

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Донской государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)**

ФИЗИКА

**Учебное пособие для обучения решению задач по физике
для студентов агрономического факультета по
направлениям подготовки:**

**05.03.06 Экология и природопользование, 35.03.04 Агрономия,
35.03.05 Садоводство**

**Персиановский
2018**

УДК 530 (075.4)

ББК 22.3

Ф-50

Рецензенты: Пимонов К. И., доктор с. - х. наук, профессор, зав. кафедрой растениеводства и экологии, Донской ГАУ;
Мокриевич А.Г., канд. тех. наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин, Донской ГАУ

Ф-50 Физика : учебное пособие для обучения решению задач по физике для студентов агрономического факультета по направлениям подготовки: 05.03.06 Экология и природопользование, 35.03.04 Агрономия, 35.03.05 Садоводство / сост. Е.Г. Баленко ; Донской ГАУ. – Персиановский : Донской ГАУ, 2018 – 61 с.

Учебное пособие предназначено для самостоятельной работы студентов агрономического факультета по направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование, 35.03.04 Агрономия, 35.03.05 Садоводство.

УДК 530 (075.4)

ББК 22.3

Ф-50

Таблиц – 13

Библиография – 3 наименования.

Утверждено на методической комиссии агрономического факультета (протокол № 6 от 12.03.2018 г.).

Рекомендовано к изданию методическим советом Донского ГАУ (протокол № 2 от 29.03.2018 г.).

© ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2018

© Баленко Е.Г., составление, 2018

Содержание

Основные законы и формулы курса физики.....	4
1. Элементы кинематики.....	4
2. Динамика материальной точки и поступательного движения твёрдого тела.....	5
3. Вращательное движение.....	7
4. Механические колебания.....	9
5. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа.....	10
6. Основы равновесной термодинамики.....	11
7. Основы неравновесной термодинамики. Явления переноса.....	12
8. Электростатика.....	13
9. Постоянный электрический ток.....	17
10. Электромагнетизм.....	19
11. Электромагнитные колебания. Переменный ток. Электромагнитные волны.....	22
12. Интерференция света.....	23
13. Дифракция и поляризация света.....	25
14. Квантовая природа излучения.....	26
15. Теория атома водорода по Бору.....	28
16. Элементы физики атомного ядра.....	29
Примеры решения задач.....	30
Задания для самостоятельной работы.....	36
Вопросы для самоподготовки.....	55
Приложение.....	57
Литература.....	61

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ КУРСА ФИЗИКИ

1. Элементы кинематики

- Средняя и мгновенная скорости материальной точки

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt},$$

где $\Delta \vec{r}$ – перемещение точки за время Δt , \vec{r} – радиус-вектор точки.

- Для прямолинейного равномерного движения

$$|\Delta \vec{r}| = S = v \Delta t,$$

где S – путь, пройденный точкой за время Δt .

- Среднее и мгновенное ускорения материальной точки

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

- Полное ускорение при криволинейном движении

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n, \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2},$$

где $a_\tau = \frac{dv}{dt}$ – тангенциальная составляющая ускорения; $a_n = v^2/R$ – нормальная составляющая ускорения (R – радиус кривизны траектории в данной точке).

- Путь и скорость для равнопеременного движения материальной точки

$$S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}; \quad v = v_0 \pm at,$$

где v_0 – начальная скорость.

- Угловая скорость

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}.$$

- Угловое ускорение

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

- Угловая скорость для равномерного вращательного движения твердого тела

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

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

- Угол поворота и угловая скорость для равнопеременного вращательного движения твердого тела

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

где ω_0 - начальная угловая скорость.

- Связь между линейными и угловыми величинами:

$$S = R\varphi; \quad v = \omega R; \quad a_\tau = \varepsilon R; \quad a_n = \omega^2 R,$$

где R – расстояние точки от оси вращения.

2. Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела

- Импульс материальной точки

$$\vec{P} = m\vec{v}.$$

- Второй закон Ньютона (основное уравнение динамики материальной точки)

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt}.$$

- Это же уравнение в проекциях на касательную и нормаль к траектории точки

$$F_\tau = ma_\tau = m \frac{dv}{dt}; \quad F_n = ma_n = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R.$$

- Сила трения скольжения

$$F_{mp} = \mu N,$$

где μ – коэффициент трения скольжения; N – сила нормального давления.

- Закон сохранения импульса для замкнутой системы

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = const,$$

где n - число материальных точек (или тел), входящих в систему.

- Координаты центра масс системы материальных точек:

$$X_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}; \quad Y_c = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}; \quad Z_c = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i},$$

где m_i – масса i -ой материальной точки; x_i, y_i, z_i – ее координаты.

- Работа, совершаемая внешней силой над телом

$$dA = F_s dS = F dS \cos \alpha,$$

где F_s – проекция силы на направление перемещения; α – угол между направлениями силы и перемещения.

- Работа, совершаемая переменной внешней силой, на пути S

$$A = \int_s F_s dS = \int_s F \cos \alpha dS$$

- Средняя мощность за промежуток времени Δt

$$\langle N \rangle = \frac{\Delta A}{\Delta t},$$

где ΔA – работа за промежуток времени Δt .

- Мгновенная мощность

$$N = \frac{dA}{dt} \quad \text{или} \quad N = \vec{F} \vec{v} = F_s v = F v \cos \alpha.$$

- Кинетическая энергия движущегося со скоростью v тела массой m

$$T = \frac{mv^2}{2}.$$

- Связь между силой, действующей на тело в данной точке поля, и потенциальной энергией тела

$$\vec{F} = -grad \Pi, \quad \text{или} \quad \vec{F} = -\left(\frac{\partial \Pi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \Pi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \Pi}{\partial z} \vec{k} \right),$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы координатных осей.

- Потенциальная энергия тела массой m , поднятого над поверхностью земли на высоту h ,

$$\Pi = mgh,$$

где g – ускорение свободного падения.

- Сила упругости

$$F = -kx,$$

где x – величина деформации; k – коэффициент жесткости.

- Потенциальная энергия упругодеформированного тела

$$\Pi = \frac{kx^2}{2}$$

- Закон сохранения полной механической энергии (для консервативной системы)

$$T + \Pi = E = const$$

- Механическое напряжение при упругой деформации тела

$$\sigma = \frac{F}{S},$$

где F – растягивающая (сжимающая) сила; S – площадь поперечного сечения тела.

- Обобщенный закон Гука для продольного растяжения (сжатия)

$$\sigma = E\varepsilon,$$

где E – модуль упругости (модуль Юнга), ε – относительное удлинение (сжатие).

- Сила гравитационного притяжения двух материальных точек

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r},$$

где G – гравитационная постоянная, m_1 и m_2 – массы взаимодействующих точек, \vec{r} – радиус-вектор, проведенный из центра масс системы к материальной точке.

- Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия

$$\Pi = -G \frac{m_1 m_2}{r}.$$

3. Вращательное движение твердых тел

- Момент инерции материальной точки

$$J = mr^2,$$

где m – масса точки; r – расстояние до оси вращения.

- Момент инерции системы (тела) относительно неподвижной оси

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

где r_i – расстояние материальной точки массой m_i до оси вращения.

- В случае непрерывного распределения масс

$$J = \int r^2 dm.$$

- Моменты инерции тел правильной геометрической формы (тела считаются однородными; m — масса тела).

Тело	Положение оси вращения	Момент инерции
Полый тонкостенный цилиндр (кольцо) радиусом R	Ось симметрии	mR^2
Сплошной цилиндр (диск) радиусом R	Ось симметрии	$\frac{1}{2}mR^2$
Прямой тонкий стержень длиной l	Ось перпендикулярна стержню и проходит через его середину	$\frac{1}{12}ml^2$
Прямой тонкий стержень длиной l	Ось перпендикулярна стержню и проходит через его конец	$\frac{1}{3}ml^2$
Шар радиусом R	Ось проходит через центр шара	$\frac{2}{5}mR^2$

- Теорема Штейнера

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

где J_c – момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс; J – момент инерции относительно параллельной оси, отстоящей от первой на расстоянии a ; m – масса тела.

- Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси z

$$T_{\text{вр}} = \frac{J_z \omega^2}{2},$$

где J_z – момент инерции тела относительно оси z ; ω – его угловая скорость.

- Кинетическая энергия тела, катящегося по плоскости без оси скольжения,

$$T = \frac{1}{2} m v_c^2 + \frac{1}{2} J_c \omega^2,$$

где m – масса тела; v_c – скорость центра масс тела; J_c – момент инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс; ω – угловая скорость тела.

- Момент силы относительно неподвижной точки

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

где r – радиус-вектор, проведенный из этой точки в точку приложения силы \vec{F} . Модуль момента силы относительно неподвижной оси

$$M = Fl,$$

где l – плечо силы (кратчайшее расстояние между линией действия силы и осью вращения).

- Работа внешней силы при вращательном движении тела

$$dA = M_z d\varphi,$$

где $d\varphi$ – угол поворота тела; M_z – момент силы относительно оси z .

- Момент импульса (момент количества движения) твердого тела относительно оси вращения

$$L_z = \sum_{i=1}^n m_i v_i r_i = J_z \omega,$$

где r_i – расстояние от оси z до отдельной частицы тела; $m_i v_i$ – импульс этой частицы; J_z – момент инерции тела относительно оси вращения z ; ω – его угловая скорость.

- Уравнение (закон) динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси

$$M_z = J_z \frac{d\omega}{dt} = J_z \varepsilon,$$

где ε – угловое ускорение; J_z – момент инерции тела относительно оси z .

- Закон сохранения момента импульса для замкнутой системы

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i = const.$$

4. Механические колебания

- Уравнение гармонических колебаний:

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

где x – смещение точки от положения равновесия, A – амплитуда колебаний, ω – круговая (циклическая частота), t – время, φ – начальная фаза.

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi / T,$$

где ν – частота колебаний, T – период колебаний.

- Скорость и ускорение при гармонических колебаниях:

$$v_x = \dot{x} = A\omega \cos(\omega t + \varphi),$$

$$a_x = \dot{v}_x = \ddot{x} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi).$$

- Возвращающая сила

$$F = -kx,$$

где $k = m\omega^2$ – коэффициент упругой (квазиупругой) силы, m – масса материальной точки.

- Полная механическая энергия при гармонических колебаниях:

$$E = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2}.$$

- Периоды колебаний:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \text{ – математический маятник } (l \text{ – длина нити}),$$

$$T = 2\pi\sqrt{m/k} \text{ – пружинный маятник } (m \text{ – масса тела, } k \text{ – коэффициент жесткости}),$$

$T = 2\pi\sqrt{J/(mgd)}$ – физический маятник (J – момент инерции тела относительно оси вращения, проходящей через точку подвеса, m – масса тела, d – расстояние от оси вращения до центра масс).

- Уравнение затухающих колебаний:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

где A_0 – начальное смещение, β – коэффициент затухания.

- Амплитуда результирующего колебания, полученного при сложении колебаний одинаковой частоты и одного направления:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi},$$

где A_1 и A_2 – амплитуды слагаемых колебаний, $\Delta\varphi$ – разность фаз слагаемых колебаний.

- Начальная фаза результирующего колебания определяется из

формулы:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}.$$

- Уравнение траектории точки, участвующей в двух взаимноперпендикулярных колебаниях с одинаковыми частотами:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

5. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа

- Основное уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{\text{кв.}}^2 \rangle = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle,$$

где P – давление газа, n – концентрация молекул, m_0 – масса одной молекулы, $\langle v_{\text{кв.}} \rangle$ – средняя квадратичная скорость одной молекулы.

- Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы

$$\langle E_k \rangle = \frac{m_0 \langle v_{\text{кв.}}^2 \rangle}{2} = \frac{3}{2} kT,$$

где T – абсолютная температура, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана.

- Уравнение Менделеева-Клапейрона:

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

где V – объём газа, m – масса газа, M – молярная масса, $R = 8,31 \text{ Дж/(К моль)}$ – универсальная газовая постоянная.

- Количество вещества:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

где N – общее число молекул, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – постоянная Авогадро.

- Скорости молекул:

$$\langle v_{\text{кв.}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3PV}{m}} \quad \text{– средняя квадратичная,}$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8PV}{\pi m}} \quad \text{– средняя арифметическая,}$$

$$v_{\text{в}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2PV}{m}} \quad \text{– наиболее вероятная.}$$

- Закон распределения молекул идеального газа по скоростям:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}.$$

- Закон распределения молекул идеального газа по энергиям:

$$f(E) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (kT)^{-3/2} E^{1/2} e^{-E/(kT)}.$$

6. Основы равновесной термодинамики

- Молярные теплоёмкости при постоянном объёме (C_V) и постоянном давлении (C_P):

$$C_V = \frac{i}{2} R, \quad C_P = \frac{i+2}{2} R,$$

где i – число степеней свободы.

- Связь между удельной (c) и молярной (C) теплоёмкостями:

$$c = C/M,$$

где M – молярная масса.

- Внутренняя энергия идеального газа:

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \frac{m}{M} C_V T.$$

- Работа расширения газа:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV - \text{в общем случае.}$$

$$A = P(V_2 - V_1) - \text{при изобарном процессе.}$$

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} - \text{при изотермическом процессе.}$$

$$A = -\Delta U = -\frac{m}{M} C_V \Delta T = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right] - \text{при адиабатном процессе,}$$

где $\gamma = C_P / C_V = (i + 2) / i$, i – число степеней свободы молекулы.

