Министерство образования и науки РФ
Донской Государственный Технический Университет

Кафедра гуманитарных и естественнонаучных дисциплин

ФИЗИКА

Программа, методические указания и контрольные задания для студентов – заочников инженерно-технических специальностей по курсу «Физика», 1 семестр

(бакалавриат)

2016 г.

Рекомендовано к публикации кафедрой гуманитарных и естественнонаучных дисциплин,

протокол № ____ от _________________________

Составители:

Бедная Татьяна Алексеевна, к.т.н.

Предисловие

Цель настоящего учебно-методического указания – оказать помощь студентам–заочникам инженерно-технических специальностей высших учебных заведений в изучении курса физики.

Основной учебный материал программы курса в методическом указании распределен на 5 разделов. В каждом из них даны основные формулы, примеры решения задач, задачи для самостоятельного решения, контрольные задания и некоторые справочные таблицы.

В указании учтены особенности учебных планов инженерных специальностей для программы бакалавриат. Дана таблица вариантов контрольных работ для студентов, выполняющих 2 контрольные работы.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы кафедры физики вузов организуют чтение лекций, практические занятия и лабораторные работы. Поэтому процесс изучения физики состоит из следующих этапов:

1) проработка установочных и обзорных лекций;
2) самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями;
3) выполнение контрольных работ;
4) лабораторный практикум;
5) зачеты и экзамены.

При самостоятельной работе над учебным материалом необходимо:

1) составлять конспект, записывая в нем законы и формулы, выражающие эти законы, определения основных физических понятий и сущность физических явлений и методов исследования;
2) изучать курс физики систематически, так как в противном случае материал будет усвоен поверхностно;
3) пользоваться каким-то одним учебником или учебным пособием (или ограниченным числом пособий), чтобы не утрачивалась логическая связь между отдельными вопросами, по крайней мере внутри какого-то определенного раздела курса.

Контрольные работы позволяют закрепить теоретический материал курса. В процессе изучения физики студент должен выполнить 2 контрольные работы. Решение задач контрольных работ является проверкой степени усвоения студентом теоретического курса, а рецензии на работу помогают ему доработать и правильно освоить различные разделы курса физики. Перед выполнением контрольной работы необходимо внимательно ознакомиться с примерами решения задач по данной контрольной работе, уравнениями и формулами, а также со справочными материалами, приведенными в конце методических указаний.

Контрольные работы содержат по 16 задач. Вариант задания контрольной работы определяется в соответствии с последней цифрой зачетной книжки и шифра по таблице для контрольных работ. Если, например, последняя цифра 5, то в контрольных работах студент решает задачи 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105, 115, 125, 135, 145, 155.

При выполнении контрольных работ необходимо соблюдать следующие правила:

1) указывать на титульном листе номер контрольной работы, наименование дисциплины, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес;

2) контрольную работу следует выполнять аккуратно, оставляя поля для замечаний рецензента;

3) задачу своего варианта переписывать полностью, а заданные физические величины выписать отдельно, при этом все числовые величины должны быть переведены в одну систему единиц;

4) для пояснения решения задачи там, где это нужно, аккуратно сделать чертеж;

5) решение задачи и используемые формулы должны сопровождаться пояснениями;

6) в пояснениях к задаче необходимо указывать те основные законы и формулы, на которых базируется решение данной задачи;

7) при получении расчетной формулы для решения конкретной задачи приводить ее вывод;

8) задачу рекомендуется решить сначала в общем виде, т. е. только в буквенных обозначениях, поясняя применяемые при написании формул буквенные обозначения;

9) вычисления следует проводить с помощью подстановки заданных числовых величин в расчетную формулу. Все необходимые числовые значения величин должны быть выражены в СИ ;

10) проверить единицы полученных величин по расчетной формуле и тем

самым подтвердить ее правильность;

11) константы физических величин и другие справочные данные выбирать из таблиц;

12) при вычислениях, по возможности, использовать микрокалькулятор, точность расчета определять числом значащих цифр исходных данных;

13) в контрольной работе следует указывать учебники и учебные пособия, которые использовались при решении задач.

Контрольные работы, оформленные без соблюдения указанных правил, а также работы, выполненные не по своему варианту, не засчитывают.

При отправлении работы на повторное рецензирование обязательно представлять работу с первой рецензией.

I. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Предмет механики. Кинематика и динамика. Классическая механика. Квантовая механика. Релятивистская механика.

1.1. Элементы кинематики

Физические модели: материальная точка (частица), система материальных точек, абсолютно твердое тело, сплошная среда. Пространство и время. Кинематическое описание движения. Прямолинейное движение точки. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Нормальное и касательное ускорение. Степени свободы и обобщенные координаты. Число степеней свободы абсолютно твердого тела. Вектор угловой скорости. Кинематическое описание движения жидкости.

1.2. Динамика частиц

Основная задача динамики. Понятие состояния в классической механике. Уравнения движения. Масса и импульс. Границы применимости классического способа описания движения частиц. Первый закон Ньютона и понятие инерциальной системы отсчета. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Сила как производная импульса. Третий закон Ньютона и закон сохранения импульса. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

1.3. Закон сохранения импульса

Закон сохранения импульса как фундаментальный закон природы. Реактивное движение. Центр инерции. Аддитивность массы. Теорема о движении центра инерции. Система центра инерции.

1.4. Закон сохранения момента импульса

Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Момент силы. Уравнение моментов. Движение в центральном поле.

1.5. Закон сохранения энергии

Работа и кинетическая энергия. Мощность. Связь между кинетическими энергиями в различных системах отсчета. Энергия движения тела как целого. Внутренняя энергия. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии в механике. Общефизический закон сохранения энергии. Законы сохранения и симметрия пространства и времени.

II. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы.

2.1. Макроскопические состояния

Тепловое движение. Макроскопические параметры. Уравнение состояния. Внутренняя энергия. Интенсивные и экстенсивные параметры. Уравнение состояния идеального газа. Давление газа с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Молекулярно-кинетический смысл температуры.

2.2. Статистические распределения

Вероятность и флюктуации. Распределение Максвелла. Распределение частиц по абсолютным значениям скорости. Средняя кинетическая энергия частиц. Скорости теплового движения частиц. Эффузия газа и молекулярные пучки. Распределение Больцмана. Распределение Гиббса. Теплоемкость многоатомных газов. Недостаточность классической теории теплоемкостей. Определение энтропии неравновесной системы через статистический вес состояния. Принцип возрастания энтропии.

2.3. Основы термодинамики

Обратимые и необратимые тепловые процессы. Первое начало термодинамики. Энтропия. Второе начало термодинамики. Термодинамические потенциалы и условия равновесия. Термодинамические преобразования. Цикл Карно. Максимальный КПД тепловой машины.

2.4. Явления переноса

Понятие о физической кинетике. Время релаксации. Эффективное сечение рассеяния. Диффузия и теплопроводность. Коэффициент диффузии.

Коэффициент теплопроводности. Температуропроводность. Время выравнивания. Диффузия в газах и твердых телах. Вязкость. Коэффициент вязкости газов и жидкостей. Динамическая и кинематическая вязкости.

2.5. Фазовые равновесия и фазовые превращения

Фазы и фазовые превращения. Условие равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Критическая точка. Метастабильные состояния. Тройная точка. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы второго рода.

III. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Предмет классической электродинамики. Идея близкодействия. Электрический заряд и напряженность электрического поля. Дискретность заряда.

3.1. Электростатика

Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Электрический диполь. Поток вектора. Электростатическая теорема Гаусса. Работа электростатического поля. Циркуляция электростатического поля. Потенциал. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Проводник в электростатическом поле. Идеальный проводник. Поверхностная плотность заряда. Граничные условия на границе «проводник — вакуум». Электростатическое поле в полости. Коэффициенты электростатической емкости и электростатической индукции. Емкость конденсаторов различной геометрической конфигурации. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия системы заряженных проводников. Энергия конденсатора. Плотность энергии электростатического поля.

3.2. Постоянный электрический ток

Условие существования тока. Законы Ома и Джоуля — Ленца в дифференциальной форме. Сторонние силы. ЭДС гальванического элемента. Закон Ома для участка цепи с гальваническим элементом. Правила Кирхгофа. Электрический ток в сплошной среде.

Основные формулы

Скорость мгновения где r-радиус –вектор материальной точки; t- время; s- расстояние вдоль траектории движения; τ – единичный вектор, касательный к траектории.	$v = \frac{dr}{dt} = \frac{ds}{dt}\tau$,
Ускорение: мгновенное тангенциальное нормальное полное где R- радиус кривизны траектории; n- единичный вектор главной нормали.	$a = \frac{dv}{dt}$; $a_\tau = \frac{dv}{dt}\tau$; $a_n = \frac{v^2}{R}n$; $a = a_\tau + a_n$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$,
Скорость угловая Где φ – угловое перемещение.	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$,
Ускорение угловое Связь между линейными и угловыми величинами	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$. $s = \varphi R$; $v = \omega R$; $a_\tau = \varepsilon R$; $a_n = \omega^2 R$.
Импульс материальной точки Где m- масса материальной точки.	$p = mv$,
Основное уравнение динамики материальной точки (второй закон Ньютона)	$F = \frac{dp}{dt} = ma$
Закон сохранения импульса для изолированной системы	$\sum m_i v_i = const$.
Радиус –вектор центра масс	$r_c = \sum m_i r_i / \sum m_i$
Скорость частиц после столкновения:	

Упругого центрального Неупругого где v_1 и v_2 – скорости частиц до столкновения; m_1 и m_2 – массы частиц.	$u_1 = -v_1 + 2\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$, $u_2 = -v_2 + 2\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$; $u_1 = u_2 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$
Сила сухого трения Где f – коэффициент трения; F_n – сила нормального давления.	$F_{тр} = fF_{пэ}$
Сила упругости Где k- коэффициент упругости (жесткость): $\Delta\ell$ - деформация.	$F_{уп} = k\Delta\ell$
Сила гравитационного взаимодействия Где m_1 и m_2 – массы частиц; G- гравитационная постоянная; r- расстояние между частицами.	$F_{тр} = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$
Работа силы	$A = \int Fds$
Мощность	$N = \frac{dA}{dt} = Fv$
Потенциальная энергия: Упругодеформированного тела	$П = \frac{k(\Delta I)^2}{2}$
Гравитационного взаимодействия двух частиц	$П = -G\frac{m_1 m_2}{r}$
Тела в однородном гравитационном поле, где g-напряженность гравитационного поля (ускорение свободного падения); h- расстояние от нулевого уровня.	$П = mgh$
Напряженность гравитационного	

поля Земли Где $M_з$- масса Земли; $R_з$-радиус Земли; h- расстояние от нулевого уровня.	$g = \frac{GM_{\text{З}}}{(R_{\text{З}}+h)^2}$
Потенциал гравитационного поля Земли	$\varphi = -\frac{GM_{\text{З}}}{R_{\text{З}}+h}$
Кинетическая энергия материальной точки	$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$
Закон сохранения механической энергии	$E = T + \text{П} = const$
Момент инерции материальной точки где r-расстояние до оси вращения.	$J = mr^2$
Моменты инерции тел массой m относительно оси, проходящей через центр масс: тонкостенного цилиндра (кольца) радиуса R, если ось вращения совпадает с осью цилиндра	$J_0 = mR^2$
сплошного цилиндра (диска) радиуса R, если ось вращения совпадает с осью цилиндра	$J_0 = \frac{1}{2}mR^2$
шара радиуса R	$J_0 = \frac{2}{5}mR^2$
Тонкого стержня длиной ℓ, если ось вращения перпендикулярна стержню	$J_0 = \frac{1}{12}ml^2$
Момент инерции тела массой m относительно произвольной оси (теорема Штейнера) Где J_0 – момент инерции относительно параллельной оси, проходящей через центр масс; d – расстояние между осями.	$J = J_0 + md^2$
Момент силы	$M = r \times F$

Где r-радиус – вектор точки приложения силы.	
Момент импульса	$L = J\omega$
Основное уравнение динамики вращательного движения	$M = \frac{dL}{dt} = J\varepsilon$
Закон сохранения момента импульса для изолированной системы	$\sum J_i \omega_i = const$
Работа при вращательном движении	$A = \int M d\varphi$
Кинетическая энергия вращающегося тела	$T = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{L^2}{2J}$
Количество вещества Где N-число молекул; N_A- постоянная Авогадро; m –масса вещества; M-молярная масса.	$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$
Уравнение Клапейрона –Менделеева Где p- давление газа; V-его объем; R-молярная газовая постоянная; T-термодинамическая температура.	$pV = \nu RT$
Уравнение молекулярно-кинетической теории газов n- концентрация молекул; $\langle\varepsilon_{пост}\rangle$ - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы; m_0 –масса молекулы; $\langle\nu_{кв}\rangle$ - средняя квадратичная скорость.	$p = \frac{2}{3}n\langle\varepsilon_{пост}\rangle = \frac{1}{3}nm_0\langle\nu_{кв}\rangle^2$
Средняя энергия молекулы Где i- число степеней свободы; k-постоянная Больцмана.	$\langle\varepsilon\rangle = \frac{i}{2}kT$

Внутренняя энергия идеального газа	$U = \frac{i}{2}\nu RT$
Скорости молекул: средняя квадратичная	$\langle \nu_{кв} \rangle = \sqrt{3kT / m_0} = \sqrt{3RT / M}$
Средняя арифметическая	$\langle \nu \rangle = \sqrt{8kT / (\pi m_0)} = \sqrt{8RT / (\pi M)}$
Наиболее вероятная	$\nu_B = \sqrt{2kT / m_0} = \sqrt{2RT / M}.$
Средняя длина свободного пробега молекулы Где d- эффективный диаметр молекулы	$\langle \lambda \rangle = (\sqrt{2}\pi d^2 n)^{-1}$
Среднее число столкновений молекулы в единицу времени	$\langle Z \rangle = \sqrt{2}\pi d^2 n \langle \nu \rangle$
Распределение молекул в потенциальном поле сил где П- потенциальная энергия молекулы.	$n = n_0 \exp(-\frac{П}{kT})$
Барометрическая формула	$p = p_0 \exp(-\frac{m_0 gh}{kT})$
Уравнение диффузии Где D – коэффициент диффузии; ρ - плотность; dS - элементарная площадка, перпендикулярная оси O*x*.	$dm = -D\frac{d\rho}{dx}dSdt$
Уравнение теплопроводности где æ - теплопроводность	$dQ = -æ\frac{dT}{dx}dSdt$
Сила внутреннего трения Где η- динамическая вязкость	$dF = -\eta\frac{d\nu}{dx}dS$
Коэффициент диффузии	$D = \frac{1}{3}\langle \nu \rangle \langle \lambda \rangle$
Вязкость (динамическая)	$\eta = \frac{1}{3}\rho \langle \nu \rangle \langle \lambda \rangle = D\rho$
Теплопроводность Где c_v – удельная изохорная	

