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

Одобрено кафедрой
«Физика и химия»

ФИЗИКА

Задания на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов 1 курса
направления: 190700.62 Технология транспортных процессов
профилей: Организация перевозок и управление в единой транспортной системе

(сокращенные сроки обучения)

Москва - 2011

Составители : док. физ.-мат.наук, доц. Шулиманова З.Л.,
док. физ.-мат.наук, проф. Щукин Е.Р.

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 познакомиться с основными формулами, типовыми примерами решения некоторых задач, указанных в методическом пособии.

Правила оформления контрольной работы и решения задач:

1.Контрольная работа оформляется в 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:

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

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 пяти задач выбираются из варианта, соответствующего последней цифре шифра студента, номера трех последних – из варианта, соответствующего предпоследней цифре шифра.
Например, для шифра 1101-Д- 1259 первые пять задач берут из 9 варианта, а шестую, седьмую и восьмую – из 5 варианта.

Контрольная работа №1

Таблица 1

Варианты	Номер варианта							
0	100	110	120	130	140	150	160	170
1	101	111	121	131	141	151	161	171
2	102	112	122	132	142	152	162	172
3	103	113	123	133	143	153	163	173
4	104	114	124	134	144	154	164	174
5	105	115	125	135	145	155	165	175
6	106	116	126	136	146	156	166	176
7	107	116	127	137	147	157	167	177
8	108	118	128	138	148	158	168	178
9	109	119	129	139	149	159	169	179

Тематика задач

100 – 109 Кинематика поступательного и вращательного движения
110 – 119 Динамика поступательного и вращательного движения
120 – 129 Электростатика, постоянный электрический ток
130 – 139 Электромагнетизм
140 – 149 Колебания и волны
150 – 159 Волновая и квантовая оптика
160 - 169 Молекулярная физика и термодинамика
170 – 179 Радиоактивность, ядерные реакции.

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т р о ф и м о в а Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2007.
2. Т р о ф и м о в а Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2002(2001)

3. Т р о ф и м о в а Т.И. Физика в таблицах и формулах – М.: Дрофа, 2002.
4. Т р о ф и м о в а Т.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 Т.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 то 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

$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$, где t - время;

• Средняя скорость

$\langle \vec{V} \rangle = \dfrac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$, где $\Delta \vec{r}$ - перемещение материальной точки за время Δt;

• Средняя путевая скорость

$V = \dfrac{\Delta S}{\Delta t}$, где ΔS - путь, пройденный материальной точкой за время Δt;

• Мгновенная скорость

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

• Проекции 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

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

• Проекции 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)

$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$, где $\vec{a}_n$ - нормальное ускорение, направленное по радиусу к центру окружности;

$\vec{a}_t$ -тангенциальное ускорение, направленное по касательной к точке окружности;

• Модули ускорений

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

• Уравнения равномерного и равнопеременного движений

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

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

"+" - равноускоренное, " - " – равнозамедленное.

• Движение тела вертикально вверх

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

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

• Движение тела вертикально вниз

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

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

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

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

• Частота и период вращения:

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

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

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)

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

• Импульс материальной точки (тела)

$\vec{p} = m\vec{V}$, где $\vec{V}$ - 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

$\frac{\Delta p}{\Delta t} = F$, $\Delta p = F\Delta t$, где $\Delta p = p_2 - p_1$ - изменение импульса;

$F\Delta t$ - импульс силы.

Виды сил

• Сила гравитационного взаимодействия (закон всемирного тяготения)

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

где $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ м^3/кг \cdot с^2$ - 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 $g = 9{,}81\, м/с^2$.
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, Е – модуль Юнга (модуль упругости).

• Сила реакции опоры - обозначается $\vec{N}$.
Если материальная точка находится на горизонтальной поверхности, то $N = mg$;

• Сила трения скольжения

$$\vec{F} = \mu\vec{N}$$, где μ - 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

$\langle P\rangle = \frac{A}{\Delta t}$ - средняя мощность; $P = \frac{dA}{dt}, P = FV\cos\varphi$ - мгновенная мощность;
V - скорость движения.

• Кинетическая энергия материальной точки

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

• Потенциальная энергия материальной точки, находящейся в гравитационном поле Земли

$$E_П = mgh, \qquad \text{где } h \text{ - высота подъёма;}$$

• Потенциальная энергия сжатой (или растянутой) пружины

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

• Законы сохранения:

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

Закон сохранения энергии $E_П + E_k = const$ для замкнутых систем;

• Законы сохранения для абсолютно упругого и неупругого ударов:

Абсолютно упругий удар

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

Закон сохранения энергии $m_1V_1^2 + m_2V_2^2 = m_1V_1^{'2} + m_2V_2^{'2}$;

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	1.Проходит через центр тяжести стержня перпендикулярно стержню	$\frac{mL^2}{12}$

длиной L	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 $\vec{F}$

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

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

• Момент количества движения (момент импульса)

$L = J\omega$, ω - 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

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

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

$A = M\varphi$, где φ - 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; $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}\,Ф/м$ - электрическая постоянная, ε - диэлектрическая проницаемость среды (для воздуха $\varepsilon = 1$);

• Напряженность электрического поля

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

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

• Принцип суперпозиции электрических полей

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

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

• Поток вектора напряжённости через замкнутую поверхность

$$Ф_E = \oint_S E_n dS;$$

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

• Теорема Гаусса.