- Первое начало термодинамики:

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

где Q – количество теплоты, сообщённое системе, ΔU – изменение внутренней энергии системы, A – работа, совершённая системой против внешних сил.

- Уравнение Пуассона для адиабатного процесса:

$$PV^\gamma = const.$$

- Коэффициент полезного действия цикла Карно:

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

где Q_1 – количество теплоты, полученное от нагревателя, Q_2 – количество теплоты, переданное холодильнику, T_1 – температура нагревателя, T_2 – температура холодильника.

- Изменение энтропии при равновесном переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_1^2 \frac{dU + dA}{T}.$$

7. Основы неравновесной термодинамики. Явления переноса.

- Средняя длина свободного пробега молекул газа

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

где $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ – средняя арифметическая скорость,

$\langle z \rangle$ – среднее число столкновений каждой молекулы с остальными за единицу времени, d – эффективный диаметр молекулы, n – число молекул в единице объема.

- Средняя продолжительность свободного пробега

$$\langle \tau \rangle = \frac{1}{\langle z \rangle}.$$

- Общее число столкновений всех молекул в единице объема за единицу времени

$$Z = \frac{\langle z \rangle n}{2}.$$

- Коэффициент диффузии

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

- Масса, перенесенная за время dt при диффузии через площадку dS , расположенную перпендикулярно направлению, вдоль которого происходит диффузия

$$dm = -D \frac{d\rho}{dx} dS \cdot dt,$$

где $d\rho/dx$ – градиент плотности.

- Динамический коэффициент внутреннего трения (вязкости)

$$\eta = \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \frac{\rho}{3},$$

где ρ – плотность вещества.

- Сила внутреннего трения, действующая на элемент поверхности слоя с площадью dS

$$dF = -\eta \frac{dv}{dx} dS,$$

где dv/dx – градиент скорости.

- Коэффициент теплопроводности

$$K = \frac{\langle v \rangle \langle \lambda \rangle c_V \rho}{3},$$

где c_V – удельная теплоемкость газа в изохорном процессе.

- Количество теплоты, перенесенное через поверхность dS , перпендикулярную направлению теплового потока за время dt

$$dQ = -K \frac{dT}{dx} dS \cdot dt,$$

где dT/dx – градиент температуры.

8. Электростатика

- Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

где F – модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2 в вакууме; r – расстояние между зарядами; ϵ_0 – электрическая постоянная, равная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

- Напряженность и потенциал электростатического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0};$$
$$\varphi = \frac{W_n}{q_0}, \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{A_\infty}{q_0},$$

где \vec{F} – сила, действующая на точечный положительный заряд q_0 , помещенный в данную точку поля; W_n – потенциальная энергия заряда q_0 ; A_∞ – работа по перемещению заряда q_0 из данной точки поля за его пределы.

- Напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда q на расстоянии r от заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}; \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}.$$

- Поток вектора напряженности через площадку dS

$$d\Phi_E = \vec{E} d\vec{S} = E_n dS,$$

где $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$ – вектор, модуль которого равен dS , а направление совпадает с нормалью \vec{n} к площадке; E_n – составляющая вектора \vec{E} по направлению нормали \vec{n} к площадке.

- Поток вектора напряженности через произвольную поверхность S

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} d\vec{S} = \int_S E_n dS .$$

- Принцип суперпозиции (наложения) электростатических полей

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i ; \quad \varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i ,$$

где \vec{E}_i , φ_i – соответственно напряженность и потенциал поля, создаваемого зарядом q_i .

- Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля

$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi, \text{ или } \vec{E} = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k} \right),$$

где \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} – единичные векторы координатных осей.

- В случае поля, обладающего центральной или осевой симметрией

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} .$$

- Электрический момент диполя (дипольный момент)

$$\vec{p} = |q| \vec{l} ,$$

где \vec{l} – плечо диполя.

- Линейная, поверхностная и объемная плотность зарядов, т.е. заряд, приходящийся соответственно на единицу длины, поверхности и объема:

$$\tau = \frac{dq}{dl} ; \quad \sigma = \frac{dq}{dS} ; \quad \rho = \frac{dq}{dV} .$$

- Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^N q_i = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \rho dV ,$$

где $\sum_{i=1}^n q_i$ – алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри замкнутой

поверхности S ; N – число зарядов; ρ – объемная плотность зарядов.

- Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью,

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} .$$

- Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной

сферической поверхностью радиусом R с общим зарядом q на расстоянии r от центра сферы,

$$E = 0 \text{ при } r < R \text{ (внутри сферы);}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \text{ при } r \geq R \text{ (вне сферы и на ее поверхности).}$$

- Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной цилиндрической поверхностью радиусом R на расстоянии r от оси цилиндра,

$$E = 0 \text{ при } r < R \text{ (внутри цилиндра);}$$

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{r} \text{ при } r \geq R \text{ (вне цилиндра).}$$

- Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда q_0 из точки 1 в точку 2,

$$A_{12} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2), \text{ или } A_{12} = q_0 \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_1^2 E_l \cdot dl,$$

где E_l – проекция вектора \vec{E} на направление элементарного перемещения $d\vec{l}$.

- Поляризованность диэлектрика

$$\vec{P} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{p}_i}{V},$$

где V – объем диэлектрика; \vec{p}_i – дипольный момент i -ой молекулы.

- Связь между поляризованностью и напряженностью электростатического поля внутри диэлектрика

$$\vec{P} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E},$$

где ϵ – диэлектрическая восприимчивость вещества.

- Связь диэлектрической проницаемости ϵ с диэлектрической восприимчивостью ϵ

$$\epsilon = 1 + \epsilon.$$

- Связь между напряженностью E поля в диэлектрике и напряженностью E_0 внешнего поля

$$E = E_0 - \frac{P}{\epsilon_0}, \text{ или } E = \frac{E_0}{\epsilon}.$$

- Связь между векторами электрического смещения и напряженностью электростатического поля

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}.$$

- Связь между \vec{D} , \vec{E} и \vec{P}

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}.$$

- Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике

$$\Phi_D = \oiint_S \vec{D} d\vec{S} = \oiint_S D_n dS = \sum_{i=1}^n q_i,$$

где $\sum_{i=1}^n q_i$ – алгебраическая сумма заключенных внутри замкнутой

поверхности S свободных электрических зарядов; D_n – составляющая вектора \vec{D} по направлению нормали \vec{n} к площадке $d\vec{S}$; $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$ – вектор, модуль которого равен dS , а направление совпадает с нормалью \vec{n} к площадке. Интегрирование ведется по всей замкнутой поверхности.

- Электроемкость уединенного проводника и конденсатора

$$C = \frac{q}{\varphi}, \quad C = \frac{q}{U}, \text{ Место для формулы.}$$

где q – заряд, сообщенный проводнику; φ – потенциал проводника; U – разность потенциалов между пластинами.

- Электроемкость плоского конденсатора

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

где S – площадь пластины конденсатора; d – расстояние между пластинами.

- Электроемкость цилиндрического конденсатора

$$C = \frac{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon l}{\ln(r_2/r_1)},$$

где l – длина обкладок конденсатора; r_1 и r_2 – радиусы внутренней и внешней обкладок конденсатора.

- Электроемкость сферического конденсатора

$$C = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1},$$

где r_1 и r_2 – радиусы концентрических сфер.

- Электроемкость системы конденсаторов соответственно при последовательном и параллельном соединениях

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad \text{и} \quad C = \sum_{i=1}^n C_i,$$

где C_i – электроемкость i -го конденсатора; n – число конденсаторов.

- Энергия уединенного заряженного проводника

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

- Потенциальная энергия системы точечных зарядов

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \varphi_i,$$

где φ_i – потенциал, создаваемый в той точке, где находится заряд q_i , всеми зарядами, кроме i -го.

- Энергия заряженного конденсатора

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

где q – заряд конденсатора; C – его емкость; U – разность потенциалов между обкладками.

- Сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками плоского конденсатора

$$|F| = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2 S}{2}.$$

- Энергия электростатического поля плоского конденсатора

$$W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} S d = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U^2}{2d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} V,$$

где S – площадь одной пластины; U – разность потенциалов между пластинами; $V = Sd$ – объем области между пластинами конденсатора.

- Объемная плотность энергии электростатического поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2},$$

где D – электрическое смещение.

9. Постоянный электрический ток

- Сила тока

$$I = \frac{dq}{dt}; \quad \text{или } I = \frac{q}{t} \quad (\text{если } I = \text{const}).$$

- Плотность тока

$$j = \frac{I}{S},$$

где S – площадь поперечного сечения проводника.

- Плотность тока в проводнике

$$\vec{j} = ne \langle \vec{v} \rangle,$$

где $\langle \vec{v} \rangle$ – средняя скорость упорядоченного движения зарядов в проводнике, n – концентрация зарядов, e – элементарный заряд.

- Зависимость сопротивления от параметров проводника

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

где l – длина проводника, S – площадь поперечного сечения проводника, $\rho = \frac{1}{\gamma}$ – удельное сопротивление, γ – удельная проводимость.

- Зависимость удельного сопротивления от температуры

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где α – температурный коэффициент сопротивления, ρ_0 – удельное сопротивление при 0°C .

- Сопротивление при последовательном (а) и параллельном (б) соединении проводников

$$\text{а) } R = \sum_{i=1}^n R_i, \quad \text{б) } \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i},$$

где R_i – сопротивление i -го проводника, n – число проводников.

- Закон Ома:

для пассивного участка цепи

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R},$$

для активного участка цепи

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + E_{1,2}}{R},$$

для замкнутой цепи

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

где U – напряжение на однородном участке цепи, $(\varphi_1 - \varphi_2)$ – разность потенциалов на концах участка цепи, E – ЭДС источника, r – внутреннее сопротивление источника тока.

- Сила тока короткого замыкания

$$I = \frac{E}{r}.$$

- Работа тока за время t

$$A = IU t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

- Мощность тока

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

- Закон Джоуля-Ленца (количество теплоты, выделяемой при прохождении тока через проводник)

$$Q = I^2 R t.$$

- Мощность источника тока

$$P = E \cdot I$$

- Коэффициент полезного действия источника тока

$$\eta = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{полная}}} = \frac{R}{R + r}.$$

- Правила Кирхгофа

$$1) \sum_i I_i = 0 \text{ – для узлов;}$$

$$2) \sum_i I_i R_i = \sum_k E_k \text{ – для контуров,}$$

где $\sum_i I_i$ – алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле,

$\sum_k E_k$ – алгебраическая сумма ЭДС в контуре.

10. Электромагнетизм

- Магнитная индукция \vec{B} связана с напряженностью \vec{H} магнитного поля соотношением

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн / м}$ – магнитная постоянная,

μ – магнитная проницаемость изотропной среды.

- Принцип суперпозиции магнитных полей

$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i,$$

где \vec{B}_i – магнитная индукция, создаваемая каждым током или движущимся зарядом в отдельности.

- Магнитная индукция поля, создаваемая бесконечно длинным прямолинейным проводником с током,

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{b},$$

где b – расстояние от проводника с током до точки, в которой определяется магнитная индукция.

- Магнитная индукция поля, создаваемого прямолинейным проводником с током конечной длины

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I}{b} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2),$$

где α_1, α_2 – углы между элементом тока и радиус-векторами, проведенными из рассматриваемой точки к концам проводника.

- Магнитная индукция поля в центре кругового проводника с током

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R},$$

где R – радиус кругового витка.

- Магнитная индукция поля на оси кругового проводника с током

$$B = \frac{\mu_0 \mu I R^2}{2(R^2 + a^2)^{3/2}},$$

где R – радиус кругового витка, a – расстояние от центра витка до точки, в которой определяется магнитная индукция.

- Магнитная индукция поля внутри соленоида

$$B = \mu_0 \mu \cdot I \cdot n,$$

где n – число витков на единицу длины соленоида.

- Магнитная индукция поля на оси соленоида конечной длины

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2} \cdot I \cdot n \cdot (\cos \beta_1 - \cos \beta_2),$$

где β_1, β_2 – углы между осью катушки и радиус-вектором, проведенным из данной точки к концам катушки.

- Сила Ампера, действующая на элемент dl проводника с током I в магнитном поле,

$$dF = B \cdot I \cdot \sin \alpha \cdot dl,$$

где α – угол между направлениями тока и магнитной индукции поля.

- Магнитный момент контура с током

$$\vec{p}_m = I \cdot S \cdot \vec{n} \quad \text{или} \quad p_m = I \cdot S$$

где S – площадь контура, \vec{n} – единичный вектор нормали (положительный) к плоскости контура.

- Вращающий момент, действующий на контур с током, помещенный в однородное магнитное поле,

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где α – угол между направлением нормали к плоскости контура и магнитной индукцией поля.

- Сила взаимодействия между двумя прямолинейными параллельными проводниками с токами I_1 и I_2

$$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2\pi d},$$

где l – длина проводника, d – расстояние между ними.