теплоемкость	$æ=\frac{1}{3}c_v\rho\langle v\rangle\langle\lambda\rangle=\eta c_v$
Молярная теплоемкость идеального газа изохорная	$C_v=\frac{i}{2}R$
изобарная	$C_p=\frac{(i+2)}{2}R$
Первое начало термодинамики	$dQ=dU+dA$ $dU=\nu C_v dT$ $dA=pdV$
Работа расширения газа при процессе изобарном	$A=p(V_2-V_1)=\nu R(T_2-T_1)$
изотермическом	$A=\nu RT\ln\frac{V_2}{V_1}=\nu RT\ln\frac{p_1}{p_2}$
адиабатном где $\gamma=C_p/C_v$	$A=\nu C_V(T_1-T_2)=\frac{\nu RT_1}{(\gamma-1)}\left[1-(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1}\right]=\frac{p_1V_1}{(\gamma-1)}\left[1-\left(\right.\right.$
Уравнение Пуассона	$pV^{\gamma}=const$; $TV^{\gamma-1}=const$; $T^{\gamma}p^{\gamma-1}=const$
Коэффициент полезного действия цикла Карно где Q и T – количество теплоты, полученное от нагревателя, и его температура; Q_0 и T_0 – количество теплоты, переданное холодильнику, и его температура.	$\eta=\frac{Q-Q_0}{Q}=\frac{T-T_0}{T}$,
Изменение энтропии при переходе из состояния 1 в состояние 2	$S_2-S_1=\int_1^2\frac{dQ}{T}$

Закон Кулона Где q_1 и q_2 – величины точечных зарядов; ε_0- электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость среды; r- расстояние между зарядами.	$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}\frac{r}{r}$
Напряженность электрического поля Напряженность поля: Точечного заряда	$E = \frac{F}{q}$
	$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$
Бесконечно длинной заряженной нити	$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$
Равномерно заряженной бесконечной плоскости	$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon}$
Между двумя разноименно заряженными бесконечными плоскостями где τ- линейная плоскость заряда; σ- поверхностная плотность заряда; r- расстояние до источника поля	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon}$
Электрическое смещение	$D = \varepsilon_0\varepsilon E$
Работа перемещения заряда в электростатическом поле где φ_1 и φ_2- потенциалы начальной и конечной точек	$A = q\int_1^2 E_1 dl = q(\varphi_1 - \varphi_2)$
Потенциал поля точечного заряда	$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$
Связь между потенциалом и напряженностью	$E_1 = -\frac{d\varphi}{dl}$
Сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками конденсатора Где S- площадь пластин.	$F = \frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2 S}{2} = \frac{q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S}$
Электроемкость: Уединенного проводника	$C = \frac{q}{\varphi}$
Плоского конденсатора	$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}$
Слоистого конденсатора где d- расстояние между пластинами конденсатора; d_1-толщина i-го слоя диэлектрика; ε_i- его диэлектрическая проницаемость.	$C = \frac{\varepsilon_0 S}{\sum d_i / \varepsilon_i}$

Электроемкость батареи конденсаторов, соединенных: параллельно последовательно	$C=\sum C_i$ $\frac{1}{C}=\sum\frac{1}{C_i}$
Энергия поля: заряженного проводника	$W_Э=\frac{C\varphi^2}{2}=\frac{q^2}{2C}=\frac{q\varphi}{2}$
заряженного конденсатора где V- объем конденсатора	$W_Э=\frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon E^2V$
Объемная плотность энергии электрического поля	$W_Э=\frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2}{2}=\frac{D^2}{2\varepsilon_0\varepsilon}=\frac{ED}{2}$
Сила тока	$I=\frac{dq}{dt}$
Закон Ома: В дифференциальной форме	$j=\gamma E=\frac{E}{\rho}$
В интегральной форме Где γ-удельная проводимость; ρ-удельное сопротивление; U- напряжение на концах цепи; R- сопротивление цепи; j –плотность тока.	$I=\frac{U}{R}$
Закон Джоуля –Ленца: в дифференциальной форме в интегральной форме	$\frac{dw}{dt}=jE=\gamma E^2=\frac{E^2}{\rho}$ $dQ=IUdt=\frac{U^2}{R}dt=I^2Rdt$
Сопротивление одного проводника где ℓ-длина проводника; S- площадь его поперечного сечения	$R=\frac{\rho l}{S}$
Зависимость удельного сопротивления от температуры где α- температурный коэффициент сопротивления; t- температура по шкале Цельсия.	$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$

Примеры решения задач

1. Движение тела массой 1 кг задано уравнением $s = 6t^2 + 3t + 2$. Найти зависимость скорости и ускорения от времени. Вычислить силу, действующую на тело в конце второй секунды.

Решение. Мгновенную скорость находим как производную от пути по времени:

$$v = \frac{ds}{dt}; \; v = 18t^2 + 3.$$

Мгновенное ускорение определяемся первой производной от скорости по времени или второй производной от пути по времени:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dr^2}; \quad a = 36t.$$

Сила, действующая на тело, определяется по второму закону Ньютона: F=ma, где *a,* согласно условию задачи, - ускорение в конце второй секунды. Тогда

$$F = m \cdot 36t; \quad F = 1кг \cdot 36 \cdot 2м/c^2 = 72H.$$

Ответ: $v = 18t + 3; \quad a = 36t; \quad F = 72H.$

2. Стержень длиной 1 м движется мимо наблюдателя со скоростью 0,8 с. Какой покажется наблюдателю его длина?

Дано: ℓ_o= 1 м; ν = 0,8 *с*.

Найти: ℓ.

Решение. Зависимость длины тела от скорости в релятивистской механике выражается формулой

$$\ell = \ell_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}, \qquad (1)$$

где ℓ_o - длина покоящегося стержня; ν - скорость его движения; *с* - скорость света в вакууме. Подставляя в формулу (1) числовые значения имеем

$$\ell = 1м\sqrt{1-(0,8c)^2/c^2} = 1м\sqrt{1-0,64} = 0,6м.$$

Ответ: ℓ = 0,6 м..

3. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями;: 1) ν=0,5c и u=0,75c; 2) $\nu = c$ и u=0,75c. Найти их относительную скорость в первом и втором случаях.

Дано: 1) ν=0,5c, u = 0,75c; 2) ν=С, u = 0,75С.

Найти: $u_1^/$; $u_2^/$.

Решение. Согласно теореме сложения скоростей в теории относительности,

$$u^/ = \frac{\nu + u}{1 + \nu u / c^2},$$

где ν, u - скорости соответственно первой и второй частиц; u'- их относительная скорость; c - скорость света в вакууме. Для первого и второго случаев находим:

$$u_1^/ = \frac{0,5c + 0,75c}{1 + \frac{0,5c \cdot 0,75c}{c^2}} = 0,91c;$$

$$u_2^/ = \frac{c + 0,75c}{1 + \frac{0,75c^2}{c^2}} = \frac{1,75c}{1,75} = c;$$

Это означает, что, во-первых, ни в какой инерциальной системе отсчета скорость процесса не может превзойти скорость света, и, во-вторых, скорость распространения света в вакууме абсолютна.

Ответ: $u_1^/ = 0,91c$; $u_2^/ = c$.

4. На двух шнурах одинаковой длины, равной 0,8 м, подвешены два свинцовых шара массами 0,5 и 1 кг. Шары соприкасаются между собой. Шар меньшей массы отвели в сторону так, что шнур отклонился на угол α = 60°, и отпустили. На какую высоту поднимутся оба шара после столкновения? Удар

считать центральным и неупругим. Определить энергию, израсходованную на деформацию шаров при ударе.

Дано: m = 0,5 кг; m_2=1 кг; α = 60°; ℓ=0,8 м.

Найти: h_1; ΔE_g.

Решение. Так как удар шаров неупругий, то после удара они будут двигаться с общей скоростью ν. Закон сохранения импульса при этом ударе имеет вид

$$m_1\nu_1 + m_2\nu_2 = (m_1 + m_2)\nu \quad (1)$$

Здесь ν_1 и ν_2 - скорости шаров до удара. Скорость большого шара до удара равно нулю *(ν_2=0)*. Скорость меньшего шара найдем, используя закон сохранения энергии. При отклонении меньшего шара на угол α ему сообщается потенциальная энергия, которая затем переходит в кинетическую: $m_1gh_1 = (m_1\nu_1^2)/2$. Таким образом, $h_1 = \ell(1-\cos\alpha) = 2\ell\sin^2(\alpha/2)$, поэтому

$$\nu_1 = \sqrt{2gh_1} = 2\sqrt{g\ell}\sin(\alpha/2) \qquad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) находим скорость шаров после удара:

$$\nu = m_1\nu_1/(m_1+m_2) = 2m_1\sqrt{g\ell}\sin\frac{\alpha}{2}/(m_1+m_2) \qquad (3)$$

Кинетическая энергия, которой обладают после удара, переходит в потенциальную:

$$(m_1+m_2)\nu^2/2 = (m_1+m_2)gh,$$

Где h – высота поднятия шаров после столкновения. Из формулы (4) находим $h = \nu^2/(2g)$, или с учетом (3),

$$h = 2m_1^2\ell\sin^2\frac{\alpha}{2}/(m_1+m_2)^2;$$

$$h = 2(0,5кг)^2\cdot 0,8м\cdot 0,25/(0,5кг+1кг) = 0,044м.$$

При неупругом ударе шаров часть энергии расходуется на их деформацию. Энергия деформации определяется разностью кинетических энергий до и после удара:

$$\Delta E_g = m_1 v_1^2 / 2 - (m_1 + m_2) v^2 / 2 .$$

Используя уравнения (2) и (3), получаем

$$\Delta E_g = 2 g \ell m_1 (1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}) \sin^2 \frac{\alpha}{2} ;$$

$$\Delta E_g = 2 \cdot 9,81 м / c^2 \cdot 0,8 м \cdot 0,5 кг (1 - 0,5 кг / 1,5 кг) \cdot 0,25 = 1,3 Дж .$$

Ответ: $h = 0,044 м$; $\Delta E_g = 1,3 Дж$.

5. Молот массой 70 кг падает с высоты 5м и ударяет по железному изделию, лежащему на наковальне. Масса наковальни вместе с изделием 1330 кг. Считая удар абсолютно неупругим, определить энергию, расходуемую на деформацию изделия. Систему «молот – изделие – наковальня» считать замкнутой.

Дано: $m_1 = 70 кг$; $h = 5 м$; $m_2 = 1330 кг$.

Найти: E_g

Решение. По условию задачи, система «молот – изделие – наковальня» считается замкнутой, а удар неупругим. На основании закона сохранения энергии можно считать, что энергия, затраченная на деформацию изделия, равна разности значений механической энергии системы до и после удара.

Считаем, что во время удара изменяется только кинетическая энергия тел, т.е. незначительным перемещением тел по вертикали во время удара пренебрегаем. Тогда для энергии деформации изделия имеем

$$E_g = \frac{m_1 v^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)(v')^2}{2} ,$$

Где v - скорость молота в конце падения с высоты h; v' -общая скорость всех тел системы после неупругого удара. Скорость молота в конце падения с высоты h определяется без учета сопротивления воздуха и трения по формуле

$$v = \sqrt{2gh} .$$

Общую скорость всех тел системы после неупругого удара найдем, применив закон сохранения импульса:

$$\sum_{i=1}^{n} m_i v_i = const .$$

Для рассматриваемой системы закон сохранения импульса имеет вид $m_1 v = (m_1 + m_2) v'$, откуда

$$v' = m_1 v / (m_1 + m_2) .$$

Подставив в формулу (1) выражения (2) и (4), получим

$$E_g = m_1 g h \frac{m_2}{m_1 + m_2} ;$$

$$E_g = 70кг \cdot 9{,}8 м/с^2 \cdot 5м \frac{1330кг}{1330кг + 70кг} = 3258 Дж$$

Ответ: $E_g = 3258 Дж$.

6. Тело массой 1 кг под действием постоянной силы движется прямолинейно. Зависимость пути, пройденного телом, от времени задана уравнением $s = 2t^2 + 4t + 1$. Определить работу силы за 10 с с начала ее действия и зависимость кинетической энергии от времени.

Дано: $m = 1кг$; $s = 2t^2 + 4t + 1$

Найти: A, T=f(t).

Решение. Работа, совершаемая силой, выражается через криволинейный интеграл

$$A = \int F ds .$$

Сила, действующая на тело, по второму закону Ньютона равна

$$F = ma \text{, или } F = m \frac{d^2 s}{dt^2} .$$

Мгновенное значение ускорения определяется первой производной от скорости по времени или второй производной от пути по времени. В соответствии с этим находим

$$v = \frac{ds}{dt} = 4t + 4 ;$$

$$a = \frac{d^2 s}{dt^2} = 4 м/с^2 .$$

Тогда

$$F = m\frac{d^2s}{dt^2} = 4m$$

Из выражения (3) определим ds:

$$ds = (4t + 4)dt \, .$$

Подставив (5) и (6) в уравнение (1), получим

$$A = \int 4m(4t + 4)dr \, .$$

По этой формуле определим работу, совершаемую силой за 10 с с начала ее действия:

$$A = \int_0^{10} (16mt + 16m)dr = m\left[\frac{16t^2}{2}\Big|_0^{10} + 16t\Big|_0^{10}\right] = 1(8\cdot 100 + 16\cdot 10)\textit{Дж} = 960\textit{Дж} \, .$$

Кинетическая энергия определяется по формуле

$$T = mv^2 / 2$$

Подставляя (3) в (7), имеем

$$T = m(4t + 4)^2 / 2 = m(16t^2 + 32t + 16)/2 = m(8t^2 + 16t + 8) \, .$$

Ответ: $A = 960\textit{Дж}$; $T = m(8t^2 + 16t + 8)$.

7. Какую скорость нужно сообщить ракете, чтобы на, стартовав с Земли, не вернулась на Землю? Сопротивление атмосферы не учитывать.

Дано: $R_З = 6{,}37\cdot 10^6 \textit{м}$; $g = 9{,}8\textit{м}/c^2$; $R \to \infty$.

Найти: v_0.

Решение. С удалением ракеты от Земли будет увеличиваться ее потенциальная энергия и уменьшаться кинетическая. По закону сохранения энергии,

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = m\left(\frac{GM}{R_З} - \frac{GM}{R}\right),$$

Где m-масса ракеты; M- масса Земли; G – гравитационная постоянная; v_0 и v - скорости ракеты относительно Земли в начальный и рассматриваемый моменты; $R_З$ и R – расстояния от центра Земли до ракеты в начальный и рассматриваемый моменты времени; $-GM/R$- потенциал гравитационного поля Земли на расстоянии R от ее центра.

После преобразования уравнения (1) имеем $v_0^2 - v = 2GM(1/R_З - 1/R)$.

Ракета не вернется на Землю, если ее скорость v будет в бесконечности равна нулю, т.е. $v = 0$ при $R \to \infty$. В этом случае $v_0^2 = 2GM / R_З$.

