

**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ**



**Задачи  
по ФИЗИКЕ**

**КИШИНЭУ  
2004**

**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ**  
**Факультет Радиозлектроники и Телекоммуникаций**  
**Кафедра Физики**

**Задачи**  
**ПО**  
**ФИЗИКЕ**

**КИШИНЭУ**  
**ТУМ**  
**2004**

Сборник задач предназначен студентам первого курса всех факультетов технического Университета. Его можно использовать как на семинарских лекциях и в индивидуальной работе студентов дневного отделения, так и в качестве индивидуальных заданий для студентов заочного обучения.

Задачи были отобраны из различных источников, указанных в литературе в соответствии с программой по физике для высшего технического образования. Для удобства в работе с задачником, в конце приведены таблицы основных физических величин, а также некоторые часто употребляемые математические формулы.

Составители: Русу Александр, конференциар, доктор.  
Русу Спиридон, конференциар, доктор.

Ответственный редактор: Маринчук Михай, профессор, доктор

Рецензент: Бардецкий Порфирий, конференциар, доктор.

# 1. Механика

1. Движение материальной точки задано уравнением:  $\vec{r}(t) = 0,5(\vec{i} \cos 5t + \vec{j} \sin 5t)$ . Определить: **а)** траекторию материальной точки  $y(x)$ ; **б)** значения линейной скорости и нормального ускорения.

2. Движение материальной точки задано уравнением:  $\vec{r}(t) = (A + Bt^2)\vec{i} + Ct\vec{j}$ , где  $A = 10$  м,  $B = -0,5$  м/с<sup>2</sup> и  $C = 10$  м/с. Определить: **а)** траекторию материальной точки  $y(x)$ , **б)** выражения для скорости  $v(t)$  и ускорения  $a(t)$  материальной точки; **в)** значения скорости, полного, тангенциального и нормального ускорений.

3. Возле поезда, на прямой проходящей через передние амортизаторы локомотива, находится человек. В момент, когда поезд трогается с места с ускорением  $a = 0,1$  м/с<sup>2</sup>, человек начинает движение в том же направлении что и поезд со скоростью 1,5 м/с. Определить: **а)** через какое время поезд догонит пешехода?; **б)** скорость поезда в этот момент времени; **в)** путь пройденный человеком.

4. Движение материальной точки задано уравнением:  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 4$  м/с,  $B = -0,05$  м/с<sup>2</sup>. Определить: **а)** через какое время остановится материальная точка; **б)** значения величин координаты  $x$  и ускорения  $a$  в этот момент времени. Построить графики зависимостей скорости  $v(t)$  и ускорения  $a(t)$  от времени.

5. Движение материальной точки задано уравнением:  $x = At + Bt^3$ , где  $A = 3 \text{ м/с}$ ,  $B = 0,06 \text{ м/с}^3$ . Определить: **а)** Значения скорости и ускорения точки в моменты времени  $t_1 = 0$  и  $t_2 = 3 \text{ с}$ ; **б)** Значения средней скорости  $\langle v \rangle$  и среднего ускорения  $\langle a \rangle$  в течение первых трех секунд движения.

6. Движение материальной точки задано уравнением:  $s = 2t^3 - 10t^2 + 8$ , (м). Определить скорость и ускорение точки в момент времени  $t = 4 \text{ с}$ . Построить графики зависимостей скорости  $v(t)$  и ускорения  $a(t)$  от времени.

7. Две материальные точки движутся согласно уравнениям  $x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$  и  $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$ , где  $A_1 = 4 \text{ м/с}$ ,  $B_1 = 8 \text{ м/с}^2$ ,  $C_1 = -16 \text{ м/с}^3$ ,  $A_2 = 2 \text{ м/с}$ ,  $B_2 = -4 \text{ м/с}^2$ ,  $C_2 = 1 \text{ м/с}^3$ . Определить: **а)** момент времени, в котором ускорения точек равны; **б)** значения скоростей точек в этот момент времени.

8. Две материальные точки движутся прямолинейно согласно уравнениям  $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$  и  $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ , где  $A_1 = 10 \text{ м}$ ,  $B_1 = 1 \text{ м/с}$ ,  $C_1 = 2 \text{ м/с}^2$ ,  $A_2 = 3 \text{ м}$ ,  $B_2 = 2 \text{ м/с}$ ,  $C_2 = 0,2 \text{ м/с}^2$ . Определить момент времени, в котором скорости точек равны, а также значения ускорений этих точек в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ .

9. Материальная точка движется по окружности радиуса  $R = 2 \text{ м}$  согласно уравнению  $s = At^3$ , где  $A = 2 \text{ м/с}^2$ . Определить момент времени, в котором нормальное и тангенциальное ускорения равны, а также полное ускорение точки в этот момент времени.

10. Движение по окружности радиуса  $R = 4 \text{ м}$  материальной точки задано уравнением:  $s = A + Bt + Ct^2$ , где

$A = 10 \text{ м}$ ,  $B = -2 \text{ м/с}$ ,  $C_1 = 1 \text{ м/с}^2$ . Определить значения нормального, тангенциального и полного ускорений точки в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ .

**11.** Материальная точка движется по окружности радиуса  $R = 4 \text{ м}$ . Начальная скорость точки  $v_0 = 3 \text{ м/с}$ , а тангенциальное ускорение  $a_t = 1 \text{ м/с}^2$ . Определить для момента времени  $t = 2 \text{ с}$ : **а)** путь пройденный точкой; **б)** значение перемещения  $|\Delta \vec{r}|$ ; **с)** значение средней скорости  $|\langle \vec{v} \rangle|$  пройденного пути.

**12.** Определить значения скорости  $|v|$  и ускорения  $|a|$  материальной точки за первые 2 с своего движения, если оно описывает окружность радиуса  $R = 1 \text{ м}$ , согласно уравнению  $s = At + Bt^3$ , где  $A = 8 \text{ м/с}$ ,  $B = -1 \text{ м/с}^3$ .

**13.** Камень, брошенный горизонтально с высоты 6 м, упал на землю на расстоянии 10 м (по горизонтали) от точки бросания. Определить: **а)** начальную скорость камня; **б)** уравнение траектории камня и угол падения; **в)** нормальное и тангенциальное ускорения камня через 0,2 с после начала движения; **г)** радиус кривизны траектории в этот момент.

**14.** С башни высотой 25 м брошено тело со скоростью 15 м/с под углом  $30^\circ$  к горизонту. Определить: **а)** время полета тела; **б)** Расстояние пройденное телом в горизонтальном направлении; **в)** скорость тела в момент падения.

**15.** Тело брошено со скоростью 20 м/с под углом  $30^\circ$  к горизонту. Вычислите скорость тела, а также его нормальное и тангенциальное ускорения через 1,5 с от начала движения. На какое расстояние переместится тело по горизонтали за это время, и на какой высоте оно будет находиться?

**16.** Тело брошено со скоростью  $10 \text{ м/с}$  под углом  $45^\circ$  к горизонту. Определите нормальное и тангенциальное ускорения тела через  $1 \text{ с}$  после начала движения, а также радиус кривизны траектории в этот момент времени.

**17.** Пластина массой  $5 \text{ кг}$  может свободно скользить по гладкой горизонтальной поверхности. На этой пластинке находится тело массой  $1 \text{ кг}$ . Коэффициент трения между телом и пластинкой  $\mu = 0,3$ . Определить минимальное значение силы приложенной к пластинке, для которой начинается скольжение тела.

**18.** На горизонтальной поверхности находится пластина массой  $2 \text{ кг}$ . Коэффициент трения между пластинкой и поверхностью  $\mu_1 = 0,2$ . На пластинке находится тело массой  $8 \text{ кг}$ . Коэффициент трения между пластинкой и телом  $\mu_2 = 0,3$ . К телу приложена горизонтальная сила  $\vec{F}$ . Определить: **а)** значение силы, при которой начинается скольжение пластинки; **б)** значение силы, при которой начинается скольжение тела относительно пластинки.

**19.** Тело скользит с постоянной скоростью вниз по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  к горизонту. С каким ускорением будет скользить тело вниз, если угол наклона плоскости к горизонту будет  $\vartheta$  ( $\vartheta > \alpha$ )?

**20.** Тело скользит с постоянной скоростью вниз по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  к горизонту. Определить путь, пройденный до остановки телом, брошенным вверх по плоскости с начальной скоростью  $v_0$ .

**21.** Какая горизонтальная сила  $\vec{F}$  необходима для толкания тела массы  $m$  с ускорением  $a$  вверх по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ , если коэффициент трения между телом и плоскостью равен  $\mu$ ?

**22.** Тело массой  $m_1$ , находящееся на гладкой горизонтальной поверхности, соединено нитью с подвешенным телом массой  $m_2$  и проведенной через блок. Найдите ускорение системы и силу натяжения нити. Как изменятся эти результаты, если коэффициент трения между телом  $m_1$  и поверхностью будет  $\mu$ ?

**23.** Тело массой  $M$  находящееся на гладкой наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  к горизонту, соединено с помощью нити с подвешенным телом массой  $m$  и проведенной через блок (фиксированный в вершине плоскости). Каковы ускорение тел и натяжение нити?

**24.** На тело массой  $m = 20$  кг находящееся на горизонтальной поверхности действует сила  $F = 120$  Н. Если эта сила приложена к телу под углом  $\alpha_1 = 60^\circ$  к горизонту, тогда оно движется равномерно. С каким ускорением будет двигаться тело, если эта же сила будет приложена под углом  $\alpha_2 = 30^\circ$  к горизонту?

**25.** На горизонтальном столе лежат два привязанных нитью друг к другу тела массами  $m_1 = 5$  кг и  $m_2 = 3$  кг. К телу массой  $m_1$ , с помощью другой нити проведенной через идеальный блок, установленный на краю стола, подвешено тело массой  $M = 2$  кг. Коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,2$ . Определить ускорение системы и силы натяжения в нитях. Какова сила давления на блок?

**26.** Тело скользит по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту без начальной скорости. После прохождения расстояния  $d = 0,36$  м, тело приобретает скорость  $2$  м/с. Каков коэффициент трения между телом и плоскостью?



**27.** При каком значении коэффициента трения, человек может подниматься равноускоренно (без начальной скорости) по наклонной плоскости высотой  $h = 10$  м и углом наклона к горизонту  $\alpha = 0,1$  рад. за 10 с? Какую минимальную скорость будет иметь человек, спускающийся равноускоренно по этой же наклонной плоскости, если коэффициент трения  $\mu = 0,05$ ?

**28.** Платформа массой  $M = 140$  кг, скользит свободно вниз по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 6^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения  $\mu = 0,2$ . На платформе стоит человек массой  $m = 70$  кг. Как должен идти человек по платформе, чтобы она скользила равномерно?

**29.** На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  установлено тело массой  $M = 3$  кг. Коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,2$ . К телу привязана нить натянутая параллельно наклонной плоскости и проведенная через идеальный блок, установленный в вершине плоскости. К другому концу нити подвешено тело массой  $m = 4$  кг. Найдите ускорение системы и натяжение нити? Какова сила давления на блок?

**30.** Конькобежец движется со скоростью 36 км/час, причем коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,1$ . На какой максимальный угол может наклониться конькобежец не падая? Каков минимальный радиус поворота?

**31.** Какова плотность астероида, если продолжительность его суток  $T = 2$  часа, а на экваторе тела невесомы?

**32.** На экваторе некоторой планеты тела весят в 3 раза меньше чем на ее полюсах. Средняя плотность планеты  $\rho = 3,14$  г/см<sup>3</sup>. Каков собственный период вращения планеты?

**33.** Две одинаковые лодки массами 200 кг каждая (вместе с человеком и грузом) движутся параллельно в

противоположных направлениях со скоростями равными  $1 \text{ м/с}$ . Когда лодки встретились из первой во вторую и из второй в первую были переданы грузы массами  $20 \text{ кг}$  каждый. Определите скорости лодок после передачи грузов.

**34.** Лодка массой  $150 \text{ кг}$  и длиной  $2 \text{ м}$  находится на стоячей воде. На одном конце лодки находится человек массой  $80 \text{ кг}$ . С какой минимальной скоростью, и под каким углом к горизонту должен прыгать человек, чтобы попасть на другой конец лодки?

**35.** Стержень длиной  $l$  скользит без трения по горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ . Стержень переходит на другую поверхность являющейся продолжением первой. Коэффициент трения скольжения по второй поверхности, равен  $\mu$ . Какое расстояние  $s$  пройдет стержень по второй поверхности, если известно: **a)**  $s > l$ ; **b)**  $s < l$ ?

**36.** Груз, положенный на верхний конец вертикальной пружины сжимает ее на  $x_0 = 1 \text{ мм}$ . На сколько сожмет эту пружину тот же груз брошенный вертикально вниз с высоты  $h = 0,262 \text{ м}$  с начальной скоростью  $v_0 = 1 \text{ м/с}$ ?

**37.** С вершины полусферы радиуса  $R = 0,3 \text{ м}$  скользит без трения маленькое тело. На какой высоте тело отделится от полусферы?

**38.** Космический корабль, летающий на высоте  $h$  над поверхностью Земли, в результате кратковременного действия тормозной установки, останавливается. С какой скоростью упадет корабль на Землю в отсутствии сопротивления воздуха?

**39.** После абсолютно-упругого столкновения нейтрона с ядром углерода, нейтрон летит в направлении перпендикулярном первоначальному направлению. Считая, что масса  $M$  ядра углерода в  $12$  раз больше массы  $m$

нейтрона, определить во сколько раз уменьшится энергия нейтрона в результате столкновения.

**40.** Молот массой  $m = 5$  кг, двигаясь со скоростью  $v = 4$  м/с, ударяет железную деталь, находящуюся на наковальне. Масса наковальни вместе с деталью  $M = 95$  кг. Считая удар абсолютно неупругим, определите энергию израсходованную на ковку детали, а также КПД процесса ковки в данных условиях.

**41.** Материальная точка массой  $m = 2$  кг движется под действием некоторой силы согласно уравнению  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  где  $A = 10$  м,  $B = -2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup> и  $D = -0,2$  м/с<sup>3</sup>. Определить мощность, израсходованную на движение материальной точки, для моментов времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 5$  с.

**42.** Два тела движутся по горизонтальной поверхности вдоль одной прямой. Первое тело, имеющее массу  $m_1 = 2$  кг, движется со скоростью  $v_1 = 5$  м/с и догоняет второе, имеющее массу  $m_2 = 6$  кг и движущееся со скоростью  $v_2 = 3$  м/с. Каковы скорости тел после **а)** упругого и **б)** неупругого их столкновения? Определить кинетическую энергию первого тела после столкновения. Сопротивление воздуха и трение пренебрегаются.

**43.** Шар массой  $m_1 = 2$  кг ударяет неподвижный шар массой  $m_2 = 8$  кг. Импульс первого шара  $p_1 = 10$  кг·м/с. Удар шаров упругий и центральный. Определить непосредственно после удара: **а)** импульсы шаров; **б)** изменение импульса  $\Delta p_1$  первого шара; **в)** кинетические энергии шаров; **г)** изменение кинетической энергии первого шара; **д)** часть кинетической энергии переданной первым шаром второму.

44. Шарик, движущийся горизонтально, столкнулся с другим неподвижным шариком, передавая ему 64% своей кинетической энергии. Шарик абсолютно упругие, а удар прямой и центральный. Во сколько раз масса второго шарика больше массы первого шарика?

45. Шарик, движущийся со скоростью  $v_1 = 2$  м/с, столкнулся с неподвижным шариком такой же массы. В результате первый шарик изменил направление движения на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Считая удар упругим, определить: а) скорости шариков после удара; б) угол  $\beta$  между вектором скорости второго шарика и первоначальным направлением движения первого шарика.

46. Нить, на которой подвешен груз была отклонена от вертикали на угол  $\alpha$  и предоставлена самой себе. На какой угол  $\beta$  отклонится нить, если она в своем движении встретит гвоздь, расположенный на вертикали, опущенной из точки подвеса на расстоянии равной половине длины нити от этой точки?

47. Показать, что для того чтобы шарик массой  $m$  мог совершать круговое движение в вертикальной плоскости необходимо, чтобы нить подвеса выдержала нагрузку большую или равную  $6mg$ .

48. Пуля массой  $m_0 = 20$  г, имеющая горизонтальную скорость, попадает в деревянный шар массой  $m = 4$  кг и остается в нем. Шар подвешен на нити длиной  $l = 40,4$  см и отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 60^\circ$  (баллистический маятник). Какую скорость имела пуля?

49. На горизонтальную ось насажен однородный диск массой  $M$  и радиусом  $R$ , на который намотана нить. К свободному концу нити привязан груз массой  $m$ . Определите

ускорение  $a$ , с которым опускается груз, силу натяжения нити  $T$  и силу давления  $N$  диска на ось.

**50.** Через блок в форме однородного диска массой  $m = 80$  г перекинута тонкая нить, к концам которой подвешены два груза массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 200$  г. С каким ускорением движутся грузы, и каковы силы натяжения нити? Трение в оси блока пренебрегается.

**51.** Однородный тонкий стержень длиной  $l$  и массой  $m$  может вращаться свободно вокруг горизонтальной оси проходящей через один конец перпендикулярно стержню. Стержень был установлен горизонтально и отпущен. Определить угловое ускорение и угловую скорость в начальный момент времени, а также в момент прохождения через положение равновесия. Определить для этих положений модуль и направление силы нормальной реакции действующей со стороны оси на стержень.

**52.** Круговая платформа радиусом  $R = 1$  м, имеющая момент инерции  $I = 130$  кг·м<sup>2</sup>, вращается по инерции вокруг вертикальной оси с частотой  $\nu_1 = 1$  об./с. На краю платформы стоит человек массой  $m = 70$  кг. Какой будет частота вращения платформы  $\nu_2$ , если человек перейдет в ее центр? Какую работу выполнит человек в процессе перехода? Момент инерции человека рассчитывается как для материальной точки.

**53.** Маховик, имеющий форму диска радиусом  $R$  и массой  $M$ , может вращаться вокруг горизонтальной оси. К его цилиндрической поверхности прикреплен один конец нерастяжимой нити, к другому концу которой подвешен груз массой  $m$ . Груз был приподнят и затем отпущен. Упав свободно с высоты  $h$ , груз, натянул нить и благодаря этому привел маховик во вращение. Какую начальную угловую скорость  $\omega$  груз сообщил при этом маховику?