Поток вектора напряжённости через замкнутую поверхность, охватывающую заряды $q_1, q_2, ...q_n$, равен

$$Ф_E = \oint_S E_n dS = \sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{\varepsilon_0};$$

• Потенциал электрического поля

$$\varphi = \frac{W_p}{q}, \qquad \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\frac{q}{r}, \qquad \varphi = \frac{A}{q},$$

где W_p - потенциальная энергия электрического поля; А- 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

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d},$$

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

• Электроёмкость шарового конденсатора

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R,$$ R – радиус шара (сферы);

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

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

• Электроёмкость последовательно соединенных конденсаторов

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

В случае двух конденсаторов

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

• Электроёмкость параллельно соединенных конденсаторов

$$C = C_1 + C_2 + ... + C_n$$

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

$$I = \frac{q}{t},$$ t- время;

• Сопротивление однородного проводника

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

где S – площадь поперечного сечения проводника; L - длина проводника;

ρ - удельное сопротивление.

• Сопротивление последовательно соединенных n проводников

$$R = R_1 + R_2 + ... + R_n;$$

• Сопротивление параллельно соединенных n проводников

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

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

• Закон Ома для участка цепи

$I = \frac{U}{R}$, U - 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

$A = IUt = I^2 Rt$, t- 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

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

где $M_{мех}$ - 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 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ Гн/м$ -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

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

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

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

• 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 скорость $\vec{V}$)

$$F_Л = |q|VB\sin\alpha,$$

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

• Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)

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

где ε_i - электродвижущая сила индукции, N – число витков контура, Ф – 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

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

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

$$\omega = 2\pi\nu, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu}$$ - 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:

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

- начальная фаза результирующего колебания

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

• Дифференциальное уравнение колебаний материальной точки

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

• 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;

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

• 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 $c = 3 \cdot 10^8 м/с$-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,……-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,……-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,……-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 решётки, m =0,1,2,……-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,……-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

$$tgi_B = \frac{n_2}{n_1} = n_{12};$$

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, $\sigma = 5{,}67\cdot 10^{-8}\,Вт/м^2\cdot К^4$ - постоянная;

• Закон смещения Вина (закон теплового излучения)

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

• Закон Вина (закон теплового излучения)

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

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

• Закон внешнего фотоэффекта (формула Эйнштейна)

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

где $A_{вых}$ - 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)

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

• Эффект Комптона

$$\lambda' - \lambda = 2\frac{h}{m_{0e}c}\sin^2\frac{\theta}{2}, \quad \lambda' - \lambda = \lambda_C(1-\cos\theta), \quad \lambda_C = \frac{h}{m_{0e}c},$$

где λ' -длина волны рассеянного фотона, λ - длина волны падающего фотона, m_{0e} - масса покоя электрона, с – скорость света, λ_C - комптоновская длина волны;

Молекулярная физика и термодинамика

• Законы идеального газа:

- изотермический (T=const) , $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$;
- изобарический (P=const) , $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$;
- изохорический (V=const) , $\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2}$;
- адиабатический ($\delta Q = 0$) , $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma}$, $\gamma = C_P/C_V$ - показатель адиабаты.

• Уравнение состояния идеального газа

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

где m, μ - соответственно, масса газа и молярная масса газа, $R = 8{,}31\ Дж/моль \cdot K$ - 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=const) ΔU=0, $Q = A = \frac{m}{\mu} RT \ln\frac{V_2}{V_1}$;

- изобарический (P=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=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 ${}_Z^A X$, 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)

$$\Delta m = (Zm_P + Nm_n) - m_я;$$

• 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

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

Дано:

$S = At + Bt^2 + Ct^3$,
$A = 2м/с$
$B = 3v \mid c^2$
$C = 4м/с^3$
t = 2c

Найти: S-? V-? a-?

Решение

1) Для нахождения пройденного пути подставим значение времени t=2c 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**:

$$[V] = \frac{м}{с} + \frac{м \cdot с}{с^2} + \frac{м \cdot с^2}{с^3} = \frac{м}{с},$$

$$[a] = \frac{м}{с^2} + \frac{м \cdot с}{с^3} = \frac{м}{с^2}.$$

Вычисления

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

$V = 2 + 2 \cdot 3 \cdot 2 + 3 \cdot 4 \cdot 4 = 56(м/с)$

$a = 2 \cdot 3 + 6 \cdot 4 \cdot 2 = 54(м/с^2)$

Ответ: S = 46м, V = 56м/с, a = 54м/с^2.

Задача 2. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением $\varphi = A + Bt^3$ ($A = 2\,рад, B = 4\,рад/с^3$). Определить для точек на ободе колеса: 1) нормальное ускорение a_n в момент времени $t = 2с$; 2) тангенциальное уравнение a_t в тот же момент времени; 3) угол поворота φ, при котором полное ускорение составляет с радиусом колеса угол $\alpha = 45^0$.