- Магнитный поток через площадку dS

$$d\Phi = B_n dS,$$

где $B_n = B \cdot \cos \alpha$, α – угол между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к площадке dS .

- Магнитный поток неоднородного поля через произвольную поверхность

$$\Phi = \int_s \mathbf{B}_n dS,$$

где интегрирование ведется по всей поверхности.

- Магнитный поток однородного поля через плоскую поверхность

$$\Phi = BS \cos \alpha.$$

- Работа перемещения проводника с током в магнитном поле

$$dA = I \cdot d\Phi,$$

где $d\Phi$ – поток магнитной индукции, пересеченный проводником при его движении.

- Сила Лоренца, действующая на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле,

$$F = qBv \sin \alpha,$$

где q – заряд частицы, v – скорость частицы, α – угол между направлениями скорости частицы и магнитной индукции поля.

- Э.Д.С. индукции

$$E = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

- Разность потенциалов на концах проводника, движущегося в магнитном поле,

$$U = Blv \sin \alpha,$$

где v – скорость движения проводника, l – длина проводника, α – угол между направлениями скорости движения проводника и магнитной индукцией поля.

- Э.Д.С. самоиндукции

$$E = -L \frac{dI}{dt},$$

где L – индуктивность контура.

- Индуктивность соленоида

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

где S – площадь поперечного сечения соленоида, l – длина соленоида, N – полное число витков.

- Энергия магнитного поля контура с током

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

- Объемная плотность энергии магнитного поля

$$w = \frac{BH}{2} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}.$$

11. Электромагнитные колебания. Переменный ток. Электромагнитные волны

- Период и частота электромагнитных колебаний в колебательном контуре

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2},$$

где L – индуктивность катушки, C – электроёмкость конденсатора, R – сопротивление.

Если сопротивление нулевое (идеальный контур), то период колебаний

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

- Зависимость заряда на пластинах конденсатора, разности потенциалов между ними и тока в контуре от времени

$$q = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha),$$

$$U = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha),$$

$$I = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha + \psi),$$

где q_0 , U_0 , I_0 – заряд, напряжение и ток соответственно в начальный момент времени, $\beta = R/2L$ – коэффициент затухания, α – начальная фаза колебаний, ψ – разность фаз между током и напряжением в контуре.

- Логарифмический декремент затухания

$$\chi = \beta \cdot T.$$

- Полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей последовательно включённые резистор сопротивлением R , катушку индуктивностью L и конденсатор электроёмкостью C , на концы которой подаётся переменное напряжение $U = U_m \cos(\omega t)$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

где R – активное сопротивление, ωL – реактивное индуктивное сопротивление, $1/(\omega C)$ – реактивное ёмкостное сопротивление.

- Сдвиг фаз между напряжением и силой тока

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\omega L - [1/(\omega C)]}{R}.$$

- Действующие (эффективные) значения силы тока и напряжения

$$I_{\text{д}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U_{\text{д}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

где I_m и U_m – амплитудные значения силы тока и напряжения.

- Средняя мощность в цепи переменного тока

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} I_m U_m \cos \psi,$$

где

$$\cos \psi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}.$$

- Скорость электромагнитной волны в среде

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{n},$$

где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость электромагнитной волны в вакууме, ϵ – диэлектрическая проницаемость среды, μ – магнитная проницаемость среды, n – абсолютный показатель преломления вещества.

- Длина электромагнитной волны

$$\lambda = v \cdot T,$$

- Плотность энергии электромагнитной волны равна сумме плотностей энергий электрического и магнитного полей

$$w = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu \mu_0 H^2}{2},$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная, E – напряжённость электрического поля, H – напряжённость магнитного поля.

- Связь между мгновенными значениями напряжённостей электрического и магнитного полей электромагнитной волны

$$\sqrt{\epsilon \epsilon_0} E = \sqrt{\mu \mu_0} H.$$

- Энергия, переносимая волной за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны

$$S = w \cdot v = E \cdot H.$$

12. Интерференция света

- 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 среды.

- Оптическая длина пути световой волны

$$L = n l,$$

где l – геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n .

- Оптическая разность хода двух световых волн

$$\Delta = L_2 - L_1.$$

- Зависимость разности фаз от оптической разности хода световых волн

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda_0},$$

где λ_0 – длина световой волны в вакууме.

- Условие интерференционных максимумов

$$\Delta = \pm m\lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$$

- Условие интерференционных минимумов

$$\Delta = \pm(2m + 1)\frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$$

- Координаты максимумов и минимумов интенсивности в опыте Юнга

$$x_{\max} = \pm m \frac{L}{d} \lambda_0; \quad x_{\min} = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{L}{d} \lambda_0,$$

где $m = 0, 1, 2, \dots$ – номер интерференционной полосы, d – расстояние между двумя когерентными источниками, находящимися на расстоянии L от экрана ($L \gg d$).

- Ширина интерференционной полосы

$$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda_0,$$

- Оптическая разность хода при интерференции в тонких плёнках в проходящем свете:

$$\Delta = 2d n \cos \beta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha},$$

в отражённом свете:

$$\Delta = 2d n \cos \beta + \lambda_0 / 2 = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \lambda_0 / 2$$

где d – толщина пленки; n – ее показатель преломления; α – угол падения; β – угол преломления.

- Радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете (или темных в проходящем свете)

$$r_{\text{свет}} = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0 R} \quad (m = 1, 2, \dots),$$

где m – номер кольца; R – радиус кривизны линзы.

- Радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете (или светлых в проходящем свете)

$$r_{\text{темн}} = \sqrt{m \lambda_0 R} \quad (m = 1, 2, \dots).$$

- В случае «просветления оптики» интерферирующие лучи в отраженном свете гасят друг друга при условии

$$n = \sqrt{n_{\text{ст}}},$$

где $n_{\text{ст}}$ – показатель преломления стекла; n – показатель преломления пленки.

13. Дифракция и поляризация света

- Радиус внешней границы m -ой зоны Френеля для сферической волны

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda},$$

где m – номер зоны Френеля; λ – длина волны; a и b – расстояния диафрагмы с круглым отверстием соответственно от точечного источника и от экрана, на котором дифракционная картина наблюдается.

- Условия дифракционных максимумов и минимумов от одной щели, на которую свет падает нормально:

$$a \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ – условие максимума}$$

$$a \sin \varphi = \pm m \lambda \text{ – условие минимума} \quad (m = 1, 2, 3, \dots),$$

где a – ширина щели; φ – угол дифракции; m – порядок спектра; λ – длина волны.

- Условие главных максимумов дифракции на решетке при нормальном падении света

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

где d – период (постоянная) дифракционной решетки, m – порядок максимума.

- Условия главных и дополнительных минимумов

$$a \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$$

$$d \sin \varphi = \pm m' \frac{\lambda}{N} \quad (m' = 1, 2, 3, \dots, \text{ кроме } 0, N, 2N, \dots)$$

N – общее число штрихов решетки.

- Период дифракционной решетки

$$d = \frac{1}{N_0},$$

где N_0 – число щелей, приходящихся на единицу длины решетки.

- Условие дифракционных максимумов от пространственной решетки (формула Вульфа – Брэгга)

$$2d \sin \theta = m \lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots),$$

где d – расстояние между атомными плоскостями кристалла; θ – угол скольжения.

- Угловая дисперсия дифракционной решетки

$$D_{\phi} = \frac{\delta\phi}{\delta\lambda} = \frac{m}{d \cos\phi}.$$

- Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = mN,$$

где λ , $(\lambda + \delta\lambda)$ – длины волн двух соседних спектральных линий, разрешаемых решеткой.

- Закон Малюса

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

где I – интенсивность плоскополяризованного света, прошедшего через анализатор; I_0 – интенсивность плоскополяризованного света, падающего на анализатор; α – угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора.

- Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21},$$

где i_B – угол падения, при котором отраженный от диэлектрика луч является плоскополяризованным; n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

- Угол поворота плоскости поляризации:

для оптически активных кристаллов и чистых жидкостей

$$\varphi = \alpha d;$$

для оптически активных растворов

$$\varphi = [\alpha]Cd,$$

где d – длина пути, пройденного светом в оптически активном веществе; α (или $[\alpha]$) – удельное вращение; C – массовая концентрация оптически активного вещества в растворе.

14. Квантовая природа излучения

- Закон Стефана-Больцмана для абсолютно чёрного тела

$$R^{\text{acht}} = \sigma T^4,$$

где R^{acht} – энергетическая светимость (излучательность) чёрного тела; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана; T – температура.

- Энергетическая светимость серого тела

$$R^c = a \sigma T^4,$$

где a – поглощательная способность серого тела.

- Связь энергетической светимости R и спектральной плотности энергетической светимости r

$$R = \int_0^{\infty} r_{\nu,T} d\nu = \int_0^{\infty} r_{\lambda,T} d\lambda.$$

- Закон смещения Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

где λ_{\max} – длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности энергетической светимости чёрного тела, $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – постоянная Вина.

- Зависимость максимальной спектральной плотности энергетической светимости чёрного тела от температуры

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

где $C = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт} / (\text{м}^3 \text{К}^5)$.

- Формула Рэлея-Джинса для спектральной плотности энергетической светимости чёрного тела

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT,$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$ – постоянная Больцмана, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с}$ – скорость света в вакууме, ν – частота излучения.

- Энергия кванта света (фотона)

$$\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda},$$

где $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – постоянная Планка.

- Импульс и масса фотона

$$P = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}, \quad m = \frac{h\nu}{c^2}.$$

- Формула Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$h\nu = A + \frac{m\nu_{\max}^2}{2},$$

где A – работа выхода электрона из металла, $\frac{m\nu_{\max}^2}{2}$ – максимальная

кинетическая энергия фотоэлектрона, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона.

Если скорость вылета электрона с поверхности $\nu = 0$, то $h\nu_0 = hc / \lambda_0 = A$, где ν_0 , λ_0 – «красная граница» фотоэффекта (минимальная частота или максимальная длина волны, при которой возможен фотоэффект).

- Связь между кинетической энергией электрона и задерживающим напряжением

$$\frac{m v_{\max}^2}{2} = e U_3,$$

где $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона.

- Давление света при нормальном падении на поверхность

$$P = \frac{I}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho),$$

где E – энергия всех фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени, ρ – коэффициент отражения, ω – объёмная плотность энергии излучения.

- Изменение длины волны рентгеновского излучения при комптоновском рассеянии

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta),$$

где λ и λ' – длины волн падающего и рассеянного излучения, m – масса электрона, θ – угол рассеяния.

15. Теория атома водорода по Бору

- Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний)

$$m_e v_n r_n = n \hbar \quad (n = 1, 2, 3, \dots),$$

где $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона, v_n – скорость электрона на n -ой орбите, радиус которой равен r_n , $\hbar = h/2\pi = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ – штрихованная постоянная Планка.

- Второй постулат Бора (правило частот)

$$h\nu = E_n - E_m,$$

где E_n , E_m – энергии стационарных состояний атома соответственно до и после излучения (поглощения), ν – частота излученного (поглощенного) кванта энергии.

- Обобщенная формула Бальмера, описывающая серии в спектре водорода:

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где ν – частота спектральных линий в спектре атома водорода; $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ – постоянная Ридберга; m – определяет серию линий в спектре атома водорода:

$m = 1$ – серия Лаймана (расположена в ультрафиолетовой части спектра);

$m = 2$ – серия Бальмера (часть спектра, видимая человеческим глазом);

$m = 3$ – серия Пашена (инфракрасное излучение);

$m = 4$ – серия Брэкета (инфракрасное излучение);

n – целое число, причем $n > m$.

- Радиус n -ой орбиты электрона в атоме водорода:

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2 4\pi \varepsilon_0}{m_e e^2},$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона, m_e – масса электрона.

- Энергия n -ого стационарного состояния

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m_e e^2}{8h^2 \varepsilon_0^2},$$

где n – номер стационарной орбиты.

- Потенциал ионизации

$$\varphi_i = E_i / e.$$

- Потенциал возбуждения

$$\varphi_n = \frac{E_{n+1} - E_1}{e}.$$

16. Элементы физики атомного ядра

- Массовое число ядра (число нуклонов в ядре)

$$A = Z + N,$$

где Z – зарядовое число (число протонов); N – число нейтронов.

- Радиус ядра с массовым числом A (в метрах)

$$R = 1,23 \cdot 10^{-15} \sqrt[3]{A}.$$

- Дефект массы ядра

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - \frac{A}{Z} m_{\text{я}}$$

где m_p , m_n и $\frac{A}{Z} m_{\text{я}}$ – соответственно масса протона, нейтрона и ядра.

Если взять не массу ядра $\frac{A}{Z} m_{\text{я}}$, а массу атома (изотопа) $\frac{A}{Z} m$, и вместо массы протона массу атома водорода ${}^1_1 m_H$, то

$$\Delta m = Z {}^1_1 m_H + (A - Z) m_n - \frac{A}{Z} m.$$

- Энергия связи и удельная энергия связи

$$E_{\text{св}} = \Delta m c^2, \quad \varepsilon_{\text{уд}} = E_{\text{св}} / A.$$

Если массы измерять в а.е.м., то $E_{\text{св}} = 931 \Delta m$ (МэВ), так как $1 \text{ а.е.м.} \cdot c^2 = 931,5 \text{ МэВ}$.