**54.** На гладкой горизонтальной плоскости лежит тонкий однородный стержень длиной  $l = 1$  м и массой  $m_1$ . По плоскости, перпендикулярно стержню, движется шарик массой  $m = m_1/3$  со скоростью  $20$  м/с. Как и с какой скоростью будет двигаться после удара стержень, если шарик после удара останавливается? Рассмотреть два случая: **а)** шарик ударяется в середину стержня; **б)** точка удара отстоит на расстоянии  $l/4$  от середины стержня. Найти долю энергии, которая израсходовалась на работу против сил неупругой деформации.

**55.** Два тела массами  $m_1 = 0,25$  кг и  $m_2 = 0,15$  кг привязаны нитью перекинутой через блок, установленный на краю стола. Тело  $m_1$  скользит по столу, а  $m_2$  подвешено. С каким ускорением  $a$  движутся тела, и каковы силы натяжения нити  $T_1$  и  $T_2$  по обе стороны блока? Коэффициент трения между столом и телом массой  $m_1$  равен  $0,2$ . Масса блока  $m = 0,1$  кг распределена равномерно по его ободу. Масса нити и трение в оси блока пренебрегаются.

**56.** Через неподвижный блок массой  $m = 0,2$  кг перекинута нить, к концам которой подвешены грузы  $m_1 = 0,3$  кг и  $m_2 = 0,5$  кг. Зная, что масса блока распределена равномерно по его ободу, найти силы натяжения нити  $T_1$  и  $T_2$  по обе стороны блока, а также ускорение грузов.

**57.** Шар массой  $m = 10$  кг и радиусом  $R = 20$  см вращается вокруг оси проходящей через его центр. Закон вращения  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $B = 4$  рад./с<sup>2</sup> и  $C = -1$  рад./с<sup>3</sup>. Определить закон изменения момента сил, действующих на шар, а также его значение для момента времени  $t = 2$  с.

**58.** Тонкий прямой стержень длиной  $l = 1$  м прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его конец. Стержень отклонили на угол  $\varphi = 60^\circ$  от положения равновесия и отпустили. Определить линейную скорость нижнего конца стержня в момент прохождения через положение равновесия.

**59.** Карандаш длиной  $l = 15$  см, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую  $\omega$  и линейную  $v$  скорости будет иметь в конце падения: **а)** середина карандаша; **б)** верхний его конец? Считать, что из-за трения, нижний конец карандаша не проскальзывает.

**60.** На краю неподвижной горизонтальной платформы имеющей форму диска радиусом  $R = 2$  м стоит человек массой  $m = 80$  кг. Масса платформы  $M = 240$  кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением в оси платформы, определить угловую скорость  $\omega$ , с которой будет вращаться платформа, если человек пойдет по ее краю со скоростью  $v = 2$  м/с относительно платформы.

**61.** Платформа в виде диска может свободно вращаться вокруг своей вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой  $m = 60$  кг. На какой угол  $\varphi$  повернется платформа, если человек пойдет по ее краю и, описывая полный круг, вернется в исходную точку на платформе? Масса платформы  $M = 240$  кг. Момент инерции человека рассчитывается как для материальной точки.

**62.** Человек, стоящий в центре круглой горизонтальной платформы, имеющей форму диска и могущей вращаться вокруг своей вертикальной оси, держит в руках стержень длиной  $l = 2,4$  м и массой  $m = 8$  кг. Стержень расположен вертикально вдоль оси вращения платформы. Человек вместе с платформой вращаются с частотой  $\nu_1 = 1$  с<sup>-1</sup>. С какой частотой

$v_2$  будет вращаться платформа, если человек расположит стержень в горизонтальное положение? Полный момент инерции платформы и человека  $6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

**63.** Человек, стоящий в центре платформы в виде диска держит в руках в горизонтальном положении однородный стержень длиной  $l = 2 \text{ м}$  и массой  $m = 8 \text{ кг}$ . Платформа вращается с частотой  $\nu_1 = 0,5 \text{ с}^{-1}$ . Центр стержня находится на оси вращения платформы. В результате перевода стержня в вертикальное положение частота вращения платформы возросла до величины  $\nu_2 = 0,8 \text{ с}^{-1}$ . Определите работу, совершенную человеком при повороте стержня.

**64.** Определить приращение угловой скорости  $\Delta\omega$  вращения планеты вокруг своей оси в случае, когда на ее поверхность падает метеорит массой  $m$  движущийся в экваториальной плоскости со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к нормали. Известны масса планеты  $M$ , ее радиус  $R$  и угловая скорость  $\omega$ .

**65.** Кинетическая энергия электрона равна  $10 \text{ MeV}$ . Во сколько раз релятивистская масса электрона больше его массы покоя? Провести этот расчет и для протона с такой же кинетической энергией.

**66.** При какой скорости кинетическая энергия любой частицы равна ее энергии покоя?

**67.** При какой скорости классическая кинетическая энергия частицы отличается от релятивистской на 3%?

**68.** Частица массой покоя  $m_0$ , движущаяся со скоростью  $v = 0,8c$ , где  $c$  скорость света в вакууме, сталкивается с такой же частицей находящейся в покое. Определить массу, скорость и кинетическую энергию частицы



образованной в результате абсолютно неупругого столкновения.

**69.** Какая относительная погрешность будет допущена при вычислении кинетической энергии релятивистской частицы, если вместо релятивистского выражения  $(m - m_0)c^2$  воспользоваться ее классическим аналогом  $mv^2/2$ ? Вычисления выполнить для двух случаев: **а)**  $v = 0,2c$ , **б)**  $v = 0,8c$ .

**70.** Определить кинетическую энергию (в единицах  $m_0c^2$ ) частицы с импульсом  $p = m_0c$ .

**71.** Кинетическая энергия релятивистской частицы равна ее энергии покоя. Во сколько раз возрастет импульс частицы, если ее кинетическая энергия увеличится в 4 раза?

**72.** Импульс релятивистской частицы  $p = m_0c$ . Под действием внешней силы импульс частицы увеличился в два раза. Во сколько раз возрастет при этом энергия частицы: **а)** кинетическая, **б)** полная?

**73.** При неупругом столкновении частицы, обладающей импульсом  $p = m_0c$ , и такой же покоящейся частицы образуется составная частица. Определить: **а)** скорость частицы (в единицах  $c$ ) до столкновения; **б)** релятивистскую массу составной частицы (в единицах  $m_0$ ); **в)** скорость составной частицы; **г)** массу покоя составной частицы (в единицах  $m_0$ ); **д)** кинетическую энергию частицы до столкновения и кинетическую энергию составной частицы (в единицах  $m_0c^2$ ).

**74.** Солнечная постоянная (плотность потока энергии электромагнитного излучения Солнца на расстоянии, равном среднему расстоянию от Земли до Солнца)  $C = 1,4 \text{ кВт/м}^2$ . Определить: **а)** массу, которую теряет Солнце в течение одного года; **б)** насколько изменится масса воды в океане за один год, если предположить, что поглощается 50% падающей на поверхность океана энергии излучения? При расчетах принять площадь поверхности океана равной  $3,6 \cdot 10^8 \text{ км}^2$ .

**75.** Протон с кинетической энергией 3 ГэВ во время торможения потерял треть своей энергии. Во сколько раз уменьшился релятивистский импульс протона?

**76.** Скорость электрона  $v = 0,8c$ . Зная, что энергия покоя электрона равна 0,51 МэВ, определить кинетическую энергию электрона.

**77.** Во сколько раз релятивистская масса электрона с кинетической энергией 1,53 МэВ больше его массы покоя? (энергия покоя электрона равна 0,51 МэВ).

**78.** Какую скорость (в единицах  $c$ ) необходимо сообщить частице, чтобы ее кинетическая энергия равнялась двойной энергии покоя?

**79.** Во сколько раз масса движущегося дейтрона (ядро атома дейтерия, являющегося одним из изотопов водорода) больше массы движущегося электрона, если их скорости соответственно равны  $0,85c$  и  $0,95c$ ? Каковы их кинетические энергии?

**80.** Определить погрешность (в процентах) допускаемая при расчете кинетической энергии электрона с помощью классической формулы, если скорость электрона  $v = 0,75c$ .

## 2. Молекулярная физика и термодинамика

**81.** Определить молярную массу воздуха, зная что он состоит из одной части кислорода  $O_2$  и трех частей азота  $N_2$ , т. е.  $m_1/m_2 = 1/3$ .

**82.** Сколько времени необходимо выкачивать газ из сосуда объемом  $1,5 \cdot 10^3 \text{ см}^3$ , чтобы давление уменьшилось от атмосферного  $p_0 = 760 \text{ мм рт.ст.}$  до  $p = 0,1 \text{ мм рт. ст.}$ ? Скорость функционирования насоса для данного промежутка времени считается постоянной и равной  $50 \text{ см}^3/\text{с}$ . Изменением температуры можно пренебречь.

**83.** Сосуд с горлышком объемом  $V = 300 \text{ см}^3$ , закрытый пробкой с краном, содержит разряженный воздух. Для измерения давления в сосуде горлышко погрузили в воду на незначительную глубину и открыли кран, в результате чего в сосуд вошла вода массой  $292 \text{ г}$ . Определить первоначальное давление в сосуде, если атмосферное давление  $p_0 = 100 \text{ кПа}$ .

**84.** В U-образный манометр с одним закрытым коленом налита ртуть. Открытое колено манометра соединено с окружающим пространством при нормальном атмосферном давлении  $p_0$  и ртуть в открытом колене стоит выше, чем в закрытом, на  $\Delta h = 10 \text{ см}$ . При этом свободная от ртути часть трубки закрытого колена имеет длину  $l = 20 \text{ см}$ . Когда открытое колено присоединили к баллону с воздухом, разность уровней ртути увеличилась и достигла значения  $\Delta h_1 = 26 \text{ см}$ . Определить давление воздуха в баллоне.

**85.** Горизонтальный цилиндр, закрытый с обоих концов, разделен на две части с помощью термоизолированного поршня, способный двигаться без

трения. В обеих частях находятся одинаковые массы газа при температурах 300 К и 450 К соответственно. Определить отношение объемов частей, на которые разделен цилиндр поршнем.

**86.** Вертикальный цилиндр заполнен воздухом при атмосферном давлении равном 0,1 МПа. Цилиндр закрыт подвижным поршнем массой 50 кг и площадью 49 см<sup>2</sup>. При температуре 27 °С поршень останавливается на определенной высоте. Как изменится положение поршня, если на него положить дополнительный груз массой 50 кг и температуру газа увеличить до 150 °С?

**87.** Баллон объемом 30 л содержит смесь водорода и гелия при 300 К и давлении 828 кПа. Масса смеси равна 24 г. Определить массу водорода и массу гелия.

**88.** В баллоне объемом 22,4 л имеется водород при нормальных условиях. После того как в баллоне ввели определенное количество гелия, давление возросло до 0,25 МПа, а температура осталась неизменной. Определить массу введенного в баллон гелия.

**89.** Смесь азота и гелия находится при температуре 27 °С и давлении 130 Па. Масса азота составляет 70% массы смеси. Определить концентрации молекул каждого газа.

**90.** Определить среднюю квадратичную скорость, среднюю кинетическую энергию поступательного движения и полную среднюю энергию молекул азота и гелия при температуре 27 °С. Определить, также, полную энергию всех молекул содержащихся в 100 г каждого газа.

**91.** Молярная энергия диссоциации (энергия, затрачиваемая на диссоциацию всех молекул газа,

содержащего количество вещества, равное молю) водорода равна  $419 \text{ кДж/моль}$ . При какой температуре газа средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул достаточна для их расщепления?

**92.** Молярная внутренняя энергия некоторого двухатомного газа равна  $6,02 \text{ кДж/моль}$ . Определить среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы этого газа. Газ считать идеальным.

**93.** Определить внутреннюю энергию кислорода массой  $64 \text{ г}$ , находящегося при температуре, равной  $27^\circ\text{C}$ . Какая часть этой энергии соответствует вращательному движению, а какая поступательному?

**94.** Взвешенные в воздухе мельчайшие пылинки движутся так, как если бы они были очень крупными молекулами. Определить среднюю квадратичную скорость пылинки массой  $10^{-10} \text{ г}$ , если температура воздуха равна  $27^\circ\text{C}$ .

**95.** Оценить температуру, при которой энергия теплового движения молекул атмосферы достаточна для того, чтобы они преодолели земное притяжение и покинули планету.

**96.** Сколько молекул азота содержится в сосуде объемом  $1 \text{ л}$ , если средняя квадратичная скорость их движения равна  $500 \text{ м/с}$ , а давление оказываемое на стенки сосуда равно  $10^3 \text{ Н/м}^2$ ?

**97.** Баллон емкостью  $20 \text{ л}$ , содержащий кислород при температуре  $7^\circ\text{C}$  и давлении равном  $100 \text{ кПа}$ , был нагрет до  $27^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты получил газ?

**98.** Какую работу надо совершить, чтобы, медленно сжимая при помощи поршня газ в цилиндре с хорошо теплопроводящими стенками, увеличить его давление в два

раза? Начальное давление газа равно атмосферному (760 мм рт. ст.), а начальный объем равен 5 л. Во время сжатия давление и температура окружающего воздуха остаются постоянными. Весом поршня и трением пренебречь. Сколько тепла выделяется при сжатии газа?

**99.** В цилиндре с плохо теплопроводящими стенками, закрытом сверху легко скользящим поршнем, площадь которого равна  $20 \text{ см}^2$  и масса 2 кг, находится воздух объемом 1 л. На поршне лежит гиря массой 8 кг. Если быстро убрать гирю, воздух расширится и поднимет поршень. Определить работу расширения воздуха за время, в течение которого скорость поднимающегося поршня достигнет максимального значения. Атмосферное давление равно 100 кПа.

**100.** Моль идеального газа находится в упругой и адиабатической оболочке при давлении  $p_1$  и температуре  $T_1$ . Определить температуру  $T_2$  газа, которая установится после того, как внешнее давление изменится скачком до значения  $p_2$ . Исследовать случаи равновесного и неравновесного процессов и построить графики зависимостей отношения  $T_2/T_1$  от  $p_2/p_1$  в обоих случаях для двухатомного газа.

**101.** Двухатомный газ, занимающий объем  $V_1 = 6 \text{ л}$  при давлении  $p_1 = 200 \text{ кПа}$ , расширяется до объема  $V_2 = 2V_1$ . Процесс расширения происходит по закону  $pV^k = const$ , где  $k = 1, 2$ . Определить изменение внутренней энергии газа и работу совершенную им при расширении. Вычислить молярную теплоемкость газа в этом процессе.

**102.** Вычислить удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_p$  смеси, содержащей 80% неона и 20% водорода из массы смеси.

**103.** Двухатомный газ первоначально занимал объем  $0,05 \text{ м}^3$  и давление  $300 \text{ кПа}$ . Газ был вначале нагрет при постоянном объеме до тех пор, пока давление удвоилась. Затем газу предоставили возможность, расширится при постоянной температуре до начального давления, и, наконец, был охлажден при постоянном давлении до первоначального объема. Определить для каждого процесса: **а)** работу, совершенную газом; **б)** изменение его внутренней энергии; **в)** количество теплоты полученной газом.

**104.** Разность между удельными теплоемкостями некоторого газа  $c_p - c_v = 260 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Определить молярную массу этого газа и его удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$ .

**105.** Каковы удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  смеси газов, содержащей  $10 \text{ г}$  кислорода и  $20 \text{ г}$  азота.

**106.** Определить удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  смеси содержащей  $2$  моля кислорода и  $4$  моля азота.

**107.** Водяные пары расширяются при постоянном давлении. Определить работу расширения паров, если им передается  $4 \text{ кДж}$  теплоты.

**108.** В цилиндре с поршнем находится  $0,6 \text{ кг}$  азота, занимающий объем  $1,2 \text{ м}^3$  при температуре  $560 \text{ К}$ . В результате нагревания газ расширился и занял объем  $4,2 \text{ м}^3$ , в то время как температура оставалась постоянной. Определить: **а)** изменение внутренней энергии газа; **б)** выполненную газом работу; **в)** количество теплоты переданную газу.

**109.** В цилиндре с поршнем находится  $0,02 \text{ кг}$  водорода при температуре  $300 \text{ К}$ . Газ, вначале, расширился адиабатически и его объем возрос в  $5$  раз. Затем газ был сжат изотермически так, что его объем уменьшился в  $5$  раз.

Определить температуру в конце адиабатического расширения и полную работу, совершенную газом. Построить график процесса.

**110.** При адиабатическом сжатии 20 г кислорода, его внутренняя энергия возросла на величину 8 кДж, а температура достигла значения 900 К. Определить: **а)** приращение температуры; **б)** конечное давление, если начальное было 200 кПа .

**111.** Кислород массой  $m = 200$  г занимает объем  $V_1 = 100$  л при давлении  $p_1 = 200$  кПа . При нагревании газ расширился при постоянном давлении до объема  $V_2 = 300$  л , после чего его давление возросло до  $p_3 = 500$  кПа при постоянном объеме. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, выполненную газом и количество теплоты, сообщенное газу. Построить график процесса.

**112.** Кислород массой 40 г , находящийся при температуре 300 К , расширился адиабатически, увеличивая свой объем в 3 раза. Затем, при изотермическом сжатии, объем газа уменьшился в два раза. Определить полную работу, совершенную газом и его конечную температуру.

**113.** Определить число  $Z$  столкновений происходящих за время равное 1 с между всеми молекулами водорода находящихся в объеме  $1 \text{ мм}^3$  при нормальных условиях.

**114.** Вычислить во сколько раз изменяется число столкновений, испытываемых площадкой в  $1 \text{ см}^2$  стенки сосуда за время равное 1 с со стороны молекул двухатомного газа при увеличении объема в два раза: **а)** в изобарном процессе; **б)** в изотермическом процессе; **в)** в адиабатическом процессе.



**115.** Вычислить среднюю длину свободного пробега молекул азота и коэффициенты переноса (диффузии, теплопроводности и вязкости) при давлении 100 кПа и температуре 17 °С. Как изменятся эти величины с увеличением объема газа в два раза при **а)** постоянном давлении; **б)** постоянной температуре?

**116.** Два коаксиальных тонких цилиндра длиной  $l = 10$  см могут свободно вращаться вокруг общей оси. Радиус внешнего цилиндра  $R = 5$  см, а разность их радиусов равно  $d = 2$  мм. Оба цилиндра находятся в воздухе при нормальных условиях. Внутренний цилиндр начинают вращать с частотой  $\nu_1 = 20 \text{ с}^{-1}$ , а внешний предоставлен самому себе. Через какое время внешний цилиндр достигнет частоты вращения  $\nu_2 = 1 \text{ с}^{-1}$ ? Масса внешнего цилиндра 100 г.