Дано:	Решение
	По определению нормальное ускорение вычисляется
R =0,1м	по формуле $a_n = w^2R$, а $w = \frac{d\varphi}{dt}$, потому найдем w:
A=2 рад	$w = \frac{d}{dt}(A + Bt^3) = 3Bt^2$, тогда $\underline{a_n = 9B^2t^4R}$.
$B = 4\,рад/с^2$	Тангенциальное ускорение $a_t = \varepsilon R$, $\varepsilon = \frac{dw}{dt}$ - угловое
$\varphi = A + Bt^3$	ускорение: $\varepsilon = \frac{d}{dt}(3Bt^2) = 6Bt$, тогда $\underline{a_t = 6BtR}$.
t =2с	Так как $\alpha = 45^0$, следовательно $tg\alpha = 1$, т.е. $tg\alpha = \frac{a_t}{a_n} = 1$,
$\alpha = 45^0$	откуда $a_t = a_n$, $9B^2t^4 = 6Bt \Rightarrow t^3 = \frac{2}{3B}$. 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**

$$[a_n] = \frac{с^4 \cdot м}{с^6} = \frac{м}{с^2}, \qquad [a_t] = \frac{с \cdot м}{с^3} = \frac{м}{с^2}.$$

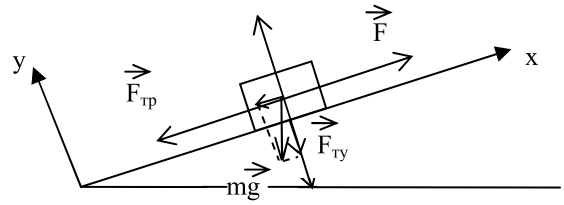
Вычисления

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

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

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 $\alpha = 15^0$.

Дано	Решение



$V_0 = 20 м/с$
$\mu = 0{,}3$
$\alpha = 15^0$

S - ?, t -?

Автомобиль движется вверх и останавливается, т.е. движение равнозамедленное. Конечная скорость равна нулю $V = 0$. Ось Х направлена вдоль наклонной плоскости вверх, ось У – 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 $S = V_0 \frac{V_0}{a} - \frac{aV_0^2}{2a^2} = \frac{V_0^2}{2a}$.

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 $\underline{a = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$

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

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

Проверяем размерность

$$[S]=\frac{м^2\cdot c^2}{c^2\cdot м}=м\,. \qquad [t]=\frac{м\ \cdot c^2}{c\ \cdot м}=c\,.$$

Вычисления

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

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 $\varphi=w_0t-\frac{\varepsilon t^2}{2}$, $w=w_0-\varepsilon t$.

Так как вентилятор останавливается $w=0$, следовательно $w_0=\varepsilon t\Rightarrow\varepsilon=\frac{w_0}{t}$. По определению $w_0=2\pi\nu$. $\varphi=w_0t-\frac{\varepsilon t^2}{2}=w_0t-\frac{w_0t\cdot t}{2t}=\frac{w_0t}{2}=2\pi N$, 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** $[J]=\frac{Дж\cdot c^2}{}=\frac{кг\cdot м\cdot м\cdot c^2}{c}=кг\cdot м^2$

Вычисления

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

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

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

Дано:
$R = 1м$;
$\nu_1 = 6мин^{-1} = 0{,}1с^{-1}$;
$m_1 = 80кг$;
$J_2 = 120кг \cdot м^2$

$\nu_2 = ?$

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

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

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:

$$\vec{L}_1 = \vec{L}_2;$$

$$2 \cdot \pi \cdot \nu_1 \left(m_1 \cdot R^2 + J_2\right) = 2 \cdot \pi \cdot \nu_2 \cdot J_2;$$

$$\nu_1 \left(m_1 \cdot R^2 + J_2\right) = \nu_2 \cdot J_2;$$

$$\nu_2 = \frac{\nu_1 \left(m_1 R^2 + J_2\right)}{J_2};$$

Производим проверку размерности расчетной формулы:

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

Вычисление:

$$\nu_2 = \frac{0{,}1 \cdot (80 + 120)}{120} \approx 0{,}17 c^{-1}.$$

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 3см от положительного заряда и 4см от отрицательного.

Дано:	Решение
$q_1 = 6{,}7 \cdot 10^{-9}\, Кл$ $q_2 = -13{,}2 \cdot 10^{-9}\, Кл$ $r = 0{,}05 м$ $r_1 = 0{,}03 м$ $r_2 = 0{,}04 м$	
E - ?	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 $E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1}{r_1^2}$, $E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_2}{r_2^2}$ (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)

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sqrt{\frac{q_1^2}{r_1^4} + \frac{q_2^2}{r_2^4}}.$$

Проверка **размерности** $[E] = \frac{Кл \cdot м}{м^2 \cdot Ф} = \frac{Кл \cdot В}{м \cdot Кл} = \frac{В}{м}.$

Вычисления

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

Ответ: E = 101 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 Тл.