Из закона всемирного тяготения следует, что поверхности Земли $GmM / R_З^2 = mg$, откуда

$$GM = gR_З^2,$$

где g- ускорение свободного падения. Подставим (2) в (3):

$$v_0^2 = 2gR_З \text{ или } v_0 = \sqrt{2gR_З}.$$

Считая, что ракета приобретает нужную скорость v_0 уже вблизи поверхности Земли, находим

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 м/с^2 \cdot 6{,}37 \cdot 10^6 м} = 11{,}2 \cdot 10^3 м/с = 11{,}2 км/с.$$

Такая скорость необходима для преодоления гравитационного поля Земли. Она называется второй космической или параболической скоростью.

Ответ: $v_0 = 11{,}2 км/с$.

8. Тонкий стержень массой 300 г и длиной 50 см вращается с угловой скоростью 10 с$^{-1}$ в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Найти угловую скорость, если в процессе вращения в той же плоскости стержень переместится так, что ось вращения пройдет через конец стержня.

Дано: $m = 300г = 0{,}3кг;\ \ell = 50см = 0{,}5м;\ \omega_1 = 10с^{-1}$.

Найти: ω_2.

Решение. Используем закон сохранения момента импульса

$$\sum_{i=1}^{n} J_i \omega_i = const,$$

Где J_i – момент инерции стержня относительно оси вращения.

Для изолированной системы тел векторная сумма моментов импульса остается постоянной. В данной задаче вследствие того, что распределение массы стержня относительно оси вращения изменяется, момент инерции стержня также изменится. В соответствии с (1) запишем

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

Известно, что момент инерции стержня относительно оси, проходящей через центр масс и перпендикулярной стержню, равен

$$J_0 = m\ell^2/12.$$

По теореме Штейнера,

$$J = J_0 + md^2,$$

где J – момент инерции тела относительно произвольной оси вращения; J_0 – момент инерции относительно параллельной оси, проходящей через центр масс; d – расстояние от центра масс до выбранной оси вращения.

Найдем момент инерции относительно оси, проходящей через конец стержня и перпендикулярно ему:

$$J_2 = J_0 + md^2; \quad J_2 = m\ell^2/12 + m(\ell/2)^2 = m\ell^2/3.$$

Подставляя, формулы (3) и (4) в (2), имеем:

$$m\ell^2\omega_1/12 = m\ell^2\omega_2/3,$$

Откуда

$$\omega_2 = \omega_1/4, \quad \omega_2 = 10c^{-1}/4 = 2{,}5c^{-1}.$$

Ответ: $\omega_2 = 2{,}5c^{-1}$.

9. Маховик массой 4 кг вращается с частотой 720 мин$^{-1}$ вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр. Массу маховика можно считать равномерно распределенной по его ободу радиусом 40 см. Через 30 с под действием тормозящего момента маховик остановился. Найти тормозящий момент и число оборотов, которое сделает маховик до полной остановки.

Дано: ω=0; m=4 кг; n=720 мин$^{-1}$=12с$^{-1}$; $\Delta t = 30c$; $R = 0{,}4м$.

Найти: M; N.

Решение. Для определения тормозящего момента M сил, действующих на тело, нужно применить основное уравнение динамики вращательного движения:

$$J\Delta\omega = M\Delta t,$$

где J- момент инерции маховика относительно оси, проходящей через центр масс; $\Delta\omega$ - изменение угловой скорости за промежуток времени Δt.

По условию, $\Delta\omega = \omega_0$, где ω_0 - начальная угловая скорость, так как конечная угловая скорость $\omega = 0$. Выразим начальную угловую скорость через частоту вращения маховика, тогда $\omega_0 = 2\pi n$ и $\Delta\omega = 2\pi n$. Момент инерции маховика $J = mR^2$, где m- масса маховика; R- его радиус. Формула (1) принимает вид

$$mR^2 2\pi n = M\Delta t,$$

Откуда

$$M = 2\cdot 3{,}14\cdot 12c^{-1}\cdot 4кг\cdot 0{,}16м^2c^{-2}/30c = 1{,}61H\cdot м.$$

Угол поворота (т.е. угловой путь φ) за время вращения маховика до остановки может быть определен по формуле для равнозамедленного вращения:

$$\varphi = \omega_0 t - \varepsilon\Delta t^2/2,$$

где ε - угловое ускорение.

По условию, $\omega = \omega_0 - \varepsilon\Delta t$, $\omega = 0$, $\varepsilon\Delta t = \omega_0$. Тогда выражение (2) можно записать так:

$$\varphi = \omega_0\Delta t - \omega_0\Delta t/2 = \omega_0\Delta t/2.$$

Так как $\varphi = 2\pi N$, $\omega_0 = 2\pi n$, то число полных оборотов

$$N = n\Delta t/2;\ N = 12c^{-1}\cdot 30c/2 = 180.$$

Ответ: $M = 1{,}61H\cdot м$; $N = 180$.

10. В сосуде объемом 2 $м^2$ находится смесь 4 кг гелия и 2 кг водорода при температуре 27^0С. Определить давление и молярную массу смеси газов.

Дано: $V=2м^3$; $m_1=4кг$; $M_1=4\cdot 10^{-3}$ кг/моль; $m_2=2кг$; $M_2=2\cdot 10^{-3}$ кг/моль; T=300К.

Найти: p; M.

Решение. Воспользуемся уравнением Клайперона – Менделеева, применив его к гелию и водороду:

$$p_1V = m_1RT/M_1;$$

$$p_2V = m_2RT / M_2,$$

Где p_1- парциальное давление гелия; M_1 – его молярная масса; V – объем сосуда; Т-температура газа; R=8,31 Дж/(моль·К) – молярная газовая постоянная; p_2 –парциальное давление водорода; m_2- масса водорода; M_2 – его молярная масса. Под парциальным давлением p_1 и p_2 понимают то давление, которое производил бы газ, если бы он один находился в сосуде. По закону Дальтона давление смеси равно сумме парциальных давлений газов, входящих в состав смеси:

$$p = p_1 + p_2. \qquad (3)$$

Из уравнений (1) и (2) выразим p_1 и p_2 и подставим в уравнение (3). Имеем

$$p = \frac{m_1RT}{M_1V} + \frac{m_2RT}{M_2V} = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)\frac{RT}{V}. \qquad (4)$$

Молярную массу смеси газов найдем по формуле

$$m = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2},$$

где v_1 и v_2 – число молей гелия и водорода соответственно. Число молей газов определим по формулам:

$$\nu_1 = m_1 / M_1;$$

$$\nu_2 = m_2 / M_2.$$

Подставляя (6) и (7) в (5), найдем

$$M = \frac{m_1 + m_2}{m_1 / M_1 + m_2 / M_2}.$$

Подставляя числовые значения в формулы (4) и (8), получаем

$$p = \left(\frac{4кг}{4\cdot 10^{-3} кг/моль} + \frac{2кг}{2\cdot 10^{-3} кг/моль}\right)\frac{8,31 Дж/(моль\cdot К)300}{2м^3} = 2493кПа.$$

$$M = \frac{4кг + 2кг}{4кг/(4\cdot 10^{-3} кг\cdot моль^{-1}) + 2кг/(2\cdot 10^{-3} кг\cdot моль^{-1})} = 3\cdot 10^{-3} кг/моль.$$

Ответ: p=2493 кПа; M=$3\cdot 10^{-3}$кг/моль.

11. Чему равны средние значения кинетической энергии поступательного и вращательного движений молекул, содержащихся в 2 кг водорода при температуре 400 К?

Дано: m=2 кг; T=400K; $M=2\cdot10^{-3}$ кг/моль.

Найти: $\langle\varepsilon_{пост}\rangle$; $\langle\varepsilon_{вр}\rangle$.

Решение. Считаем водород идеальным газом. Молекула водорода – двухатомная, связь между атомами считаем жесткой. Тогда число степеней свободы молекулы водорода равно 5. В среднем на одну степень свободы приходится энергия $\langle\varepsilon_i\rangle = kT/2$, где k – постоянная Больцмана; T- термодинамическая температура. Поступательному движению приписываются три (i=3), а вращательному две (i=2) степени свободы. Энергия одной молекулы

$$\langle\varepsilon_{пост}\rangle = \frac{3}{2}kT\,;\ \ \langle\varepsilon_{вр}\rangle = \frac{2}{2}kT\,.$$

Число молекул, содержащихся в массе газа,

$$N = \nu N_A = (m/M)N_A,$$

Где ν – число молей; N_A – постоянная Авогадро. Тогда средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул водорода

$$\langle\varepsilon_{пост}\rangle = (m/M)N_A\cdot 3/2\cdot kT = 3/2(m/M)RT\,, \qquad (1)$$

Где $R=kN_A$ – молярная газовая постоянная.

Средняя кинетическая энергия вращательного движения молекул водорода

$$\langle\varepsilon_{вр}\rangle = (m/M)RT\,.$$

Подставляя числовые значения в формулы (1) и (2), имеем

$$\langle\varepsilon_{пост}\rangle = \frac{3\cdot 2кг\cdot 8{,}31Дж/(моль\cdot K)\cdot 400K}{2\cdot 2\cdot 10^{-3}кг/моль} = 49{,}86\cdot10^5\,Дж = 4986кДж$$

$$\langle\varepsilon_{пост}\rangle = \frac{3\cdot 2кг\cdot 8{,}31Дж/(моль\cdot K)\cdot 400K}{2\cdot 10^{-3}кг/моль} = 33{,}24\cdot10^5\,Дж = 3324кДж$$

Ответ: $\langle\varepsilon_{пост}\rangle = 4986кДж$; $\langle\varepsilon_{вр}\rangle = 3324кДж$.

12. Определить среднюю длину свободного пробега молекул и число соударений за 1 с, происходящих между всеми молекулами кислорода, находящегося в сосуде вместимостью 2 л при температуре 27^0 С и давлении 100 кПа.

Дано: $V = 2л = 2\cdot 10^{-3} м$; $M = 32\cdot 10^{-3} кг/моль$; $T = 300К$; $p = 100кПа = 10^5 Па$; $d = 2,9\cdot 10^{-10} м$.

Найти: $\langle\lambda\rangle; Z$.

Решение. Среднюю длину свободного пробега молекул кислорода вычисляют по формуле

$$\langle\lambda\rangle = 1/\left(\sqrt{2}\pi d^2 n\right),$$

где d- эффективный диаметр молекулы кислорода; n- число молекул в единице объема, которое можно определить из уравнения

$$n = p/(kT), \qquad (2)$$

Где k- постоянная Больцмана. Подставляя (2) в (1), имеем

$$\langle\lambda\rangle = kT/(\sqrt{2}\pi d^2 p)$$

Число соударений Z, происходящих между всеми молекулами за 1с, равно

$$Z = 1/2\langle Z\rangle N, \qquad (4)$$

Где N- число молекул кислорода в сосуде объемом $2\cdot 10^{-3} ì^3$; $\langle Z\rangle$ - среднее число соударений одной молекулы за 1 с. Число молекул в сосуде

$$N = nV \qquad (5)$$

Среднее число соударений молекулы за 1 с

$$\langle Z\rangle = \langle v\rangle / \langle\lambda\rangle, \qquad (6)$$

Где $\langle v\rangle$ - средняя арифметическая скорость молекулы

$$\langle v\rangle = \sqrt{8RT/(\pi M}.$$

Подставляя в (4) выражения (5), (6) и (7), находим

$$Z = \frac{1}{2}\frac{\sqrt{8RT/(\pi M}\cdot\sqrt{2}\pi d^2 p}{kT}\frac{p}{kT}V = \frac{2\pi d^2 p^2 V}{k^2T^2}\sqrt{\frac{RT}{\pi M}}.$$

Подставляя числовые значения, получим

$$Z=\frac{2\cdot 3{,}14\cdot 2{,}9^2\cdot 10^{-20}\,м^2\cdot 10^{10}\,Па^2\cdot 2\cdot 10^{-3}\,м^3}{1{,}38\cdot 10^{-46}\,Дж^2К^{-2}\cdot 9\cdot 10^4\,К^2}\text{X}$$

$$X\sqrt{\frac{8{,}31Дж/(моль\cdot К)\cdot 300К}{3{,}14\cdot 32\cdot 10^{-3}кг/моль}}=9\cdot 10^{28}\,с^{-1};$$

$$\langle\lambda\rangle=\frac{1{,}38\cdot 10^{-23}\,Дж/К\cdot 300К}{\sqrt{2}\cdot 3{,}14\cdot 2{,}9^2\cdot 10^{-20}\,м^2\cdot 10^5\,Па}=3{,}56\cdot 10^{-8}\,м$$

Ответ: $Z=9\cdot 10^{28}с^{-1}$, $\langle\lambda\rangle=3{,}56\cdot 10^{-8}м$.

13. Определить коэффициенты диффузии и внутреннего трения азота, находящегося при температуре Т=300 К и давлении 10^5 Па.

Дано: $\rho_0=1{,}25кг/м^3$; $M=28\cdot 10^{-3}кг/моль$; $T=300К$; $p=10^5\,Па$; $d=3{,}1\cdot 10^{-10}\,м$.

Найти: $D;\eta$.

Решение. Коэффициент диффузии определяется по формуле

$$D=1/3\langle v\rangle\langle\lambda\rangle,$$

где $\langle v\rangle$ - средняя арифметическая скорость молекул, равная

$$\langle v\rangle=\sqrt{8RT}/(\pi M); \qquad (2)$$

$\langle\lambda\rangle$ - средняя длина свободного пробега молекул. Для нахождения $\langle\lambda\rangle$ воспользуемся формулой из примера 11:

$$\langle\lambda\rangle=kT(\sqrt{2}\pi d^2 p). \qquad (3)$$

Подставляя (2) и (3) в выражение (1), имеем

$$D=\frac{1}{3}\sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}\cdot\frac{kT}{\sqrt{2\pi d^2 p}}=\frac{2kT}{3\pi d^2 p}\sqrt{\frac{RT}{\pi M}} \qquad (4)$$

Коэффициент внутреннего трения

$$\eta=1/3\langle v\rangle\langle\lambda\rangle\rho,$$

где ρ- плотность газа при температуре 300 К и давлении 10^5 Па.