**117.** Определить среднее число столкновений одной молекулы гелия за одну секунду, а также среднюю длину свободного пробега молекул этого газа, если он находится в состоянии с давлением 2 кПа и температурой 200 К.

**118.** Определить среднюю длину свободного пробега молекул азота в сосуде емкостью 5 л. Масса газа равна 0,5 г.

**119.** Определите среднюю арифметическую скорость молекул кислорода в нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул этого газа в данных условиях равна 100 нм.

**120.** Средняя длина свободного пробега молекул водорода в определенных условиях равна 2 нм. Определить плотность водорода в данных условиях.

**121.** Найти зависимость средней длины свободного пробега молекул некоторого идеального газа от температуры в следующих процессах: **а)** изохорном; **б)** изобарном. Построить графики этих зависимостей.

**122.** Найти зависимость средней длины свободного пробега молекул некоторого идеального газа от давления в следующих процессах: **а)** изохорном; **б)** изотермическом. Построить графики этих зависимостей.

**123.** Найти зависимость среднего числа столкновений одной молекулы идеального газа за 1 с от температуры в следующих процессах: **а)** изохорном; **б)** изобарном. Построить графики этих зависимостей.

**124.** Найти во сколько раз отличается коэффициент диффузии газообразного водорода от коэффициента диффузии газообразного кислорода, если оба газа находятся в одинаковых условиях.

**125.** Определить среднюю длину свободного пробега молекул азота, находящегося при нормальных условиях, если его коэффициент вязкости  $\eta = 17 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ .

**126.** Найти зависимость коэффициента вязкости  $\eta$  некоторого идеального газа от температуры в следующих процессах: **а)** изобарном; **б)** изохорном. Построить графики этих зависимостей.

**127.** Цилиндр радиусом  $R_1 = 10 \text{ см}$  и длиной  $30 \text{ см}$  расположен внутри цилиндра радиусом  $R_2 = 10,5 \text{ см}$  так, что оси обоих цилиндров совпадают. Малый цилиндр неподвижен, а большой вращается вокруг геометрической оси с частотой  $\nu = 15 \text{ с}^{-1}$ . Коэффициент вязкости газа, в котором находятся цилиндры равен  $8,5 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ . Определить: **а)** касательную силу, действующую на поверхность внутреннего цилиндра площадью  $1 \text{ м}^2$ , **б)** вращающий момент, действующий на этот цилиндр.

**128.** Два горизонтальных диска радиусами  $R = 20 \text{ см}$  расположены друг над другом так, что их оси совпадают. Расстояние между плоскостями дисков  $d = 0,5 \text{ см}$ . Верхний

диск неподвижен, нижний вращается вокруг геометрической оси с частотой  $\nu = 10 \text{ с}^{-1}$ . Найти вращающий момент, действующий на верхний диск. Коэффициент вязкости воздуха, в котором находятся диски  $\eta = 17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ .

**129.** 0,2 моля двухатомного газа при давлении 100 кПа занимает объем 10 л. Газ сжат, вначале, изобарно до объема 4 л, а затем адиабатически. После адиабатического сжатия газ расширяется изотермически до начального объема и давления. Построить график процесса в координатах  $p, V$  и определить: **а)** работу, выполненную газом за цикл; **б)** температуру, давление и объем газа в характерных точках циклического процесса; **в)** количество теплоты, полученное газом от нагревателя, количество теплоты, отданное охладителю, а также КПД цикла.

**130.** Кислород массой 0,2 кг нагревают от  $27^\circ \text{C}$  до  $127^\circ \text{C}$ . Определить изменение энтропии кислорода, если известно, что процесс имеет место при постоянном атмосферном давлении.

**131.** Термоизолированный цилиндрический сосуд расположенный горизонтально разделен на две равные части с помощью теплопроводящего жесткого поршня. В каждой половине сосуда находится по одному молю одного и того же идеального трехатомного газа. В левой части сосуда температура 500 К, а в правой 250 К. Поршень убирают. Определить изменение энтропии всего газа после установления состояния равновесия.

**132.** Моль идеального двухатомного газа совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Минимальные и максимальные объемы и давления соответственно равны  $V_{\min} = 10 \text{ л}$ ,  $V_{\max} = 20 \text{ л}$ ,  $p_{\min} = 246 \text{ кПа}$ ,  $p_{\max} = 410 \text{ кПа}$ . Построить график цикла. Определить температуру газа в характерных точках цикла и его КПД.

**133.** Один моль идеального двухатомного газа находящегося при давлении 100 кПа и температуре 300 К нагревается при постоянном объеме до давления 200 кПа. Затем газ расширяется изотермически до начального давления, после чего он сжимается изобарно до начального объема. Построить график цикла. Определить температуру газа в характерных точках цикла и его КПД.

**134.** 100 молей идеального одноатомного газа занимают объем  $V_1 = 5 \text{ м}^3$  при давлении  $p_1 = 100 \text{ кПа}$ . Газ был сжат изобарно до объема  $V_2 = 1 \text{ м}^3$  и затем сжат адиабатически. После этого газ расширился изотермически до начального объема и давления. Построить график цикла и определить: **а)** температуры  $T_1$  и  $T_2$ , объем  $V_3$ , и давление  $p_3$  соответствующие характерным точкам цикла; **б)** количество теплоты  $Q_1$  полученной газом от нагревателя; **в)** количество теплоты  $Q_2$  отданное газом холодильнику; **г)** работу, совершенную газом за цикл; **д)** КПД цикла.

**135.** Идеальный многоатомный газ совершает цикл состоящий из 2 изохор и 2 изобар. Максимальное значение давления газа в 2 раза больше минимального, а максимальный объем в 4 раза больше минимального. Определить КПД цикла.

**136.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура холодильника  $T_2 = 290 \text{ К}$ . Во сколько раз возрастет КПД цикла, если температура нагревателя увеличиться от  $T_1 = 400 \text{ К}$  до  $T_1' = 600 \text{ К}$  ?

**137.** Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Температуры нагревателя и холодильника соответственно равны 500 К и 250 К. Определить КПД цикла, а также работу  $A_1$  рабочего вещества при изотермическом расширении, если при изотермическом сжатии совершена работа  $A_2 = 70 \text{ Дж}$ .

**138.** Тепловая машина Карно, имеющая в качестве рабочего вещества 2 моля идеального одноатомного газа, работает между двумя тепловыми резервуарами с температурами, равными  $327\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Отношение максимального и минимального объемов равно 8. Какую работу совершает тепловая машина за цикл?

**139.** Смешивают воду массой  $m_1 = 5\text{ кг}$  при температуре  $T_1 = 280\text{ К}$  с водой массой  $m_2 = 8\text{ кг}$  при температуре  $T_2 = 350\text{ К}$ . Определить: **а)** температуру смеси; **б)** приращение энтропии  $\Delta S$  системы.

**140.** Кусок льда массой  $m = 200\text{ г}$ , взятый при температуре  $t_1 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , был нагрет до температуры  $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры  $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определить изменение  $\Delta S$  энтропии в ходе указанных процессов.

**141.** Водород массой  $100\text{ г}$  был изобарно нагрет так, что его объем увеличился в 3 раза, затем водород был изохорно охлажден так, что его давление уменьшилось в 3 раза. Найти изменение энтропии в ходе указанных процессов.

**142.** Два сосуда с одинаковыми объемами соединены между собой с помощью трубки с краном. В одном из сосудов находятся 2 моля азота, а в другом 2 моля водорода. Эти газы находятся при одинаковых температурах и давлениях. После открытия крана имеет место изотермический процесс диффузии. Определите изменение энтропии системы.

**143.** Смешиваются два однородных химически невзаимодействующих газа объемами 2 л и 5 л. Определить изменение энтропии системы, если первоначально газы имели

одинаковую температуру равную 350 К и одинаковое давление равное 150 кПа .

**144.** Газ был нагрет при постоянном давлении так, что его объем увеличился в 4 раза, после чего он был охлажден при постоянном объеме так, что давление уменьшилось в 4 раза. Определите изменение энтропии в этом процессе, если газ содержал 1 кмоль вещества.

### 3. Электромагнетизм

**145.** Точечные заряды  $q_1 = 20$  мкКл и  $q_2 = -10$  мкКл расположены на расстоянии 5 см друг от друга. Вычислите: **а)** напряженность электрического поля в точке, удаленной от первого заряда на расстоянии 3 см и от второго на 4 см; **б)** силу действующую на заряд  $q = 1$  мкКл, помещенный в эту точку.

**146.** Три точечных заряда по 2 нКл каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 10 см . Вычислите модуль и направление силы, действующей на один заряд со стороны двух других.

**147.** Два положительных точечных заряда  $q$  и  $9q$  закреплены на расстоянии 100 см друг от друга. Определите, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд, так, чтобы он находился в равновесии. Укажите, какой знак должен иметь этот заряд, чтобы равновесие было устойчивым. Известно, что перемещения заряда возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.

**148.** Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одну точку непроводящими нитями одинаковой длины. В воздухе нити составляют между собой угол  $\alpha$ . При погружении шариков в масло угол между нитями не меняется. Какова плотность масла, если плотность шариков и диэлектрическая проницаемость масла соответственно равны  $1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  и  $\varepsilon = 2,2$ .

**149.** Четыре одинаковых точечных заряда по 40 нКл каждый закреплены в вершинах квадрата стороной 10 см. Определить: **а)** силу, действующую на один из зарядов со стороны трех других; **б)** какой отрицательный заряд  $q$  необходимо поместить в центре квадрата, чтобы сила отталкивания между положительными зарядами была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

**150.** Точечные заряды  $q_1 = 30 \text{ мкКл}$  и  $q_2 = -20 \text{ мкКл}$  расположены на расстоянии 20 см друг от друга. Вычислите напряженность электрического поля в точке, удаленной от первого заряда на расстоянии 30 см и от второго на 15 см.

**151.** В вершинах равностороннего треугольника со стороной 10 см находятся заряды  $q_1 = 10 \text{ мкКл}$ ,  $q_2 = 20 \text{ мкКл}$  и  $q_3 = 30 \text{ мкКл}$ . Вычислите: **а)** силу, действующую на заряд  $q_1$  со стороны двух; **б)** напряженность электрического поля в точке, где находится заряд  $q_1$ .

**152.** Два точечных заряда  $q_1 = -50 \text{ нКл}$  и  $q_2 = 100 \text{ нКл}$  находятся на расстоянии  $d = 20 \text{ см}$  друг от друга. Вычислите силу, действующую на заряд  $q_3 = -10 \text{ нКл}$ , если он находится на расстоянии  $d$  от обоих зарядов.

**153.** Точечные заряды  $q_1 = 2 \text{ нКл}$  и  $q_2 = 4 \text{ нКл}$  расположены на расстоянии 60 см друг от друга. Определите

точку, в которой необходимо поместить третий заряд  $q_3$ , чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определите величину и знак заряда  $q_3$ . Равновесие будет устойчивым или неустойчивым?

**154.** Тонкий стержень длиной 20 см равномерно заряжен с линейной плотностью  $\tau = 0,1$  мкКл/м. Вычислите напряженность электрического поля созданного заряженным стержнем в точке, расположенной на оси стержня, на расстоянии 20 см от его конца.

**155.** Тонкое полукольцо радиусом  $R = 10$  см равномерно заряжено с линейной плотностью  $\tau = 0,1$  мкКл/м. Вычислите напряженность электрического поля созданного заряженным полукольцом в его центре.

**156.** Тонкое полукольцо заряжено равномерно зарядом  $q = 0,2$  мкКл. Определите напряженность электрического поля в точке расположенной на оси кольца на расстоянии  $x = 20$  см от его центра. Радиус кольца  $R = 10$  см. Постройте график зависимости  $E(x)$ . Исследуйте эту зависимость для  $x \gg R$ .

**157.** Треть тонкого кольца радиуса  $R = 10$  см заряжено равномерно зарядом  $q = 50$  нКл. Определите напряженность электрического поля в точке, совпадающей с центром кольца.

**158.** Тонкий полубесконечный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью  $\tau = 0,5$  мкКл/м. Вычислите напряженность электрического поля созданного заряженным стержнем в точке расположенной на оси стержня, на расстоянии 20 см от его конца.

**159.** Четверть тонкого кольца радиусом  $R = 10$  см несет равномерно распределенный заряд  $q = 50$  нКл. Определить напряженность электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке, совпадающей с центром кольца.



**160.** Две трети тонкого кольца радиусом  $R = 10$  см несут равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau = 0,2$  мкКл/м. Определить напряженность электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке, совпадающей с центром кольца.

**161.** На двух concentрических сферах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Требуется:

**а)** Используя теорему Гаусса, найти зависимость напряженности электрического поля  $E(r)$  от расстояния для трех областей: внутри малой сферы, между сферами и вне большой сферы. Считать  $\sigma_1 = 4\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ .

**б)** Вычислить напряженность электрического поля в точке, удаленной от центра на расстояние  $r$  и указать направление вектора напряженности. Принять  $\sigma = 30$  нКл/м<sup>2</sup>,  $r = 1,5R$ .

**в)** Построить график зависимости  $E(r)$ .

**162.** См. условия задачи **161**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = \sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 0,1$  мкКл/м<sup>2</sup>,  $r = 3R$ .

**163.** См. условия задачи **161**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = -4\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 50$  нКл/м<sup>2</sup>,  $r = 1,5R$ .

**164.** См. условия задачи **161**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = -2\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 0,1$  мкКл/м<sup>2</sup>,  $r = 3R$ .

**165.** На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Требуется:

**а)** Используя теорему Гаусса и принцип суперпозиции электрических полей, найти выражение напряженности

электрического поля  $E(x)$  вне плоскостей и между ними. Принять  $\sigma_1 = 2\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ .

**б)** Вычислить напряженность электрического поля в точке, расположенной слева от плоскостей, и указать направление вектора  $\vec{E}$ . Принять  $\sigma = 20$  нКл/м<sup>2</sup>.

**в)** Построить график зависимости  $E(x)$ .

**166.** См. условия задачи **165**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = -4\sigma$ ,  $\sigma_2 = 2\sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 40$  нКл/м<sup>2</sup> и точку расположить между плоскостями. Построить график зависимости  $E(x)$ .

**167.** См. условия задачи **165**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = \sigma$ ,  $\sigma_2 = -2\sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 20$  нКл/м<sup>2</sup> и точку расположить справа от плоскостей. Построить график зависимости  $E(x)$ .

**168.** На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Требуется:

**а)** Используя теорему Гаусса, найти зависимость напряженности электрического поля  $E(r)$  от расстояния до осей цилиндров внутри малого цилиндра, между цилиндрами, а также вне большого цилиндра. Считать  $\sigma_1 = -2\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ .

**б)** Вычислить напряженность электрического поля в точке, удаленной от осей цилиндров на расстояние  $r = 1,5R$  для  $\sigma = 50$  нКл/м<sup>2</sup>

**в)** Построить график зависимости  $E(r)$ .

**169.** См. условия задачи **168**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = \sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 60$  нКл/м<sup>2</sup> и  $r = 3R$ . Построить график зависимости  $E(r)$ .

**170.** См. условия задачи **168**. В п. **а)** принять  $\sigma_1 = -\sigma$ ,  $\sigma_2 = 4\sigma$ . В п. **б)** принять  $\sigma = 30 \text{ нКл/м}^2$  и  $r = 4R$ . Построить график зависимости  $E(r)$ .

**171.** Сплошной эбонитовый шар радиусом  $R = 5 \text{ см}$  несет заряд, равномерно распределенный по объему с плотностью  $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$ . Определить напряженность  $E$  и смещение  $D$  электрического поля в точках: **а)** на расстоянии  $r_1 = 3 \text{ см}$  от центра сферы; **б)** на поверхности сферы; **в)** на расстоянии  $r_2 = 10 \text{ см}$  от центра сферы. Построить графики зависимостей  $E(r)$  и  $D(r)$ .

**172.** Полый стеклянный шар заряжен равномерно распределенным по объему зарядом плотности  $\rho = 100 \text{ нКл/м}^3$ . Внутренний радиус шара  $R_1 = 5 \text{ см}$ , наружный  $R_2 = 10 \text{ см}$ . Вычислить напряженность  $E$  и смещение  $D$  электрического поля в точках, отстоящих от центра шара на расстоянии: **а)**  $r_1 = 3 \text{ см}$ ; **б)**  $r_2 = 6 \text{ см}$ ; **в)**  $r_3 = 12 \text{ см}$ . Построить графики зависимостей  $E(r)$  и  $D(r)$ .

**173.** Длинный парафиновый цилиндр радиусом  $R = 2 \text{ см}$  несет заряд, равномерно распределенный по объему с объемной плотностью  $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$ . Вычислить напряженность  $E$  и смещение  $D$  электрического поля в точках, отстоящих от оси цилиндра на расстоянии: **а)**  $r_1 = 1 \text{ см}$ ; **б)**  $r_2 = 3 \text{ см}$ . Построить графики зависимостей  $E(r)$  и  $D(r)$ .

**174.** Большая плоская пластина толщиной  $d = 1 \text{ см}$  несет заряд, равномерно распределенный по объему с плотностью  $\rho = 100 \text{ нКл/м}^3$ . Найти напряженность  $E$  электрического поля вблизи центральной части пластины вне ее, на малом расстоянии от поверхности.

**175.** Лист стекла толщиной  $d = 2$  см несет заряд, равномерно распределенный по объему с плотностью  $\rho = 1$  мкКл/м<sup>3</sup>. Определить напряженность  $E$  и смещение  $D$  электрического поля в точках, расположенных на следующих расстояниях от середины листа: **а)**  $x = 0$ ; **б)**  $x = 0,25d$ ; **в)**  $x = 0,5d$ . Построить график зависимости  $E(x)$ . Ось  $Ox$  перпендикулярна поверхности листа.

**176.** Система состоит из шара радиуса  $R$ , заряженного симметрично, и окружающей среды, заполненной зарядом с объемной плотностью  $\rho = \alpha/r$ , где  $\alpha$  – постоянная, а  $r$  – расстояние от центра шара. Найти заряд шара, при котором модуль вектора напряженности электрического поля вне шара не будет зависеть от  $r$ . Чему равна эта напряженность? Диэлектрическая проницаемость шара и окружающей среды предполагается равной единице.