Дано :	Решение
$E_K = 5МэВ = 8 \cdot 10^{-13}\,Дж$ $m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\,кг$ B = 1 Тл $q_P = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,Кл$	Протон движется в циклотроне по спиральной орбите, состоящей из полуокружностей с постепенно увеличивающимся радиусом. В магнитном поле на него действует сила Лоренца $F_Л = qBV \sin\alpha$,
R - ?	так как движение происходит

перпендикулярно вектору магнитной индукции $\vec{B}$, то угол $\alpha = 90^0$, $\sin 90^0 = 1$, тогда $F_Л = qBV$. Протон движется по окружности с ускорением $a = a_n = \frac{V^2}{R}$. Второй закон Ньютона в скалярной форме запишется $ma_n = F_Л, \frac{mV^2}{R} = qVB$, 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** $[R^2] = \frac{кг \cdot Дж}{Кл^2 \cdot Тл^2} = \frac{кг \cdot Дж \cdot A^2 \cdot м^4}{Кл^2 \cdot Дж^2} = \frac{кг \cdot м \cdot м^3}{c^2 \cdot H \cdot м} = \frac{H \cdot м^2}{H} = м^2$

Вычисления

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

Ответ: $R = 0{,}32м$.

Задача 8. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой A = 2см и периодом T = 4с. Написать уравнение движения точки, если её движение начинается из положения $X_0 = 4см$.

Дано:	Решение

A = 0,04 м	Уравнение гармонического колебания записывается в виде
T = 4с	$X = A\sin(wt+\varphi_0)$. Чтобы записать уравнение, нужно
$X_0 = 0{,}0\ м$	найти циклическую частоту w и начальную фазу φ_0.
	По определению $w=\frac{2\pi}{T}$. В момент времени $t=0$
$X = X(t) - ?$	$X_0 = A\sin\varphi_0$, откуда $\sin\varphi_0 = \frac{X_0}{A} \Rightarrow \varphi_0 = \arcsin\frac{X_0}{A}$.

Вычисления

$$w=\frac{2\pi}{4}=\frac{\pi}{2}, \qquad \varphi_0 = \arcsin\frac{0{,}02}{0{,}04}=\frac{\pi}{6},$$

Ответ: $X = 0{,}04\sin(\frac{\pi}{2}t+\frac{\pi}{6})$.

Задача 9. Определить наибольший порядок спектра, который может образовать дифракционная решётка, имеющая 500 штрихов на 1мм, если длина волны падающего света 500 нм. Какую наибольшую длину волны можно наблюдать в спектре этой решётки?

Дано:	Решение
$N_0 = 5\cdot 10^5\ м^{-1}$	Запишем условие образования дифракционных максимумов $d\sin\varphi = m\lambda$, где $d=\frac{1}{N}$ - постоянная решётки,
$\lambda = 5\cdot 10^{-7}\ м$	m - номер максимума (порядок спектра).
	Из условия максимума найдем $m=\frac{d\sin\varphi}{\lambda}=\frac{\sin\varphi}{\lambda N_0}$ (1).
$m_{max} - ?\ \ \lambda_{max} - ?$	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

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

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

Задача 10. Фотон с длиной волны $\lambda = 11 пм$ рассеялся на свободном электроне. Длина волны рассеянного фотона $\lambda = 12 пм$. Определить угол θ рассеяния.

Дано: Решение

$\lambda = 11нм = 11 \cdot 10^{-12}\, м$ $\lambda' = 12нм = 12 \cdot 10^{-12}\, м$	Согласно эффекту Комптона $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_C(1-\cos\theta)$, где $\lambda_C = \dfrac{h}{m_e c}$ - комптоновская длина волны. Если фотон рассеян на электроне, то $\lambda_C = 2{,}436 \cdot 10^{-12}\, м$.
θ-?	$\Delta\lambda = \lambda_C - \lambda_C cos\theta, \quad \lambda_C - \Delta\lambda = \lambda_C cos\theta, \quad cos\theta = 1 - \dfrac{\Delta\lambda}{\lambda_C}$,

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

Вычисления

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

Ответ:

Задача 11. Определить красную границу λ_0 фотоэффекта для цезия, если при облучении его поверхности фиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 400нм$ максимальная скорость фотоэлектронов равна 0,65 Мм/с.

Дано:	Решение
$\lambda = 400нм = 4 \cdot 10^{-7}\, м$ $V_{\max} = 0{,}65 \cdot 10^{6}\, м/с$ $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}\, Дж \cdot с$ $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\, кг$	Красная граница – это максимальная длина световой волны, при которой возможен фотоэффект. По определению $\lambda_0 = \dfrac{hc}{A_{вых}}$. Работу выхода определяем из уравнения Эйнштейна
$\lambda_0 - ?$	$h\nu = \dfrac{hc}{\lambda} = A_{вых} + \dfrac{mV_{\max}^2}{2}, \quad \dfrac{hc}{\lambda} - \dfrac{mV_{\max}^2}{2} = A_{вых}$.

Проверка **размерности** $[\lambda_0] = \dfrac{Дж \cdot с \cdot м}{с \cdot Дж} = м$

Вычисления

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

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

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

Задача 12. Определить плотность смеси состоящей из 4 г водорода и 32г кислорода, при температуре $7^0 C$ и давлении 93кПа.