Для нахождения ρ воспользуемся уравнением состояния идеального газа. Запишем его для двух состояний азота – при нормальных условиях $T_0=273K$, $p=1{,}01\cdot 10^5\,Па$ и при заданных условиях:

$$p_0V_0=(m/M)RT_0;\; pV=(m/M)RT \qquad (6)$$

Учитывая, что $\rho_0=m/V_0$, $\rho=m/V$, имеем

$$\rho = \rho_0 p T_0 / (p_0 T) \qquad (7)$$

Коэффициент внутреннего трения газа может быть выражен через коэффициент диффузии (см. формулы (1) и (5)):

$$\eta = D\rho = D\rho_0 p T_0 / (p_0 T) \qquad (8)$$

Подставляя числовые значения в (4) и (8), получим

$$D = \frac{2 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\, Дж/К \cdot 300К}{3 \cdot 3{,}134 \cdot 3{,}1^2 \cdot 10^{-20}\, м^2 \cdot 10^5\, Па} \cdot \sqrt{\frac{8{,}31 Дж/(моль \cdot К) \cdot 300К}{3{,}14 \cdot 28 \cdot 10^{-3} кг/моль}} = 4{,}7 \cdot 10^{-5} м^2/с;$$

$$\eta = 4{,}7 \cdot 10^{-5} м/с \cdot 1{,}25 кг/м^3 \cdot \frac{10^5\, Па \cdot 273К}{1{,}01 \cdot 10^5\, Па \cdot 300К} = 5{,}23 \cdot 10^{-5} кг/(м \cdot с).$$

Ответ: $D = 4{,}7 \cdot 10^{-5} м^2/с$, $\eta = 5{,}23 \cdot 10^{-5} кг/(м \cdot с)$.

14. Кислород массой 160 г нагревают при постоянном давлении от 320 до 340 К. Определить количество теплоты, поглощенное газом, изменение внутренней энергии и работу расширения газа.

Дано: $m = 160 = 16 \cdot 10^{-2} кг$, $T_1 = 320К$, $T_2 = 340К$.

Найти: Q; ΔU; A.

Решение. Количество теплоты, необходимое для нагревания газа при постоянном давлении

$$Q = mc_p (T_2 - T_1) = (m/M) C_p (T_2 - T_1). \qquad (1)$$

Здесь c_p и $C_p = Mc_p$-удельная и молярная теплоемкости газа при постоянном давлении; $M = 32 \cdot 10^{-3} кг/моль$-молярная масса кислорода. Для всех двухатомных газов

$$C_p = 7/2 \cdot R; \quad C_p = 3{,}5 \cdot 8{,}31 Дж/(моль \cdot К) = 29 Дж/(моль \cdot К).$$

Изменение внутренней энергии газа находим по формуле

$$\Delta U = (m/M) C_V (T_2 - T_1), \qquad (2)$$

Здесь c_p и C_p=Mc_p –удельная и молярная теплоемкости газа при постоянном давлении; $M = 32 \cdot 10^{-3} кг/моль$ - молярная масса кислорода. Для всех двухатомных газов

$$C_p = 7/2 \cdot R; \quad C_p = 3{,}5 \cdot 8{,}31 Дж/(моль \cdot К) = 29 Дж/(моль \cdot К).$$

Изменение внутренней энергии газа находим по формуле

$$\Delta U = (m/M)C_V(T_2 - T_1),$$

Где C_V –молярная теплоемкость газа при постоянном объеме. Для всех двухатомных газов

$C_V = 5/2R$; $C_V = 2,5 \cdot 8,31 Дж/(моль \cdot К) = 20,8 Дж/(моль \cdot К)$.

Работа расширения газа при изобарном процессе $A = p\Delta V$, где $\Delta V = V_2 - V_1$- изменение объема газа, которое можно найти из уравнения Клайперона – Менделеева. При изобарном процессе

$$pV_1 = (m/M)RT_1; \qquad (3)$$

$$pV_2 = (m/M)RT_2 \qquad (4)$$

Почленным вычитанием выражения (3) и (4) находим

$$p(V_2 - V_1) = (m/M)R(T_2 - T_1),$$

Следовательно,

$$A = (m/M)R(T_2 - T_1). \qquad (5)$$

Подставляя числовые значения в формулы (1), (2) и (5), получаем:

$$Q = \frac{16 \cdot 10^{-2}}{32 \cdot 10^{-3} кг/моль} 29 \frac{Дж}{моль \cdot К}(340К - 320К) = 2900 Дж;$$

$$\Delta U = \frac{16 \cdot 10^{-2} кг}{32 \cdot 10^{-3} кг/моль} 20,8 \frac{Дж}{моль \cdot К}(340К - 320К) = 2080 Дж;$$

$$A = \frac{16 \cdot 10^{-2} кг}{32 \cdot 10^{-3} кг/моль} 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}(340К - 320К) = 840 Дж.$$

Ответ: $Q = 2900 Дж; \quad \Delta U = 2080 Дж; \quad A = 840 Дж$.

15. Объем аргона, находящегося при давлении 80 кПа, увеличился от 1 до 2 л. Насколько изменится внутренняя энергия газа, если расширение происходило: а) изобарно; б) адиабатно.

Дано: $V_1 = 10 м^3$; $V_2 = 2 \cdot 10 м^3$; $p = 0,8 \cdot 10^5 Па$; $M = 40 \cdot 10^{-3} кг/моль; \quad i = 3$.

Найти: ΔU.

Решение. Применим первый закон термодинамики. Согласно этому закону, количество теплоты Q, переданное системе, расходуется на увеличение внутренней энергии ΔU и на внешнюю механическую работу А:

$$Q = \Delta U + A. \qquad (1)$$

Величину ΔU можно определить, зная массу газа m, удельную теплоемкость при постоянном объеме c_V и изменение температуры ΔT:

$$\Delta U = mc_V \Delta T \qquad (2)$$

Однако удобное изменение внутренней энергии ΔU определять через молярную теплоемкость C_V, которая может быть выражена через число степеней свободы:

$$c_V = \frac{C_V}{M} = \frac{i}{2}\frac{R}{M}. \qquad (3)$$

Подставляя величину c_v из формулы (3) в (2), получаем

$$\Delta U = \frac{m}{M}\frac{i}{2}R\Delta T \qquad (4)$$

Изменение внутренней энергии зависит от характера процесса, при котором идет расширение газа. При изобарном расширении газа, согласно первому закону термодинамики, часть количества теплоты идет на изменение внутренней энергии ΔU, которая выражается формулой (4). Найти ΔU для аргона по формуле (4) нельзя, так как масса газа и температура в условии задачи не даны. Поэтому необходимо провести преобразование формулы (4).

Запишем уравнение Клайперона –Менделеева для начального и конечного состояний газа:

$$pV_1 = (m/M)RT_1; \quad pV_2 = (m/M)RT_2,$$

или

$$p(V_2 - V_1) = (m/M)R(T_2 - T_1) \qquad (5)$$

Подставив (5) в формулу (4), получим

$$\Delta U = \frac{i}{2}p(V_2 - V_1) \qquad (6)$$

Это уравнение является расчетным для определения ΔU при изобарном расширении.

При адиабатном расширении газа теплообмена с внешней средой не происходит, поэтому $Q = 0$. Уравнение (1) запишется в виде

$$\Delta U + A = 0 \qquad (7)$$

Это соотношение устанавливает, что работа расширения газа может быть осуществлена только за счет уменьшения внутренней энергии газа (знак минус перед ΔU):

$$A = -\Delta U \qquad (8)$$

Формула работы для адиабатного процесса имеет вид

$$A = \frac{m}{M}\frac{RT_1}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right], \qquad (9)$$

где γ – показатель степени адиабаты, равный отношению теплоемкостей: $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}$. Для аргона – одноатомного газа $(i = 3)$ - имеем $\gamma = 1{,}67$.

Находим изменение внутренней энергии при адиабатном процессе для аргона, учитывая формулы (8) и (9):

$$\Delta U = \frac{m}{M}\frac{RT_1}{\gamma - 1}\left[(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1} - 1\right] \qquad (10)$$

Для определения работы расширения аргона формулу (10) следует преобразовать, учитывая при этом параметры, данные в условии задачи. Применив уравнение Клайперона –Менделеева для данного случая: $p_1V_1 = (m/M)RT_1$, получим выражение для подсчета изменения внутренней энергии:

$$\Delta U = \frac{p_1V_1}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} - 1\right] \qquad (11)$$

Подставляя числовые значения в (6) и (11), имеем:

а) при изобарном расширении

$$\Delta U = \frac{3}{2}\cdot 0{,}8\cdot 10^5\,Па\cdot 10^{-3}\,м^3 = 121\,Дж;$$

б) при адиабатном расширении

$$\Delta U = \frac{0{,}8\cdot 10^5\,Па\cdot 10^{-3}\,м^3}{(1{,}67 - 1)}\left[\left(\frac{10^{-3}\,м^3}{2\cdot 10^{-3}\,м^3}\right)^{1{,}67-1} - 1\right] = -44{,}6\,Дж.$$

Ответ: а) $\Delta U = 121\,Дж$; б) $\Delta U = -44{,}6\,Дж$.

16. Температура нагревателя тепловой машины 500 К. Температура холодильника 400 К. Определить КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно, и полную мощность машины, если нагреватель ежесекундно передает ей 1675 Дж теплоты.

Дано: $T = 500К;\ T_0 = 400К$; $Q = 1675 Дж$.

Найти: η, N.

Решение. Коэффициент полезного действия машины определяется по формуле

$$\eta = (T - T_0)/T \tag{1}$$

или

$$\eta = A/Q. \tag{2}$$

Из выражений (2) и (10 находим

$$A = \eta Q = Q(T - T_0)/T$$

Вычислим:

$$\eta = \frac{500K - 400K}{500K} = 0,2;$$

$$A = 0,2 \cdot 1675 Дж = 335 Дж.$$

Эта работа совершается за 1 с, следовательно, полная мащность машины 335 Вт.

Ответ: $\eta = 0,2$; $N = 335 Bm$.

17. Горячая вода некоторой массы отдает теплоту холодной воде такой же массы и значения их температуры становятся одинаковыми. Показать, что энтропия при этом увеличивается.

Решение. Пусть температура горячей воды T_1, холодной T_2, а температура смеси Θ. Определим температуру смеси, исходя из уравнения теплового баланса

$mc(T_1 - \Theta) = mc(\Theta - T_2)$, или $T_1 - \Theta = \Theta - T_2$,

откуда

$$\Theta = (T_1 + T_2)/2 \tag{1}$$

Изменение энтропии, происходящее при охлаждении горячей воды,

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{\Theta} \frac{cmdT}{T} = cm \ln \frac{\Theta}{T_1}$$

Изменение энтропии, происходящее при нагревании холодной воды,

$$\Delta S_2 = \int_{T_2}^{\Theta} \frac{cmdT}{T} = cm \ln \frac{\Theta}{T_2}$$

Изменение энтропии системы равно

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = cm \ln \frac{\Theta}{T_1} + cm \ln \frac{\Theta}{T_2} = cm \ln \frac{\Theta^2}{T_1 T_2},$$

или с учетом соотношения (1) имеем

$$\Delta S = cm \frac{(T_1 + T_2)^2}{4T_1 T_2}.$$

Так как $(T_1 + T_2)^2 \succ 0$ и $4T_1T_2 \succ 0$, то $\Delta S \succ 0$.

18. Два одинаковых заряда находятся в воздухе на расстоянии 0,1 м друг от друга. Напряженность поля в точке, удаленной на расстояния 0,06 и 0,08 м от одного и другого зарядов, равна 10 кВ/м. Определить потенциал поля в этой точке и величину зарядов.

Дано: $E = 1 \cdot 10^4\, B/м$; $r_3 = 0{,}1 м$; $r_2 = 0{,}06 м$; $r_1 = 0{,}08 м$; $q_1 = q_2 = q$.

Найти: q; φ.

Решение. Напряженность E и потенциал φ поля точечного заряда q определяется по формулам:

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}; \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r},$$

Где ε – диэлектрическая проницаемость среды; ε_0 – электрическая постоянная; r – расстояние от заряда до точки поля. Как видно из рис. 1 $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$, так как $\alpha = \pi/2$.

$$E = \sqrt{\frac{q^2}{(4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_2^2)^2} + \frac{q^2}{(4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1^2)^2}} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{r_2^4} + \frac{1}{r_1^4}} = \frac{q\sqrt{r_1^4 + r_2^4}}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1^2 r_2^2}$$

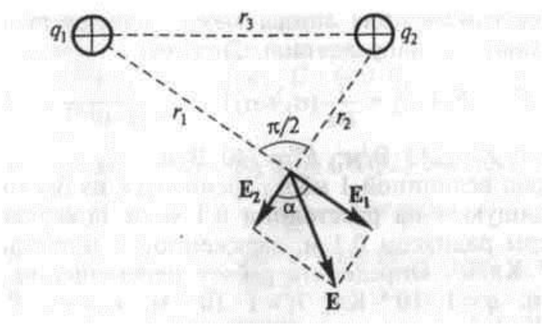

Рис. 1

Откуда:

$$q = \frac{E \cdot 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1^2 r_2^2}{\sqrt{r_1^4 + r_2^4}} = \frac{1\cdot 10^{-4}\cdot 4\cdot 3{,}14\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}06^2\cdot 0{,}08^2}{\sqrt{0{,}08^4 + 0{,}06^4}} = 3{,}510^{-9}\,Кл\,.$$

Определим потенциал:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_2} + \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1}\right) = \frac{3{,}5\cdot 10^{-9}}{4\cdot 3{,}14\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}}\left(\frac{1}{0{,}06} + \frac{1}{0{,}08}\right) = 920B.$$

Ответ: $q = 3{,}5\cdot 10^{-9}\,Кл;\quad \varphi = 920B.$

19. Две параллельные плоскости одноименно заряжены с поверхностной плотностью зарядов 2 и 4 нКл/м^2. Определить напряженность поля: а) между плоскостями; б) вне плоскостей.

Дано: $\sigma_1 = 2\cdot 10^{-9}\,Кл/м^2$; $\sigma_2 = 4\cdot 10^{-9}\,Кл/м^2.$

Найти: $E^{/}$ и E''.

Решение. Как видно из рис. 2, в зазоре между плоскостями $E' = E_2 - E_1$, так как направления векторов E_1 и E_2 противоположны. Тогда

$E' = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{1}{2\varepsilon_0}(\sigma_2 - \sigma_1)$, где ε_0 – электрическая постоянная.

$$E' = \frac{1}{2\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}}(4-2)\cdot 10^{-9} = 113B/м\,.$$

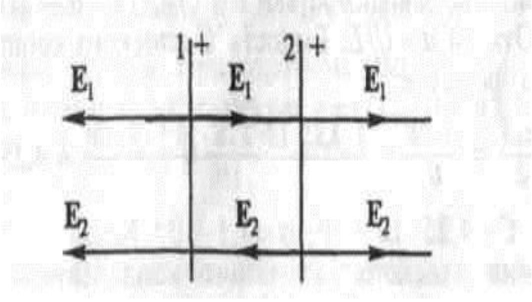

Рис. 2

В пространстве вне зазора между плоскостями векторы E_1 и E_2 совпадают по направлению. Поэтому

$$E'' = E_1 + E_2 = \frac{1}{2\varepsilon_0}\left(\sigma_1 + \sigma_2\right) = \frac{6 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 340 B / м.$$

Ответ: $E' = 113 B / м;\ E'' = 340 B / м.$

20. Заряд величиной 1 нКл переносится из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии 0,1 м от поверхности металлической сферы радиусом 0,1 м, заряженной с поверхностной плотностью 10^{-5} Кл/м^2. Определить работу перемещения заряда.