**177.** По тонкому кольцу радиусом  $R = 10$  см равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 10$  нКл/м. Определить потенциал поля, созданного распределенным зарядом в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии  $x = 5$  см от его центра. Построить график зависимости  $\varphi(x)$ .

**178.** На тонком прямом стержне равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 10$  нКл/м. Определить потенциал  $\varphi$  поля, созданного распределенным зарядом в точке, лежащей на оси стержня и удаленной от ближайшего конца на расстояние, равное длине стержня.

**179.** Тонкий стержень длиной 10 см несет равномерно распределенный заряд равный 1 нКл. Определить потенциал  $\varphi$  электрического поля в точке, лежащей на оси стержня на расстоянии 20 см от ближайшего его конца.

**180.** Четыре тонких стержня образуют квадрат со стороной  $a$ . Стержни заряжены равномерно зарядом с линейной плотностью  $\tau = 1,33$  нКл/м. Найти потенциал  $\varphi$  в центре квадрата.

**181.** Бесконечно длинная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по длине нити заряд с линейной плотностью  $\tau = 0,01$  мкКл/м. Определить разность потенциалов  $\Delta\varphi$  двух точек поля, удаленных от нити на расстояниях  $r_1 = 2$  см и  $r_2 = 4$  см.

**182.** Определить потенциал  $\varphi$ , до которого можно зарядить металлический шар радиусом  $R = 10$  см, если напряженность электрического поля, при которой происходит пробой воздуха, равна  $3$  МВ/м. Найти также максимальную поверхностную плотность электрических зарядов перед пробоем.

**183.** Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 0,2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = -0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между плоскостями.

**184.** Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 0,2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 0,5$  мкКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между плоскостями.

**185.** 100 одинаковых капель ртути, заряженных до потенциала  $\varphi = 20$  В, сливаются в одну большую каплю. Каков потенциал образовавшейся капли?

**186.** Две круглые металлические пластины радиусом 10 см каждая, заряженные равномерно, расположены одна против другой параллельно друг другу и притягиваются с силой 2 мН. Расстояние между пластинами 1 см. Определить разность потенциалов между пластинами.

**187.** Сплошной парафиновый шар радиусом 10 см заряжен равномерно зарядом с объемной плотностью  $\rho = 10 \text{ мКл/м}^3$ . Определить потенциал электрического поля в центре шара и на его поверхности. Построить график зависимости  $\varphi(r)$ .

**188.** Сплошной шар из диэлектрика ( $\varepsilon_r = 3$ ) радиусом 10 см заряжен равномерно зарядом с объемной плотностью  $\rho = 50 \text{ нКл/м}^3$ . Напряженность электрического поля внутри и на поверхности шара выражается формулой  $E = \rho r / 3\varepsilon_0\varepsilon_r$ , где  $r$  – расстояние от центра шара. Вычислить разность потенциалов между центром шара и точками, лежащими на его поверхности.

**189.** Бесконечная плоскость заряжена отрицательно, зарядом поверхностной плотности  $\sigma = 35,4 \text{ нКл/м}^2$ . По направлению силовой линии поля, созданного плоскостью, летит электрон. Определить минимальное расстояние, на которое может подойти к плоскости электрон, если на расстоянии 5 см он имел кинетическую энергию 80 эВ.

**190.** Металлический шар радиуса  $R$  заряжен до потенциала 400 В. Какую минимальную скорость должен иметь протон, движущийся радиально к шару в точке расположенной на расстоянии  $4R$  от центра шара, чтобы он достигнул его поверхности?

**191.** Электрон влетел в плоский конденсатор, имея скорость 10 Мм/с, направленную параллельно пластинам. В

момент вылета из конденсатора направление скорости электрона составляло угол  $35^\circ$  с первоначальным направлением скорости. Определить разность потенциалов между пластинами, если длина пластин 10 см, а расстояние между ними 2 см.

**192.** Электрон влетел в плоский конденсатор, находясь на одинаковом расстоянии от каждой пластины и имея скорость 10 Мм/с, направленную параллельно пластинам. Расстояние между пластинами 2 см, а их длина, 10 см. Какую наименьшую разность потенциалов нужно приложить к пластинам, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?

**193.** Проводящий шар радиусом  $R_1 = 6$  см заряжен до потенциала  $\varphi_1 = 300$  В, а проводящий шар радиусом  $R_2 = 4$  см – до потенциала  $\varphi_2 = 500$  В. Определить потенциал шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

**194.** В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина толщиной 1 см, которая вплотную прилегает к его пластинам. На сколько нужно увеличить расстояние между пластинами, чтобы получить прежнюю емкость?

**195.** Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластина. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 100 В. Какова будет разность потенциалов, если вытащить стеклянную пластину из конденсатора?

**196.** Конденсатор состоит из двух концентрических сфер. Радиусы внутренней и внешней сфер соответственно равны 10 см и 10,2 см. Промежуток между сферами заполнен парафином. Внутренней сфере сообщен заряд 5 мкКл. Определить разность потенциалов между сферами.

**197.** Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно 2 см, а разность потенциалов 6 кВ. Вычислить энергию поля конденсатора и силу притяжения между пластинами, если заряд каждой из них равен 10 нКл.

**198.** Сила притяжения между пластинами плоского воздушного конденсатора равна 50 мН, а площадь каждой пластины 200 см<sup>2</sup>. Найти плотность энергии поля конденсатора.

**199.** Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом 10 см каждая, а расстояние между ними 1 см. Конденсатор зарядили до разности потенциалов 1,2 кВ и отключили от источника тока. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами до 3,5 см?

**200.** Плоский воздушный конденсатор емкостью 1,11 нФ заряжен до разности потенциалов 300 В. После отключения от источника тока расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в 5 раз. Определить: а) разность потенциалов на обкладках конденсатора после их раздвижения; б) работу внешних сил по раздвижению пластин.

**201.** Конденсатор емкостью  $C_1 = 556$  пФ, зарядили до разности потенциалов 1,5 кВ и отключили от источника тока. Затем к конденсатору присоединили параллельно второй, незаряженный конденсатор емкостью  $C_2 = 444$  пФ. Определить энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.

**202.** Емкость плоского конденсатора равна 111 пФ. Диэлектрик – фарфор. Конденсатор зарядили до



разности потенциалов 600 В и отключили от источника напряжения. Какую работу нужно совершить, чтобы вынуть диэлектрик из конденсатора? Трение пренебрежимо мало.

**203.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено фарфором, объем, которого равен  $100 \text{ см}^3$ . Поверхностная плотность заряда на пластинах конденсатора равна  $8,85 \text{ нКл/м}^2$ . Вычислить работу, которую необходимо совершить для того, чтобы удалить диэлектрик из конденсатора. Трение пренебрежимо мало.

**204.** Пластину из эбонита толщиной 2 мм и площадью  $300 \text{ см}^2$  поместили в однородное электрическое поле напряженностью  $1 \text{ кВ/м}$ , расположив так, что силовые линии перпендикулярны ее плоской поверхности. Найти: а) плотность связанных зарядов на поверхности пластины; б) энергию электрического поля, сосредоточенного в пластине.

**205.** Уединенная металлическая сфера электроемкостью  $10 \text{ пФ}$  заряжена до потенциала  $3 \text{ кВ}$ . Определить энергию поля, заключенного в сферическом слое, ограниченном поверхностью сферы и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в три раза больше радиуса сферы.

**206.** Два металлических шарика радиусами 5 см и 10 см несут заряды  $40 \text{ нКл}$  и  $-20 \text{ нКл}$  соответственно. Определить энергию, выделяемую при разрядке шариков через длинный проводник.

**207.** Уединенный металлический шар радиусом 6 см несет заряд  $q$ . Концентрическая этому шару поверхность делит свободное пространство на две части (внутренняя конечная и внешняя бесконечная), так что энергия электрического поля обеих частей одинаковы. Определить радиус этой сферической поверхности.

**208.** Сплошной парафиновый шар радиусом 10 см заряжен равномерно по объему зарядом, плотностью  $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$ . Определить энергию электрического поля, сосредоточенную в самом шаре, и энергию вне шара.

**209.** Вычислить сопротивление графитового проводника, изготовленного в виде прямого кругового усеченного конуса высотой 20 см и радиусами оснований 12 мм и 8 мм. Температура проводника равна  $20^\circ\text{C}$ .

**210.** На одном конце цилиндрического медного проводника сопротивлением  $R_0 = 10 \text{ Ом}$  (при температуре  $0^\circ\text{C}$ ) поддерживается температура  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , на другом  $t_2 = 400^\circ\text{C}$ . Найти сопротивление проводника, считая градиент температуры вдоль его оси постоянным.

**211.** Имеется  $N$  одинаковых гальванических элементов с ЭДС  $E$  и внутренним сопротивлением  $r_i$  каждый. Из этих элементов требуется собрать батарею, состоящую из нескольких параллельно соединенных групп, содержащих по  $n$  последовательно соединенных элементов. При каком значении  $n$  сила тока  $I$  во внешней цепи, имеющей сопротивление  $R$ , будет максимальной? Чему будет равно внутреннее сопротивление  $R_i$  батареи при этом значении  $n$ ?

**212.** Даны 12 элементов с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом каждый. Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной из них батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление 0,3 Ом? Определить максимальную силу тока.

**213.** ЭДС батареи равна 20 В. Внешнее сопротивление 2 Ом, а сила тока в цепи равна 4 А. Определить КПД батареи. Для какого значения внешнего сопротивления, КПД будет 99%?

**214.** ЭДС батареи равна 12 В, а сила тока короткого замыкания составляет 5 А. Какую наибольшую мощность можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

**215.** К батарее с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом, присоединен проводник. Определить: а) сопротивление проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; б) мощность, которая при этом выделяется в проводнике.

**216.** От батареи, ЭДС которой 600 В требуется передать энергию на расстоянии 1 км. Потребляемая мощность равна 5 кВт. Найти потери мощности в сети, если диаметр медных подводящих проводов равен 0,5 см.

**217.** От источника с напряжением 800 В необходимо передать потребителю мощность равную 10 кВт на некоторое расстояние. Какое наибольшее сопротивление может иметь линия передачи, чтобы потери мощности в ней не превышали 10% от передаваемой мощности?

**218.** Электродвигатель, подключенный в сеть с напряжением 220 В, потребляет ток 5 А. Определить мощность, потребляемую мотором, и его КПД, если сопротивление обмотки двигателя равно 6 Ом.

**219.** Дана цепь, состоящая из источника тока подключенного к переменному сопротивлению. При внешнем сопротивлении 8 Ом сила тока равна 0,8 А, а при сопротивлении 15 Ом, сила тока в цепи становится 0,5 А. Определить силу тока короткого замыкания источника ЭДС.

**220.** ЭДС батареи 12 В. При силе тока в цепи равной 4 А КПД батареи равен 0,6. Определить внутреннее сопротивление батареи.

**221.** Сила тока в проводнике сопротивлением 10 Ом равномерно возрастает от 5 А до 10 А в течение времени равное 50 с. Определите количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике.

**222.** Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ . Найти заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за половину периода, если начальная сила тока  $I_0 = 10$  А, а циклическая частота  $\omega = (50\pi) \text{ с}^{-1}$ .

**223.** При равномерно возрастающей силе тока в проводнике сопротивлением 8 Ом выделилось количество теплоты 800 Дж за 8 с. Определить заряд, прошедший по проводнику, если сила тока в начальный момент времени равнялась нулю.

**224.** Сила тока в цепи изменяется со временем по закону  $I = I_0 e^{-\alpha t}$ , где  $\alpha = 0,02 \text{ с}^{-1}$ . Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением 20 Ом за время, в течение которого ток уменьшится в  $e$  раз.

**225.** По тонкому проводящему кольцу радиусом 10 см течет ток силой 80 А. Найти магнитную индукцию  $B$  на оси кольца на расстоянии  $x = 20$  см от его центра. Построить график зависимости  $B(x)$ .

**226.** Расстояние между двумя длинными прямолинейными параллельными проводами равно 5 см. По проводам текут одинаковые токи силой  $I = 30$  А. Найти индукцию магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 4 см от одного и 3 см от другого провода. Рассмотреть случаи, когда токи имеют одинаковые и противоположные направления.

**227.** По двум бесконечно длинными прямыми проводниками, скрещенными под прямым углом, текут токи силой 30 А и 40 А. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, одинаково удаленной от обоих проводов на том же расстоянии 20 см.

**228.** По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $120^\circ$ , течет ток силой 50 А. Найти индукцию магнитного поля тока в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от его вершины на расстояние 5 см.

**229.** По контуру в виде равностороннего треугольника со стороной 30 см течет ток силой 40 А. Определить индукцию магнитного поля тока в точке пересечения высот.

**230.** По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника со сторонами 30 см и 40 см, течет ток 60 А. Определить индукцию магнитного поля тока в точке пересечения диагоналей прямоугольника.

**231.** Через тонкий проводник в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см течет ток силой 25 А. Определить индукцию магнитного поля в центре шестиугольника.

**232.** По тонкому проводящему кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась индукция магнитного поля в центре контура?

**233.** Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи силой  $I = 50$  А. Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

**234.** Провод в виде тонкого полукольца радиусом 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. По проводу течет ток силой 10 А. Найти силу, действующую на провод, если плоскость полукольца перпендикулярна линиям индукции.

**235.** По трем прямым параллельным проводам, находящимся на одинаковом расстоянии, равном 10 см друг от друга, текут одинаковые токи силой 100 А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу, действующую на отрезок длиной 1 м каждого провода.

**236.** По двум кольцевым проводникам радиусами 10 см каждый текут одинаковые токи силой 10 А в каждом. Определить силу взаимодействия этих колец, если плоскости, в которых лежат кольца, параллельны, а отрезок соединяющий центры колец перпендикулярен их плоскостям и имеет длину равную 1 мм.

**237.** По двум плоским одинаковым квадратным контурам со стороной 20 см текут токи силой 10 А в каждом. Определить силу взаимодействия контуров, находящихся в параллельных плоскостях, если отрезок соединяющий центры контуров перпендикулярен их плоскостям и имеет длину равную 2 мм.

**238.** По тонкому диэлектрическому стержню длиной 20 см равномерно распределен заряд 240 нКл. Стержень приведен во вращение с постоянной угловой скоростью равной 10 рад./с относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Определить: **а)** магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением заряженного стержня; **б)** отношение магнитного момента к моменту импульса  $p_m/L$ , если масса стержня равна 12 г.

**239.** Тонкое кольцо радиусом 10 см несет равномерно распределенный заряд равный 10 нКл. Кольцо равномерно

вращается с частотой  $10 \text{ с}^{-1}$  относительно оси, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр. Определить: **а)** магнитный момент  $p_m$  кругового тока, создаваемого кольцом; **б)** отношение магнитного момента к моменту импульса  $p_m/L$ , если масса кольца равна  $10 \text{ г}$ .

**240.** Тонкий диэлектрический диск радиусом  $10 \text{ см}$  несет равномерно распределенный заряд равный  $0,2 \text{ мкКл}$ . Диск равномерно вращается с частотой  $20 \text{ с}^{-1}$  относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определить: **а)** магнитный момент  $p_m$  кругового тока, создаваемого диском; **б)** отношение магнитного момента к моменту импульса  $p_m/L$ , если масса диска равна  $100 \text{ г}$ .

**241.** Два иона разных масс и одинаковыми зарядами влетев в однородное магнитное поле, стали двигаться по окружностям радиусами  $3 \text{ см}$  и  $1,73 \text{ см}$ . Определить отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

**242.** Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов равную  $800 \text{ В}$  и, влетев в однородное магнитное поле с индукцией  $47 \text{ мТл}$ , стал двигаться по винтовой линии с шагом равным  $4 \text{ см}$ . Определить радиус винтовой линии.

**243.** Протон прошел ускоряющую разность потенциалов равную  $300 \text{ В}$  и влетел в однородное магнитное поле с индукцией  $20 \text{ мТл}$  под углом  $30^\circ$  к линиям магнитной индукции. Определить шаг и радиус винтовой линии, по которой будет двигаться протон в магнитном поле.

**244.** Ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов равную  $645 \text{ В}$ , влетел в скрещенные под прямым углом однородные магнитное и электрическое поля. Напряженность электрического поля и индукция магнитного поля

соответственно равны  $200 \text{ В/м}$  и  $1,5 \text{ мТл}$ . Определить отношение заряда иона к его массе, если ион в этих полях движется прямолинейно.

**245.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  по окружности радиусом  $2 \text{ см}$ . Учитывая зависимость массы электрона от его скорости, определить кинетическую энергию электрона.

**246.** Кинетическая энергия  $\alpha$  - частицы равна  $500 \text{ МэВ}$ . Частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $80 \text{ см}$ . Учитывая зависимость массы электрона от его скорости, определить индукцию магнитного поля.

**247.** Электрон, имеющий кинетическую энергию  $1,53 \text{ МэВ}$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $0,02 \text{ Тл}$  по окружности. Учитывая зависимость массы электрона от его скорости, определить период вращения электрона.

**248.** В одной плоскости с длинным прямым проводом, по которому течет ток силой  $50 \text{ А}$ , расположена прямоугольная рамка так, что две большие стороны ее длиной  $65 \text{ см}$  параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине. Найти магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающей рамку.

**249.** К источнику тока с ЭДС  $0,5 \text{ В}$  и ничтожно малым внутренним сопротивлением присоединены два металлических стержня, расположенные горизонтально и параллельно друг другу. Расстояние между стержнями равно  $20 \text{ см}$ . Стержни находятся в однородном магнитном поле с индукцией  $1,5 \text{ Тл}$ , направленном вертикально. По стержням под действием сил поля скользит со скоростью  $1 \text{ м/с}$  прямолинейный провод



сопротивлением  $0,02 \text{ Ом}$ . Сопротивление стержней пренебрежимо мало. Определить: **а)** ЭДС индукции; **б)** силу, действующую на провод со стороны поля; **в)** силу тока в цепи; **г)** мощность, расходуемую на движение проводника; **д)** мощность, расходуемую на нагревание проводника; **е)** мощность, отдаваемую в цепь источником тока.

**250.** В однородном магнитном поле с индукцией  $0,4 \text{ Тл}$  в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной  $10 \text{ см}$ . Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определить разность потенциалов на концах стержня при частоте вращения  $16 \text{ с}^{-1}$ .

**251.** Проводящее кольцо радиусом  $10 \text{ см}$  лежит на столе. Какой заряд протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца равно  $1 \text{ Ом}$ . Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна  $50 \text{ мкТл}$ .