- Закон радиоактивного распада

$$dN = -\lambda N dt \quad \text{или} \quad N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где dN – число ядер, распадающихся за время dt ; N – число ядер, не распавшихся к моменту времени t ; N_0 – число ядер в начальный момент времени ($t=0$); λ – постоянная радиоактивного распада.

- Период полураспада

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

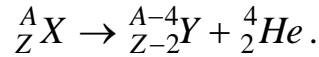
- Среднее время жизни радиоактивного ядра

$$\tau = 1/\lambda$$

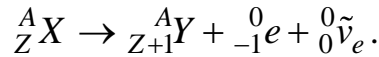
- Активность радиоактивного изотопа

$$A = -dN/dt = \lambda N \text{ или } A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}.$$

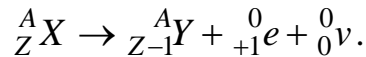
- Правила смещения для α – распада



- Правила смещения для β^- – распада



- Правила смещения для β^+ – распада



- Энергетический эффект ядерной реакции (в МэВ)

$$\Delta E = 931,5 \left[\sum m_i - \sum m_j \right],$$

где $\sum m_i$ – сумма масс (в а.е.м.) исходных реагентов, $\sum m_j$ – сумма масс (в а.е.м.) продуктов реакции.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. Диск радиусом $R=30$ см и массой $m=10$ кг вращается с частотой $n_0=5$ с⁻¹. Какой момент силы следует приложить, чтобы диск остановился за время $t=10$ с?

Дано:

$$m=10 \text{ кг}$$

$$t=10 \text{ с}$$

$$R=0,3 \text{ м}$$

$$n_0 = 5 \text{ с}^{-1}$$

$$M = ?$$

Решение:

Угловая скорость равна $\omega_0 = 2\pi n_0$.

Так как диск остановился, то конечная скорость $\omega = 0$.

Значит, из формулы $\omega = \omega_0 + \beta t$ получаем

$$\beta = -\frac{\omega_0}{t} = -\frac{2\pi n_0}{t} = -\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5}{10} = -3,14 \text{ рад/с} - \text{угловое}$$

ускорение (отрицательное, т.к. диск тормозится).

По основному уравнению динамики вращательного движения: $M = I\beta$

$$\text{Момент инерции диска } I = \frac{mR^2}{2} \Rightarrow M = \frac{mR^2}{2} \beta = \frac{10 \cdot 0,3^2}{2} \cdot (-3,14) =$$

$$= -1,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Ответ: $M = -1,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

Пример 2. Определить плотность углекислого газа при температуре $t=117\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $P = 202\text{ кПа}$.

Дано:
 $\mu = 0,044\text{ кг/моль}$
 $P = 202\ 000\text{ Па}$
 $T = 117 + 273 = 390\text{ К}$

$\rho - ?$

Решение:

Уравнение Менделеева – Клайперона:

$$PV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \text{плотность равна } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\mu P}{RT}$$

$$\rho = \frac{0,044 \cdot 202\ 000}{8,31 \cdot 390} = 2,74\text{ кг/м}^3$$

Ответ: $\rho = 2,74\text{ кг/м}^3$

Пример 3. Определить теплоту Q , необходимую для нагревания азота массой $m=10\text{ кг}$ на $\Delta T = 20\text{ К}$: 1) при постоянном давлении; 2) при постоянном объёме.

Дано:
 $\mu = 0,028\text{ кг/моль}$
 $m = 0,01\text{ кг}$
 $\Delta T = 20\text{ К}$

$Q - ?$

Решение:

1) Так как молекула азота N_2 двухатомная, то число степеней свободы равно

$i = 5 \Rightarrow$ изохорная молярная теплоёмкость

$$C_V = \frac{i}{2}R = \frac{5}{2} \cdot 8,31 = 20,8\text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

Теплота, получаемая при изохорном процессе ($V = \text{const}$) равна

$$Q = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T = \frac{0,01}{0,028} \cdot 20,8 \cdot 20 = 149\text{ Дж}$$

2) Определяем по уравнению Майера изобарную молярную теплоёмкость: $C_p = C_V + R =$

$$= 20,8 + 8,31 = 29,1\text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$\text{Вычисляем теплоту: } Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = \frac{0,01}{0,028} \cdot 29,1 \cdot 20 =$$

$$= 208\text{ Дж}$$

Ответ: 1) $Q=149\text{ Дж}$; 2) $Q=208\text{ Дж}$.

Пример 4. Определить массу газа, который в результате диффузии проходит за время 12 ч через поверхность почвы площадью $S=10\text{ см}^2$, если коэффициент диффузии $D=0,05\text{ см}^2/\text{с}$. Плотность газа на глубине $\Delta x = 0,5\text{ м}$ равна $\rho_1 = 1,2 \cdot 10^{-2}\text{ г/см}^3$, а у поверхности $\rho_2 = 10^{-2}\text{ г/см}^3$.

Дано:

$$S=10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$t=12 \cdot 3 \cdot 600 \text{ с}$$

$$D=0,02 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\Delta x = 0,5 \text{ м}$$

$$\rho_1 = 12 \text{ кг/м}^2$$

$$\rho_2 = 10 \text{ кг/м}^2$$

$m - ?$

Решение:

Закон Фика для одномерной диффузии:

$$\frac{m}{St} = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta x}, \text{ где измерение плотности } \Delta \rho = \rho_2 - \rho_1$$

$$\text{Масса газа: } m = DSt \cdot \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\Delta x} =$$

$$= 0,02 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 12 \cdot 3600 \cdot \frac{12-10}{0,5} = 0,00414 \text{ кг.}$$

Ответ: $m=0,00414 \text{ кг.}$

Пример 5. Расстояние r между двумя зарядами $Q_1 = 100 \text{ нКл}$ и $Q_2 = 50 \text{ нКл}$ равно 10 см . Определить силу F , действующую на заряд $Q_3 = 1 \text{ нКл}$, отстоящий на $r_1=8 \text{ см}$ от заряда Q_1 и на $r_2=6 \text{ см}$ от заряда Q_2 .

Дано:

$$r = 0,1 \text{ м}$$

$$r_1 = 0,08 \text{ м}$$

$$r_2 = 0,06 \text{ м}$$

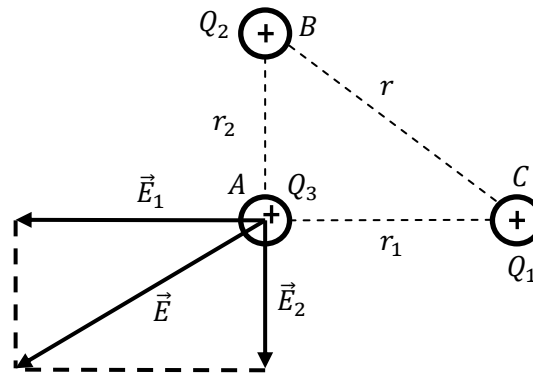
$$Q_1 = 100 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$Q_2 = 50 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$Q_3 = 10^{-9} \text{ Кл}$$

$F - ?$

Решение:



Напряжённость поля, созданная в т. A первым зарядом Q_1 , равна

$$E_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} = \frac{100 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,08^2} = 140568 \text{ В/м}$$

Второй заряд Q_2 создает напряжённость:

$$E_2 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} = \frac{50 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,06^2} = 124950 \text{ В/м}$$

Так как треугольник ABC прямоугольный (выполняется теорема Пифагора $r^2 = r_1^2 + r_2^2$), то угол между векторами \vec{E}_1 и \vec{E}_2 равен $90^\circ \Rightarrow$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{124950^2 + 140568^2} = 188074 \text{ В/м}$$

Сила, действующая на заряд Q_3 , равна $F = Q_3 E = 10^{-9} \cdot 188074 = 1,88 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$

Ответ: $F = 1,88 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$

Пример 6. Расстояние между двумя точечными зарядами $Q_1=10$ нКл и $Q_2=3$ нКл равно 30 см. Определить работу, которую надо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния 10 см.

Дано:

$$Q_1=10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$Q_2=3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$r_{\text{нач}}=0,3 \text{ м}$$

$$r_{\text{кон}}=0,1 \text{ м}$$

$$A_{\text{внеш}} - ?$$

Решение:

Потенциал, созданный зарядом

Q_2 в конечной точке нахождения заряда Q_1 :

$$\varphi_{\text{кон}} = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{\text{кон}}}$$

Аналогично:

$$\varphi_{\text{нач}} = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{\text{нач}}}$$

Работа внешней силы выражается через разность потенциалов:

$$A_{\text{внеш}} = Q_1(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \Rightarrow$$

$$A_{\text{внеш}} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_{\text{кон}}} - \frac{1}{r_{\text{нач}}} \right) = \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \left(\frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,3} \right) = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Ответ: $A_{\text{внеш}} = 1,8 \cdot 10^{-6}$ Дж.

Пример 7. Какой длины нужно взять никелевую проволоку сечением $S=0,05$ мм² для устройства кипятильника, в котором за время $t=15$ мин можно выкипятить воду объёмом $V=1$ л, взятую при температуре $t=10$ °С?

Напряжение в сети $U=110$ В, КПД кипятильника $\eta=60\%$, удельная теплоёмкость воды $c=4200$ Дж/кг·К.

Дано:

$$\rho_{\text{плот}}=10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$S=0,05 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$t=15 \cdot 60 \text{ с}$$

$$V=10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_{\text{нач}}=10 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$U=110 \text{ В}$$

$$t_{\text{кон}}=100 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$c=4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

$$\eta=0,6$$

$$\rho=40 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$l - ?$$

Решение:

Определение КПД: $\eta = \frac{Q}{A_{\text{затр}}} \Rightarrow A_{\text{затр}} = \frac{Q}{\eta}$ — работа тока

Теплота нагрева воды:

$$Q = c m(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) = c \rho_{\text{плот}} V(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) =$$

$$= 4200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} (100 - 10) = 3,78 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

Тогда $A_{\text{затр}} = \frac{3,78 \cdot 10^5}{0,6} = 6,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}$

По закону Джоуля-Ленца

$$A_{\text{затр}} = \frac{U^2}{R} t \Rightarrow \text{сопротивление } R = \frac{U^2 t}{A_{\text{затр}}} =$$

$$= \frac{110^2 \cdot 15 \cdot 60}{6,3 \cdot 10^5} = 17,3 \text{ Ом}$$

$$R = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow \text{длина проволоки } l = \frac{RS}{\rho} = \frac{17,3 \cdot 0,05 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-8}} = 2,16 \text{ м}$$

Ответ: $l = 2,16 \text{ м}$

Пример 8. Соленоид длиной $l=10 \text{ см}$ и сопротивлением $r=30 \text{ Ом}$ содержит $N=200$ витков. Определить индукцию магнитного поля соленоида, если разность потенциалов на концах обмотки $U=6 \text{ В}$.

Дано:

$$U = 6 \text{ В}$$

$$r = 30 \text{ Ом}$$

$$l = 0,1 \text{ м}$$

$$N = 200$$

$B = ?$

Решение:

$$\text{Определяем силу тока: } I = \frac{U}{R} = \frac{6}{30} = 0,2 \text{ А}$$

Определяем индукцию:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \frac{200}{0,1} \cdot 0,2 = 5,02 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

Ответ: $B = 5,02 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$

Пример 9. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с площадью пластин $S=50 \text{ см}^2$ каждая и катушки с индуктивностью $L=1 \text{ мкГн}$, резонирует на длину волны $\lambda=20 \text{ м}$. Определить расстояние между пластинами конденсатора.

Дано

$$S = 50 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$L = 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$\lambda = 20 \text{ м}$$

$d = ?$

Решение:

Период колебаний контура:

$$T = \frac{\lambda}{c} = \frac{20}{3 \cdot 10^8} = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ с}$$

Формула Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow$

$$\text{Ёмкость конденсатора } C = \frac{T^2}{4\pi^2 L} = \frac{(6,67 \cdot 10^{-8})^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^{-6}} = 1,13 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$$

Для плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow d = \frac{\epsilon_0 S}{C} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 50 \cdot 10^{-4}}{1,13 \cdot 10^{-10}} = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

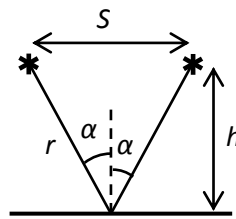
Ответ: $d=0,39 \text{ мм.}$

Пример 10. На каком расстоянии друг от друга необходимо повесить две лампы в теплицах, чтобы освещенность на поверхности земли в точке, лежащей посередине между лампами, была не менее $E=200 \text{ лк}$. Высота теплицы $h=2 \text{ м}$. Сила света каждой лампы $I=800 \text{ кд}$.

Дано:
 $I=800$ кд
 $h=2$ м
 $E=200$ лк

$S - ?$

Решение:



Каждая лампочка создаёт освещённость $E_1 = \frac{E}{2} = 100$ лк

Определение освещенности: $E_1 = \frac{I}{r^2} \cos\alpha$;

Из рисунка получаем $\cos\alpha = \frac{h}{r} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{Ih}{E_1}} = \sqrt[3]{\frac{800 \cdot 2}{100}} = 2,52$ м \Rightarrow

т. Пифагора: $\frac{S}{2} = \sqrt{r^2 - h^2} = 1,53$ м $\Rightarrow S = 3,06$ м

Ответ: $S = 3,06$ м

Пример 11. На дифракционную решетку, имеющую 400 штрихов на 1 мм^2 падает нормально свет с длиной волны $\lambda=700$ нм. Определить угловое отклонение лучей, соответствующих главному дифракционному максимуму.