Дано: $q = 1 \cdot 10^{-9} Кл;\ r_1 = 1 \cdot 10^{-2} м$; $r_2 = \infty$; $R = 1 \cdot 10^{-2} м$; $\sigma = 1 \cdot 10^{-5} Кл / м^2$.

Найти: А.

Решение. Потенциал поля φ_1, создаваемого заряженной сферой на расстоянии $R + r_1$ от ее центра, определяется по формуле:

$$\varphi_1 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 (R + r_1)},$$

где $q_1 = \sigma \cdot 4\pi R^2$ - заряд сферы; ε_0 - электрическая постоянная.

Потенциал поля на расстоянии $r_2 = \infty$ равен нулю: $\varphi_2 = 0$. Работа А по перемещению заряда q из бесконечности в точку поля равна:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\varphi_1 = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi\varepsilon_0 (R + r_1)} = \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 5,6 \cdot 10^{-5} Дж.$$

Ответ: $A = 5,6 \cdot 10^{-5} Дж$.

21. Конденсатор с парафиновым диэлектриком заряжен до разности потенциалов 150В. Напряженность в нем равна $6 \cdot 10^6 B / м$, площадь пластин 6 см^2. Определить емкость конденсатора и поверхностную плотность заряда на обкладках $\left(\varepsilon = 2\right)$.

Дано: $U = 150 B$; $E = 6 \cdot 10^6 B / м;$ $S = 6 \cdot 10^{-4} м^2;$ $\varepsilon = 2$.

Найти: С и σ.

Решение. В плоском конденсаторе напряженность поля $\AA = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$, где ε – диэлектрическая проницаемость среды, ε_0 – электрическая постоянная. Откуда

$$\sigma = \varepsilon\varepsilon_0 E = 2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^6 = 1,1 \cdot 10^{-4} \, Кл / м^2 .$$

В плоском конденсаторе разность потенциалов U и напряженность E связаны зависимостью $E = U / d$, d – зазор между обкладками. Откуда $d = U / E$. Емкость C плоского конденсатора определяется по формуле:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 SE}{U} = \frac{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^6}{150} = 4,25 \cdot 10^{-10} \, Ф .$$

Ответ: $C = 4,25 \cdot 10^{-10} \, Ф$; $\sigma = 1,1 \cdot 10^{-4} \, Кл / м$.

22. Энергия плоского воздушного конденсатора 40 нДж, разность потенциалов на обкладках 600 В, площадь платин 1см^2.

Определить расстояние между обкладками, напряженность и объемную плотность энергии поля конденсатора.

Дано: $W = 40 нДж = 4 \cdot 10^{-8} \, Дж$; $U = 600 В$; $S = 1 см^2 = 10^{-4} \, м^2$; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \, Ф / м$.

Найти: в, E, w.

Решение. Энергия конденсатора $W = CU^2 / 2$; емкость конденсатора $C = \varepsilon_0 S / d$, следовательно, $W = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2d}$. Отсюда

$$d = \frac{\varepsilon_0 S U^2}{2W} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \, Ф / м \cdot 10^{-4} \, м^2 \cdot (600 В)^2}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-8} \, Дж} = 0,004 м .$$

Напряженность поля конденсатора

$$E = \frac{U}{d} = \frac{2W}{\varepsilon_0 S U} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-8} \, Дж}{8,85 \cdot 10^{-12} \, Ф / м \cdot 10^{-4} \, м^2 \cdot 600 В} = 1,51 \cdot 10^5 \, В / м .$$

Объемная плотность энергии поля:

$$w = \frac{W}{Sd} = \frac{2W^2}{\varepsilon_0 S^2 U^2} = \frac{2 \cdot (4 \cdot 10^{-8} \, Дж)^2}{8,85 \cdot 10^{-12} \, Ф / м \cdot (10^{-4} \, м^2) \cdot (600 В)^2} = 1 \cdot 10^{-3} \, Дж / м^3 .$$

Ответ: $d = 0,004 м$; $E = 1,51 \cdot 10^5 \, В / м$; $w = 1 \cdot 10^{-3} \, Дж / м^3$.

23. Плотность тока в никелиновом проводнике длиной 25 м равна 1 МА/м^2. Определить напряжение на концах проводника.

Дано: $\ell = 25 м; \quad j = 1 \cdot 10^6 А/м^2; \quad \rho = 4 \cdot 10^{-7} Ом \cdot м$.

Найти: U.

Решение. По закону Ома в дифференциальной форме плотность тока j в проводнике пропорциональна напряженности E поля в проводнике $j = \gamma E$, где $\gamma = \dfrac{1}{\rho}$ -удельная проводимость; ρ -удельное сопротивление проводника. С другой стороны $E = \dfrac{U}{\ell}$, где U- напряженность на концах проводника длиной ℓ. Тогда $j = \dfrac{E}{\rho} = \dfrac{U}{\rho \ell}$, откуда $U = j\rho\ell = 1 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 25 = 10 В$.

Ответ: $U = 10 В$.

24. Определить электродвижущую силу аккумуляторной батареи, ток короткого замыкания которой равен 10 А, если при подключении к ней резистора сопротивлением 2 Ом сила тока в цепи равна 1 А.

Дано: $I_{кз} = 10 А; \; R = 2 Ом; \quad I = 1 А.$

Найти: ε.

Решение. По закону Ома $I = \dfrac{\varepsilon}{R + r}$ и $\varepsilon = I(R + r)$, где r- внутреннее сопротивление батареи. При коротком замыкании цепи внешнее сопротивление $R = 0$ и $I_{кз} = \varepsilon / r$, откуда $r = \varepsilon / I_{кз}$. Тогда $\varepsilon = I(R + \varepsilon / I_{кз})$ или

$$\varepsilon = \frac{IR}{1 - I / I_{кз}} = \frac{1 \cdot 2}{1 - 0,1} = 2,2 В.$$

Ответ: $\varepsilon = 2,2 В$.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Таблица вариантов

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	**1.1**	**1.11**	**1.21**	**1.31**	**1.41**	**1.51**	**1.61**	**1.71**	**1.81**	**1.91**	**1.101**	**1.111**	**1.121**	**1.131**	**1.141**	**1.151**
2	**1.2**	**1.12**	**1.22**	**1.32**	**1.42**	**1.52**	**1.62**	**1.72**	**1.82**	**1.92**	**1.102**	**1.112**	**1.122**	**1.132**	**1.142**	**1.152**
3	**1.3**	**1.13**	**1.23**	**1.33**	**1.43**	**1.53**	**1.63**	**1.73**	**1.83**	**1.93**	**1.103**	**1.113**	**1.123**	**1.133**	**1.143**	**1.153**
4	**1.4**	**1.14**	**1.24**	**1.34**	**1.44**	**1.54**	**1.64**	**1.74**	**1.84**	**1.94**	**1.104**	**1.114**	**1.124**	**1.134**	**1.144**	**1.154**
5	**1.5**	**1.15**	**1.25**	**1.35**	**1.45**	**1.55**	**1.65**	**1.75**	**1.85**	**1.95**	**1.105**	**1.115**	**1.125**	**1.135**	**1.145**	**1.155**
6	**1.6**	**1.16**	**1.26**	**1.36**	**1.46**	**1.56**	**1.66**	**1.76**	**1.86**	**1.96**	**1.106**	**1.116**	**1.126**	**1.136**	**1.146**	**1.156**
7	**1.7**	**1.17**	**1.27**	**1.37**	**1.47**	**1.57**	**1.67**	**1.77**	**1.87**	**1.97**	**1.107**	**1.117**	**1.127**	**1.137**	**1.147**	**1.157**
8	**1.8**	**1.18**	**1.28**	**1.38**	**1.48**	**1.58**	**1.68**	**1.78**	**1.88**	**1.98**	**1.108**	**1.118**	**1.128**	**1.138**	**1.148**	**1.158**
9	**1.9**	**1.19**	**1.29**	**1.39**	**1.49**	**1.59**	**1.69**	**1.79**	**1.89**	**1.99**	**1.109**	**1.119**	**1.129**	**1.139**	**1.149**	**1.159**
10	**1.10**	**1.20**	**1.30**	**1.40**	**1.50**	**1.60**	**1.70**	**1.80**	**1.90**	**1.100**	**1.110**	**1.120**	**1.130**	**1.140**	**1.150**	**1.160**

1.1. Тело, брошенное вертикально вниз с начальной скоростью 5 м/с, в последние 2 с падения прошло путь вдвое больший, чем в две предыдущие 2 с. Определить время падения и высоту, с которой тело было брошено. Построить графики зависимости пройденного пути, ускорения и скорости от времени.

Дано:

r_1 = 0,3 м
$I_1 = I_2 = I_3 = I$= 5А
$r_2 = r_3$ = 0,2 м

B,H - ?

Решение:

1.2. Вверх по идеально гладкой наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом, пустили шайбу с начальной скоростью 12 м/с. Когда шайба достигла половины максимальной высоты подъема, из той же точки, в том же направлении и с той же скоростью пустили вторую шайбу. Определить: на каком расстоянии от начала наклонной плоскости встретятся обе шайбы; максимальную высоту подъема шайбы; промежуток времени, прошедший от начала движения первой шайбы до ее встречи со второй. Начертить графики зависимости пройденного пути, скорости и ускорения от времени для первой шайбы в промежуток времени от начала движения до момента встречи со второй.

1.3. Шар, свободно движущийся со скоростью 6 м/с, ударился о другой шар и, двигаясь в обратном направлении со скоростью 2 м/с, вернулся в исходную точку (рис. 1.). Расстояние между исходным положением шара и его положением в момент соударения с другим шаром равно S_0. Построить для промежутка времени от начала движения шара до момента его возвращения в исходное положение графики зависимости от времени скорости, модуля скорости, координаты центра шара на оси O_x и проходимого им пути. Определить также среднее значение модуля скорости движения шара. Временем соударения шаров пренебречь.

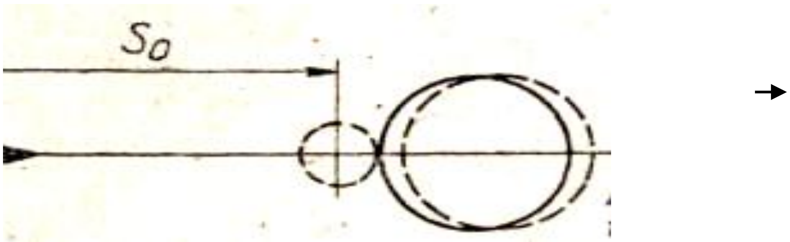

Рис.1

1.4. Наблюдатель, стоящий на платформе, определил, что первый вагон электропоезда прошел мимо него в течение 4 с, а второй - в течение 5 с. После этого передний край поезда остановился на расстоянии 75 м от наблюдателя. Считая движение поезда равнозамедленным, определить его начальную скорость, ускорение и время замедленного движения. Начертить графики зависимости пути, скорости и ускорения поезда от времени. За начало отсчета времени принять момент прохождения мимо, наблюдателя переднего края поезда.

1.5.Наблюдатель, стоящий в момент начала движения электропоезда у его переднего края, заметил, что первый вагон прошел мимо него за 4 с. Определить время, за которое мимо него пройдут девять вагонов, а также время прохождения 9-го вагона. Во сколько раз скорость девятого вагона больше скорости пятого в моменты их прохождения мимо наблюдателя? Движение считать равноускоренным.

1.6. Тело, двигаясь прямолинейно с постоянным ускорением, прошло последовательно два равных участка пути, по 20 м каждый. Первый участок пройден за 1,06 с, а второй — за 2,2 с. Определить ускорение тела, скорость в начале первого и в конце второго участков пути, путь, пройденный телом от начала движения до остановки. Начертить графики зависимости пройденного пути, скорости и ускорения от времени.

1.7. С горы *AB* (рис. 2) длиной 20 м из состояния покоя скатываются санки и затем, продолжая движение от точки *B* по горизонтальной плоскости, останавливаются у точки С, пройдя расстояние *BC,* равное 15 м. Определить скорость санок в конце спуска с горы, ускорения на участках *AB* и *BC* и время спуска с горы. Весь путь ЛВС санки проходят за 15 с. Ускорение на каждом из участков *(AB* и *BC)* считать постоянным. Начертить графики зависимости пройденного пути, скорости и ускорения от времени.

1.8. Автомобиль трогается с места и первый километр проходит с ускорением a_1 а второй – с ускорением a_2. При этом на первом километре его скорость возрастает на 10 м/с, а на втором – на 5 м/с. Определить: время прохождения первого и второго километров; какое ускорение больше – a_1 или a_2 среднюю скорость на всем пути. Начертить графики зависимости пути, скорости и ускорения от времени.

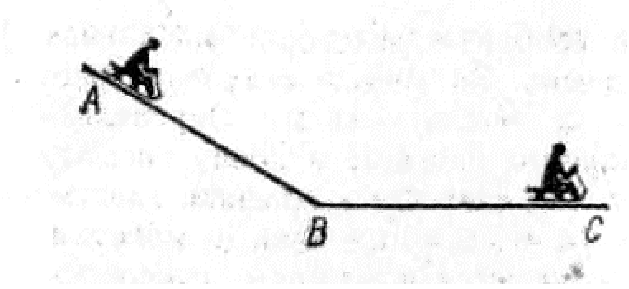

Рис.2

1.9.Тело, которому сообщена начальная скорость 2 м/с, начало скользить по наклонной плоскости. За 10 с оно проходит по наклонной плоскости путь 50 м, а затем по горизонтальной поверхности до остановки -

90 м. Считая движение тела на каждом из участков равнопеременным, определить скорость тела в конце наклонной плоскости, ускорения на наклонном и горизонтальном участках пути, среднюю скорость на всем пути; время движения тела. Начертить графики зависимости пути, скорости и ускорения от времени.

1.10. Лыжник съехал с горы длиной 40 м за 10 с, после чего он проехал по горизонтальной площадке до остановки 20 м. Считая движение лыжника на обоих участках равнопеременным, определить скорость лыжника в конце горы, среднюю скорость на всем пути, ускорения на каждом из участков, время движения по горизонтальной площадке. Начертить графики зависимости пути, скорости и ускорения лыжника от времени.

1.11. Тело, которому была сообщена некоторая начальная скорость, движется равноускоренно. За третью секунду своего движения оно прошло 10 м, а за шестую - 16 м. Определить ускорение тела, начальную скорость, скорость к концу восьмой секунды и путь, пройденный за 8 с. Начертить графики зависимости пройденного пути, скорости и ускорения Тела от времени.

1.12. Кусок льда один раз бросают с некоторой скоростью под углом 30° к горизонту, а другой раз пускают с такой же скоростью по горизонтальной поверхности льда. Во втором случае брошенный кусок льда находился в движении в 8 раз дольше, чем при полете в воздухе. Определить коэффициент трения льда о лед, отношение пройденных в обоих случаях расстояний в горизонтальном направлении. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.13. Под каким углом к горизонту надо бросить тело массой 200 г, чтобы дальность полета была в два раза больше его максимальной высоты подъема, если горизонтальный встречный ветер действует на тело с постоянной силой в 1 Н?