**252.** Из тонкого медного провода массой  $1 \text{ г}$  изготовлена квадратная рамка. Рамка помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  так, что плоскость его перпендикулярна линиям магнитной индукции поля. Определить заряд, который протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

**253.** На расстоянии  $1 \text{ м}$  от прямого бесконечного провода с током силой  $50 \text{ А}$  находится кольцо радиусом  $1 \text{ см}$ . Кольцо расположено так, что поток, пронизывающий его, максимален. Определить заряд, который протечет по кольцу, когда ток в проводнике будет выключен. Сопротивление кольца равно  $10 \text{ Ом}$ , а поле в пределах кольца считается однородным.

**254.** Катушка, намотанная на деревянный цилиндр, имеет 750 витков и индуктивность 25 мГн. Чтобы увеличить индуктивность катушки до 36 мГн, обмотку катушки заменили другой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Определить число витков новой катушки.

**255.** Сколько витков проволоки диаметром 0,2 мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром 2 см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью 1 мГн? Витки вплотную прилегают друг к другу.

**256.** Источник тока замкнули на катушку сопротивлением 10 Ом и индуктивностью 1 Гн. Через какое время сила тока замыкания достигнет 0,9 от предельного значения?

#### 4. Колебания и волны

**257.** Колебания точки происходят по закону  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ . В некоторый момент времени смещение  $x$  точки равно 5 см, ее скорость и ускорение соответственно равны 20 см/с и  $-80$  см/с<sup>2</sup>. Найти амплитуду  $A$ , циклическую частоту  $\omega$ , период колебаний  $T$  и фазу  $\omega t + \varphi$  в рассматриваемый момент времени.

**258.** Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами  $T_1 = T_2 = 1,5$  с и амплитудами  $A_1 = A_2 = 2$  см. Начальные фазы колебаний соответственно равны  $\pi/2$  и  $\pi/3$ . Определить амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi$  результирующего колебания. Найти его уравнение и построить векторную диаграмму сложения амплитуд.

**259.** Складываются три гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами, равными 2 с и амплитудами, равными 3 см каждая. Начальные фазы колебаний соответственно равны  $0$ ,  $\pi/3$  и  $2\pi/3$ . Построить векторную диаграмму сложения амплитуд. Определить из чертежа амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi$  результирующего колебания. Напишите его уравнение.

**260.** Точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и описываемых уравнениями: **а)**  $x = A \sin \omega t$  и  $y = A \cos 2\omega t$ ; **б)**  $x = A \cos \omega t$  и  $y = A \sin 2\omega t$ ; **в)**  $x = A \cos 2\omega t$  и  $y = A_1 \cos 2\omega t$ ; **г)**  $x = A_1 \sin \omega t$  и  $y = A \cos \omega t$ . Определить уравнение траектории точки, построить ее и указать направление движения. Принять  $A = 2$  см и  $A_1 = 3$  см.

**261.** Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями  $x = 2 \cos \omega t$  и  $y = 3 \sin 0,5\omega t$ . Найти уравнение траектории точки и построить ее. Укажите начальное положение и направление движения точки.

**262.** На стержне длиной 30 см укреплены два одинаковых груза: один – в середине стержня, дугой – на одном из его концов. Стержень с грузами колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такого физического маятника. Массой стержня пренебречь.

**263.** Точка совершает простые гармонические колебания, уравнение которых  $x = 5 \sin 2t$ . В момент времени, когда точка обладала потенциальной энергией 0,1 мДж, на нее действовала возвращающая сила, равная 5 мН. Найти этот момент времени.

**264.** Тонкий обруч, повешенный на гвоздь, вбитый горизонтально в стену, колеблется в плоскости, параллельной стене. Радиус обруча равен 30 см. Вычислите период колебаний обруча.

**265.** Однородный диск радиусом 30 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через одну из образующих цилиндрической поверхности диска. Определить период его колебаний.

**266.** Однородный диск радиусом 24 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Определить приведенную длину и период колебаний такого физического маятника.

**267.** Физический маятник в виде тонкого прямого стержня длиной 120 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей перпендикулярно стержню через точку, удаленную на некоторое расстояние  $x$  от центра масс стержня. При каком значении  $x$  период колебаний маятника имеет наименьшее значение?

**268.** Тело массой 4 кг, закрепленное на горизонтальной оси, совершает колебания с периодом 0,8 с. Когда на эту ось был насажен диск так, что его ось совпала с осью колебаний тела, период колебаний стал равным 1,2 с. Радиус диска равен 20 см, а его масса равна массе тела. Определите момент инерции тела относительно оси колебаний.

**269.** Ареометр массой 50 г, имеющий трубку диаметром 1 см, плавает в воде. Ареометр немного погрузили в воду и затем предоставили самому себе, в результате чего он стал совершать гармонические колебания. Найти период этих колебаний.

**270.** В открытую с обоих концов U - образную трубку с площадью поперечного сечения, равную  $0,4 \text{ см}^2$ , быстро

вливают ртуть массой 200 г. Определить период колебаний ртути в трубке.

**271.** По квадратной рамке из тонкой проволоки массой 2 г пропущен ток силой 6 А. Рамка свободно подвешена за середину одной из сторон на неупругой нити. Определить период малых колебаний этой рамки в однородном магнитном поле с индукцией 2 мТл. Затуханием колебаний пренебречь.

**272.** Кольцо, изготовленное из тонкого провода массой 3 г, свободно подвешено на неупругой нити в однородном магнитном поле. По кольцу течет ток силой 2 А. Период малых крутильных колебаний кольца относительно вертикальной оси равен 1,2 с. Найти индукцию магнитного поля.

**273.** Логарифмический декремент колебаний маятника равен 0,003. Определить число  $N$  полных колебаний, которое должен сделать маятник, чтобы амплитуда уменьшилась в два раза.

**274.** Груз массой 500 г подвешен на пружине жесткостью 20 Н/м и совершает упругие колебания в некоторой среде. Логарифмический декремент колебаний равен 0,004. Определить число  $N$  полных колебаний, которые должен совершить груз, чтобы амплитуда колебаний уменьшилась в три раза. За какое время произойдет это уменьшение?

**275.** Тело массой 5 г совершает затухающие колебания. В течение 50 с тело потеряло 60% своей энергии. Определить коэффициент сопротивления.

**276.** Определить период  $T$  затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы  $T_0 = 1$  с и логарифмический декремент колебаний равен 0,628.

**277.** Определить число полных колебаний системы, в течение которых энергия системы уменьшилось в два раза. Логарифмический декремент колебаний равен 0,01.

**278.** Тело массой 1 кг находится в сосуде с вязкой средой, имеющей коэффициент сопротивления равный 0,05 кг/с. Тело имеет отверстие, через которое проходит горизонтально закрепленный стержень. С помощью двух одинаковых пружин жесткостью 50 Н/м каждая, прикрепленных к телу и стенкам сосуда, тело удерживается в положении равновесия, пружины оставаясь при этом недеформированными. Тело сместили от положения равновесия и отпустили. Определить: **а)** коэффициент затухания; **б)** частоту колебаний; **в)** логарифмический декремент колебаний; **г)** число колебаний, по прошествии которых амплитуда уменьшится в  $e$  раз.

**279.** Вагон массой 80 т имеет четыре рессоры. Жесткость пружин каждой рессоры равна 500 кН/м. При какой скорости вагон начнет сильно раскачиваться вследствие толчков на стыках рельс, если длина рельса равна 12,8 м?

**280.** Колебательная система совершает затухающие колебания с частотой 1000 Гц. Определить частоту собственных колебаний системы, если резонансная частота равна 998 Гц.

**281.** Определить, на сколько резонансная частота отличается от частоты собственных колебаний системы, равной 1 кГц. Колебательная система характеризуется коэффициентом затухания  $400 \text{ с}^{-1}$ .

**282.** Определить логарифмический декремент колебаний колебательной системы, для которой резонанс наблюдается при частоте, меньшей собственной частоты равной 10 кГц на величину 2 Гц.

**283.** Период собственных колебаний пружинного маятника равен 0,55 с. В вязкой среде период того же маятника стал равным 0,56 с. Определить резонансную частоту колебаний.

**284.** Пружинный маятник, состоящий из пружины жесткостью 10 Н/м и груза массой 100 г, совершает вынужденные колебания в вязкой среде с коэффициентом сопротивления 0,02 кг/с. Определить коэффициент затухания и резонансную амплитуду, если максимальное значение вынуждающей силы равно 10 мН.

**285.** Тело совершает вынужденные колебания в среде с коэффициентом сопротивления 1 г/с. Считая затухание малым, определить амплитудное значение вынуждающей силы, если резонансная амплитуда и частота собственных колебаний соответственно равны 0,5 см и 10 Гц.

**286.** Амплитуды вынужденных гармонических колебаний при частотах 400 Гц и 600 Гц равны между собой. Пренебрегая затуханием, определить резонансную частоту.

**287.** К пружине жесткостью 10 Н/м подвесили груз массой 10 г и погрузили всю систему в вязкую среду. Приняв коэффициент сопротивления равным 0,1 кг/с, определить: **а)** частоту собственных колебаний системы; **б)** резонансную частоту; **в)** резонансную амплитуду, если вынуждающая сила изменяется по гармоническому закону и ее амплитудное значение равно 0,02 Н; **г)** отношение резонансной амплитуды к статическому смещению.

**288.** Во сколько раз амплитуда вынужденных колебаний будет меньше резонансной амплитуды, если частота изменения вынуждающей силы будет больше резонансной частоты: **а)** на 10%; **б)** в 2 раза? Коэффициент затухания в обоих случаях принять равным  $0,1\omega_0$ , где  $\omega_0$  – круговая частота собственных колебаний.

## 5. Волновая оптика

**289.** Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус третьего темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм равен  $0,82$  мм. Радиус кривизны линзы равен  $0,5$  м.

**290.** На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину пленки, если показатель преломления материала пленки  $n = 1,4$ .

**291.** Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга  $L = 1$  м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной  $l = 1$  см укладываются  $10$  темных интерференционных полос. Длина волны  $\lambda = 0,7$  мкм.

**292.** На стеклянную пластинку положена выпуклой стороной плосковыпуклая линза. Сверху линза освещена монохроматическим светом длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Найти радиус линзы, если радиус четвертого темного кольца Ньютона в отраженном свете  $r_4 = 2$  мм.

**293.** На тонкую глицериновую пленку толщиной  $1,5$  мкм нормально к ее поверхности падает белый свет. Определить длины волн  $\lambda$  лучей видимого участка спектра ( $0,4 \text{ мкм} \leq \lambda \leq 0,8 \text{ мкм}$ ), которые будут ослаблены в результате интерференции.

**294.** На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления  $n = 1,3$ .



Пластинка освещена параллельным пучком монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 640$  нм, падающим на пластинку нормально. Какую минимальную толщину должен иметь слой, чтобы отраженный пучок имел наименьшую яркость?

**295.** На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Расстояние между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете равно  $0,5$  мм. Определить угол  $\alpha$  между поверхностями клина. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин,  $n = 1,4$ .

**296.** Плосковыпуклая стеклянная линза с фокусным расстоянием равным  $1$  м лежит выпуклой стороной на стеклянной пластинке. Радиус пятого темного кольца Ньютона в отраженном свете  $r_5 = 1,1$  мм. Определить длину световой волны  $\lambda$ .

**297.** Между двумя плоскопараллельными пластинами на расстоянии  $L = 10$  см от границы их соприкосновения находится проволока диаметром  $d = 0,01$  мм, образуя воздушный клин. Пластины освещаются нормально падающим монохроматическим светом ( $\lambda = 0,6$  мкм). Определить ширину интерференционных полос, наблюдаемых в отраженном свете.

**298.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом ( $\lambda = 590$  нм). Радиус кривизны линзы  $R = 5$  м. Определить толщину  $d_3$  воздушного промежутка в том месте, где в отраженном свете наблюдается третье светлое кольцо.

**299.** Определить длину волны света используемого в опыте Юнга, если при помещении на пути луча стеклянной

пластинки толщиной 3 мкм и показателем преломления  $n = 1,52$  интерференционная картина смещается на 3 светлые полосы.

**300.** Два когерентных источника, расположенных на расстоянии 0,2 мм один от другого, находятся на расстоянии 1,5 м от экрана. Определите длину волны света, если третий интерференционный минимум расположен на экране на расстоянии 12,6 мм от центра интерференционной картины.

**301.** Определить расстояние между третьим и пятым интерференционными минимумами на экране, если расстояние между когерентными ( $\lambda = 0,6$  мкм) источниками и экраном равно 2 м, а расстояние между источниками 0,2 мм.

**302.** На тонкую скипидарную пленку падает белый свет. Под углом  $60^\circ$  пленка кажется оранжевой ( $\lambda = 0,625$  мкм) в отраженном свете. Каким будет цвет пленки в отраженном свете при ее рассмотрении под углом в 2 раза меньше?

**303.** На тонкую мыльную пленку ( $n = 1,3$ ) толщиной 1,25 мкм падает нормально монохроматический свет. В отраженном свете пленка кажется светлой. Какую минимальную толщину должна иметь скипидарная пленка, чтобы в тех же условиях она казалась темной?

**304.** На тонкий стеклянный клин ( $n = 1,52$ ) с углом  $5'$  падает нормально пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 0,591$  мкм. Сколько темных полос находятся на 1 см клина?

**305.** Какое наименьшее число  $N_{\min}$  штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго

порядка можно было видеть раздельно две желтые линии натрия с длинами волн  $\lambda_1 = 589,0$  нм и  $\lambda_2 = 589,6$  нм? Какова длина этой решетки, если постоянная решетки  $d = 5$  мкм?

**306.** На поверхность дифракционной решетки нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в  $n = 4,6$  раза больше длины световой волны. Найти общее число дифракционных максимумов, которые теоретически можно наблюдать в данном случае.

**307.** На дифракционную решетку падает нормально параллельный пучок белого света. Спектры 3 и 4 порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре четвертого порядка накладывается граница ( $\lambda = 780$  нм) спектра 3 порядка?

**308.** На дифракционную решетку, содержащую 600 штрихов/мм, падает нормально белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана равно 1,2 м. Границы видимого спектра:  $\lambda_{кр} = 780$  нм,  $\lambda_{ф} = 400$  нм.

**309.** На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения. Расстояние  $d$  между атомными плоскостями равно 280 пм. Под углом  $\vartheta = 65^\circ$  к атомной плоскости наблюдается дифракционный максимум первого порядка. Определить длину волны рентгеновского излучения.

**310.** На непрозрачную пластину с узкой щелью падает нормально плоская монохроматическая световая волна ( $\lambda = 780$  нм). Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному максимуму,  $\varphi = 20^\circ$ . Определить ширину щели.

**311.** На дифракционную решетку, содержащую 100 штрихов/мм, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум второго порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол  $\Delta\varphi = 16^\circ$ . Определить длину волны света, падающего на решетку.

**312.** На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 410 \text{ нм}$ ). Угол  $\Delta\varphi$  между направлениями на максимумы первого и второго порядков равен  $2^\circ 21'$ . Определить число штрихов/мм дифракционной решетки.

**313.** Постоянная дифракционной решетки в 4 раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхности. Определить угол  $\alpha$  между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.

**314.** Расстояние между штрихами дифракционной решетки  $d = 4 \text{ мкм}$ . На решетку падает нормально свет с длиной волны  $0,58 \text{ мкм}$ . Максимум, какого наибольшего порядка дает эта решетка?

**315.** Определить минимальный радиус кругового отверстия в непрозрачном экране, если при его освещении монохроматическим светом в центре дифракционной картины наблюдается темное пятно, а радиус третьей зоны Френеля равен  $2 \text{ мм}$ .

**316.** На круговое отверстие радиусом  $2 \text{ мм}$  падает плоская монохроматическая световая волна. Определить длину волны света освещающего отверстие, если в ней помещается 5 зон Френеля и с точки наблюдения, отверстие видно под углом  $5'$ .

**317.** На непрозрачную пластинку, содержащую щель падает нормально плоская волна ( $\lambda = 0,585$  мкм). Определить ширину щели, если угол отклонения лучей соответствующих второму максимуму равен  $17^\circ$ .

**318.** Какую разность длин волн может разрешить дифракционная решетка с периодом  $2,7$  мкм и шириной  $1,5$  см в спектре третьего порядка для зеленых лучей ( $\lambda = 0,5$  мкм)?

**319.** Пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 0,575$  мкм падает нормально на дифракционную решетку с периодом  $2,4$  мкм. Определить максимальный порядок спектра и полное число главных максимумов в дифракционной картине.

**320.** Постоянная дифракционной решетки равна  $2,8$  мкм. Определить максимальный порядок спектра для красной линии с длиной волны  $\lambda = 0,7$  мкм, полное число главных максимумов и угол отклонения последнего максимума в полученной дифракционной картине.

## 6. Элементы квантовой физики и атомного ядра

**321.** Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместился с красной границы видимого спектра ( $\lambda_{m1} = 780$  нм) на фиолетовую ( $\lambda_{m2} = 390$  нм) границу?

**322.** Определить коэффициент излучения  $\alpha_T$  серого тела, для которого температура, измеренная радиационным пирометром  $T_r = 1,4$  кК, тогда как истинная температура тела  $T = 3,2$  кК.

**323.** С поверхности сажи площадью  $S = 2 \text{ см}^2$  при температуре  $T = 400 \text{ К}$  за время  $t = 5 \text{ мин}$  излучается энергия  $W = 83 \text{ Дж}$ . Определить коэффициент черноты  $\alpha_T$  сажи.

**324.** При увеличении температуры абсолютно черного тела в два раза длина волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости ( $r_{\lambda, T}$ ), уменьшилась на  $\Delta\lambda = 400 \text{ нм}$ . Определить начальную и конечную температуры  $T_1$  и  $T_2$  тела.

**325.** Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум спектральной плотности энергетической светимости ( $r_{\lambda, T}$ )<sub>max</sub>, сместился с длины волны  $\lambda_1 = 2,4 \text{ мкм}$  на длину волны  $\lambda_2 = 0,8 \text{ мкм}$ . Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость  $R^*$  тела и максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

**326.** Длины волн  $\lambda_{m1}$  и  $\lambda_{m2}$ , соответствующие максимумам спектральной плотности энергетической светимости в спектрах двух абсолютно черных тел, различаются на  $\Delta\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ . Определить температуру второго тела, если температура первого  $T_1 = 2,5 \text{ кК}$ .

**327.** Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $R^* = 3 \text{ Вт/см}^2$ . Определить длину волны, отвечающую максимуму спектральной плотности энергетической светимости этого тела.