Дано:
 $\lambda=700 \cdot 10^{-9}$ м
 $m=1$
 $N=400 \cdot 10^3$ 1/м

$\varphi - ?$

Решение:

$d \sin\varphi = m\lambda$ - условие максимума.

$d = \frac{1}{N}$ - период решётки.

Тогда $\sin\varphi = mN\lambda = 1 \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 700 \cdot 10^{-9} = 0,28$

$\varphi = \arcsin(0,28) = 16,3^{\circ}$

Ответ: $\varphi=16,3^{\circ}$

Пример 12. Какой длине волны соответствует максимум излучения поверхности пахотной земли при её температуре $t=27^{\circ}\text{C}$?

Дано:
 $T=27+273=300\text{K}$

$\lambda_{\max} - ?$

Решение:

Закон Вина: $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$.

$b = 0,0029$ м · К – постоянная Вина

Расчет: $\lambda_{\max} = \frac{0,0029}{300} = 9,7 \cdot 10^{-6}$ м

Ответ: $\lambda_{\max}=9,7 \cdot 10^{-6}$ м.

Пример 13. На металл падает свет с длиной волны $\lambda=437$ нм. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, пренебрегая работой выхода.

Дано:
 $\lambda=437 \cdot 10^{-9}$ м

$v - ?$

Решение:

$\frac{hc}{\lambda} = \frac{mv^2}{2} + A$ – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

По условию $A=0 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{437 \cdot 10^{-9} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}} = 10^6$ м/с

Ответ: $v = 10^6$ м/с.

Пример 14. Определить энергию связи и дефект массы ядра трития ${}^3_1\text{H}$.

Дано:

${}^1_1m_H = 1,00783$ а.е.м.

$m_p = 1,00867$ а.е.м.

${}^3_1m_H = 3,01605$ а.е.м.

$\Delta m - ?$ $E_{\text{св}} - ?$

Решение:

Ядро трития состоит из двух нейтронов и одного протона. Тогда дефект масс равен

$$\Delta m = 1 \cdot {}^1_1m_H + 2 \cdot m_p - {}^3_1m_H = 1,00783 +$$

$$+ 2 \cdot 1,00867 - 3,01605 = 0,00912 \text{ а. е. м.}$$

Энергия связи: $E_{\text{св}} = \Delta m \cdot 931,5$ (МэВ)

$$E_{\text{св}} = 0,00912 \cdot 931,5 = 8,5 \text{ МэВ}$$

Ответ: $\Delta m = 0,00912$ а. е. м; $E_{\text{св}} = 8,5$ МэВ.

Задания для самостоятельной работы

1. Для направленного роста растений в космосе предполагается применять вращающиеся оранжереи. Вычислить частоту и период вращения оранжереи, необходимые для получения центробежной силы инерции $F=mg/3$, на расстоянии $R=2,5$ м от оси.

2. Чему равна линейная скорость на ободе турбины диаметром $d=9$ м, если частота вращения $n=1,2$ с⁻¹? На каком расстоянии от оси линейная скорость равна $v=15$ м/с?

3. Тело массой $m=2$ кг движется со скоростью $v_1=3$ м/с. Какую работу надо выполнить, чтобы увеличить скорость тела до $v_2=4$ м/с? Вычислить работу, которую надо совершить, чтобы скорость увеличилась от $v_1=4$ м/с до $v_2=5$ м/с.

4. Под действием некоторой постоянной силы груз массой $m=10$ кг подняли вертикально на высоту $h=2$ м. При этом совершена работа $A=300$ Дж. С каким ускорением поднимали груз?

5. Камень массой $m=1,5$ кг упал с некоторой высоты. Падение продолжалось $t=1,2$ с. Определить кинетическую энергию камня в средней точке пути.

6. К концам нити, перекинутой через блок, подвешены два тела массами $m_1=200$ г и $m_2=150$ г. Определить, за какое время t тела пройдут расстояние $S=1$ м.

7. К саням массой $m=350$ кг приложена сила $F=500$ Н. Определить коэффициент трения саней о лед, если сани движутся с ускорением $a=0,8$ м/с².

8. Для подъема зерна на высоту $h=10$ м установили транспортер мощностью $N=4$ кВт. Определить массу зерна, поднятого за время $t=8$ ч работы транспортера. Коэффициент полезного действия установки принять равным $\eta=13,6\%$.

9. Шар массой $m=200$ г движется перпендикулярно стене со скоростью $v_1=5$ м/с и отскакивает от нее со скоростью $v_2=3$ м/с. Определить силу взаимодействия шара со стеной, если время взаимодействия $t=0,1$ с.

10. Шарик массой $m=200$ г упал с высоты $h=4,9$ м на массивную горизонтальную плиту и отскочил вверх. Определить импульс, полученный плитой. Считать удар упругим.

11. Совершив работу, равную $A_1=20$ Дж, удастся сжать пружину на 2 см. Определить работу, которую надо выполнить, чтобы сжать пружину на 4 см.

12. Диск массой $m=5$ кг вращается с частотой $n_1=с^{-1}$. Определить работу, которую надо совершить, чтобы частота вращения диска увеличилась до $n_2=15$ с⁻¹. Радиус диска равен $R=20$ см.

13. Определить массу прицепа, который трактор ведет с ускорением $a=0,2$ м/с². Сила сопротивления движению $F_{тр}=1,5$ кН, сила тяги на крюке трактора $F=1,6$ кН.

14. Диск радиусом $R=30$ см и массой $m=10$ кг вращается с частотой $n=5$ с⁻¹. Какой момент силы следует приложить, чтобы диск остановился за время $t=10$ с?

15. Маховик с моментом инерции $J=45 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ начинает вращаться, и за время $t=5 \text{ с}$ его угловая скорость возрастает до $\omega=62,8 \text{ рад/с}$. Определить момент силы, действующей на маховик.

16. Два тела массами $m_1=100 \text{ г}$ и $m_2=150 \text{ г}$ висят на нити, перекинутой через блок. Определить скорости тела через время $t=1 \text{ с}$.

17. Автомобиль массой $m=1,5 \text{ т}$ движется по выпуклому мосту со скоростью $v=30 \text{ м/с}$. Определить силу давления на мост в верхней его части, если радиус кривизны моста равен $R=250 \text{ м}$.

18. Автомобиль массой $m=1 \text{ т}$, движущийся со скоростью $v=54 \text{ км/ч}$, останавливается за $t=6 \text{ с}$. Вычислить тормозной путь и силу торможения.

19. С тележки, движущейся со скоростью $v=2 \text{ м/с}$, прыгает человек массой $m_1=80 \text{ кг}$. После этого скорость тележки уменьшилась вдвое. Вычислить горизонтальную составляющую скорости человека при прыжке, если масса тележки $m_2=200 \text{ кг}$.

20. Молотильный барабан вращается с частотой $n=20 \text{ с}^{-1}$. Момент инерции барабана $J=30 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Определить момент силы, под действием которого барабан остановится за время $t=200 \text{ с}$.

21. Определить объем баллона, в котором находится кислород массой $m=4,3 \text{ кг}$ под давлением $p=15,2 \text{ МПа}$ при температуре $t=27^\circ\text{C}$.

22. Баллон вместимостью $V=50 \text{ л}$ наполнен кислородом. Определить массу кислорода, находящегося в баллоне при температуре $t=47^\circ\text{C}$ и давлении $p=0,11 \text{ МПа}$.

23. Определить температуру водорода, имеющего плотность $\rho=6 \text{ кг/м}^3$ при давлении $p=12,1 \text{ МПа}$.

24. Определить давление газа с количеством вещества $\nu=2 \text{ моль}$, занимающего объем $V=6 \text{ л}$ температуре $t=-38^\circ\text{C}$.

25. Для сварки израсходован кислород массой $m=3,2 \text{ кг}$. Какой должна быть минимальная вместимость сосуда с кислородом, если стенки сосуда рассчитаны на давление $p=15,2 \text{ МПа}$? Температура газа в сосуде $t=17^\circ\text{C}$.

26. В баллон накачали водород, создав при температуре $t=6^\circ\text{C}$ давление $p=7,73 \text{ МПа}$. Определить плотность газа в баллоне.

27. Груз массой $m=5$ кг падает с высоты $h=5$ м и проникает в грунт на расстояние $l=5$ см. Определить среднюю силу сопротивления грунта.

28. Определить молярную массу газа у которого при температуре $t=58^{\circ}\text{C}$ и давлении $p=0,25$ МПа плотность $\rho=4$ кг/м³.

29. Определить плотность воздуха при температуре $t=307^{\circ}\text{C}$ и давлении $p=98,1$ кПа.

30. Для сварки был применен газ, находящийся в баллоне вместимостью $V=25$ л при температуре $t_1=27^{\circ}\text{C}$ и давлении $p_1=20,2$ МПа. Определить массу израсходованного газа, если давление газа в баллоне стало $p_2=4,04$ МПа, а температура $t_2=23^{\circ}\text{C}$. Относительная молекулярная масса газа $M_r=26$.

31. Определить количество вещества ν газа, занимающего объем $V=2$ см³ при температуре $T=241$ К и давлении $p=1$ ГПа.

32. Какой газ при давлении $p=0,808$ МПа и температуре $T=240$ К имеет плотность $\rho=0,81$ кг/м³?

33. Определить массу молекулы аммиака NH_3 .

34. Определить плотность углекислого газа при температуре $t=117^{\circ}\text{C}$ и давлении $p=202$ кПа.

35. Сколько молекул газа содержится при нормальных условиях в колбе вместимостью $V=0,5$ л?

36. Сколько молекул содержится в кислороде массой $m=2$ г?

37. Снаряд массой $m=20$ кг имеет вид цилиндра радиусом $R=5$ см. Снаряд летит со скоростью $v=300$ м/с и вращается вокруг оси с частотой $n=200$ с⁻¹. Вычислить кинетическую энергию снаряда.

38. Тело, имеющее момент инерции $J=50$ кг·м², вращается с частотой $n=10$ с⁻¹. Какой момент силы следует приложить, чтобы частота вращения увеличилась вдвое за время $t=20$ с?

39. Маховик с моментом инерции $J=60$ кг·м² начинает вращаться под действием момента силы $M=120$ Н·м. Определить угловую скорость, которую маховик будет иметь через время $t=5$ с.

40. Вычислить среднюю энергию поступательного движения всех молекул азота при температуре $t=137^{\circ}\text{C}$.

41. Определить энергию поступательного движения молекул водяного пара массой $m=18$ г при температуре $t=16^{\circ}\text{C}$.

42. Определить, во сколько раз показатель адиабаты для гелия больше, чем для углекислого газа.

43. Определить изменение внутренней энергии водяного пара массой $m=100$ г при повышении его температуры на $\Delta T=20$ К при постоянном объеме.

44. Для нагревания водорода массой $m=20$ г при постоянном давлении затрачена теплота $Q=2,94$ кДж. Как изменится температура газа?

45. Определить удельную теплоемкость газа при постоянном давлении, если известно, что относительная молекулярная масса газа $M_r=30$, отношение теплоемкостей $C_p/C_v=1,4$.

46. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул водорода больше скорости молекул кислорода при этой же температуре?

47. Определить плотность водорода, создающего при температуре $t=27^{\circ}\text{C}$ давление $p=24,5$ МПа.

48. Определить среднюю частоту соударений молекул воздуха при температуре $t=17^{\circ}\text{C}$ и давлении $p=101$ кПа. Эффективный диаметр молекулы воздуха принять равным $d=0,35$ нм.

49. На шелковой нити подвешен маленький шарик массой $m=0,1$ г, несущий на себе заряд Q . Если на расстоянии $r=7$ см ниже шарика поместить такой же заряд, то сила натяжения уменьшится в два раза. Найти заряд шарика.

50. Известно, что основными компонентами сухого воздуха являются азот и кислород. Во сколько раз средняя скорость молекулы азота отличается от средней скорости молекулы кислорода?

51. Определить градиент плотности углекислого газа в почве, если через площадь $S=1\text{ м}^2$ ее поверхности за время $t=1$ с в атмосферу прошел газ массой $m=8\cdot 10^{-8}$ кг. Коэффициент диффузии $D=0,04$ см²/с.

52. Определить толщину слоя суглинистой почвы, если за время $t=5$ ч через площадь поверхности $S=1$ м² проходит теплота $Q=250$ кДж. Температура на поверхности почвы $t_1=25^\circ\text{C}$, в нижнем слое почвы $t_2=15^\circ\text{C}$.

53. Относительная молекулярная масса газа $M_r=17$, отношение молярных теплоемкостей $C_p/C_v=1,33$. Вычислить по этим данным удельные теплоемкости c_p и c_v .

54. Определить теплоту Q , необходимую для нагревания азота массой $m=10$ г на $\Delta T=20$ К: 1) при постоянном давлении; 2) при постоянном объеме. Результаты сравнить.