Дано: Решение

Дано	Решение
	По определению $\rho = \frac{m}{V}$, где $m = m_1 + m_2$-масса смеси газов,
$m_1 = 0{,}004 кг$	V- объём сосуда. Найдём объём, занимаемый смесью.
$m_2 = 0{,}032 кг$	По закону Дальтона давление смеси газов
$T = 280 К$	$P = P_1 + P_2$. По условию задачи $V_1 = V_2 = V; T_1 = T_2 = T$;
$P = 93 \cdot 10^3 Па$	Запишем уравнение состояния для каждого из газов
$\mu_1 = 10^{-3} кг/моль$	$P_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT$,
$\mu_2 = 32 \cdot 10^{-3} кг/моль$	$P_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT$. Складываем левые и правые части
	уравнений состояния, получаем
$\rho - ?$	$(P_1 + P_2)V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}\right) RT \Rightarrow V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}\right) \frac{RT}{P}$

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**

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

Вычисления

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

Ответ: $\rho = 0{,}43 кг/м^3$.

Задача 13. Водород массой 6,5г, находящийся при температуре T=300K, 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	Процесс изобарический $P = const$, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$, откуда находим
$P = const$	T_2. $T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = 2T_1$ (1). По определению

$m = 0,0065 кг$ $\qquad A = \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1)$, $\quad Q = \frac{m}{\mu} C_P \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{i+2}{2} R(T_2 - T_1)$,

$T_1 = 300 K$ $\qquad \Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R(T_2 - T_1)$,

$\mu = 0,002 кг / моль$ $\qquad$ где i – число степеней свободы молекулы водорода.

$\frac{V_2}{V_1} = 2$ $\qquad$ Молекула водорода двухатомная, следовательно i=5.

$R = 8,31 Дж / моль \cdot K$ $\qquad$ Вычисления

$Q - ?, A - ?, \Delta U - ?$

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

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

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

Задача 14. Температура пара, поступающего в паровую машину, T_1 =400К, Температура конденсатора T_2=320К. Какова теоретически возможная максимальная работа А машины при затрате количества теплоты Q =6кДж.

Дано:	Решение
T_1 =400К T_2=320К Q =6000Дж	По определению коэффициент полезного действия тепловой машины $\eta = \frac{A}{Q}$, $\quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Поэтому $\frac{A}{Q} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, откуда $\quad A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} Q$.
А -?	Проверяем **размерность** $[A] = \frac{K}{K} Дж = Дж$

Вычисления

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

Ответ: $\qquad A = 1200 Дж$.

ЗАДАЧИ

100. Кинематическое уравнение движения материальной точки по оси X имеет вид x = At^3+Bt^2+Ct, где A = 4 м/с^3, B = 2 м/с^2, C = - 2 м/с. Для момента времени t_1= 2с определить: 1) координату x_1 точки, 2) мгновенную скорость V_1, 3) мгновенное ускорение a_1.

101. Движение точки по окружности радиусом R = 4 м задано уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где A = 10 м, B =-2 м/с, C = 1 м/с^2. Найти тангенциальное a_t, нормальное a_n и полное a ускорения в момент времени t = 2с.

102. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью V_0 = 20 м/с. По истечении некоторого времени камень будет находиться на высоте h =15 м? Найти скорость камня на этой высоте. Принять g = 10 м/с^2.

103. С вышки бросили камень в горизонтальном направлении. Через промежуток времени t = 2с камень упал на землю на расстоянии S = 40 м от основания вышки. Найти начальную V_0 и конечную V скорости камня.

104. Тело прошло первую половину пути за время t_1= 2 с, вторую – за время t_2= 8 с. Определить среднюю путевую скорость тела, если длина пути S = 20 м .

105. Линейная скорость V_1 точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/м. Точки, расположенные на расстоянии 10 см ближе к оси, имеют линейную скорость V_2 = 2 м/с. Определить частоту вращения ν диска.

106. На цилиндр, который может вращаться около горизонтальной оси, намотана нить. К концу нити привязали грузик и предоставили ему возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик за время t = 3 сопустился на высоту h =1,5 м. Определить угловое ускорение ε цилиндра, если его радиус r = 4 м.

107. Диск радиусом r = 10 м, находящийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением ε = 0,5 м/с^2. Найти тангенциальное a_t , нормальное a_n и полное a ускорение точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения.

108. Велосипедное колесо вращается с частотой ν = 5 с$^{-1}$. Под действием сил трения оно остановилось через интервал времени Δt =1 мин. Определить угловое ускорение ε и число N оборотов, которое сделает колесо за это время.

109. Пуля пущена с начальной скоростью V_0 = 200 м/с под углом α = 30^0 к горизонту. Определить максимальную высоту H подъёма, дальность полёта и радиус R кривизны траектории пули в её наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

110. Наклонная плоскость, образующая угол 30^0 с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за 2 с. Определить коэффициент трения тела о плоскость.

111. Два бруска массами 1 кг и 4 кг, соединенные шнуром, лежат на столе. С каким ускорением будут двигаться бруски, если к первому бруску приложить силу 100Н?

112. Масса поезда m = 3000т. Коэффициент трения колес о рельсы k = 0,02. Какова должна быть сила тяги $F_{тяги}$ локомотива, чтобы поезд набрал скорость V = 72км/ч через две минуты после начала движения?

113. Граната, летящая в горизонтальном направлении со скоростью U=10м/с, разорвалась на два осколка с массами m_1=1кг и m_2=1,5кг. Скорость большего осколка гранаты оказалась равной V_2 = 25м/с и имела то же направление, что и граната. Найти модуль и направление скорости V_1 меньшего осколка.