**328.** Вольфрамовая нить накаливается в вакууме током  $I_1 = 1 \text{ А}$  до температуры  $T_1 = 1000 \text{ К}$ . Какое значение должен иметь ток, чтобы температура нити была  $T_2 = 3000 \text{ К}$ ? потерями энергии вследствие теплопроводности и изменения

линейных параметров нити пренебречь. Коэффициенты излучения и удельного сопротивления вольфрама при температурах  $T_1$  и  $T_2$  соответственно равны:  $\alpha_{T_1} = 0,115$  и  $\rho_1 = 25,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м;  $\alpha_{T_2} = 0,334$  и  $\rho_2 = 96,2 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**329.** Площадь поверхности вольфрамовой нити накала 25-ваттной вакуумной лампы  $S = 0,403$  см<sup>2</sup>. Температура накала  $T = 2177$  К. Во сколько раз эта лампа излучает меньше энергии, чем абсолютно черное тело при тех же значениях площади поверхности и температуры? Каков коэффициент излучения вольфрама при этой температуре?

**330.** Мощность излучения абсолютно черного тела  $P = 100$  кВт. Чему равна площадь излучающей поверхности тела, если длина волны, на которую приходится максимум излучения  $\lambda_m = 0,7$  мкм?

**331.** Максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела имеет значение  $(r_{\lambda,T})_{\max} = 4,16 \cdot 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup>. На какую длину волны он приходится?

**332.** Вследствие изменения температуры тела максимум спектральной плотности его энергетической светимости переместился с  $\lambda_1 = 2,5$  мкм до  $\lambda_2 = 0,125$  мкм. Тело абсолютно черное. Во сколько раз изменилась: а) температура тела; б) энергетическая светимость?

**333.** В черный тонкостенный металлический сосуд, имеющий форму куба, налита вода массой 1 кг при температуре  $t_1 = 50$  °С, целиком заполняющая сосуд. Определить время остывания сосуда до температуры  $t_2 = 10$  °С, если сосуд помещен в черную полость, температура стенок которой близка к абсолютному нулю.

**334.** В спектре излучения огненного шара радиусом 100 м, возникающего при ядерном взрыве, максимум энергии излучения приходится на длину волны 0,289 мкм. Определить: **а)** температуру поверхности шара и энергию, излучаемую этой поверхностью за время 0,001 с; **б)** максимальное расстояние, на котором будут воспламеняться деревянные предметы, если их поглощательная способность равна 0,7. Теплота воспламенения сухого дерева  $5 \cdot 10^4$  Дж/м<sup>2</sup>.

**335.** На сколько градусов понизилась бы температура Земного шара в течение столетия, если бы на Землю не поступала солнечная энергия? Радиус Земли принять равным  $6,4 \cdot 10^6$  м, удельную теплоемкость - 200 Дж/(кг · К), плотность - 5500 кг/м<sup>3</sup>, среднюю температуру - 300 К, коэффициент черноты - 0,8. За какое время температура понизилась бы на 27 К?

**336.** Медный шарик диаметром  $d = 1,2$  см поместили в откачанный сосуд, температура стенок которого поддерживается близкой к абсолютному нулю. Начальная температура шарика  $T_0 = 300$  К. Считая поверхность шарика абсолютно черной, найти, через сколько времени его температура уменьшится в 2 раза. Удельная теплоемкость меди  $c = 390$  Дж/(кг · К), а его плотность  $\rho = 8900$  кг/м<sup>3</sup>.

**337.** Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов, вылетевших из металла под действием  $\gamma$  - излучения с длиной волны  $\lambda = 0,3$  нм.

**338.** Максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла при его облучении  $\gamma$  - фотонами  $v_{\max} = 291$  Мм/с. Определить энергию падающего фотона.



**339.** Поток энергии  $\Phi$ , излучаемый электрической лампой, равен 600 Вт. На расстоянии  $r = 1$  м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром  $d = 2$  см. Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определить силу  $F$  светового давления на зеркальце.

**340.** Давление  $p$  монохроматического света ( $\lambda = 600$  нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно  $0,1$  мкПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 1$  с на поверхность площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup>.

**341.** Монохроматическое излучение с длиной волны  $\lambda = 500$  нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой  $F = 10$  нН. Определить число  $N$  фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.

**342.** Параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 662$  нм) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление  $p = 0,3$  мкПа. Определить концентрацию  $n$  фотонов в световом пучке.

**343.** Фотон при эффекте Комптона на свободном электроном был рассеян на угол  $\vartheta = \pi/2$ . Определить импульс  $p$ , приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была  $\varepsilon = 1,02$  МэВ.

**344.** Фотон с энергией  $\varepsilon = 0,4$  МэВ рассеялся под углом  $\vartheta = \pi/2$  на свободном электроном. Определить энергию  $\varepsilon'$  рассеянного фотона и кинетическую энергию  $E_c$  электрона отдачи.

**345.** Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол  $\vartheta = \pi/2$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\varepsilon = 0,51$  МэВ.

**346.** Фотон с энергией  $\varepsilon = 1,02$  МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроне на угол  $\vartheta = 180^\circ$ . Определить кинетическую энергию электрона отдачи.

**347.** В результате эффекта Комптона фотон с энергией  $\varepsilon = 1,02$  МэВ рассеян на свободном электроне на угол  $\vartheta = 150^\circ$ . Определить энергию  $\varepsilon'$  рассеянного фотона.

**348.** Определить угол  $\vartheta$ , на который был рассеян  $\gamma$ -квант с энергией  $\varepsilon = 1,53$  МэВ при эффекте Комптона, на свободном электроне, если кинетическая энергия электрона отдачи  $E_c = 0,51$  МэВ.

**349.** Фотон с длиной волны  $\lambda = 1$  пм рассеялся на свободном электроне под углом  $\vartheta = 90^\circ$ . Какую долю своей энергии фотон передал электрону?

**350.** Длина волны  $\lambda$  фотона равна комптоновской длине волны электрона. Определить энергию  $\varepsilon$  и импульс  $p$  фотона.

**351.** Энергия падающего фотона равна энергии покоя электрона. Определить долю  $\varepsilon_1$  энергии падающего фотона которую сохранит рассеянный фотон, и долю  $\varepsilon_2$  этой энергии, полученную электроном отдачи, если угол рассеяния  $\vartheta$  равен:  
а)  $60^\circ$ ; б)  $90^\circ$ ; в)  $180^\circ$ .

**352.** Фотон с энергией  $\varepsilon = 250$  кэВ рассеялся под углом  $\vartheta = 120^\circ$  на первоначально покоившемся электроне. Определить энергию рассеянного фотона.

**353.** На сколько нужно увеличить кинетическую энергию нерелятивистской частицы, чтобы дебройлевская длина волны уменьшилась вдвое? Вычислить это изменение для нерелятивистского электрона, имеющего длину волны  $\lambda_1 = 10^{-10}$  м.

**354.** Какую кинетическую энергию нужно сообщить протону, чтобы его дебройлевская длина волны стала равной:  
**а)**  $10^{-10}$  м, **б)** комптоновской длине волны?

**355.** Какую кинетическую энергию нужно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны стала равной комптоновской длине волны?

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

**357.** Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $U$ : **а)** 1 кВ; **б)** 1 МВ.

**358.** Электрон движется по окружности радиусом  $r = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8$  мТл. Определить длину волны де Бройля электрона.

**359.** Вычислить длину волны  $\lambda$  де Бройля для электрона обладающего кинетической энергией  $E_k = 13,6$  эВ (энергия ионизации атома водорода). Сравнить полученное значение  $\lambda$  с диаметром  $d$  атома водорода (найти отношение  $\lambda/d$ ). Нужно ли учитывать волновые свойства электрона при изучении движения электрона в атоме водорода? Диаметр атома водорода принять равным удвоенному значению Борвского радиуса ( $R_B = 5,29 \cdot 10^{-11}$  м).

**360.** При анализе рассеяния  $\alpha$ -частиц на ядрах (опыты Резерфорда) прицельные расстояния принимались порядка

0,1 нм. Волновые свойства  $\alpha$  - частиц ( $E = 7,7$  МэВ) при этом не учитывались. Допустимо ли это?

**361.** Вычислить длину волны  $\lambda$  де Бройля для тепловых нейтронов ( $T = 300$  К). Следует ли учитывать волновые свойства нейтронов при анализе их взаимодействия с кристаллом? Расстояние между атомами в кристалле принять равным 0,5 нм.

**362.** Какую ускоряющую разность потенциалов  $U$  должен пройти протон, чтобы длина волны  $\lambda$  де Бройля была равна: а) 1 нм ; б) 1 пм ?

**363.** Протон обладает кинетической энергией  $E_k = 1$  кэВ. Определить дополнительную энергию  $\Delta E_k$ , которую необходимо ему сообщить для того, чтобы длина волны  $\lambda$  де Бройля уменьшилась в три раза.

**364.** Электрон обладает кинетической энергией  $E_k = 1,02$  МэВ. Во сколько раз изменится длина волны де Бройля, если кинетическая энергия электрона уменьшится вдвое?

**365.** Кинетическая энергия  $E_k$  электрона равна удвоенному значению его энергии покоя ( $2m_0c^2$ ). Вычислить длину волны де Бройля для такого электрона.

**366.** Определить неточность  $\Delta x$  в определении координат электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью  $1,5 \cdot 10^6$  м/с, если допускаемая неточность  $\Delta v$  в определении скорости составляет 10% от ее величины. Сравнить полученную неточность с диаметром атома водорода, вычисленным по теории Бора для основного состояния, и указать, применимо ли понятие траектории в данном случае.

**367.** Электрон с кинетической энергией  $E_k = 15$  эВ находится в металлической пылинке диаметром 1 мкм. Оценить относительную неточность  $\Delta v/v$ , с которой может быть определена скорость электрона.

**368.** Во сколько раз дебройлевская длина волны  $\lambda$  частицы меньше неопределенности  $\Delta x$  ее координаты, которая соответствует относительной неопределенности импульса в 1%.

**369.** Предполагая, что неопределенность координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны, определить относительную неточность  $\Delta p/p$  импульса этой частицы.

**370.** Используя соотношение неопределенностей  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ , найти выражение, позволяющее оценить минимальную энергию  $E_{\min}$  электрона, находящегося в одномерном потенциальном ящике шириной  $l$ .

**371.** Приняв, что минимальная энергия нуклона в ядре равна 10 МэВ, оценить, исходя из соотношения неопределенностей, линейные размеры ядра.

**372.** Пылинки массой  $10^{-12}$  г взвешены в воздухе и находятся в тепловом равновесии. Можно ли установить, наблюдая за движением пылинок, отклонение от законов классической механики? Принять, что воздух находится при нормальных условиях, и пылинки имеют сферическую форму. Плотность вещества, из которого состоят пылинки, равна  $2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**373.** Оценить относительную ширину  $\Delta \omega/\omega$  спектральной линии, если известны время жизни атома в возбужденном состоянии ( $\tau = 10^{-8}$  с) и длина волны излучаемого фотона ( $\lambda = 0,6$  мкм).

**374.** Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию  $(E_k)_{\min}$  электрона, движущегося внутри сферической области диаметром 0,1 нм .

**375.** Оценить наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массой 1 мг , если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм .

**376.** Используя соотношения неопределенностей оценить неопределенность скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома 0,1 нм . Сравнить полученную величину со скоростью электрона на первой боровской орбите данного атома.

**377.** Показать что для частицы, неопределенность местоположения которой  $\Delta x = \lambda/2\pi$  , где  $\lambda$  - её дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.

**378.** Свободный электрон первоначально был локализован в области размером  $l = 0,1$  нм . Оценить с помощью соотношения неопределенностей время, за которое ширина соответствующего волнового пакета увеличится в  $\eta = 10$  раз .

**379.** Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона локализованного в области размером  $l = 0,2$  нм .

**380.** Электрон с кинетической энергией  $E_k = 4$  эВ локализован в области размером  $l = 1$  мкм . Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

**381.** Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина

ямы равна  $l$ . Оценить с помощью соотношения неопределенностей силу давления электрона на стенки этой ямы при минимально возможной его энергии.

**382.** Используя соотношение неопределенностей, оценить ширину  $l$  одномерного потенциального ящика, в котором минимальная энергия электрона  $E_{\min} = 10$  эВ.

**383.** Для приближенной оценки минимальной энергии электрона в атоме водорода можно предположить, что неопределенности  $\Delta r$  для радиуса  $r$  и  $\Delta p$  для импульса  $p$  электрона удовлетворяют соотношениям:  $\Delta r \approx r$  и  $\Delta p \approx p$ . Используя соотношения неопределенностей, найти значение радиуса электронной орбиты, соответствующего минимальной энергии электрона в атоме водорода.

**384.** Для приближенной оценки минимальной энергии электрона в атоме водорода можно предположить, что неопределенности  $\Delta r$  для радиуса  $r$  и  $\Delta p$  для импульса  $p$  электрона удовлетворяют соотношениям:  $\Delta r \approx r$  и  $\Delta p \approx p$ . Используя соотношения неопределенностей, определить минимальное значение энергии  $E_{\min}$  электрона в атоме водорода.

**385.** Частица находится в потенциальном ящике шириной  $0,5$  нм. Определить наименьшую разность  $\Delta E$  энергетических уровней электрона.

**386.** Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности энергий соседних энергетических уровней  $\Delta E_{n+1,n}$  и энергии  $E_n$  частицы в трех случаях: **а)**  $n = 3$ ; **б)**  $n = 10$ ; **в)**  $n \rightarrow \infty$ . Пояснить полученные результаты.

**387.** Частица в потенциальном ящике шириной  $l$  находится в возбужденном состоянии ( $n = 2$ ). Определить, в

каких точках интервала  $0 < x < l$  плотность вероятности нахождения частицы максимальна и минимальна.

**388.** Электрон находится в потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками и шириной  $l$ . В каких точках интервала  $0 < x < l$  плотность вероятности нахождения электрона на первом и втором энергетических уровнях одинакова? Вычислить плотность вероятности для этих точек. Решение пояснить графически.

**389.** Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность нахождения частицы: **а)** в средней трети ящика? **б)** в крайней трети ящика?

**390.** В одномерном потенциальном ящике шириной  $l$  находится электрон. Вычислить вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале  $l/4$ , равноудаленном от стенок ящика.

**391.** Частица в потенциальном ящике шириной  $l$  находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале  $l/4$ , равноудаленном от стенок ящика.

**392.** Атом водорода находится в основном состоянии. Собственная волновая функция, описывающая состояние электрона в атоме, имеет вид:  $\Psi(r) = Ce^{-r/a}$ , где  $C$  – некоторая постоянная и  $a$  – борковский радиус. Найти из условия нормировки постоянную  $C$ .

**393.** Собственная функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид  $\Psi(r) = Ce^{-r/a}$ , где  $a = \varepsilon_0 h^2 / (\pi e^2 m)$  – борковский радиус. Определить расстояние  $r$ , на котором вероятность нахождения электрона максимальна.

**394.** Атом водорода, находившийся первоначально в основном состоянии, поглотил квант света с энергией



$\varepsilon = 10,2$  эВ. Определить изменение момента импульса  $\Delta L_1$  орбитального движения электрона.

**395.** Вычислить полную энергию  $E$ , орбитальный момент импульса  $L_1$  и магнитный момент  $p_m$  электрона, находящегося в  $2p$  – состоянии в атоме водорода.

**396.** Определить возможные значения магнитного момента  $p_m$ , обусловленного орбитальным движением электрона в возбужденном атоме водорода, если энергия возбуждения равна  $\varepsilon = 12,09$  эВ.

**397.** Какое максимальное число  $s$ ,  $p$  и  $d$  – электронов может находиться в электронных  $K$ ,  $L$  и  $M$  – слоях атома?

**398.** Используя принцип Паули, указать какое максимальное число  $N_{\max}$  электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа: а)  $n, l, m, m_s$ ; б)  $n, l, m$ ; в)  $n, l$ ; г)  $n$ ?

**399.** Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом  $n = 3$ . Указать в этом слое число электронов, имеющих одинаковые следующие квантовые числа: а)  $m_s = \pm 1/2$ ; б)  $m = -2$ ; в)  $m_s = -1/2, m = 0$ ; г)  $m_s = +1/2, l = 2$ .

**400.** Найти число  $N$  электронов в атомах, у которых в основном состоянии заполнены: а)  $K$  и  $L$  – слои,  $3s$  – оболочка и наполовину  $3p$  – оболочка; б)  $K, L, M$  – слои и  $4s, 4p$  и  $4d$  – оболочки. Что это за атомы?

**401.** Во сколько раз число свободных электронов, приходящихся на один атом металла при  $T = 0$  К, больше в алюминии, чем в меди, если уровни Ферми соответственно равны  $\varepsilon_{F1} = 11,7$  эВ и  $\varepsilon_{F2} = 7$  эВ?

**402.** Вычислить среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon \rangle$  электронов в металле при температуре  $T = 0$  К, если уровень Ферми  $\varepsilon_F = 7$  эВ.

**403.** Металл находится при температуре  $T = 0$  К. Определить, во сколько раз число электронов с кинетической энергией от  $\varepsilon_F/2$  до  $\varepsilon_F$  больше числа электронов с энергией от 0 и  $\varepsilon_F/2$  ?

**404.** Электроны в металле находятся при температуре  $T = 0$  К. Найти относительное число  $\Delta N/N$  свободных электронов, кинетическая энергия которых отличается от энергии Ферми не более чем на 2%.

**405.** Определить отношение концентрации  $n_{\max}$  электронов в металле (при  $T = 0$  К), энергия которых отличается от максимальной не более чем на  $\Delta\varepsilon$ , и концентрации  $n_{\min}$  электронов, энергии которых не превышают значения  $\Delta\varepsilon$ . Принять  $\Delta\varepsilon = 0,01\varepsilon_F$ .

**406.** Выразить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  через максимальную скорость  $v_{\max}$  электронов в металле при температуре  $T = 0$  К.

**407.** Металл находится при температуре  $T = 0$  К. Определить, во сколько раз число электронов со скоростями от  $v_{\max}/2$  до  $v_{\max}$  больше числа электронов со скоростями от 0 до  $v_{\max}/2$ .

**408.** Определить долю свободных электронов в металле при температуре  $T = 0$  К, энергии  $\varepsilon$  которых заключены в интервале значений от  $\varepsilon_{\max}/2$  до  $\varepsilon_{\max}$ .