55. При каких условиях нагревали водород массой $m=20$ г, если повышении его температуры на $\Delta T=10$ К потребовалась теплота $Q=2,08$ кДж?

56. Определить энергию вращательного движения молекулы кислорода при температуре $t= -173^\circ\text{C}$.

57. Вычислить энергию вращательного движения всех молекул водяного пара массой $m=36$ г при температуре $t=20^\circ\text{C}$.

58. Определить давление воздуха при температуре $t=227^\circ\text{C}$, если его плотность $\rho=0,9$ кг/м³

59. В закрытом баллоне находится газ при нормальном атмосферном давлении и температуре $t_1=27^\circ\text{C}$. Каково будет давление газа, если его нагреть до температуры $t_2=77^\circ\text{C}$.

60. Определить число молекул воздуха у поверхности Земли при нормальных условиях в объемах: 1) $V=1$ м³; 2) $V=1$ см³ (число Лошмидта).

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

62. Определить работу адиабатного сжатия паров углекислого газа массой $m=110$ г, если при сжатии температура газа повысилась на $\Delta T=10$ К.

63. При адиабатном расширении гелия, взятого при температуре $t=0^\circ\text{C}$, объем увеличился в три раза. Определить температуру газа после расширения.

64. Определить поверхностное натяжение касторового масла, если в трубке радиусом $R=0,5$ мм оно поднялось на $h=14$ мм. Смачивание считать полным.

65. Определить средний диаметр капилляра почвы, если вода поднимается в ней на $h=49$ мм. Смачивание стенок считать полным.

66. Глицерин в капиллярной трубке диаметром $d=1$ мм поднялся на высоту $h=20$ мм. Определить коэффициент поверхностного натяжения глицерина. Смачивание считать полным.

67. Определить среднюю длину свободного пробега молекул водорода при температуре $t=27^{\circ}\text{C}$ и давлении $p=4$ мкПа. Принять диаметр молекулы водорода $d=2,3\cdot 10^{-8}$ см.

68. Двум шарикам одного размера и равной массы $m=30$ мг сообщили по равному одноименному заряду. Какой заряд был сообщен каждому шару, если сила взаимного отталкивания зарядов уравновесила силу взаимного притяжения шариков по закону тяготения Ньютона? Шары рассматривать как материальные точки.

69. Заряд $Q=1$ нКл перемещается под действием сил поля из одной точки поля в другую, при этом совершается работа $A=0,2$ мкДж. Определить разность потенциалов этих точек поля.

70. Сила F взаимодействия между двумя точечными зарядами $Q_1=2$ нКл, $Q_2=1$ нКл, расположенными в воде, равна $0,5$ мН. На каком расстоянии находятся заряды?

71. Два разноименных точечных заряда притягиваются в вакууме на расстоянии $r=10$ см с такой же силой, как и в керосине. Определить, на каком расстоянии располагаются заряды в керосине.

72. На шелковой нити в воздухе подвешен шарик массой $m=100$ мг. Шару сообщен заряд $Q_1=2$ нКл. На каком расстоянии от него следует поместить снизу заряд $Q_2=-Q_1$, чтобы сила натяжения нити увеличилась в два раза?

73. Сколько теплоты пройдет через площадь поверхности $S=1\text{ м}^2$ песка за время $t=1$ ч, если температура на его поверхности $t_1=20^{\circ}\text{C}$, а на глубине $0,5\text{ м}$ – $t_2=10^{\circ}\text{C}$?

74. Определить массу газа, продиффундировавшего за время $t=10$ ч через поверхность почвы площадью $S=100\text{ м}^2$, если коэффициент диффузии

$D=0,05 \text{ см}^2/\text{с}$. Плотность газа на глубине $0,8 \text{ м}$ равна $\rho_1=2,0 \cdot 10^{-2} \text{ г}/\text{см}^3$, а у поверхности $\rho_2=1,0 \cdot 10^{-2} \text{ г}/\text{см}^3$.

75. При изотермическом расширении водорода массой $m=1 \text{ г}$ при температуре $t=7^\circ\text{C}$ объем газа увеличился в три раза. Определить работу расширения.

76. Пары ртути массой $m=200 \text{ г}$ нагреваются при постоянном давлении. При этом температура возросла на $\Delta T=100 \text{ К}$. Определить увеличение внутренней энергии паров и работу расширения. Молекулы паров ртути одноатомные.

77. Два точечных заряда $Q_1=1,6 \text{ нКл}$ и $Q_2=0,4 \text{ нКл}$ расположены на расстоянии $r=12 \text{ см}$ один от другого. Где надо поместить третий положительный заряд Q_3 , чтобы он оказался в равновесии?

78. Определить полную кинетическую энергию молекул углекислого газа массой $m=44 \text{ г}$ при температуре $t=27^\circ\text{C}$.

79. Определить полную кинетическую энергию молекул, содержащихся в 1 кмоль азота при температуре $t=7^\circ\text{C}$.

80. Два заряда $Q_1=-1 \text{ нКл}$ находятся на расстоянии $d=20 \text{ см}$ один от другого. Найти напряженность и потенциал поля, созданного этими зарядами, в точке, расположенной между зарядами на линии, соединяющей заряды на расстоянии $r=15 \text{ см}$ от первого из них.

81. На заряд $Q_1=1 \text{ нКл}$, находящийся в поле точечного заряда Q на расстоянии $r=10 \text{ см}$ от него, поле действует с силой $F=3 \text{ мкН}$. Определить напряженность и потенциал в точке, где находится заряд Q . Найти также значение заряда Q .

82. Плоский конденсатор с расстоянием между пластинами $d=0,5 \text{ см}$ заряжен до разности потенциалов $U=300 \text{ В}$. Определить объемную плотность энергии w поля конденсатора, если диэлектрик – слюда.

83. Два заряда $Q_1=30 \text{ нКл}$ и $Q_2=-30 \text{ нКл}$ расположены на расстоянии $r=25 \text{ см}$ друг от друга. Найти напряженность и потенциал в точке, лежащей на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии $r_1=5 \text{ см}$ от первого заряда.

84. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами: $Q_1=50 \text{ нКл}$, $Q_2=100 \text{ нКл}$. Расстояние между зарядами $r=10 \text{ см}$. Где и на каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность поля равна нулю?

85. Расстояние между двумя точечными зарядами $Q_1=1$ нКл и $Q_2=-30$ нКл равно $r=20$ см. Найти напряженность и потенциал в точке, лежащей посередине между зарядами.

86. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы приобрести скорость $v=20$ Мм/с?

87. Определить высоту поднятия воды в стеблях растений с внутренним диаметром $d=0,4$ мм под действием капиллярных сил. Смачивание стенок считать полным.

88. Электрон, начальная скорость которого $v_0=1$ Мм/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью $E=100$ В/м так, что начальная скорость электрона противоположна напряженности поля. Найти энергию электрона через время $t=10$ нс.

89. Через графитовый проводник в форме параллелепипеда длиной $l=3$ см и площадью поперечного сечения $S=30$ мм² идет ток $I=5$ А. Найти падение напряжения на концах графитового проводника.

90. Два точечных заряда $Q_1=1$ мкКл и $Q_2=2$ мкКл находятся на расстоянии $r=20$ см. Определить энергию взаимодействия.

91. Точечный заряд Q создает в точке, находящейся на расстоянии $r=10$ см от заряда, поле с напряженностью $E=1$ кВ/м. Найти потенциал поля в этой точке и силу, действующую на заряд $Q_1=2$ нКл, помещенный в эту точку поля.

92. Заряд $Q=10$ нКл создает электрическое поле. Какую работу совершат силы этого поля, если оно переместит заряд $Q_1=1$ нКл вдоль силовой линии из точки, находящейся от заряда на расстоянии $r_1=8$ см, до расстояния $r_2=1$ м?

93. Два точечных заряда $Q_1=10$ нКл и $Q_2=-8$ нКл расположены на расстоянии $r=20$ см друг от друга. Найти силу, действующую на заряд $Q=2$ нКл, расположенный посередине между зарядами Q_1 и Q_2 .

94. Расстояние между двумя точечными зарядами $Q_1=10$ нКл и $Q_2=3$ нКл равно 30 см. Определить работу, которую надо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния $r=10$ см.

95. Поле создано точечным зарядом Q . В точке, отстоящей от заряда на расстоянии $r=30$ см, напряженность поля $E=2$ кВ/м. Определить потенциал φ в этой точке и заряд Q .

96. Электрон влетел в однородное поле с напряженностью $E=20$ кВ/м в направлении его силовых линий. Начальная скорость электрона $v_0=1,2$ Мм/с. Найти ускорение, приобретаемое электроном в поле, и скорость через время $t=0,1$ нс.

97. Заряженная капелька жидкости массой $m=0,01$ г находится в равновесии в поле горизонтально расположенного плоского конденсатора. Расстояние между пластинами конденсатора $d=4$ мм, разность потенциалов между ними $U=200$ В. Определить заряд капельки.

98. Воздух, занимавший объем $V_1=10$ л при нормальном атмосферном давлении, был адиабатно сжат до объема $V_2=1$ л. Определить давление газа после сжатия.

99. Совершил цикл Карно, газ получил от нагревателя теплоту $Q_1=1$ кДж. Сколько теплоты было отдано охладителю, если КПД идеальной тепловой машины 25%?

100. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая к ним эбонитовая пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U=60$ В. Какой будет разность потенциалов, если вытащить эбонитовую пластинку из конденсатора?

101. Разность потенциалов между пластинами плоского воздушного конденсатора $U=120$ В. Площадь каждой пластины $S=100$ см², расстояние между пластинами $d=2$ мм. Найти заряд пластин.

102. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L=1$ мГн и конденсатора переменной емкости. При какой емкости контур резонирует с колебаниями, имеющими частоту $\nu=10$ кГц?

103. Плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d=2$ мм, заряжен до разности потенциалов $U=200$ В. Диэлектрик – фарфор. Найти напряженность и объемную плотность энергии поля конденсатора.

104. Конденсатору, емкость которого $C=0,5$ мкФ, сообщен заряд $Q=3$ нКл. Определить энергию поля конденсатора.

105. Три резистора сопротивления которых $r_1=12$ Ом, $r_2=4$ Ом, $r_3=10$ Ом, соединены параллельно. Общая сила тока в цепи $I=1$ А. Найти силу тока, идущего через сопротивление r_3 .

106. Разность потенциалов на пластинах плоского конденсатора $U=300$ В. Площадь каждой пластины $S=100$ см² и заряд $Q=10$ нКл. Определить расстояние между пластинами.

107. Источник тока, ЭДС которого $E=1,5$ В, дает во внешнюю цепь силу тока $I=1$ А. Внутреннее сопротивление источника тока $r=0,2$ Ом. Определить коэффициент полезного действия источника тока.

108. Два источника тока, ЭДС которых $E_1=1,6$ В, $E_2=0,9$ В, а внутреннее сопротивление $r_1=0,3$ Ом и $r_2=0,2$ Ом, соединены последовательно и дают во внешнюю цепь силу тока $I=0,4$ А. Определить сопротивление внешней цепи.

109. Из проволоки длиной $l=3,14$ м и сопротивлением $r=2$ Ом сделали кольцо. Определить индукцию магнитного поля в центре кольца, если на концах провода создана разность потенциалов $U=1$ В.

110. Два элемента с одинаковыми ЭДС $E=1,6$ В и внутренними сопротивлениями $r_1=0,2$ Ом и $r_2=0,8$ Ом соединены параллельно и включены во внешнюю цепь, сопротивление которой $R=0,64$ Ом. Найти силу тока в цепи.

111. На концах проволочного кольца радиусом $R=20$ см и сопротивлением $r=12$ Ом разность потенциалов $U=3,6$ В. Определить индукцию магнитного поля в центре кольца.

112. ЭДС батареи $E=50$ В, внутреннее сопротивление $r=3$ Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение, под которым находится внешняя цепь, если ее сопротивление $R=17$ Ом.

113. Определить мощность и силу тока, потребляемую электродвигателем, приводящим в действие насосную установку, снабжающую водой животноводческую ферму с суточным расходом воды объемом $V=30$ м³. Вода подается на высоту $h=20$ м. КПД установки $\eta=80\%$, напряжение в сети $U=220$ В, двигатель работает $t=6$ ч в сутки.

114. Соленоид длиной 10 см и сопротивлением $r=30$ Ом содержит $N=200$ витков. Определить индукцию магнитного поля соленоида, если разность потенциалов на концах обмотки $U=6$ В.

115. На каком расстоянии друг от друга надо расположить два длинных параллельных проводника с током $I=1$ А, чтобы они взаимодействовали с силой $F=1,6$ мкН на каждый метр длины?

116. Плоский воздушный конденсатор с площадью поверхности пластин $S=100$ см² и расстоянием между ними $d=2$ мм заряжен до разности потенциалов $U=400$ В. Найти энергию поля конденсатора.

117. Два длинных проводника расположены параллельно на расстоянии $r=20$ см друг от друга. По проводникам текут токи $I_1=10$ А и $I_2=5$ А. Определить силу взаимодействия проводников, приходящуюся на каждый метр длины.