1.14. Из брандспойта, поднятого над поверхностью Земли на высоту 2,5 м, бьет струя воды под углом 36° к горизонту и падает на землю на расстоянии

15 м от того места, над которым находится брандспойт. Определить, на какую максимальную высоту поднимается струя воды, радиус кривизны струи в высшей точке, скорость воды в момент падения на землю и объем воды, подаваемой брандспойтом за 1 мин, если площадь отверстия брандспойта равна 1 см^2. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.15. Из одной точки одновременно брошено два тела с одинаковой начальной скоростью 20 м/с под разными углами к горизонту: α_1=45^0, α_2 =60°. Определить расстояние между телами спустя 2 с после начала движения, скорости тел в этот момент, нормальное и тангенциальное ускорения через 1с после бросания. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.16. С балкона, высота которого 5 м над поверхностью Земли, брошен камень под углом 45° к горизонту. Камень упал на землю на расстоянии 48 м от места, над которым находится балкон. Определить начальную скорость камня, время его полета, наибольшую высоту подъема, радиус кривизны траектории в наивысшей точке, скорость камня в момент падения на землю, угол, который образует скорость камня в момент падения на землю с горизонтальным направлением. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.17. Небольшое тело было выпущено и начало падать из состояния покоя с высоты *H.* На высоте *h* оно абсолютно неупруго ударяется о небольшую закрепленную и гладкую площадку, расположенную под углом α=45° к горизонту. Определить время падения тела и горизонтальную дальность полета, считая *H*=10м и *h* =5 м.

1.18. Небольшое тело, брошенное под углом 45° к горизонту с начальной скоростью 15 м/с, упруго ударяется о вертикальную гладкую, стенку, находящуюся на расстоянии 14 м (по горизонтали) от места бросания. Определить, на каком расстоянии от стенки упадет тело на землю, если коэффициент восстановления k=0,75. Найти также отношение этих расстояний, если во втором случае удар абсолютно упругий.

1.19. Маленький шарик подвешен на нерастяжимой нити длиной 0,5 м. При вертикальном положении нити (положение равновесия) шарику сообщают горизонтальную скорость 4 м/с. Определить высоту H над исходным уровнем, после достижения которой шарик движется по траектории, отличающейся от окружности. Найти скорость шарика в момент достижения этой высоты и максимальную высоту поднятия шарика. С какой высоты шарик снова начнет двигаться по окружности? На каком наименьшем расстоянии (по горизонтали) от положения равновесия надо поставить ловушку, чтобы поймать шарик после того, как он перестанет двигаться по окружности? Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.20. Небольшое тело, брошенное вертикально вниз с высоты 32 м с начальной скоростью 2 м/с, упруго ударяется о закрепленную на высоте 20 м. гладкую площадку с углом наклона 30° к горизонту. Определить, во сколько раз время падения тела при встрече с площадкой больше времени свободного падения, если коэффициент восстановления равен 0,8 дальность полета тела по горизонтали, отношение скоростей в конце падения при встрече с площадкой и при свободном падении.

1.21. В деревянный шар массой m_1=8 кг, подвешенный на нити длиной l=1,8 м, попадает горизонтально летящая пуля массой m_2=4 г. С какой скоростью летела пуля, если нить с шаром и застрявшей в нем пулей отклонилась от вертикали на угол α=3°? Размером шара пренебречь. Удар пули считать прямым, центральным.

1.22. По небольшому куску мягкого железа, лежащему на наковальне массой m = 300 кг, ударяет молот массой m_2 = 8 кг. Определить КПД η удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, затраченную на деформацию куска железа.

1.23. Шар массой m_1 = 1 кг движется со скоростью v = 4 м/с и сталкивается с шаром массой m_2 = 2 кг, движущимся навстречу ему со скоростью v_2=3 м/с. Каковы скорости u_1 и u_2 шаров после удара? Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

1.24. Шар массой m_1 =3 кг движется со скоростью v_1 = 2 м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой m_2=5 кг. Какая работа будет совершена при деформации шаров? Удар считать абсолютно неупругим, прямым, центральным.

1.25. Определить КПД ŋ неупругого удара бойка массой m_1=0,5т, падающего на сваю массой m_2=120 кг. Полезной считать энергию, затраченную на вбивание сваи.

1.26. Шар массой m_1= 4 кг движется со скоростью v = 5 *м/с* и сталкивается с шаром массой m_2=6 кг, который движется ему навстречу со скоростью v_2 = 2 м/с. Определить скорости u_1 и u_2 шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

1.27. Из ствола автоматического пистолета вылетела пуля массой m_1 = 10 г со скоростью V = 300 м/с. Затвор пистолета массой m_2 = 200 г прижимается к стволу пружиной, жесткость которой k=25 кН/м. На какое рас стояние отойдет затвор после выстрела? Считать, что пистолет жестко закреплен.

1.28. Шар массой m_1 = 5 кг движется со скоростью v_1 = 1 м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой m_2 =2 кг. Определить скорости u_1 и u_2 шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

1.29. Из орудия, не имеющего противооткатного устройства, производилась стрельба в горизонтальном направлении. Когда орудие было неподвижно закреплено, снаряд вылетел со скоростью v_1= 600 м/с, а когда орудию дали возможность свободно откатываться назад, снаряд вылетел со скоростью v_2 = 580 м/с. С какой скоростью откатилось при этом орудие?

1.30. Шар массой $m_1=2$ кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы и при этом теряет 40% кинетической энергии. Определить массу m_2 большего шара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

1.31. Шарик массой m=60 г, привязанный к концу нити длиной ℓ_1=1,2 м, вращается с частотой $n_1 = 2c^{-1}$, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси до расстояния ℓ_2=0,6 м. С какой частотой n_2 будет при этом вращаться шарик? Какую работу А совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

1.32. По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром D = 75 см и массой m = 40 кг приложена сила F=1 кН. Определить угловое ускорение ε и частоту вращения n маховика через время t=10 с после начала действия силы, если радиус r шкива равен 12 см. Силой трения пренебречь.

1.33. На обод маховика диаметром D=60 см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой m=2 кг. Определить момент инерции J маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время t = 3 с приобрел угловую скорость ω=9 рад/с.

1.34. Нить с привязанными к ее концам грузами массами m_1=50 г и m_2= 60 г перекинута через блок диаметром D=4 см. Определить момент инерции J блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение ε=1,5 рад/с^2. Трением и проскальзыванием нити по блоку пренебречь.

1.35. Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его середину, согласно уравнению $\varphi = At + Bt^3$, где A = 2 рад/с, B= 0,2 рад/с^3. Определить вращающий момент М, действующий на стержень через время t=2с после начала вращения, если момент инерции стержня J=0,048 кг· м^2.

1.36. По горизонтальной плоскости катится диск со скоростью V =8 м/с. Определить коэффициент сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь s=18 м.

1.37. Определить момент силы M, который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой n =12 с$^{-1}$, чтобы он остановился в течение времени Δt=8 с. Диаметр блока D=30 см. Массу блока m=6 кг считать равномерно распределенной по ободу.

1.38. Блок, имеющий форму диска массой m=0,4 кг, вращается под действием силы натяжения нити, к концам которой подвешены грузы массами m_1 = 0,3 кг и m_2 = 0,7 кг. Определить силы натяжения T_1 и T_2 нити по обе стороны блока.

1.39. К краю стола прикреплен блок. Через блок перекинута невесомая и нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы. Один груз движется по поверхности стола, а другой - вдоль вертикали вниз. Определить коэффициент f трения между поверхностями груза и стола, если массы каждого груза и масса блока одинаковы и грузы движутся с ускорением a=5,6 м/с^2. Проскальзыванием нити по блоку и силой трения, действующей на блок, пренебречь.

1.40. К концам легкой и нерастяжимой нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массами m_1 = 0,2 кг и m_2=0,3 кг. Во сколько раз отличаются силы, действующие на нить по обе стороны от блока, если масса блока m=0,4 кг, а его ось движется вертикально вверх с ускорением a=2 м/с^2? Силами трения и проскальзывания нити по блоку пренебречь.

1.41. Определить напряженность G гравитационного поля на высоте h=1000 км над поверхностью Земли. Считать известными ускорение g свободного падения у поверхности Земли и ее радиус R.

1.42. Какая работа A будет совершена силами гравитационного поля при падении на Землю тела массой m=2 кг: 1) с высоты h=1000 км; 2) из бесконечности?

1.43. Из бесконечности на поверхность Земли падает метеорит массой m=30 кг. Определить работу A, которая при этом будет совершена силами гравитационного поля Земли. Ускорение свободного падения g у поверхности Земли и ее радиус R считать известными.

1.44. С поверхности Земли вертикально вверх пущена ракета со скоростью v=5 км/с. На какую высоту она поднимется?

1.45. По круговой орбите вокруг Земли обращается спутник с периодом T=90 мин. Определить высоту спутника. Ускорение свободного падения g у поверхности Земли и ее радиус R считать известными.

1.46. На каком расстоянии от центра Земли находится точка, в которой напряженность суммарного гравитационного поля Земли и Луны равна нулю? Принять, что масса Земли в 81 раз больше массы Луны и что расстояние от центра Земли до центра Луны равно 60 радиусам Земли.

1.47. Спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите на высоте h=520 км. Определить период обращения спутника. Ускорение свободного падения g у поверхности Земли и ее радиус R считать известными.

1.48. Определить линейную и угловую скорости спутника Земли, обращающегося по круговой орбите на высоте h=1000 км. Ускорение свободного падения g у поверхности Земли и ее радиус R считать известными.

1.49. Какова масса Земли, если известно, что Луна в течение года совершает 13 обращений вокруг Земли и расстояние от Земли до Луны равно $3{,}84 \cdot 10^8$ м?

1.50. Во сколько раз средняя плотность земного вещества отличается от средней плотности лунного? Принять, что радиус $R_з$ Земли в 390 раз больше радиуса $R_л$ Луны и вес тела на Луне в 6 раз меньше веса тела на Земле.

1.51. Вода, которую прокачивают через гладкий шланг, вырывается из него через наконечник, имеющий поперечное сечение 35 см^2. Струя направлена под углом 30° к горизонту и поднимается на высоту H=4,8 м над выходным отверстием. Подающий шланг насоса погружен в большой резервуар, уровень воды в котором на h=2,4 м ниже уровня отверстия в наконечнике. Определить, какую мощность потребляет от сети электродвигатель, приводящий в действие используемый насос, если общий КПД насоса с электродвигателем ŋ=60%.

1.52. Струя воды диаметром 2 см, движущаяся со скоростью 10 м/с, ударяется о неподвижную плоскость, поставленную перпендикулярно к струе. Определить силу давления струи на плоскость, считая, что после удара о плоскость скорость частиц воды равна нулю.

1.53. Кубик из однородного материала, находящийся в жидкости, всплывает с постоянной скоростью. Плотность жидкости в 3,5 раза больше плотности материала кубика. Определить, во сколько раз сила трения, действующая на всплывающий кубик, больше веса этого кубика.

1.54. В сосуд непрерывно льется струя воды из крана водопровода. За 1с наливается 0,3 л воды. Каков должен быть диаметр отверстия в дне сосуда, чтобы вода в нем держалась на постоянном уровне, равном 10,5 см?

1.55. Цилиндр насоса имеет диаметр 20 см. В нем движется поршень со скоростью 1 м/с, выталкивающий воду через отверстие диаметром 2 см. Определить скорость вытекания воды и давление воды в цилиндре насоса.

1.56. Тело, падая в воде из состояния покоя, прошло путь S за время *t* Определить плотность тела, считая силу сопротивления воды постоянной и меньшей действующей на тело силы тяжести в *n* раз.

1.57. Гладкий резиновый шнур, длина которого ℓ и коэффициент упругости k, подвешен одним концом к точке O. На другом конце имеется упор *B*. Из точки O начинает свободно падать муфта *A* массой *m* (рис. 2). Пренебрегая массой шнура и упора, определить максимальное растяжение шнура.

1.58. Определить скорость вылета шарика массой 15 г из пружинного пистолета, если пружина была сжата на $\Delta\ell$= 6 см и ее жесткость *k*= 180 Н/м.

1.59. Верхний конец проволоки длиной ℓ_0 закреплен, а к нижнему подвешен груз массой m, под действием которого проволока удлиняется на величину $\Delta\ell$. Определить изменение потенциальной энергии проволоки и груза.

1.60. Верхний конец металлического стержня закреплен. К нижнему приложена пара сил, момент которой равен 10^{-2}Н·м. Угол закручивания стержня 5°. Определить постоянную кручения и потенциальную энергию деформированного стержня.

1.61. Определить среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы двухатомного газа, если суммарная кинетическая энергия молекул одного киломоля этого газа равна 6,02 МДж.

1.62. Сколько молекул водорода находится в сосуде вместимостью 2 л, если средняя квадратичная скорость движения молекул 500 м/с, а давление на стенки сосуда 10^3 Па?

1.63. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 0,25 г водорода при температуре 13 °С.

1.64. Давление идеального газа 2 мПа, концентрация молекул $2 \cdot 10^{10}$ см$^{-3}$.

Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы и температуру газа.

1.65. Определить средние значения полной кинетической энергии одной молекулы неона, кислорода и водяного пара при температуре 600 К.

1.66.Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $5 \cdot 10^{-21}$ Дж. Концентрация молекул $3 \cdot 10^{19}$ см$^{-3}$. Определить давление газа.

1.67. В сосуде вместимостью 200 см^3 находится газ при температуре 47 °С. Из-за утечки газа из колбы просочилось 10^{21} молекул. Насколько снизилось давление газа в сосуде?

1.68. Сколько молекул газа находится в сосуде вместимостью 1,5 л при нормальных условиях?

1.69. Определить концентрацию молекул идеального газа при температуре 450 К и давлении 1,5 МПа.

1.70.Определить температуру идеального газа, если средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул $3{,}2 \times 10^{-19}$ Дж.

1.71. В сосуде вместимостью 10 л находится 2 г кислорода. Определить среднюю длину свободного пробега молекул.

1.72. Определить среднюю длину свободного пробега молекул азота, если плотность разреженного газа $0{,}9 \cdot 10^{-6}$ кг/м^3.

1.73. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул кислорода равна 1,25 м, если температура газа 50 °С?

1.74. Вычислить среднюю длину свободного пробега молекул воздуха при давлении $1 \cdot 10^5$ Па и температуре 10 °С.

1.75. По условию предыдущей задачи вычислить коэффициент диффузии воздуха.

1.76. Во сколько раз коэффициент диффузии молекул водорода больше коэффициента диффузии молекул азота? Температура и давление газов одинаковые.

1.77. Сколько соударений в секунду в среднем испытывают молекулы азота, находящиеся при нормальных условиях?

1.78. Определить коэффициент внутреннего трения углекислого газа при температуре 300 К.

1.79. Сосуд вместимостью 10 л содержит водород массой 4 г. Определить среднее число соударений молекул в секунду.