114. Какую мощность N должен развить мотор самолета для обеспечения подъёма самолета на высоту h = 1 км, если масса самолета m = 3000кг, а время подъема t = 2 мин?

115.На вращающемся горизонтальном столике на расстоянии R = 50см от оси вращения лежит груз массой m = 1 кг. Коэффициент трения груза о столик k = 0,25. Какова сила трения, удерживающая груз, если столик вращается с частотой ν =0,2 об/с?

116. Деревянный диск радиусом R = 40см вращается вокруг горизонтальной оси. На краю диска стоит деревянный кубик. Принимая коэффициент трения кубика о диск равным 0,4, найти при каком числе оборотов в минуту диска кубик соскользнет с него.

117. Молот массой m = 5 кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса наковальни 100кг. Массой куска железа пренебречь. Удар неупругий. Определить КПД удара молота при данных условиях.

118. Маховик, момент инерции которого J = 40кг·м^2, начал вращаться равноускоренно из состояния покоя под действием момента силы М =200кг·м. Равноускоренное вращение продолжалось t = 10с. Определить кинетическую энергию, приобретенную маховиком.

119. Платформа в виде диска радиусом 1м вращается по инерции, делая 6 об/мин. На краю платформы стоит человек, масса которого равна 80кг. Сколько оборотов минуту будет делать платформа, если человек перейдет в её центр? Момент инерции платформы $J = 120 кг \cdot м^2$. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

120. Два точечных разноименных заряда расположены на расстоянии $r = 2$см. Заряды притягиваются с силой $F = 40$мкН. После того как шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние, они стали отталкиваться с силой $F = 22{,}5$ мкН. Найти первоначальные заряды q_1 и q_2.

121. Два одинаковых положительных точечных заряда $q = 3{,}4$нКл находятся на расстоянии $r = 17$см друг от друга. С какой силой и по какому направлению будут действовать эти заряды на положительный заряд $q_0 = 1$ нКл, находящийся на расстоянии $r = 17$см от каждого заряда?

122. Два одинаковых точечных одноименных заряда $q_1 = q_2 = 2$ нКл находятся на расстоянии $2a = 1$м друг от друга. Найти напряженность E и потенциал φ точки поля А, находящейся на середине расстояния между зарядами.

123. Радиус заряженной металлической сферы $R = 10$см. Потенциал сферы $\varphi = 300$ В. С какой плотностью σ распределен заряд по поверхности сферы?

124. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкость такой батареи конденсаторов 80мкФ. Площадь каждой пластины 100 $см^2$, диэлектрик – стекло. Определить толщину стекла.

125. Катушка и амперметр соединены последовательно и присоединены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением 1000 Ом. Показания амперметра -0,5 А, вольтметра – 100В. Определить сопротивление катушки. Сколько процентов от точного значения сопротивления катушки составляет ошибка, если не учитывать сопротивление вольтметра?

126. К элементу с ЭДС $\varepsilon = 1{,}5$В присоединили катушку с сопротивлением $R = 0{,}5$ Ом. Амперметр показал силу тока $I = 0{,}5$ А. Когда к элементу присоединили последовательно еще один элемент с той же ЭДС, то сила тока в той же катушке оказалась равной 0,4 А. Определить внутреннее сопротивление каждой катушки.

127. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС каждого элемента 1,2 В, внутреннее сопротивление $r = 0{,}2$ Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление $R = 1{,}5$ Ом. Определить силу тока во внешней цепи и КПД батареи.

128. Обмотка электрического кипятильника имеет две секции. Если включена только первая секция, то вода закипает через 15 мин, если только вторая – через 30 мин. Через какое время закипит вода, если обе секции включить последовательно? Параллельно?

129. При силе тока I = 3 А во внешней цепи батареи выделяется мощность
Р = 18 Вт, при силе тока I = 1 А – 10 Вт. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.

130. По двум длинным параллельным проводам, расстояние между которыми равно 16 см, текут в противоположных направлениях токи силой 30А каждый. Определить напряженность магнитного поля в точке, расстояние которой от обоих проводов одинаково и равно 10см.

131. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток I = 50 А. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние r = 5 см от проводника.

132. Прямой провод, по которому течет ток I = 1кА, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. С какой силой действует поле на отрезок провода длиной l=1м, если магнитная индукция B = 2 Тл?

133.Очень короткая катушка содержит N = 100 витков тонкого провода. Катушка имеет квадратное сечение со стороной длиной a = 10 см. Найти магнитный поток p_m при силе тока I = 5 А.

134. Проволочный виток радиусом R = 5см находится в однородном магнитном поле напряженностью H = 2кА/м. Плоскость витка образует угол $\alpha = 60^0$ с направлением поля. По витку течет ток силой 4 А. Найти механический момент M , действующий на виток.

135.Определить силу Лоренца, действующую на электрон, влетевший со скоростью V=4 Мм/мв однородное магнитное поле под углом $\alpha = 60^0$ к линиям индукции. Магнитная индукция поля B = 0,2 Тл.

136. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией B = 0,015 Тл по окружности радиуса R=10см. Определить импульс иона.