**409.** Во сколько раз изменится средняя энергия  $\langle \varepsilon \rangle$ , приходящаяся на одну степень свободы квантового

осциллятора при повышении температуры от  $T_1 = \theta_E/2$  до  $T_2 = \theta_E$ ? Учесть нулевую энергию.

**410.** Определить отношение  $\langle \varepsilon \rangle / \langle \varepsilon_T \rangle$  средней энергии квантового осциллятора в модели Эйнштейна к средней энергии теплового движения молекул идеального газа при температуре  $T = \theta_E$ .

**411.** Определить относительную погрешность, которая будет допущена, если при вычислении удельной теплоемкости вместо значения, даваемого теорией Эйнштейна (при  $T = \theta_E$ ), воспользоваться значением, даваемым законом Дюлонга и Пти.

**412.** Определить максимальную частоту  $\omega_{\max}$  собственных колебаний в кристалле золота, если характеристическая температура Дебая для этого кристалла равна 180 К.

**413.** При нагревании серебра массой 100 г от  $T_1 = 10$  К до  $T_2 = 20$  К, было подведено количество теплоты 0,71 Дж. Определить характеристическую температуру Дебая для серебра. Считать  $T \ll \theta_D$ .

**414.** Определить количество теплоты, необходимое для нагревания калия массой 200 г от температуры  $T_1 = 4$  К до  $T_2 = 5$  К. Характеристическая температура Дебая для калия равна 100 К. Считать  $T \ll \theta_D$  и  $M = 39 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

**415.** В результате измерений было установлено, что молярная теплоемкость серебра при 20 К равна 1,65 Дж/(моль · К). Определить характеристическую температуру Дебая для серебра, считая  $T \ll \theta_D$ .

**416.** Используя приближение  $T^3$  Дебая, вычислить удельную теплоемкость хлористого натрия при температуре  $T = \theta_D/20$ .

**417.** Какая часть начального количества атомов распадается за один год в радиоактивном изотопе тория  $^{229}\text{Th}$ ? Период полураспада  $T_{1/2} = 7 \cdot 10^3$  лет.

**418.** Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния  $^{225}\text{Ac}$  ( $T_{1/2} = 10$  сут.) останется через 5 суток? а через 15 суток?

**419.** За какое время распадается  $1/4$  начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада  $T_{1/2} = 24$  часа?

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

**421.** При распаде радиоактивного полония  $^{210}\text{Po}$  массой  $m = 4,01$  кг в течение  $t = 1$  час образовался гелий  $^4\text{He}$ , который при нормальных условиях занял объем  $V = 89,5$  см<sup>3</sup>. Определить период полураспада  $T_{1/2}$  полония.

**422.** Какая часть начального количества радиоактивного изотопа распадается за время  $t$ , равное среднему времени жизни этого изотопа?

**423.** Определить число  $N$  атомов, распадающихся в радиоактивном изотопе за время  $t = 10$  с, если его активность  $A = 0,1$  МБк. Считать активность постоянной в течение указанного времени.

**424.** За сутки активность изотопа уменьшилась от  $A_1 = 118$  ГБк до  $A_2 = 7,4$  ГБк. Определить период полураспада  $T_{1/2}$  этого изотопа.

**425.** На сколько процентов снизится активность изотопа иридия  $^{192}\text{Ir}$  за время  $t = 30$  сут.? Период полураспада иридия  $T_{1/2} = 75$  сут.

**426.** Определить промежуток времени  $\tau$ , в течение которого активность изотопа стронция  $^{90}\text{Sr}$  уменьшится в 10 раз? в 100 раз? Период полураспада стронция  $T_{1/2} = 28$  лет.

**427.** Найти массу  $m_1$  урана  $^{238}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  лет), имеющего такую же активность, как стронций  $^{90}\text{Sr}$  массой  $m = 1$  мг. Период полураспада стронция  $T_{1/2} = 28$  лет.

**428.** Какая доля атомов радиоактивного изотопа  $^{234}\text{Th}$ , имеющего период полураспада  $T_{1/2} = 24,1$  сут., распадётся: **а)** за 1 с?; **б)** за сутки?; **в)** за месяц?

**429.** В человеческом организме 0,36 % массы составляет калий. Радиоактивный изотоп калия  $^{40}\text{K}$  составляет 0,012 % от общей массы калия. Какова активность  $^{40}\text{K}$ , если масса человека 75 кг? Период полураспада  $T_{1/2} = 1,42 \cdot 10^9$  лет.

**430.** Определить количество свинца, возникшего из 1 кг чистого изотопа  $^{238}\text{U}$  за период, равный возрасту Земли ( $2,5 \cdot 10^9$  лет). Период полураспада данного изотопа урана  $4,5 \cdot 10^9$  лет.

**431.** Из каждого миллиона атомов радиоактивного изотопа каждую секунду распадается 200 атомов. Определить период полураспада этого изотопа.

**432.** Определить число  $N$  ядер, распадающихся в течение **а)**  $t_1 = 1$  мин; **б)**  $t_2 = 5$  сут., в радиоактивном изотопе фосфора  $^{32}\text{P}$  ( $T_{1/2} = 14,3$  сут.) массой  $m = 1$  мг.

## 7. ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 7.1. Основные физические постоянные

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Гравитационная постоянная           | $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$  |
| Постоянная Авогадро                 | $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  |
| Молярная газовая постоянная         | $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$  |
| Постоянная Больцмана                | $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$   |
| Постоянная Фарадея                  | $F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл}/\text{моль}$  |
| Элементарный заряд                  | $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$   |
| Масса электрона                     | $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  |
| Удельный заряд электрона            | $e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл}/\text{кг}$   |
| Скорость света в вакууме            | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м}/\text{с}$   |
| Постоянная Стефана – Больцмана      | $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  |
| Постоянная Вина                     | $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$  |
| Постоянная Планка                   | $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$<br>$\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Постоянная Ридберга                 | $R = 2,07 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$<br>$R' = 1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$                               |
| Боровский радиус                    | $a = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м}$   |
| Комптоновская длина волны электрона | $\lambda_C = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$   |
| Магнетон Бора                       | $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ Дж}/\text{Тл}$  |
| Энергия ионизации атома водорода    | $E_i = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$  |
| Атомная единица массы               | $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   |
| Электрическая постоянная            | $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}/\text{м}$  |
| Магнитная постоянная                | $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн}/\text{м}$  |

## 7.2. Некоторые астрономические величины

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Радиус Земли                             | $6,37 \cdot 10^6$ м     |
| Масса Земли                              | $5,98 \cdot 10^{24}$ кг |
| Радиус Солнца                            | $6,95 \cdot 10^8$ м     |
| Масса Солнца                             | $1,98 \cdot 10^{30}$ кг |
| Радиус Луны                              | $1,74 \cdot 10^6$ м     |
| Масса Луны                               | $7,33 \cdot 10^{22}$ кг |
| Расстояние между центрами Земли и Солнца | $1,49 \cdot 10^{11}$ м  |
| Расстояние между центрами Земли и Луны   | $3,84 \cdot 10^8$ м     |

## 7.3. Плотность твердых тел и жидкостей

( $10^3$  кг/м<sup>3</sup> или г/см<sup>3</sup>)

| Твердые тела          |      | Жидкости (при 15° С)     |      |
|-----------------------|------|--------------------------|------|
| Алюминий              | 2,70 | Ацетон                   | 0,79 |
| Висмут                | 9,80 | Бензин                   | 0,7  |
| Вольфрам              | 19,3 | Вода (дистилл. при 4° С) | 1,00 |
| Железо (чугун, сталь) | 7,87 | Глицерин                 | 1,26 |
| Золото                | 19,3 | Керосин                  | 0,8  |
| Каменная соль         | 2,20 | Кислота серная           | 1,83 |
| Латунь                | 8,55 | Кислота уксусная         | 1,05 |
| Марганец              | 7,40 | Масло оливковое          | 0,9  |
| Медь                  | 8,93 | Масло касторовое         | 0,96 |
| Никель                | 8,80 | Нефть                    | 0,85 |
| Платина               | 21,4 | Ртуть                    | 13,6 |
| Свинец                | 11,3 | Сероуглерод              | 1,26 |
| Серебро               | 10,5 | Спирт                    | 0,8  |
| Уран                  | 18,7 | Эфир                     | 0,7  |

#### 7.4. Эффективный диаметр молекул, динамическая вязкость и теплопроводность газов при нормальных условиях

| Вещество  | Эффективный диаметр $d$ , нм | Динамическая вязкость $\eta$ , мкПа·с | Теплопроводность $\lambda$ , мВт/(м·К) |
|-----------|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Азот      | 0,38                         | 16,6                                  | 24,3                                   |
| Аргон     | 0,35                         | 21,5                                  | 16,2                                   |
| Водород   | 0,28                         | 8,66                                  | 168                                    |
| Воздух    | 0,27                         | 17,2                                  | 24,1                                   |
| Гелий     | 0,22                         | 18,9                                  | 142                                    |
| Кислород  | 0,36                         | 19,8                                  | 24,4                                   |
| Пары воды | 0,30                         | 8,32                                  | 15,8                                   |

#### 7.5. Динамическая вязкость $\eta$ жидкостей при 20° (мПа·с)

|                  |      |
|------------------|------|
| Ацетон           | 0,32 |
| Вода             | 1,00 |
| Глицерин         | 1480 |
| Масло касторовое | 987  |
| Масло машинное   | 100  |
| Ртуть            | 1,58 |

#### 7.6. Удельные теплоемкости некоторых твердых тел и жидкостей

| Вещество   | $c$ , Дж/(кг·К) | Вещество | $c$ , Дж/(кг·К) |
|------------|-----------------|----------|-----------------|
| Алюминий   | 920             | Чугун    | 550             |
| Латунь     | 380             | Цинк     | 400             |
| Лед (снег) | 2090            | Ацетон   | 2180            |
| Медь       | 380             | Бензин   | 2140            |
| Никель     | 460             | Вода     | 4187            |
| Олово      | 280             | Глицерин | 2430            |
| Свинец     | 120             | Масло    | 2093            |
| Сталь      | 470             | Эфир     | 2330            |



### 7.7. Удельная теплота парообразования (при температуре кипения)

| Вещество       | $T, K$ | $\lambda_v, 10^5 \text{ Дж/кг}$ |
|----------------|--------|---------------------------------|
| Ацетон         | 329,2  | 5,2                             |
| Бензин         | 423    | 3                               |
| Вода           | 373    | 22,6                            |
| Воздух         | 81     | 2,1                             |
| Глицерин       | 629,58 | 2,72                            |
| Этиловый спирт | 351    | 8,57                            |
| Эфир           | 308    | 3,52                            |

### 7.8. Удельная теплота плавления (при температуре плавления)

| Вещество   | $T, K$ | $\lambda_t, 10^4 \text{ Дж/кг}$ |
|------------|--------|---------------------------------|
| Алюминий   | 932    | 38                              |
| Вода (лед) | 273    | 33,5                            |
| Вольфрам   | 3683   | 2,6                             |
| Железо     | 1803   | 27                              |
| Медь       | 1356   | 18                              |
| Нафталин   | 353    | 15,1                            |
| Олово      | 505    | 5,8                             |
| Свинец     | 600    | 2,5                             |
| Цинк       | 692    | 11,8                            |
| Чугун      | 1423   | 9,7                             |

### 7.9. Диэлектрическая проницаемость $\epsilon_r$

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Вода                     | 81  |
| Воск                     | 2,9 |
| Масло (трансформаторное) | 2,2 |
| Парафин                  | 2,0 |
| Слюда                    | 7,6 |
| Стекло                   | 7,0 |
| Текстолит                | 8,0 |
| Фарфор                   | 5,0 |
| Эбонит                   | 3,0 |

### 7.10. Удельное сопротивление $\rho$ проводников при 20° С

| Вещество   | $\rho$ , нОм·м | Вещество | $\rho$ , нОм·м |
|------------|----------------|----------|----------------|
| Алюминий   | 26             | Медь     | 17             |
| Вольфрам   | 50             | Никель   | 68,4           |
| Графит     | 3900           | Нихром   | 1400           |
| Железо     | 98             | Хром     | 189            |
| Константан | 500            | Цинк     | 59,2           |

### 7.11. Показатель преломления $n$ некоторых веществ

|                |         |
|----------------|---------|
| Алмаз          | 2,42    |
| Ацетон         | 1,36    |
| Воздух         | 1,00029 |
| Вода           | 1,33    |
| Глицерин       | 1,47    |
| Масло коричное | 1,60    |
| Сероуглерод    | 1,63    |
| Скипидар       | 1,48    |
| Стекло         | 1,50    |

### 7.12. Работа выхода электронов из металла

| Металл   | $A$ , эВ | $A, 10^{-19}$ Дж | Металл  | $A$ , эВ | $A, 10^{-19}$ Дж |
|----------|----------|------------------|---------|----------|------------------|
| Алюминий | 3,74     | 5,98             | Медь    | 4,47     | 7,15             |
| Висмут   | 4,62     | 7,39             | Натрий  | 2,27     | 3,63             |
| Вольфрам | 4,50     | 7,2              | Никель  | 4,84     | 7,74             |
| Железо   | 4,36     | 6,98             | Платина | 5,29     | 8,46             |
| Золото   | 4,58     | 7,33             | Серебро | 4,28     | 6,85             |
| Калий    | 2,15     | 3,44             | Цезии   | 1,89     | 3,02             |
| Литий    | 2,39     | 3,82             | Цинк    | 3,74     | 5,98             |

### 7.13. Некоторые элементы периодической системы

(Z – порядковый номер элемента; A – относительная атомная масса химического элемента)

| Z  | Элемент  | Сим-вол | A    | Z  | Элемент  | Сим-вол | A    |
|----|----------|---------|------|----|----------|---------|------|
| 1  | Водород  | H       | 1,01 | 34 | Селен    | Se      | 79,0 |
| 2  | Гелий    | He      | 4,00 | 35 | Бром     | Br      | 79,9 |
| 3  | Литий    | Li      | 6,94 | 36 | Криптон  | Kr      | 83,8 |
| 4  | Бериллий | Be      | 9,01 | 37 | Рубидий  | Rb      | 85,5 |
| 5  | Бор      | B       | 10,8 | 38 | Стронций | Sr      | 87,6 |
| 6  | Углерод  | C       | 12,0 | 42 | Молибден | Mo      | 96,0 |
| 7  | Азот     | N       | 14,0 | 45 | Родий    | Rh      | 103  |
| 8  | Кислород | O       | 16,0 | 46 | Палладий | Pd      | 106  |
| 10 | Неон     | Ne      | 20,2 | 47 | Серебро  | Ag      | 108  |
| 11 | Натрий   | Na      | 23,0 | 48 | Кадмий   | Cd      | 112  |
| 12 | Магний   | Mg      | 24,4 | 49 | Индий    | In      | 115  |
| 13 | Алюминий | Al      | 27,0 | 50 | Олово    | Sn      | 119  |
| 14 | Кремний  | Si      | 28,1 | 53 | Йод      | I       | 127  |
| 15 | Фосфор   | P       | 31,0 | 54 | Ксенон   | Xe      | 131  |
| 16 | Сера     | S       | 32,1 | 55 | Цезий    | Cs      | 133  |
| 17 | Хлор     | Cl      | 35,5 | 56 | Барий    | Ba      | 137  |
| 18 | Аргон    | Ar      | 40,0 | 74 | Вольфрам | W       | 184  |
| 19 | Калий    | K       | 39,1 | 78 | Платина  | Pt      | 195  |
| 20 | Кальций  | Ca      | 40,1 | 79 | Золото   | Au      | 197  |
| 22 | Титан    | Ti      | 47,9 | 80 | Ртуть    | Hg      | 201  |
| 24 | Хром     | Cr      | 52,0 | 82 | Свинец   | Pb      | 207  |
| 25 | Марганец | Mn      | 54,9 | 83 | Висмут   | Bi      | 209  |
| 26 | Железо   | Fe      | 55,9 | 84 | Полоний  | Po      | 210  |
| 28 | Никель   | Ni      | 58,7 | 86 | Радон    | Rn      | 222  |
| 29 | Медь     | Cu      | 63,5 | 88 | Радий    | Ra      | 226  |
| 30 | Цинк     | Zn      | 65,4 | 89 | Актиний  | Ac      | 227  |
| 31 | Галлий   | Ga      | 69,7 | 90 | Торий    | Th      | 232  |
| 32 | Германий | Ge      | 72,6 | 92 | Уран     | U       | 238  |
| 33 | Мышьяк   | As      | 74,9 | 94 | Плутоний | Pu      | 244  |

### 7.14. Массы нейтральных атомов (а.е.м)

| Элемент  | Изотоп           | Масса    | Элемент  | Изотоп            | Масса     |
|----------|------------------|----------|----------|-------------------|-----------|
| Водород  | $^1\text{H}$     | 1,00783  | Азот     | $^{13}\text{N}$   | 13,00574  |
|          | $^2\text{H}$     | 2,01410  |          | $^{14}\text{N}$   | 14,00307  |
|          | $^3\text{H}$     | 3,01605  |          | $^{15}\text{N}$   | 15,00011  |
| Гелий    | $^3\text{He}$    | 3,01603  | Кислород | $^{16}\text{O}$   | 15,99491  |
|          | $^4\text{He}$    | 4,00260  |          | $^{17}\text{O}$   | 16,99913  |
| Литий    | $^6\text{Li}$    | 6,01513  |          | $^{18}\text{O}$   | 17,99916  |
|          | $^7\text{Li}$    | 7,01601  | Фтор     | $^{19}\text{F}$   | 18,99840  |
| Бериллий | $^7\text{Be}$    | 7,01693  | Натрий   | $^{22}\text{Na}$  | 21,99444  |
|          | $^9\text{Be}$    | 9,01219  |          | $^{23}\text{Na}$  | 22,98977  |
|          | $^{10}\text{Be}$ | 10,01354 | Магний   | $^{23}\text{Mg}$  | 22,99414  |
| Бор      | $^9\text{B}$     | 9,01333  | Алюминий | $^{30}\text{Al}$  | 29,99817  |
|          | $^{10}\text{B}$  | 10,01294 | Кремний  | $^{31}\text{Si}$  | 30,97535  |
|          | $^{11}\text{B}$  | 11,00931 | Фосфор   | $^{31}\text{P}$   | 30,97376  |
| Углерод  | $^{10}\text{C}$  | 10,00168 | Калий    | $^{41}\text{K}$   | 40,96184  |
|          | $^{12}\text{C}$  | 12,00000 | Кальций  | $^{44}\text{Ca}$  | 43,95549  |
|          | $^{13}\text{C}$  | 13,00335 | Свинец   | $^{206}\text{Pb}$ | 205,97446 |
|          | $^{14}\text{C}$  | 14,00324 | Полоний  | $^{210}\text{Po}$ | 209,98297 |