118. Поле, созданное точечным зарядом $Q_1=30$ нКл, действует на заряд $Q_2=1$ нКл, помещенный в некоторой точке поля, с силой $F=0,2$ мН. Найти напряженность и потенциал в этой точке, а также расстояние ее от заряда Q_1 .

119. Два заряда $Q_1=1$ нКл и $Q_2=-3$ нКл находятся на расстоянии $r=20$ см друг от друга. Найти напряженность и потенциал в точке поля, расположенной на продолжении линии, соединяющей заряды на расстоянии $r_1=10$ см от первого заряда.

120. По двум параллельным проводникам текут одинаковые токи. Как изменится сила взаимодействия проводников, приходящаяся на единицу длины, если расстояние между проводниками изменится с $r_1=80$ см до $r_2=20$ см?

121. Как изменится сила, действующая на проводник с током в однородном магнитном поле, если угол между направлениями поля и тока изменится с $\alpha_1=30^\circ$ до $\alpha_2=60^\circ$?

122. На дифракционную решетку, имеющую 400 штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет длиной волны $\lambda=700$ нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первому дифракционному максимуму.

123. На прямой проводник с током $I=0,2$ А в однородном магнитном поле с индукцией $B=50$ мТл действует сила $F=1,5$ мН. Найти длину l проводника, если угол между ним и линиями индукции $\alpha=60^\circ$.

124. Конденсатор емкостью $C=1$ пФ соединен параллельно с катушкой длиной $l=20$ см и сечением $S=0,5$ см², содержащей $N=1000$ витков. Сердечник немагнитный. Определить период колебаний.

125. В однородное магнитное поле с индукцией $B=0,04$ Тл помещен прямой проводник длиной $l=15$ см. Найти силу тока в проводнике, если направление тока образует угол $\alpha=60^\circ$ с направлением вектора магнитной индукции и на проводник действует сила $F=10,3$ мН.

126. Прямой провод длиной $l=12$ см, по которому течет ток $I=0,5$ А, помещен в однородное магнитное поле под углом $\alpha=45^\circ$ к силовым линиям поля. Найти индукцию магнитного поля, если на провод действует сила $F=4,23$ мН.

127. По двум длинным параллельным проводникам текут токи $I_1=5$ А и $I_2=3$ А. Расстояние между проводниками $r_1=10$ см. Определить силу взаимодействия, приходящуюся на 1 м длины проводов. Как изменится эта сила, если проводники раздвинуть на расстояние $r_2=30$ см?

128. Проволочное кольцо сопротивлением $r=5$ Ом включено в цепь так, что разность потенциалов на его концах $U=3$ В. Индукция магнитного поля в центре кольца $B=3$ мкТл. Определить радиус кольца.

129. Магнитный поток Φ , пронизывающий замкнутый контур, возрастает с 10^{-2} до $6 \cdot 10^{-2}$ Вб за промежуток времени $t=0,001$ с. Определить среднее ЭДС индукции, возникающей в контуре.

130. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с площадью пластин $S=50$ см² каждая и катушки с индуктивностью $L=1$ мкГн, резонирует на длину волны $\lambda=20$ м. Определить расстояние между пластинами конденсатора.

131. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,2$ Тл равномерно с частотой $n=10$ с⁻¹ вращается рамка площадью $S=100$ см². Определить мгновенное значение ЭДС, соответствующее углу $\alpha=45^\circ$ между плоскостью рамки и линиями индукции поля.

132. По двум длинным параллельным проводникам текут одинаковые токи. Расстояние между ними $r=10$ см. Определить силу тока, если проводники взаимодействуют с силой $F=0,02$ Н на каждый метр длины.

133. Протон движется по окружности радиусом $r=2$ мм в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,2$ Тл. Какова кинетическая энергия протона?

134. На рабочем месте для переработки сельскохозяйственных продуктов необходимо создать освещенность $E=150$ лк. Определить силу света лампы, подвешенной на высоте $h=2$ м.

135. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U=1$ кВ, влетел в однородное магнитное поле под углом $\alpha=30^\circ$. Определить индукцию магнитного поля, если оно действует на электрон с силой $F=3\cdot 10^{-18}$ Н.

136. Определить силу тока, который следует пропустить по двум длинным параллельным проводникам, чтобы между ними действовала сила $F=0,2$ Н на каждый метр длины. Расстояние между проводниками $r=40$ см.

137. Круговой проволочный виток площадью $S=500$ см² находится в однородном магнитном поле. Магнитный поток, пронизывающий виток, $\Phi=1$ мВб. Определить индукцию магнитного поля, если плоскость витка составляет угол $\alpha=30^\circ$ с направлением линий индукции.

138. На обмотке очень короткой катушки с числом витков $N=5$ и радиусом $R=10$ см течет ток $I=2$ А. Определить индукцию магнитного поля в центре катушки.

139. Прямой проводник длиной $l=10$ см, по которому течет ток $I=10$ А, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=40$ мкТл. На проводник действует сила $F=20$ мкН. Определить угол между направлениями поля и тока.

140. Определить магнитный поток в соленоиде длиной $l=20$ см, сечением $S=1$ см², содержащем $N=500$ витков, при силе тока $I=2$ А. Сердечник немагнитный.

141. Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U=600$ В, движется параллельно длинному прямому проводу на расстоянии $r=2$ мм от него. Какая сила действует на протон, если по проводу идет ток $I=10$ А?

142. На животные и растительные клетки можно воздействовать ультрафиолетовым излучением длиной волны $\lambda=254$ нм. Определить частоту и энергию фотона этого излучения.

143. Для дезинфекции воздуха в инкубаторском помещении примерно излучение длиной волны $\lambda=280$ нм. Интенсивность излучения $I=6$ Вт/м². Сколько фотонов прошло через перпендикулярную площадку $S=1$ м² за $t=10$ мин работы излучателя?

144. Норма минимальной освещенности содержания животных $E=20$ лк (лампы накаливания). Определить силу света лампы, подвешенной на высоте $h=3$ м. Расчет произвести при условии, что эту освещенность создают две лампы, расположенные на расстоянии $l=8$ м друг от друга.

145. Плоский конденсатор с площадью пластин $S=100 \text{ см}^2$ и стеклянным диэлектриком толщиной $d=1 \text{ мм}$ соединен с катушкой самоиндукции длиной $l=20 \text{ см}$ и радиусом $r=3 \text{ см}$, содержащей $N=1000$ витков. Определить период колебаний в этой цепи.

146. На какую длину волны будет резонировать контур, содержащий катушку индуктивностью $L=60 \text{ мГн}$ и конденсатор емкостью $C=0,02 \text{ пФ}$?

147. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1 \text{ Тл}$ находится плоская рамка. Плоскость рамки составляет угол $\alpha=30^\circ$ с линиями индукции поля. Магнитный поток, пронизывающий рамку, $\Phi=10^{-4} \text{ Вб}$. Определить площадь рамки.

148. Индуктивность катушки $L=10,5 \text{ Гн}$. Определить ЭДС самоиндукции, если за время $t=0,1 \text{ с}$ сила тока в катушке, равномерно изменяясь, уменьшилась с $I_1=25 \text{ А}$ до $I_2=20 \text{ А}$.

149. На животноводческой ферме для дезинфекции воздуха в помещении молодняка провели ультрафиолетовое облучение. Интенсивность облучения $I=6 \text{ Вт/м}^2$, длина волны $\lambda=254 \text{ нм}$. Сколько фотонов пролетело через площадку $S=\text{м}^2$ за 1 с ? Площадка перпендикулярна лучам.

150. Для переработки сельскохозяйственных продуктов необходимо создать освещенность $E=75 \text{ лк}$. Определить силу света лампы, которую следует повесить на высоте 1 м .

151. Какова емкость конденсатора в колебательном контуре индуктивностью $L=50 \text{ Гн}$, если частота контура $\nu=1 \text{ кГц}$?

152. Магнитный поток $\Phi=10^{-2} \text{ Вб}$ пронизывает замкнутый контур. Определить среднее значение ЭДС индукции, которая возникает в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время $t=0,001 \text{ с}$.

153. Плоский конденсатор с площадью $S=100 \text{ см}^2$, разделенных слоем парафинированной бумаги толщиной $d=0,01 \text{ мм}$, и катушка образуют колебательный контур. Частота колебаний в контуре $\nu=1 \text{ кГц}$. Какова индуктивность катушки?

154. Определить расстояние между штрихами дифракционной решетки, если максимум пятого порядка лучей длиной $\lambda=600 \text{ нм}$ при нормальном их падении на решетку отклонен на угол $\varphi=4^\circ$.

155. Оптимальное значение освещенности, необходимое для ускорения роста черенков черной смородины, $E=800$ лк. На какой высоте помещен источник света силой $I=200$ кд? Свет падает перпендикулярно поверхности грядки.

156. Плоский контур площадью $S=12$ см² находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,04$ Тл. Определить магнитный поток, пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол $\alpha=60^\circ$ с линиями индукция поля.

157. Сколько штрихов на 1 см имеет дифракционная решетка, если четвертый максимум, даваемый решеткой при нормальном падении на нее света длиной волны $\lambda=650$ нм, отклонен на угол $\varphi=6^\circ$?

158. В катушке при изменении силы тока от $I_1=0$ до $I_2=2$ А за время $t=0,1$ с возникает ЭДС самоиндукции $E_c=6$ В. Определить индуктивность катушки.

159. Заряженная частица движется по окружности радиусом $r=2$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B=12,6$ мТл. Определить удельный заряд Q/m частицы, если ее скорость $v=10^6$ м/с.

160. Норма минимальной освещенности для содержания птиц $E=20$ лк (лампы накаливания). Определить силу света лампочки, подвешенной на высоте $h=1$ м, при угле падения света 60° .

161. На каком расстоянии друг от друга необходимо подвесить две лампы в теплицах, чтобы освещенность на поверхности земли в точке, лежащей посередине между лампами, была не менее $E=200$ лк? Высота теплицы $h=2$ м. Сила света каждой лампы $I=800$ кд.

162. При радиометрических исследованиях в навеске почвы обнаружен стронций $^{90}_{38}\text{Sr}$, активность которого $A=10^7$ Бк. Какова масса стронция в навеске? Период полураспада $T_{1/2}=27,7$ года.

163. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра дейтерия ^2_1H .

164. Экран находится от решетки на расстоянии $L=1,5$ м. Длины волн света красных и фиолетовых лучей, падающих нормально на решетку, $\lambda_1=0,78$ мкм и $\lambda_2=0,4$ мкм. Вычислить ширину спектра первого порядка на экране, если период решетки $d=10$ мкм.

165. Работа выхода электронов с поверхности цезия $A=1,89$ эВ. Определить кинетическую энергию фотоэлектронов, если металл освещен желтым светом длиной волны $\lambda=589$ мкм.

166. Вычислить давление солнечных лучей. Падающих нормально на черноземную землю. Солнечная постоянная $K=1,39$ кДж/(м²·с). Коэффициент отражения чернозема $\rho=0,08$.

167. Лампы подвешены в теплицах на высоте $h=0,6$ м. Норма освещенности для выращивания рассады огурцов $E=400$ лк. Определить силу света ламп, если свет падает нормально к поверхности почвы. Считать, что освещенность создается одной лампой.

168. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L=0,01$ Гн и конденсатора емкостью $C=1$ мкФ. Определить частоту колебаний в контуре.

169. Свет, падая на зеркальную поверхность, оказывает давление $p=10$ мкПа. Определить энергию излучения, падающего за 1 мин на 1 м².

170. Монохроматический свет длиной волны $\lambda=0,5$ мкм падает нормально на решетку. Второй дифракционный максимум, наблюдаемый на экране, смещен от центрального на угол $\varphi=14^0$. Определить число штрихов на 1 мм решетки.

171. Вычислить давление солнечных лучей, падающих нормально на песчаную почву, коэффициент отражения которой $\rho=0,6$. Солнечная постоянная $K=1,39$ кДж/(м²·с).

172. Лазерной установкой в течение $t=10$ мин облучаются семена огурцов. Длина волны излучаемого света $\lambda=632$ нм, интенсивность излучения $I=250$ Вт/м². Сколько фотонов попало на семя площадью 4 мм²?

173. При выращивании ранней капусты выбирается площадка квадратной формы со стороной 1,3 м. Лампа силой света $I=400$ кд подвешена над центром площадки на высоте $h=2,2$ м. Определить максимальную и минимальную освещенности площадки.

174. Максимум энергии излучения песчаной почвы приходится на длину волны $\lambda=10$ мкм. На какую длину волны он сместится, если температура почвы снизится на $\Delta T=90$ К?

175. На дифракционную решетку нормально падает свет длиной волны $\lambda=0,6$ мкм. Третий дифракционный максимум виден под углом $\varphi=2^\circ$. Определить постоянную решетки.

176. Активность семян пшеницы, замоченных в растворе азотнокислого натрия, содержащем радиоактивный изотоп $^{24}_{11}\text{Na}$, составляет $A=6,02 \cdot 10^{-16}$ Ки. Какова масса поглощенного зернами радиоактивного изотопа? Период полураспада изотопа $T_{1/2}=14,96$ дня.