137. Катушка диаметром d = 15см, состоящая из 750 витков проволоки, находится в магнитном поле. Найти среднюю ЭДС индукции, возникающую в этой катушке, если индукция магнитного поля B равномерно увеличивается в течение времени t = 0,2с от 0 до 3 Тл.

138. С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на ΔI = 0,1 А в течение 1 с. Индуктивность катушки L =0,01 Гн. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции.

139. Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели а однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом R_1=5 см, второй ион – по окружности R_2=2,5см. Найти отношение масс m_1/m_2 масс ионов.

140. Определить длину l_1 отрезка, на котором укладывается столько же длин волн в вакууме, сколько их укладывается на отрезке l_2 =3мм в воде.

141. На мыльную пленку (n =1,3), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине пленки d отраженный свет с длиной волны λ=0,55мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

142. На щель шириной a=0.05мм падает нормально монохроматический свет с λ=0,6мкм. Определить угол φ между первоначальным направлением луча света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

143. Дифракционная решетка содержит n=200 штрихов на 1мм. На решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны λ=0,6мкм. Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

144. Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом $\alpha = 54^0$. Определить угол преломления β пучка, если отраженный луч полностью поляризован.

145. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора $\alpha = 45^0$. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60^0?

146. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол $\alpha = 30^0$, если в каждом из николей в отдельности теряется 10% интенсивности падающего на него света?

147. На поверхность лития падает монохроматический свет с длиной волны λ=360нм. Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U = 1,7 В. Определить работу выхода.

148. Фотон с энергией ε =0,25 МэВ рассеялся на свободном электроне. Энергия ε' рассеянного фотона равна 0,2МэВ. Определить угол рассеяния θ.

149. Определить импульс p электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона (ε=0,511МэВ) был рассеян под углом $\theta=180^0$.

150. Точка совершает гармонические колебания по закону $x = A\cos(wt+\varphi_0)$, где A=2см, $w=\pi$ c^{-1}, $\varphi=\pi/4$ рад. Построить графики зависимости от времени: 1) смещения x(t), 2) скорости V(t), 3) ускорения a(t).

151. Определить амплитуду A и начальную фазу φ_0 результирующего колебания, возникающего при сложении двух колебаний одинакового направления и периода: $x_1=A_1 \sin wt$ и $x_2 =A_2 \cos (wt+\tau)$, где $A_1=A_2$=1 см; $w=\pi$ c^{-1},τ=0,5c. Найти уравнение результирующего колебания.

152. Точка совершает гармонические колебания по закону $x =A \cos wt$, где A = 5см, w = 2 c^{-1}. Определить ускорение a точки в момент времени, когда её скорость V= 8см/с.

153. Найти возвращающую силу F в момент времени t =1 с и полную энергию E материальной точки, совершающей колебания по закону $x =A \cos wt$, где A = 20см, w = 2π/ 3 c^{-1}. Масса материальной точки равна 10 г.

154. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, уравнения которых имеют вид: $x_1 =A_1 \cos w_1t$ и $x_2 =A_2 \cos w_2t$, где A_1 = 8см; A_2=4см; $w_1 = w_2 = 2c^{-1}$. Написать уравнение траектории и построить её. Показать направление движения точки.

155. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью 20 м/с. Период колебания T =0,4с, расстояние между точками Δx =2м. Найти разность фаз колебаний в этих точках.

156. Задано уравнение плоской волны $y = A \cos (wt – kx)$, где A =0,5 см; w =628 c^{-1}, k =2$м^{-1}$.Определить частоту колебаний, длину волны, фазовую скорость, максимальные значения скорости и ускорения колебаний частиц среды.

157. Определить расстояние между соседними точками, находящимися в одинаковых фазах, если волны распространяются со скоростью 330 м/с, а частота колебаний ν = 256 Гц.

158. Определить разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний источника волн, находящегося в упругой среде, и точки этой среды, отстоящей на x =2м от источника. Частота колебаний равна 5 Гц. Волны распространяются со скоростью 40 м/с.

159. Мимо неподвижного электровоза, гудок которого дает сигнал частотой ν_0=300 Гц, проезжает поезд со скоростью U =40 м/с. Какова кажущаяся частота ν тона для пассажира, когда поезд приближается к электровозу и когда удаляется от него?

160. Найти массу одного моля смеси 25г кислорода и 75г азота.

161. В баллоне емкостью 24 л находится водород при температуре 15^0С. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на 4 атм. Какое количество водорода было израсходовано?

162. При какой температуре молекулы гелия имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как молекулы водорода при 15^0С?

163.Определить температуру газа, если средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул равна $1{,}6\cdot10^{-19}$Дж.

164. Водород массой 4г был нагрет на ΔT = 10К при постоянном давлении. Определить работу A расширения газа.
165. Водород занимает объём V_1=10 м^3 при давлении P_1= 100кПа. Газ нагрели при постоянном объёме до давления P_2= 300кПа. Определить: 1) изменение внутренней энергии ΔU газа; 2) работу A, совершенную газом; 3) количество теплоты Q, сообщенную газу.

166. Баллов вместимостью V = 20л содержит водород при температуре T =300К под давление P = 0,4МПа. Каковы будут температура T_1 и давление P_1, если газу сообщить количество теплоты Q = 6 кДж?