1.80. Коэффициент внутреннего трения кислорода при нормальных условиях $1{,}91 \cdot 10^{-4}$ кг/(м•с). Какова средняя длина свободного пробега молекул кислорода при этих условиях?

1.81. При каком процессе выгоднее осуществлять расширение углекислого газа: адиабатном или изотермическом, если объем увеличивается в 2 раза? Начальная температура в обоих случаях одинакова.

1.82. Найти работу и изменение внутренней энергии при адиабатном расширении 1 кг воздуха, если его объем увеличился в 10 раз. Начальная температура 15 °С.

1.83. Определить количество теплоты, сообщенное 20 г азота, если он был нагрет от 27 до 177 °С. Какую работу при этом совершит газ и как изменится его внутренняя энергия?

1.84. Во сколько раз увеличится объем 1 моля водорода при изотермическом расширении при температуре 27 °С, если при этом была затрачена теплота, равная 4 кДж.

1.85. Водород, занимающий объем 5 л и находящийся под давлением 10^5 Па, адиабатно сжат до объема 1 л. Найти работу сжатия и изменение внутренней энергии водорода.

1.86. Газ, занимающий объем 20 л под давлением 1 МПа, был изобарно нагрет от 323 до 473 К. Найти работу расширения газа.

1.87. При нагревании 1 кмоля азота было передано 1000 Дж теплоты. Определить работу расширения при постоянном давлении.

1.88. Определить, какое количество теплоты необходимо сообщить углекислому газу массой 220 г, чтобы нагреть его на 20 К: а) при постоянном объеме; б) при постоянном давлении.

1.89. Какое количество теплоты нужно сообщить 1 кмолю кислорода, чтобы он совершил работу в 1000 Дж: а) при изотермическом процессе; б) при изобарном?

1.90. Азот массой 2 кг, находящийся при температуре 288 К, сжимают: а) изотермически; б) адиабатно, увеличивая давление в 10 раз. Определить работу, затраченную на сжатие газа, в обоих случаях.

1.91. Лед массой 100 г, находящийся при температуре -30 °С, превращается в пар. Определить изменение энтропии при этом.

1.92. Железо массой 1 кг при температуре 100 °С находится в тепловом контакте с таким же куском железа при 0 °С. Чему будет равно изменение энтропии при достижении равновесной температуры 50 °С? Считать, что молярная теплоемкость железа равна 25,14 Дж/К.

1.93. Водород массой 10 г изобарно расширяется, при этом объем его увеличивается в 2 раза. Определить изменение энтропии водорода при этом процессе.

1.94. Определить изменение энтропии, происходящее при смешивании 5 кг воды, находящейся при температуре 280 К и 8 кг воды, находящейся при температуре 350 К.

1.95. Объем гелия, масса которого составляет 2 кг, увеличился в 5 раз: а) изотермически; б) адиабатно. Каково изменение энтропии в этих случаях?

1.96. Определить изменение энтропии 1 моля идеального газа при изохорном, изобарном и изотермическом процессах.

1.97. Определить изменение энтропии 4 кг свинца при охлаждении его от 327 до 0 °С.

1.98. Найти изменение энтропии при нагревании 1 кг воды от 0 до 100 °С и последующем превращении ее в пар при той же температуре.

1.99. Как изменится энтропия при изотермическом расширении 0,1 кг кислорода, если при этом объем его изменится от 2,5 до 10 л?

1.100. Определить изменение энтропии при изобарном нагревании 0,1 кг азота от 17 до 100 °С.

1.101. Два заряда находятся в керосине на расстоянии 1 см друг от друга и взаимодействуют с силой 2,7 Н. Величина одного заряда в три раза больше, чем другого. Определить величину каждого заряда.

1.102. Два точечных заряда, находясь в воде ($\varepsilon_1 = 81$) на расстоянии ℓ друг от друга, взаимодействуют с некоторой силой F. Во сколько раз необходимо уменьшить расстояние между ними, чтобы они взаимодействовали **с** такой же силой в воздухе?

1.103. Два шарика одинакового объема, обладающие массой $6 \cdot 10^{-4}$ г каждый, подвешены на шелковых нитях длиной 0,4 м так, что их поверхности соприкасаются. Угол, на который разошлись нити при сообщении шарикам одинаковых зарядов, равен 60°. Найти величину зарядов и силу электростатического отталкивания.

1.104. В углах при основании равнобедренного треугольника с боковой стороной 8 см расположены заряды Q_1 и Q_2. Определить силу, действующую на заряд величиной 1 нКл, помещенный в вершине треугольника. Угол при вершине 120°. Рассмотреть случай: а) $Q_1 = Q_2 = 2$ нКл; б) $Q_1 = -Q_2 = 2$ нКл.

1.105. Два равных отрицательных заряда по 9 нКл каждый находятся в воде на расстоянии 8 см друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на расстоянии 5 см от зарядов.

1.106. Две бесконечно длинные равномерно заряженные нити с линейной плотностью зарядов $6 \cdot 10^{-5}$ Кл/м расположены на расстоянии 0,2 м друг от друга. Найти напряженность электрического поля, созданного в точке, удаленной на 0,2 м от каждой нити.

1.107. Две параллельные металлические пластины, расположенные в диэлектрике ($\varepsilon = 2,2$), обладают поверхностной плотностью заряда 3 и 2 мкКл/м^2. Определить напряженность и индукцию электрического поля между пластинами и за пределами пространства между ними.

1.108. В вершинах квадрата со стороной 0,1 м помещены заряды по 0,1 нКл каждый. Определить напряженность и потенциал поля в центре квадрата, если один из зарядов отличается по знаку от остальных.

1.109. Пространство между двумя параллельными бесконечными плоскостями с поверхностной плотностью зарядов $+5\cdot 10^{-8}$ Кл/м^2 и $-9\cdot 10^{-8}$ Кл/м^2 заполнено стеклом. Определить напряженность поля: а) между плоскостями; б) вне плоскостей.

1.110. Заряды по 1 нКл каждый помещены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,2 м. Равнодействующая сил, действующих на четвертый заряд, помещенный в середине одной из сторон треугольника, равна 0,6 мкН. Определить величину этого заряда, напряженность и потенциал поля в точке его расположения.

1.111. Точечные заряды Q_1 = 20 мкКл, Q_2=-10 мкКл находятся на расстоянии d = 5 см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на r_1 = 3 от первого и на r_2 = 4 см от второго заряда. Определить также силу F, действующую в этой точке на точечный заряд Q=l мкКл.

1.112. Три одинаковых точечных заряда $Q_1 = Q_2 = Q_3$ = 2 нКл находятся в вершинах равностороннего треугольника со сторонами а=10см. Определить модуль и направление силы F, действующей на один из зарядов со стороны двух других.

1.113. Два положительных точечных заряда Q и 9Q закреплены на расстоянии d= 100 см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения зарядов возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.

1.114. Два одинаково заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α. Шарики погружают в масло. Какова плотность ρ масла, если угол расхождения нитей при погружении в масло остается неизменным? Плотность материала шариков ρ_o== 1,5-10^3 кг/м^3, диэлектрическая проницаемость масла ε = 2,2.

1.115. Четыре одинаковых заряда $Q_1=Q_2=Q_3=Q_4$ =40 кНл закреплены в вершинах квадрата со стороной a=10см. Найти силу F, действующую на один из этих зарядов со стороны трех остальных.

1.116. Точечные заряды Q_1=30 мкКл и Q_2= -20 мкКл находятся на расстоянии *d*=20см друг от друга. Определить напряженность электрического поля **E** в точке, удаленной от первого заряда на расстояние r_1= 30 см, а от второго - на r_2 = 15 см.

1.117. В вершинах правильного треугольника со стороной a=10см находятся заряды Q_1=10мкКл, Q_2 =20 мкКл и Q_3 = 30 мкКл. Определить силу F, действующую на заряд Q_1 со стороны двух других зарядов.

1.118. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды $Q_1 = Q_2= Q_3= Q_4=8\cdot10^{-10}$ Кл. Какой отрицательный заряд Q нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

1.119. На расстоянии d = 20 см находятся два точечных заряда: Q_1 = -50 нКл и Q_2=100 нКл. Определить силу F, действующую на заряд Q_3 =-10 нКл, удаленный от. обоих зарядов на одинаковое расстояние, равное *d*.

1.120. Расстояние *d* между двумя точечными зарядами Q_1 = 2 нКл, и Q_2 = 4 нКл, равно 60 см. Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд Q_3 так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить заряд Q_3 и его знак. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?

1.121. Пылинка массой $8\cdot10^{-15}$ кг удерживается в равновесии между горизонтально расположенными обкладками плоского воздушного конденсатора. Разность потенциалов между обкладками 49 В, а расстояние между ними 1 см. Определить, во сколько раз заряд пылинки больше элементарного заряда.

1.122. Заряд, равный 1 нКл, переносится в воздухе из точки, находящейся на расстоянии 1 м от бесконечно длинной, равномерно заряженной нити, в точку, находящуюся на расстоянии 10 см от нее. Определить работу, совершаемую против сил поля, если линейная плотность заряда нити равна 1 мкКл/м.

1.123. Заряд равный 1 нКл находится на расстоянии 0,2 м от бесконечно длинной равномерно заряженной нити. Под действием поля нити заряд перемещается на 0,1 м. Определить линейную плотность заряда нити, если работа сил поля равна 0,1 мкДж.

1.124. Заряд, равный 1 нКл, переносится из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии 1 см от поверхности заряженного шара радиусом 9 см. Поверхностная плотность положительного заряда равна $1•10^{-4}$ Кл/м^2. Определить совершаемую при этом работу.

1.125. Какую работу надо совершить, чтобы заряды, равные 1 и 2 нКл, с расстояния 0,5 м сблизились до расстояния 0,1 м?

1.126. Заряд -1 нКл переместился в поле заряда +1,5 нКл из точки с потенциалом 100В в точку с потенциалом 600 В. Определить работу сил поля и расстояние между этими точками.

1.127. В поле бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда 10 мкКл/м^2 из точки, находящейся на расстоянии 0,5 м от нее, перемещается заряд. Определить его величину, если при этом совершается работа, равная 1 мДж.

1.128. Заряд на каждом из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью 18 и 10 мкФ равен 0,09 нКл. Определить емкость батареи конденсаторов и напряжение на этой батарее и на каждом конденсаторе.

1.129. Вычислить емкость батареи, состоящей из трех конденсаторов емкостью 1 мкФ каждый, при всех возможных случаях их соединения.

1.130. К одной из обкладок плоского конденсатора прилегает стеклянная плоскопараллельная пластина (ε_1=7) толщиной 9 мм. После того как конденсатор отключили от источника напряжения 220 В и вынули стеклянную пластину, между обкладками установилась разность потенциалов 976 В. Определить зазор между обкладками конденсатора.

1.131. Пылинка массой m=200 мкг, несущая на себе заряд Q=40нКл, влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов U==200В в пылинка имела скорость v=10 м/с. Определить скорость v_0 пылинки до того, как она влетела в поле.

1.132. Электрон, обладавший кинетической энергией T=10 эВ , влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов U=8 В?

1.133. Найти отношение скоростей ионов Cu^{++} и K^{+}, прошедших одинаковую разность потенциалов.

1.134. Электрон с энергией T=400эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом R=10см. Определить минимальное расстояние a, на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее Q=-10 нКл.

1.135. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость $v=10^5$ м/с. Расстояние между пластинами d=8 мм. Найти: 1) разность потенциалов U между пластинами; 2) поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

1.136. Пылинка массой m=5 нг, несущая на себе N=10электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов U=1MB. Какова кинетическая энергия T пылинка? Какую скорость v приобрела пылинка?

1.137. Какой минимальной скоростью v_{min} должен обладать протон, чтобы он мог достигнуть поверхности заряженного до потенциала φ=400 В металлического шара (рис. 7)

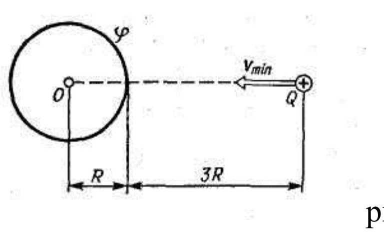

рис.7

1.138. В однородное электрическое поле напряженностью E=220 В/м влетает (вдоль силовой линии) электрон со скоростью v_0=2Мм/с. Определить расстояние ℓ, которое пройдет электрон до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.

1.139. Электрическое поле создано бесконечной заряженной прямой линией с равномерно распределенным зарядом (τ=10 нКл/м). Определить кинетическую энергию T_2 электрона в точке 2, если в точке 1 его кинетическая энергия T_1=200 эВ. Рис. 8.

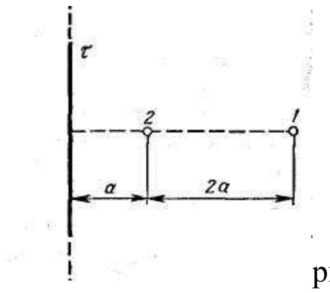

рис.8

1.140. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом φ_1=100 В электрон имел скорость V_1=6Мм/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, дойдя до которой электрон потеряет половину своей скорости.

1.141. В медном проводнике сечением 6 мм^2 и длиной 5 м течет ток. За 1 мин в проводнике выделяется 18 Дж теплоты. Определить напряженность поля, плотность и силу тока в проводнике.

1.142. Внутреннее сопротивление аккумулятора 2 Ом. При замыкании его одним резистором сила тока равна 4 А, при замыкании другим резистором - 2 А. Во внешней цепи в обоих случаях выделяется одинаковая мощность. Определить ЭДС аккумулятора и внешние сопротивления цепей.

1.143. ЭДС батареи равна 20 В. Коэффициент полезного действия батареи составляет 0,8 при силе тока 4 А. Чему равно внутреннее сопротивление батареи?

1.144. Сила тока в резисторе сопротивлением 10 Ом за 4 с линейно возрастает от 0 до 8 А. Определить количество теплоты, выделившейся в резисторе за первые 3 с.

1.145. Батарея состоит из 5 последовательно соединенных элементов. Внутреннее сопротивление и ЭДС каждого 0,3 Ом и 1,4 В соответственно. При каком токе полезная мощность батареи равна 8 Вт?

1.146. Напряжение на концах проводника сопротивлением 5 Ом за 0,5 с равномерно возрастает от 0 до 20 В. Какой заряд проходит через проводник за это время?

1.147. Сила тока в проводнике равномерно возрастает от 0 до 2 А в течение 5 с. Определить заряд, прошедший по проводнику.

1.148. Сила тока в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно убывает с 10 до 0 А за 30 с. Определить количество теплоты, выделившейся в проводнике за это время.

1.149. Плотность тока в медном проводнике равна 0,1 МА/м^2. Определить объемную плотность тепловой мощности тока.

1.150. Определить плотность тока, если за 2 с через проводник сечением 1,6 мм^2 прошло $2\cdot 10^{19}$ электронов.