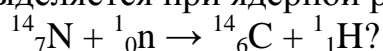
177. Сколько энергии излучается в пространство за 10 ч с площади $S=1$ га пахотной земли, имеющей температуру $t=27^\circ\text{C}$? Считать почву черным телом.

178. Для агробиологических исследований в питательную смесь введен 1 мг радиоактивного изотопа $^{35}_{15}\text{P}$, период полураспада которого равен $T_{1/2}=14,28$ сут. Определить постоянную распада и активность фосфора.

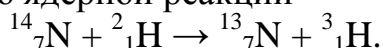
179. Колебательный контур состоит из плоского конденсатора с площадью пластин $S=50$ см² разделенных слюдой толщиной $d=0,1$ мм, и катушки индуктивностью $L=10^{-3}$ Гн. Определить период колебаний в контуре.

180. Для проведения биологического эксперимента в организм ягненка введен радиоактивный изотоп $^{131}_{53}\text{I}$ массой $m=2,4 \cdot 10^{-16}$ кг. Какова активность вводимого вещества? Период полураспада $T_{1/2}=8,05$ дня.

181. Сколько энергии выделяется при ядерной реакции

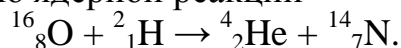


182. Вычислить энергию ядерной реакции



Выделяется или поглощается эта энергия?

183. Вычислить энергию ядерной реакции



Выделяется или поглощается эта энергия?

184. Вычислить энергию, излучаемую с поверхности $S=1$ м² пахотного поля при температуре почвы $t=27^\circ$ за время $t=1$ мин.

185. Определить дефект массы и энергию связи ядра трития ^3_1H .

186. Определить энергию, выделившуюся при образовании гелия ^4_2He массой $m=1$ г из протонов и нейтронов.

187. Во сколько раз энергия связи ядра лития ${}^7_3\text{Li}$ больше энергии связи изотопа ${}^6_3\text{Li}$?

188. На металл падает свет длиной волны $\lambda=437$ нм. Определить максимальную скорость фотоэлектронов. Работой выхода пренебречь.

189. Сколько энергии выделится при образовании одного ядра ${}^4_2\text{He}$ из протонов и нейтронов?

190. Сколько энергии необходимо затратить для того, чтобы ядро гелия ${}^4_2\text{He}$ разделить на нуклоны?

191. Определить энергию, необходимую для того, чтобы ядро ${}^7_3\text{Li}$ разделить на нуклоны.

192. Вычислить энергию ядерной реакции

$${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}.$$

193. Сколько энергии выделяется при ядерной реакции

$${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}?$$

194. Вычислить кинетическую энергию фотоэлектрона, вылетевшего из натрия при облучении его светом длиной $\lambda=200$ нм. Работа выхода электрона из натрия $A=2,27$ эВ.

195. Ядро изотопа фосфора ${}^{32}_{15}\text{P}$ выбросило отрицательную β -частицу. В какое ядро превратилось ядро фосфора? Написать реакцию и вычислить дефект массы нового ядра.

196. Ядро какого атома состоит из одного протона и одного нейтрона? Определить энергию связи этого ядра.

197. Параллельный пучок лучей падает нормально почву, мульчированную молотым мелом, и производит давление $p=5,4$ мкПа. Коэффициент отражения мела $\rho=0,8$. Определить энергию излучения, падающего за 1 с на 1 м^2 .

198. Сколько энергии поглощается при ядерной реакции

$${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}?$$

199. Подтвердить расчетом, что при ядерной реакции

$${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_0\text{n} + 3 {}^4_2\text{He}$$
поглощается $1,56$ МэВ.

200. Подтвердить расчетом, что при ядерной реакции
$${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H}$$
выделится энергия 5,02 МэВ.

Вопросы для самоподготовки

1. Механическое движение. Скорость. Ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорение.
2. Вращательное движение абсолютно твердого тела. Кинематические характеристики вращательного движения. Связь между кинематическими характеристиками поступательного и вращательного движений.
3. Законы Ньютона. Сила и масса. Импульс. Закон сохранения импульса.
4. Механическая энергия. Работа. Кинетическая и потенциальная энергия. Упругая сила. Потенциальная энергия деформированной пружины. Закон сохранения энергии в механике.
5. Момент силы. Момент инерции. Вычисление моментов инерции простых тел. Теорема Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса.
6. Кинетическая энергия вращательного движения.
7. Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия тяготения.
8. Виды колебаний. Уравнение гармонических колебаний. Скорость и ускорение при гармонических колебаниях. Динамика гармонических колебаний.
9. Энергия гармонических колебаний. Математический и физический маятники.
10. Вынужденные колебания. Резонанс.
11. Сложение одинаково направленных колебаний. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.
12. Образование волн. Поперечные и продольные волны. Скорость волны. Уравнение плоской волны. Волновое уравнение. Стоячие волны.
13. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.
14. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
15. Степени свободы молекул. Распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Работа, совершаемая газом при изопроцессах.
16. Первое начало термодинамики. Теплоемкость газов. Адиабатный процесс. Работа при адиабатном процессе.
17. Цикл Карно и его КПД. Приведенная теплота. Энтропия. Второе

начало термодинамики.

18. Поверхностное натяжение жидкостей. Формула Лапласа. Смачивание и несмачивание. Капиллярные явления.
19. Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.
20. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность поля. Принцип суперпозиции электрических полей.
21. Потенциал электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом электрического поля. Работа по перемещению зарядов в электрическом поле.
22. Емкость. Конденсаторы. Энергия электростатического поля.
23. Электрический ток. Сила тока и плотность тока. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца.
24. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
25. Магнитное поле. Магнитная индукция. Закон Ампера. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитного поля.
26. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
27. Явление электромагнитной индукции (опыты Фарадея). Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Явление самоиндукции. Индуктивность. Явление взаимной индукции.
28. Энергия магнитного поля проводника с током. Объемная плотность энергии магнитного поля.
29. Электромагнитные волны. Основные свойства электромагнитных волн. Интерференция света.
30. Дифракция света и условия ее наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракционная решетка и ее применение.
31. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Закон Брюстера.
32. Дисперсия света и условия ее наблюдения.
33. Закон Бугера. Цвета тел и спектры поглощения.
34. Тепловое излучение. Излучательная и поглощательная способность. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Законы теплового излучения.
35. Фотоэффект. Фотоны. Уравнение Эйнштейна.
36. Ядерная модель атома. Постулаты Бора.
37. Волновые свойства элементарных частиц. Формула де Бройля.
38. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
39. Состав атомного ядра. Ядерные силы.
40. Дефект масс, энергия связи, устойчивость ядер.

Приложение

Таблица 1. Основные физические постоянные (значения округленные)

Физическая сила	Обозначение	Числовые значения
Ускорение свободного времени	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$ м ³ /(кг·с ²)
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Молярная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(К·моль)
Постоянная Больцмана	R	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Заряд электрона, протона	E	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса электрона	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса протона	m_p	$1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Постоянная Фарадея	F	$9,65 \cdot 10^4$ Кл/(кг·моль)
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 Вина	C'	$2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Ридберга	R	$1,1 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Молярный объем газа при нормальных условиях	V_m	$22,4 \cdot 10^{-3}$ м ³
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

Таблица 2. Плотность жидкостей при 20⁰С, кг/м³

Вода	10^3	Касторовое масло	$9,6 \cdot 10^2$
Ртуть	$1,36 \cdot 10^4$	Спирт	$8,0 \cdot 10^2$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$		

Таблица 3. Удельная (массовая) теплота сгорания топлива, 10^{-7} Дж/кг

Бензин	4,6	Керосин	4,6	Спирт	2,9
--------	-----	---------	-----	-------	-----

**Таблица 4. Молярная масса
и относительная молекулярная масса газов**

Газ	Молярная масса M , 10^{-3} кг/моль	Относительная молекулярная масса M_r
Азот	28	28
Водород	2	2
Воздух	29	29
Гелий	4	4
Кислород	32	32
Углекислый газ	44	44

**Таблица 5. Поверхностное натяжение жидкостей
при 20°C, 10^{-2} Н/м**

Вода	7,2	Мыльная вода	4,0	Спирт	2,2
------	-----	--------------	-----	-------	-----

Таблица 6. Теплопроводность, Дж/(м·с·К)

Бетон	0,817	Кирпич	0,71
Песок	0,671	Почва (суглинок)	1,01

Таблица 7. Удельное сопротивление веществ, 10^{-8} Ом·м

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

Таблица 8. Диэлектрическая проницаемость

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

Таблица 9. Масса покоя некоторых частиц, а. е. м.

Электрон	0,00055	Нейтрон	1,00867
Протон	1,00728	α -частица	4,00149

Таблица 10. Массы нейтральных атомов некоторых изотопов, а. е. м.

Водород ^1_1H	1,00783	Углерод $^{12}_6\text{C}$	12,00000
Водород ^2_1H	2,01410	Углерод $^{14}_6$	14,00324
Водород ^3_1H	3,01605	Азот $^{13}_7\text{N}$	13,00574
Гелий ^3_2He	3,01603	Азот $^{14}_7$	14,00307
Гелий ^4_2He	4,00260	Кислород $^{16}_8\text{O}$	15,99491
Литий ^6_3Li	6,01513	Кислород $^{17}_8\text{O}$	17,00453
Литий 7_3	7,01601	Фосфор $^{32}_{15}\text{P}$	32,02609
Бериллий ^9_4Be	9,01219	Сера $^{32}_{16}\text{S}$	32,02793
Бор $^{10}_5\text{B}$	10,01294	Золото $^{197}_{79}\text{Au}$	197,03346
Бор $^{11}_5\text{B}$	11,00930	Уран $^{235}_{92}\text{U}$	235,04392

Таблица 11. Основные и дополнительные единицы Международной системы единиц

Наименование величины	Наименование единицы	Обозначение единицы
Основные единицы		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Сила света	кандела	
Количество вещества	моль	кд моль
Дополнительные единицы		
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср

Примечания: 1. Кроме температуры Кельвина (обозначение T) допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273,15$ К. Температура Кельвина

выражается в кельвинах (К), температура Цельсия – в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). По размеру градус Цельсия равен кельвину.

2.Интервал или разность температур Кельвина выражают в кельвинах. Интервал или разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

Таблица 12. Важнейшие производные единицы СИ

Наименование величины	Наименование единицы	Обозначение единицы
Частота	герц	Гц
Частота вращения	секунда в минус первой степени	с^{-1}
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с
Угловое ускорение	радиан в секунду в квадрате	$\text{рад}/\text{с}^2$
Момент инерции	килограмм-метр в квадрате	$\text{кг}\cdot\text{м}^2$
Импульс (количество движения)	килограмм-метр в секунду	$\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$
Момент импульса (момент количества движения)	килограмм-метр в квадрате на секунду	$\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$
Момент силы, момент пары сил	ньютон-метр	Н·м
Импульс силы	ньютон-секунда	Н·с
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Электромагнитная энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Температура Кельвина	кельвин	К
Теплота	джоуль	Дж
Теплоемкость	джоуль на кельвин	Дж/К
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)
Вязкость (динамическая)	ньютон-секунда на квадратный метр	$\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$
Электрический заряд (количество электричества)	кулон	Кл
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м
Потенциал, напряжение, ЭДС	вольт	В
Момент электрического диполя	кулон-метр	Кл·м
Электрическая емкость	фарад	Ф
Сопротивление электрическое	ом	Ом
Удельное сопротивление	ом-метр	Ом·м
Удельная сопротивление	сименс на метр	Ом·м
Магнитная индукция	тесла	См/м
	вебер	Тл

Магнитный поток	ампер на метр	Вб
Напряженность магнитного поля	генри	А/м
Индуктивность	генри на метр	Гн
Магнитная постоянная	ампер-квадратный метр	Гн/м
Магнитный момент	ампер на метр	А·м ²
Намагниченность	люмен	А/м
Световой поток	люкс	лм
Освещенность	ватт на квадратный	лк
Энергетическая светимость (излучательность)	ватт на кубический метр	Вт/м ²
Спектральная плотность энергетической светимости (излучательности)	грей	Вт/м ³
Поглощенная доза излучения	беккерель	Гр
Активность изотопа		Бк

Таблица 13. Приставки для образования кратных и дольных единиц

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабовский, Р.И. Курс физики [Текст] : учебник / Р. И. Грабовский. - 8-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2005. - 608 с.
2. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст] : учеб. пособие для вуза / Т.И. Трофимова. - 19-е изд., стер. – Москва : Академия, 2012. – 560 с.
3. Грибов, Л.А. Основы физики [Текст] : учебник / Л.А. Грибов. – Москва : Гардарики, 1998. – 564 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ФИЗИКА

**Учебное пособие для обучения решению задач по физике
для студентов агрономического факультета по
направлениям подготовки:**

05.03.06 Экология и природопользование, 35.03.04 Агрономия,
35.03.05 Садоводство

Составитель: Баленко Елена Георгиевна

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 05.04.2018 г. Формат 60x84 1/16/
Бумага офисная. Гарнитура шрифта Times/
Усл. печ. л. 3,75. Уч.-изд. л. 4,0
Тираж 30. Заказ № 84747

Отдел оперативной полиграфии НГМИ Донской ГАУ
346428 г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111