дж. 80% этой теплоты передаётся холодильнику. Найти КПД машины и работу за один цикл.

249. При расширении одноатомного газа от $0,2 \text{ м}^3$ до $0,5 \text{ м}^3$ его давление возросло от 404 кПа до 808 кПа. Найти работу газа, количество подведённой к газу теплоты и изменение его внутренней энергии.

250. Вычислите удельную энергию связи для нуклонов в ядре кислорода $^{16}_8\text{O}$.

251. За 4 дня активность радиоактивного элемента уменьшилась в 2 раза. Определить период полураспада этого элемента.

252. Какая энергия выделяется при ядерной реакции $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_1\text{H} + ^1_1\text{H}$?

253. При бомбардировке алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$ может захватить α - частицу, испустив при этом протон. Написать уравнение реакции и вычислить энергию, выделяющуюся при этой реакции.

254. За какое время t распадается $\frac{1}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада $T_{1/2} = 24 \text{ ч}$?

255. Энергия связи $E_{св}$ ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона, равна 7,72 МэВ. Определить массу m_a нейтрального атома, имеющего это ядро.

256. Определить энергию ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$.

257. Определить длину волны де Бройля λ электрона, если его кинетическая энергия $E_k = 1$ кэВ.

258. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?

259. Приняв, что минимальная энергия E нуклона в ядре равна 10 МэВ. Оценить, исходя из соотношения неопределённостей, линейные размеры ядра.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Основные физические постоянные

| Физические постоянные | Обозначения | Значения |
|--------------------------------------|-----------------|---|
| 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 | $6,62 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹ |
| Молярная газовая постоянная | R | 8,31 Дж/моль·К |
| Постоянная Больцмана | k | $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К |
| Элементарный заряд (заряд электрона) | e | $1,6 \cdot 10^{-19}$ 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 | $2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К |
| Постоянная Планка | h | $6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с |
| Комптоновская длина волны электрона | λ_c | $2,43 \cdot 10^{-12}$ м |
| Атомная единица массы | а.е.м. | $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Электрическая постоянная | ε_0 | $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м |
| Магнитная постоянная | μ_0 | $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м |

2. Масса и энергия покоя некоторых частиц

| Частица | m_0 | | E_0 | |
|----------|------------------------|---------|-----------------------|-------|
| | кг | а.е.м. | Дж | МэВ |
| Электрон | $9,11 \cdot 10^{-31}$ | 0,00055 | $8,16 \cdot 10^{-14}$ | 0,511 |
| Протон | $1,672 \cdot 10^{-27}$ | 1,00728 | $1,5 \cdot 10^{-10}$ | 938 |

| | | | | |
|---------|------------------------|---------|-----------------------|------|
| Нейтрон | $1,675 \cdot 10^{-27}$ | 1,00867 | $1,51 \cdot 10^{-10}$ | 939 |
| | $3,35 \cdot 10^{-27}$ | 2,01355 | $3,00 \cdot 10^{-10}$ | 1876 |
| | $6,64 \cdot 10^{-27}$ | 4,00149 | $5,96 \cdot 10^{-10}$ | 3733 |
| | $2,41 \cdot 10^{-27}$ | 0,14498 | $2,16 \cdot 10^{-10}$ | 135 |

3. Массы некоторых нейтральных атомов в а.е.м.

| Элемент | Изотоп | Масса | Элемент | Изотоп | Масса |
|----------|------------|----------|----------|-----------------|-----------|
| Водород | H_1^1 | 1,00783 | Алюминий | $^{27}_{13}Al$ | 26,98153 |
| Водород | H_1^2 | 2,01410 | Магний | $^{24}_{12}Mg$ | 23,98504 |
| Водород | H_1^3 | 3,01605 | Серебро | $^{107}_{47}Ag$ | 107,868 |
| Гелий | 4_2He | 4,00260 | Бериллий | 9_4Be | 9,01505 |
| Гелий | 3_2He | 3,01603 | Уран | $^{235}_{92}U$ | 235,11750 |
| Углерод | $^{12}_6C$ | 12,00380 | | | |
| Литий | 7_3Li | 7,01601 | | | |
| Кислород | $^{17}_8O$ | 17,00456 | | | |

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

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

Греческий алфавит

| Обозначения букв | Названия букв | Обозначения букв | Названия букв |
|------------------|---------------|------------------|---------------|
| A, α | альфа | N, ν | ню (ни) |

| | | | |
|-------------------------|---------|----------------------|---------|
| B, β | бета | Ξ, ξ | кси |
| Γ, γ | гамма | O, o | омикрон |
| Δ, δ | дельта | $\text{П}, \text{п}$ | пи |
| E, ε | эпсилон | P, ρ | Ро |
| Z, ζ | дзета | Σ, σ | сигма |
| H, η | эта | T, τ | тау |
| Θ, θ | тета | Υ, υ | ипсилон |
| I, ι | йота | Φ, ϕ | фи |
| K, κ | каппа | X, χ | хи |
| Λ, λ | лямбда | Ψ, ψ | пси |
| M, μ | ми (мю) | Ω, ω | омега |