1.151. За время t = 20 с при равномерно возраставшей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике сопротивлением R = 5 Ом выделилось количество теплоты Q = 4 кДж. Определить скорость нарастания силы тока, если сопротивление проводника R = 5 Ом.

1.152. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = I_0e^{-\alpha t}$, где I_0 = 20 А, α= 10^2с$^{-1}$. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике за время t = 10^{-2} с.

1.153. Сила тока в проводнике сопротивлением R = 10 Ом за время t = 50 с равномерно нарастает от I_1= 5 А до I_2 = 10 А. Определить количество теплоты Q, выделившееся за это время в проводнике.

1.154. В проводнике за время t = 10 с при равномерном возрастании силы тока от I_1 = 1А до I_2 = 2А выделилось количество теплоты Q = 5 кДж. Найти сопротивление R проводника.

1.155. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I=I_0\sin\omega t$. Найти заряд Q, проходящий через поперечное сечение проводника за время *t*, равное половине периода *T*, если начальная сила тока I_0 = 10 А, циклическая частота $\omega = 50\pi c^{-1}$.

1.156. За время *t* = 10 с при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике выделилось количество теплоты Q = 40 кДж. Определить среднюю силу тока <I> в проводнике, если его сопротивление *R* = 25 Ом.

1.157. За время t = 8 с при равномерно возраставшей силе тока в проводнике сопротивлением *R* = 8 Ом выделилось количество теплоты Q = 500 Дж. Определить заряд *q*, проходящий в проводнике, если сила тока в начальный момент времени равна нулю.

1.158. Определить количество теплоты Q, выделившееся за время *t* = 10 с в проводнике сопротивлением *R* = 10 Ом, если сила тока в нем, равномерно уменьшаясь, изменилась от I_1 = 10 А до I_2 = 0.

1.159. Сила тока в цепи изменяется по закону $I=I_0\sin\omega t$. Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением *R*= 10 Ом за время, равное четверти периода (от t_1 = 0 до t_2 = T/4, где где T= 10 с).

1.160. Сила тока в цепи изменяется со временем по закону $I=I_oe^{\alpha t}$. Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением R=20Ом за время, в течение которого ток уменьшится в e раз. Коэффициент α принять равным $2\cdot10^{-2}$ c^{-1}.

1. Округленные значения основных физических постоянных

Физическая постоянная	Обозначение	Числовое значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	9,81 м/с^2
Гравитационная постоянная	G	6,67·10^{-11} м^3/(кг·с)^2
Постоянная Авогадро	N_A	6,02 • 10^{23} моль$^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8,31Дж/(мольК)
Постоянная Больцмана	k	1,38 ·10 $^{-23}$Дж/К
Объем одного моля идеального газа при нормальных условиях (T_0=273,15К, p_0=101325 Па)		22,4 • 10 $^{-3}$ м^3/моль
Элементарный заряд	e	1,60 • 10^{-19} Кл
Масса покоя электрона	m_e	9,1 • 10 $^{-31}$ кг
Постоянная Фарадея	F	9,65 Кл/моль
Скорость света в вакууме	c	3 • 10^8 м/с
Постоянная Стефана — Больцмана	σ	5,67 ·10^{-8} Вт/(м^2 ·К^4)
Постоянная Вина в первом законе (смещения)	b_1	2,89 • 10^{-3} м • К
Постоянная Вина во втором законе	B_2	1,30 10^{-5}Вт/(м^{3}К^5)
Постоянная Планка	h	6,63 10^{-34}Дж·с
	$\hbar$	1,05 10^{-34}Дж·с
Постоянная Ридберга	R	1,097· 10^7 м$^{-1}$
Боровский радиус	a	0,529 ·10^{-10}м
Комптоновская длина волны электрона	λ_c	2,43 • 10 $^{-12}$ м
Энергия ионизации атома водорода	E_i	2,18 10^{-18}Дж= 13,6 эВ
Атомная единица массы	а.е.м.	1,660 ·10^{-27} кг
Энергия, соответствующая 1 а. е. м.		931,50 МэВ
Электрическая постоянная	ε_0	8,85 • 10 $^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	4π · 10^7 Гн/м
Магнетон Бора	μ_B	9,27 · 10^{-24}Дж/Тл
Ядерный магнетон	μ_N	5,05 · 10^{-27}Дж/Тл

2. Некоторые астрономические величины

Радиус Земли (среднее значение), м	$6{,}37 \cdot 10^{6}$
Масса Земли, кг	$5.96 \cdot 10^{24}$
Радиус Солнца (среднее значение), м	6,95 • 10»
Масса Солнца, кг	$1{,}98 \cdot 10^{30}$
Радиус Луны (среднее значение), м	$1{,}74 \cdot 10^{6}$
Масса Луны, кг	$7{,}33 \cdot 10^{22}$
Среднее расстояние между центрами Земли и Луны, м	$3{,}84 \cdot 10^{8}$
Среднее расстояние между центрами Солнца и Земли, м	$1{,}5 \cdot 10^{11}$
Период обращения Луны вокруг и Земли,	27 сут 7 ч 43 мин

3. Плотность жидкостей $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м^3

Вода (при 4°С) — 1 Глицерин —1,26 Керосин —0,8

Масло — 0,9 Ртуть — 13,6 Спирт — 0,8

4. Плотность газов (при нормальных условиях), кг/м^3

Азот — 1,25 Аргон — 1,78 Водород — 0,09

Воздух — 1,29 Гелий — 0,18 Кислород — 1,43

5. Плотность твердых тел $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м^3

Алюминий	2,7
Вольфрам	19,75
Железо (сталь)	7,85
Константан	8,9
Лед	0,92
Медь	8,8
Никель	8,8
Нихром	8,4
Фарфор	2,3

6. Эффективный диаметр молекулы газов $d \cdot 10^{-10}$, м

Азот — 3,1 Аргон — 3,6 Воздух — 3,0
Водород — 2,3 Гелий — 1,9 Кислород — 2,9

7. Удельная теплота плавления $\lambda \cdot 10^{+4}$ Дж/кг

Лед — 33,5 Свинец — 2,3

8. Удельная теплота парообразования $r \cdot 10^{+5}$, Дж/кг

Вода — 22,5 Эфир — 6,68

9. Удельная теплоемкость $c \cdot 10^{+2}$, Дж/(кг • К)

Вода — 41,9 Лед — 21,0 Нихром — 2,20 Свинец — 1,26

10. Удельное сопротивление $\rho \cdot 10^{-8}$, Ом · м

Вольфрам — 5,5 Железо — 9,8 Никелин — 40
Нихром — 110 Медь — 1,7 Серебро — 1,6

11. Диэлектрическая проницаемость (относительная) вещества

Вода — 81,0 Парафин — 2,0 Слюда — 6,0
Бакелит — 4,0 Трансформаторное масло — 2,2 Стекло — 7,0

12. Температурный коэффициент сопротивления проводников $\alpha \cdot 10^{3}$, $К^{-1}$

Вольфрам — 5,2 Медь — 4,2 Никелин — 0,1

13. Потенциал ионизации, эВ

Водород — 13,6 Ртуть — 10,4

14. Показатель преломления

Алмаз — 2,42 Вода — 1,33 Глицерин — 1,47
Каменная соль — 1,54 Кварц — 1,55 Сероуглерод — 1,63
Скипидар — 1,48 Стекло — 1,52

15. Интервалы длин волн, соответствующие различным цветам спектра, нм

Фиолетовый…………400-450 Желтый ……. 560-590
Синий………………..450-480 Оранжевый…..590-620
Голубой……………..480-500 Красный……….620-760
Зеленый…………….500- 560

16. Масса m_0 и энергия E_0 покоя некоторых элементарных частиц и легких ядер

Частицы	m_o		E_0	
	а. е. м.	10^{27}, кг	МэВ	10^{10},Дж
Электрон	$5{,}486 \cdot 10^{-4}$	0,00091	0,511	0,00081
Протон	1,00728	1,6724	938,23	1,50
Нейтрон	1,00867	1,6748	939,53	1,51
Дейтрон	2,01355	3,3325	1876,5	3,00
α-частица	4,0015	6,6444	3726,2	5,96

17. Работа выхода электронов из металла, эВ

Алюминий —3,7 Вольфрам —4,5 Литий — 2,3 Медь —4,4
Платина — 6,3 Цезий — 1,8 Цинк — 4,0 Никель — 4,8

18. Периоды полураспада некоторых радиоактивных элементов

$^{45}_{20}Ca$ - 164 сут
$^{90}_{38}Sr$ -27 лет
$^{210}_{84}Po$ - 138 сут
$^{222}_{86}Rn$ -3,82 сут
$^{235}_{92}U$ - $7{,}1 \cdot 10^{8}$ лет
$^{238}_{92}U$ - $4{,}5 \cdot 10^{9}$ лет
$^{226}_{86}Ra$ - 1590 лет
$^{3}_{1}H$ -12 лет

19. Элементы периодической системы и массы нейтральных атомов, а. е. м.

Элемент системы	Изотоп	Масса	Элемент системы	Изотоп	Масса
Водород	-		Алюминий	$^{27}_{12}Al$	26,98135
	$^{1}_{1}H$	1,00783	Кремний	$^{26}_{14}Si$	26,81535
	$^{2}_{1}H$	2,01410	Фосфор	$^{33}_{15}P$	32,97174
	$^{3}_{1}H$	3,01605	Сера	$^{33}_{16}S$	32,97146
Гелий	-		Железо	$^{56}_{26}Fe$	55,94700
	$^{3}_{2}He$	3,01605	Медь	$^{64}_{29}Cu$	63,5400
	$^{4}_{2}He$	4,00260	Вольфрам	$^{184}_{74}W$	183,8500
Литий	$^{7}_{3}Li$	7,01601	Магний	$^{24}_{12}Mg$	23,98504
Бериллий	$^{7}_{4}Be$	7,01169		$^{27}_{12}Mg$	26,98436
Бор	$^{10}_{5}B$	10,01294	Кальций	$^{48}_{20}Ca$	47,95236
	$^{11}_{5}B$	11,00931	Серебро	$^{108}_{47}Ag$	107,869
Азот	$^{14}_{7}N$	14,00307	Радий	$^{226}_{88}Ra$	226,0254
Кислород	$^{16}_{8}O$	15,99492	Торий	$^{232}_{90}Th$	232,038
	$^{17}_{8}O$	16,99913	Уран	$^{238}_{92}U$	238,0508

20. Множители и приставки для образования десятичных кратных и долевых единиц и их наименований

Приставка	Обозначение приставки	Множитель	Приставка	Обозначение приставки	Множитель
экса	Э	10^{18}	санги	с	10^{-2}
пета	п	10^{15}	милли	м	10^{-3}
тера	т	10^{12}	микро	мк	10^{-6}
гига	г	10^{9}	нано	н	10^{-9}
мега	м	$10^{б}$	пико	п	10^{-12}
кило	к	10^{3}	фемта	Ф	10^{-15}
деци	д	10^{-1}	атго	а	10^{-18}

21. Производные некоторых функций

Производная от постоянной величины $y = C$

$$y' = 0.$$

Производная от степенной функции $y=x^{\mu}$

В частности, $y=1/x,\ y'=-1/x^2;$ $y=\sqrt{x}=x^{1/2}$, $y'=1/\left(2\sqrt{x}\right)$, $y'=1/\left(2\sqrt{x}\right)$

Производная от показательной функции $y=a^x$

$$y' = a^x \ln a$$

В частности, $y=e^x;\ y' = \mathrm{e}^x$.

Производная от логарифмической функции $y=\log_a x$

$$y'=\log_a e/x$$

В частности, для натурального логарифма $y=lnx$

$$y'=1/x.$$

Производные от тригонометрических функций:

$$y=\sin x \qquad y'=\cos x;$$

$$y=\cos x \quad y'=-\sin x;$$

$$y=tgx \quad y'=1/\cos^2 x$$

Производные от обратных тригонометрических функций:

$y=\arcsin x \qquad y'=1/\sqrt{1-x^2}$;

$y=\arccos x \qquad y'=-1\sqrt{1-x^2}$;

$y=arctgx \qquad y'=1/(1-x^2)$.

22. Таблица основных интегралов

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \ (n \neq -1), \ \int \frac{dx}{x} = \ln x + C;$$

$$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C, \text{ если } a = e, \text{ то } \int e^x dx = e^x + C;$$

$$\int \sin x dx = -\cos x + C; \ \int \cos x dx = \sin x + C.$$

23. О приближенных вычислениях

Числовые значения величин, которыми приходится оперировать при решении физических задач, являются большей частью приближенными. Поэтому при вычислениях нужно придерживаться следующих правил:

1. Достаточно проводить вычисления с числами, содержащими не более знаков, чем в исходных данных, так как с помощью вычислений невозможно получить результат более точный, чем исходные данные.
2. При сложении или вычитании чисел, имеющих различную точность, более точное должно быть округлено до точности менее точного. Например: 9,6 + 0,176 = 9,6 + 0,2 = 9,8; 100,8-0,4=100,4.
3. При умножении (делении) следует округлять сомножители так, чтобы каждый из них содержал столько значащих цифр, сколько их имеет сомножитель с наименьшим числом значащих цифр. Например: $342 \cdot 378 = 129 \cdot 10^3$, но не 129276 и не 129300; $0,148 \cdot 0,183 = 7,65 \cdot 10^{-3}$, но не 0,0076494; 0,350:3 = 0,117, но не 0,11667.
4. При извлечении корня n-й степени результат должен иметь столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное выражение.

Например:

$$\sqrt[3]{1,33 \cdot 10^{-27}} = 1,10 \cdot 10^{-3}$$

5. При вычислении сложных выражений следует соблюдать правила в зависимости от вида проводимых действий.

6. Когда число мало отличается от единицы, можно пользоваться приближенными формулами.

Если *a, b, c* — малы по сравнению с единицей (меньше 0,05), то:

1) $(1\pm a)(1\pm b)(1\pm c) = 1\pm a\pm b\pm c$;

2) $\sqrt{1\pm a} = 1\pm a/2$;

3) $(1\pm a)^n = 1\pm na$;

4) $1/(1\pm a)^n = 1\pm an$;

5) $1/(1\pm a) = 1\pm a$;

6) $e^n = 1+a$;

7) $\ln(1\pm a) = \pm a - a^2/2$.

7. Если угол $\alpha \prec 10^0$, то $\sin\alpha = tg\alpha = \alpha$ (в радианах).

Соблюдая эти правила, студент сэкономит время на вычисление искомых величин при решении физических задач.

Литература

1. Дмитриева В.Ф., Прокофьев В.Л. Основы физики. – М.: Высш. шк., 2003.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. –М.: Высш. шк., 2004.
3. Яровский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. –М.: Наука, 1996.
4. Детлаф А.А., Яровский Б.М. Курс физики. –М.: Высш. Шк., 2000.
5. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. –М.: Наука, 2000.
6. Трофимова Т. И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. –М.: Высш. Шк., 2004.