167. Азот массой 200г расширяется изотермически при температуре T =280К, причем объём газа увеличивается в два раза. Найти: 1) изменение внутренней энергии ΔU газа; 2) работу A расширения газа; 3) количество теплоты Q, полученное газом.

168. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в три раза выше температуры T_2 охладителя. Нагреватель передал газу количество теплоты Q_1 = 42 кДж. Какую работу A совершил газ?

169. Идеальный газ совершил цикл Карно, получив от нагревателя количество теплоты Q_1 = 4,2 кДж , совершил работу A = 590 Дж. Найти термический КПД этого цикла. Во сколько раз температура T_1 нагревателя больше температуры T_2 охладителя?

170. За время t = 8 суток распалось k =3/4 начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада $T_{1/2}$.

171. За какое время t распадется ¼ начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада $T_{1/2}$= 24час?

172. За время $t = 1$ сут активность изотопа уменьшилась от A_1=118 ГБк до A_2= 7,4 ГБк . Определить период полураспада $T_{1/2}$ этого нуклида.

173. На сколько процентов снизится активность A изотопа иридия ^{192}Ir время $t = 30$ суток?

174. Интенсивность I узкого пучка γ – излучение после прохождения через слой свинца толщиной 4 см уменьшилась в $к = 8$ раз, Определить толщину $x_{1/2}$ слоя половинного ослабления.

175. Определить дефект массы Δm и энергию связи $E_{св}$ ядра атома лития $^{7}_{3}Li$.

176. Определить массу нейтрального атома, ели ядро этого атома состоит из трех протонов и двух нейтронов и энергия связи $E_{св}$ ядра равна 26,3 МэВ.

177.Определить порядковый номер Z и массовое число A частицы, обозначенной буквой x , в символической записи ядерной реакции , а так же количество протонов и нейтронов в ядре этой частицы:

$^{14}_{6}C+^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + x$; $^{27}_{13}Al + x \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{28}_{12}Mg$; $^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He \rightarrow x + ^{1}_{0}n$

178. Определить энергию Q следующих ядерных реакций:

$^{9}_{4}Be+^{2}_{1}H \rightarrow ^{10}_{5}B+^{1}_{0}n$; $^{44}_{20}Ca+^{1}_{1}H \rightarrow ^{41}_{18}K+^{4}_{2}He$.

179. При делении одного ядра $^{235}_{92}U$ выделяется энергия $Q = 200$ МэВ. Какую долю энергии покоя урана-235 составляет выделившаяся энергия?

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Основные физические постоянные

Физические постоянные	Обозначения	Значения
Ускорение свободного падения	g	9,81 м/с^2
Гравитационная постоянная	G	$6{,}67\cdot10^{-11}$ м^3/кг·с^2
Постоянная Авогадро	N_A	$6{,}62\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8,31Дж/моль·К
Постоянная Больцмана	k	$1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К
Элементарный заряд (заряд электрона)	e	$1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
Скорость света в вакууме	c	$3\cdot10^{8}$ м/с
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$ Вт/м^2·К^4

Постоянная закона смещения Вина	b	$2{,}9\cdot10^{-3}$ м·К
Постоянная Планка	h	$6{,}62\cdot10^{-34}$ Дж·с
Комптоновская длина волны электрона	λ_C	$2{,}43\cdot10^{-12}$ м
Атомная единица массы	а.е.м.	$1{,}66\cdot10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ε_0	$8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м

2. Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	m_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9{,}11\cdot10^{-31}$	0,00055	$8.16\cdot10^{-14}$	0,511
Протон	$1{,}672\cdot10^{-27}$	1,00728	$1{,}5\cdot10^{-10}$	938
Нейтрон	$1{,}675\cdot10^{-27}$	1,00867	$1{,}51\cdot10^{-10}$	939
	$3{,}35\cdot10^{-27}$	2,01355	$3{,}00\cdot10^{-10}$	1876
	$6{,}64\cdot10^{-27}$	4,00149	$5{,}96\cdot10^{-10}$	3733
	$2{,}41\cdot10^{-27}$	0,14498	$2{,}16\cdot10^{-10}$	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	${}^{4}_{2}He$	4,00260	Бериллий	${}^{9}_{4}Be$	9,01505
Гелий	${}^{3}_{2}He$	3,01603	Уран	${}^{235}_{92}U$	235,11750
Углерод	${}^{12}_{6}C$	12,00380			
Литий	${}^{7}_{3}Li$	7,01601			
Кислород	${}^{17}_{8}O$	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}	санти	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**
Α,α	альфа	Ν,ν	ню (ни)
Β,β	бета	Ξ,ξ	кси
Γ,γ	гамма	Ο,ο	омикрон
Δ,δ	дельта	Π,π	пи
Ε,ε	эпсилон	Ρ,ρ	Ро
Ζ,ζ	дзета	Σ,σ	сигма
Η,η	эта	Τ,τ	тау
Θ,θ	тета	Υ,υ	ипсилон
Ι,ι	йота	Φ,φ	фи
Κ,κ	каппа	Χ,χ	хи
Λ,λ	лямбда	Ψ,ψ	пси
Μ,μ	ми (мю)	Ω,ω	омега