### 7.15. Масса и энергия покоя некоторых элементарных частиц и легких ядер

| Частица                   | Масса                  |                      | Энергия               |                   |
|---------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
|                           | $m_0, \text{kg}$       | $m_0, \text{а.е.м.}$ | $E_0, \text{Дж}$      | $E_0, \text{МэВ}$ |
| Электрон                  | $9,11 \cdot 10^{-31}$  | 0,00055              | $8,16 \cdot 10^{-14}$ | 0,511             |
| Нейтральный $\pi$ - мезон | $2,41 \cdot 10^{-28}$  | 0,14526              | $2,16 \cdot 10^{-11}$ | 135               |
| Протон                    | $1,672 \cdot 10^{-27}$ | 1,00728              | $1,50 \cdot 10^{-10}$ | 938               |
| Нейтрон                   | $1,675 \cdot 10^{-27}$ | 1,00867              | $1,51 \cdot 10^{-10}$ | 939               |
| Дейтрон                   | $3,35 \cdot 10^{-27}$  | 2,01355              | $3,00 \cdot 10^{-10}$ | 1876              |
| $\alpha$ - частица        | $6,64 \cdot 10^{-27}$  | 4,00149              | $5,96 \cdot 10^{-10}$ | 3733              |

### 7.16. Период полураспада $T_{1/2}$ радиоактивных изотопов

| Изотоп                            | Тип распада         | $T_{1/2}$             | Изотоп                            | Тип распада      | $T_{1/2}$               |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------|
| Актиний<br>$^{225}_{89}\text{Ac}$ | $\alpha$            | 10 сут.               | Радон<br>$^{222}_{86}\text{Rn}$   | $\alpha$         | 3,8 сут.                |
| Йод<br>$^{131}_{53}\text{I}$      | $\beta^{-}, \gamma$ | 8 сут.                | Стронций<br>$^{90}_{38}\text{Sr}$ | $\beta^{-}$      | 28 лет                  |
| Иридий<br>$^{192}_{77}\text{Ir}$  | $\beta^{-}, \gamma$ | 75 сут.               | Торий<br>$^{229}_{90}\text{Th}$   | $\alpha, \gamma$ | $7 \cdot 10^3$ лет      |
| Кобальт<br>$^{60}_{27}\text{Co}$  | $\beta^{-}, \gamma$ | 5,3 года              | Торий<br>$^{232}_{90}\text{Th}$   | $\alpha$         | $1,4 \cdot 10^{10}$ лет |
| Магний<br>$^{27}_{12}\text{Mg}$   | $\beta^{-}$         | 10 мин.               | Уран<br>$^{238}_{92}\text{U}$     | $\alpha, \gamma$ | $4,5 \cdot 10^9$ лет    |
| Радий<br>$^{219}_{88}\text{Ra}$   | $\alpha$            | $10^{-3}$ с           | Фосфор<br>$^{32}_{15}\text{P}$    | $\beta^{-}$      | 14,3 сут.               |
| Радий<br>$^{226}_{88}\text{Ra}$   | $\alpha, \gamma$    | $1,62 \cdot 10^3$ лет | Натрий<br>$^{22}_{11}\text{Na}$   | $\gamma$         | 2,6 года                |

### 7.17. Некоторые внесистемные единицы

|   |  |
|---|--|
| 1 год = $3,11 \cdot 10^7$ с             | $1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ м                       |
| 1 атм = 101,3 кПа =<br>= 760 мм рт. ст. | 1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж                     |
| 1 бар = 100 кПа                         | 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг                |
| 1 мм рт. ст. = 133,3 Па                 | 1 Ки (кюри) = $3,70 \cdot 10^{10}$ расп./с         |
| 1 кал = 4,18 Дж                         | $1^\circ = \pi/180$ рад = $1,75 \cdot 10^{-2}$ рад |

## 8. Полезные математические формулы

### 8.1. Основные тригонометрические формулы

|  |   |
|--|---|
| $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta;$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \pm \sin \alpha \sin \beta;$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$   |   |
| $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$  | $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}.$  |
| $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}};$  | $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}.$   |
| $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha;$ $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha};$   | $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha;$ $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}.$ |
| $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \sin \beta}.$ |   |
| $2 \sin \alpha \sin \beta = \cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta);$ $2 \cos \alpha \cos \beta = \cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta);$ $2 \sin \alpha \cos \beta = \sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta).$  |   |
| $\operatorname{sh} \alpha = \frac{(e^\alpha - e^{-\alpha})}{2}; \quad \operatorname{ch} \alpha = \frac{(e^\alpha + e^{-\alpha})}{2}; \quad \operatorname{th} \alpha = \frac{\operatorname{sh} \alpha}{\operatorname{ch} \alpha}; \quad \operatorname{cth} \alpha = \frac{1}{\operatorname{th} \alpha}.$  |   |

## 8.2. Формулы для приближенных вычислений

Если  $a \ll 1$ , тогда:

$$\begin{aligned} \frac{1}{1 \pm a} &\approx 1 \mp a; & \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} &\approx 1 \mp \frac{1}{2}a; \\ (1 \pm a)^n &\approx 1 \pm na; & e^a &\approx 1 + a; \\ \sqrt{1 \pm a} &\approx 1 \pm \frac{1}{2}a; & \ln(1 + a) &\approx a. \end{aligned}$$

Для малых углов  $\alpha$ , выраженных в радианах, справедливы соотношения:

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha, \quad \cos \alpha \approx 1.$$

## 8.3. Значения некоторых определенных интегралов

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-(ax)^m} dx = \frac{1}{ma^{n+1}} \Gamma\left(\frac{n+1}{m}\right), \quad n+1, a, m > 0.$$

Для целых положительных значений  $n$  специальная функция  $\Gamma(n)$  имеет следующие свойства:

$$\Gamma(n+1) = n\Gamma(n); \quad \Gamma(n) = (n-1)!;$$

$$\Gamma(1) = \Gamma(2) = 1; \quad \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}; \quad \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2};$$

$$\Gamma\left(n + \frac{1}{2}\right) = 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-3)(2n-1) \frac{\sqrt{\pi}}{2^n}.$$

$$\int_0^{\infty} \frac{x^n dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 2,31, & n=1/2 \\ \pi^2/6, & n=1 \\ 2,405, & n=2 \\ \pi^4/15, & n=3 \\ 24,9, & n=4 \end{cases} \quad \int_0^a \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 0,225, & a=1 \\ 1,18, & a=2 \\ 2,56, & a=3 \\ 4,91, & a=5 \\ 6,43, & a=10 \end{cases}$$

## 9. Десятичные приставки и названия единиц

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

## 10. Греческий алфавит

|                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| Α, α - альфа   | Ι, ι - йота    | Ρ, ρ - ро      |
| Β, β - бета    | Κ, κ - каппа   | Σ, σ - сигма   |
| Γ, γ - гамма   | Λ, λ - ламбда  | Τ, τ - тау     |
| Δ, δ - дельта  | Μ, μ - мю      | Υ, υ - ипсилон |
| Ε, ε - эпсилон | Ν, ν - ню      | Φ, φ - фи      |
| Ζ, ζ - дзета   | Ξ, ξ - кси     | Χ, χ - хи      |
| Η, η - эта     | Ο, ο - омикрон | Ψ, ψ - пси     |
| Θ, θ, θ - тэта | Π, π - пи      | Ω, ω - омега   |



## 11. Таблица вариантов индивидуальных работ для студентов заочного отделения

Номер варианта выбирается студентом согласно последним двум цифрам зачетки. Количество индивидуальных работ определяется в соответствии с учебным планом факультета. Содержание каждой работы определяется преподавателем указанием столбцов, из которых берутся номера задач для решения. Например, если номер зачетки 004505, то студент выбирает вариант 05. Если учебный план предусматривает 2 индивидуальные контрольные работы, то при указании преподавателем столбцов 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 для Контрольной работы №1, и 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27 для Контрольной работы №2, студент решает задачи: **Контрольная работа №1 (5, 37, 69, 101, 133, 165, 197, 229); Контрольная работа №2 (261, 293 325, 341, 357, 373, 389, 421)**. На факультетах, где предусмотрена только одна контрольная работа при указании преподавателем столбцов 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 студент с тем же вариантом 05 решает задачи **5, 37, 85, 133, 181, 229, 277, 325, 373**.

| Вариант | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|---------|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 01      | 1 | 17 | 33 | 49 | 65 | 81 | 97  | 113 | 129 | 145 | 161 | 177 | 193 | 209 | 225 | 241 | 257 | 273 | 289 | 305 | 321 | 337 | 353 | 369 | 385 | 401 | 417 |
| 02      | 2 | 18 | 34 | 50 | 66 | 82 | 98  | 114 | 130 | 146 | 162 | 178 | 194 | 210 | 226 | 242 | 258 | 274 | 290 | 306 | 322 | 338 | 354 | 370 | 386 | 402 | 418 |
| 03      | 3 | 19 | 35 | 51 | 67 | 83 | 99  | 115 | 131 | 147 | 163 | 179 | 195 | 211 | 227 | 243 | 259 | 275 | 291 | 307 | 323 | 339 | 355 | 371 | 387 | 403 | 419 |
| 04      | 4 | 20 | 36 | 52 | 68 | 84 | 100 | 116 | 132 | 148 | 164 | 180 | 196 | 212 | 228 | 244 | 260 | 276 | 292 | 308 | 324 | 340 | 356 | 372 | 388 | 404 | 420 |
| 05      | 5 | 21 | 37 | 53 | 69 | 85 | 101 | 117 | 133 | 149 | 165 | 181 | 197 | 213 | 229 | 245 | 261 | 277 | 293 | 309 | 325 | 341 | 357 | 373 | 389 | 405 | 421 |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 06 | 6  | 22 | 38 | 54 | 70 | 86 | 102 | 118 | 134 | 150 | 166 | 182 | 198 | 214 | 230 | 246 | 262 | 278 | 294 | 310 | 326 | 342 | 358 | 374 | 390 | 406 | 422 |
| 07 | 7  | 23 | 39 | 55 | 71 | 87 | 103 | 119 | 135 | 151 | 167 | 183 | 199 | 215 | 231 | 247 | 263 | 279 | 295 | 311 | 327 | 343 | 359 | 375 | 391 | 407 | 423 |
| 08 | 8  | 24 | 40 | 56 | 72 | 88 | 104 | 120 | 136 | 152 | 168 | 184 | 200 | 216 | 232 | 248 | 264 | 280 | 296 | 312 | 328 | 344 | 360 | 376 | 392 | 408 | 424 |
| 09 | 9  | 25 | 41 | 57 | 73 | 89 | 105 | 121 | 137 | 153 | 169 | 185 | 201 | 217 | 233 | 249 | 265 | 281 | 297 | 313 | 329 | 345 | 361 | 377 | 393 | 409 | 425 |
| 10 | 10 | 26 | 42 | 58 | 74 | 90 | 106 | 122 | 138 | 154 | 170 | 186 | 202 | 218 | 234 | 250 | 266 | 282 | 298 | 314 | 330 | 346 | 362 | 378 | 394 | 410 | 426 |
| 11 | 11 | 27 | 43 | 59 | 75 | 91 | 107 | 123 | 139 | 155 | 171 | 187 | 203 | 219 | 235 | 251 | 267 | 283 | 299 | 315 | 331 | 347 | 363 | 379 | 395 | 411 | 427 |
| 12 | 12 | 28 | 44 | 60 | 76 | 92 | 108 | 124 | 140 | 156 | 172 | 188 | 204 | 220 | 236 | 252 | 268 | 284 | 300 | 316 | 332 | 348 | 364 | 380 | 396 | 412 | 428 |
| 13 | 13 | 29 | 45 | 61 | 77 | 93 | 109 | 125 | 141 | 157 | 173 | 189 | 205 | 221 | 237 | 253 | 269 | 285 | 301 | 317 | 333 | 349 | 365 | 381 | 397 | 413 | 429 |
| 14 | 14 | 30 | 46 | 62 | 78 | 94 | 110 | 126 | 142 | 158 | 174 | 190 | 206 | 222 | 238 | 254 | 270 | 286 | 302 | 318 | 334 | 350 | 366 | 382 | 398 | 414 | 430 |
| 15 | 15 | 31 | 47 | 63 | 79 | 95 | 111 | 127 | 143 | 159 | 175 | 191 | 207 | 223 | 239 | 255 | 271 | 287 | 303 | 319 | 335 | 351 | 367 | 383 | 399 | 415 | 431 |
| 16 | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 | 96 | 112 | 128 | 144 | 160 | 176 | 192 | 208 | 224 | 240 | 256 | 272 | 288 | 304 | 320 | 336 | 352 | 368 | 384 | 400 | 416 | 432 |
| 17 | 1  | 18 | 35 | 52 | 69 | 86 | 103 | 120 | 137 | 154 | 171 | 188 | 205 | 222 | 239 | 242 | 257 | 275 | 292 | 309 | 326 | 343 | 360 | 377 | 394 | 411 | 428 |
| 18 | 2  | 19 | 36 | 53 | 70 | 87 | 104 | 121 | 138 | 155 | 172 | 189 | 206 | 223 | 240 | 243 | 258 | 276 | 293 | 310 | 327 | 344 | 361 | 378 | 395 | 412 | 429 |
| 19 | 3  | 20 | 37 | 54 | 71 | 88 | 105 | 122 | 139 | 156 | 173 | 190 | 207 | 224 | 225 | 244 | 259 | 277 | 294 | 311 | 328 | 345 | 362 | 379 | 396 | 413 | 430 |
| 20 | 4  | 21 | 38 | 55 | 72 | 89 | 106 | 123 | 140 | 157 | 174 | 191 | 208 | 209 | 226 | 245 | 260 | 278 | 295 | 312 | 329 | 346 | 363 | 380 | 397 | 414 | 431 |
| 21 | 5  | 22 | 39 | 56 | 73 | 90 | 107 | 124 | 141 | 158 | 175 | 192 | 193 | 210 | 227 | 246 | 261 | 279 | 296 | 313 | 330 | 347 | 364 | 381 | 398 | 415 | 432 |
| 22 | 6  | 23 | 40 | 57 | 74 | 91 | 108 | 125 | 142 | 159 | 176 | 177 | 194 | 211 | 228 | 247 | 262 | 280 | 297 | 314 | 331 | 348 | 365 | 382 | 399 | 416 | 417 |
| 23 | 7  | 24 | 41 | 58 | 75 | 92 | 109 | 126 | 143 | 160 | 161 | 178 | 195 | 212 | 229 | 248 | 263 | 281 | 298 | 315 | 332 | 349 | 366 | 383 | 400 | 401 | 418 |
| 24 | 8  | 25 | 42 | 59 | 76 | 93 | 110 | 127 | 144 | 145 | 162 | 179 | 196 | 213 | 230 | 249 | 264 | 282 | 299 | 316 | 333 | 350 | 367 | 384 | 385 | 402 | 419 |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 25 | 9  | 26 | 43 | 60 | 77 | 94 | 111 | 128 | 129 | 146 | 163 | 180 | 197 | 214 | 231 | 250 | 265 | 283 | 300 | 317 | 334 | 351 | 368 | 369 | 386 | 403 | 420 |
| 26 | 10 | 27 | 44 | 61 | 78 | 95 | 112 | 113 | 130 | 147 | 164 | 181 | 198 | 215 | 232 | 251 | 266 | 284 | 301 | 318 | 335 | 352 | 353 | 370 | 387 | 404 | 421 |
| 27 | 11 | 28 | 45 | 62 | 79 | 96 | 97  | 114 | 131 | 148 | 165 | 182 | 199 | 216 | 233 | 252 | 267 | 285 | 302 | 319 | 336 | 337 | 354 | 371 | 388 | 405 | 422 |
| 28 | 12 | 29 | 46 | 63 | 80 | 81 | 98  | 115 | 132 | 149 | 166 | 183 | 200 | 217 | 234 | 253 | 268 | 286 | 303 | 320 | 321 | 338 | 355 | 372 | 389 | 406 | 423 |
| 29 | 13 | 30 | 47 | 64 | 65 | 82 | 99  | 116 | 133 | 150 | 167 | 184 | 201 | 218 | 235 | 254 | 269 | 287 | 304 | 305 | 322 | 339 | 356 | 373 | 390 | 407 | 424 |
| 30 | 14 | 31 | 48 | 49 | 66 | 83 | 100 | 117 | 134 | 151 | 168 | 185 | 202 | 219 | 236 | 255 | 270 | 288 | 289 | 306 | 323 | 340 | 357 | 374 | 391 | 408 | 425 |
| 31 | 15 | 32 | 34 | 50 | 67 | 84 | 101 | 118 | 135 | 152 | 169 | 186 | 203 | 220 | 237 | 256 | 271 | 273 | 290 | 307 | 324 | 341 | 358 | 375 | 392 | 409 | 426 |
| 32 | 16 | 17 | 35 | 51 | 68 | 85 | 102 | 119 | 136 | 153 | 170 | 187 | 204 | 221 | 238 | 241 | 272 | 274 | 291 | 308 | 325 | 342 | 359 | 376 | 393 | 410 | 427 |
| 33 | 1  | 19 | 37 | 55 | 73 | 91 | 109 | 127 | 129 | 147 | 165 | 183 | 201 | 219 | 237 | 255 | 257 | 275 | 293 | 311 | 329 | 347 | 365 | 383 | 385 | 403 | 421 |
| 34 | 2  | 20 | 38 | 56 | 74 | 92 | 110 | 128 | 130 | 148 | 166 | 184 | 202 | 220 | 238 | 256 | 258 | 276 | 294 | 312 | 330 | 348 | 366 | 384 | 386 | 404 | 422 |
| 35 | 3  | 21 | 39 | 57 | 75 | 93 | 111 | 113 | 131 | 149 | 167 | 185 | 203 | 221 | 239 | 241 | 259 | 277 | 295 | 313 | 331 | 349 | 367 | 370 | 387 | 405 | 423 |
| 36 | 4  | 22 | 40 | 58 | 76 | 94 | 112 | 114 | 132 | 150 | 168 | 186 | 204 | 222 | 240 | 242 | 260 | 278 | 296 | 314 | 332 | 350 | 368 | 371 | 388 | 406 | 424 |
| 37 | 5  | 23 | 41 | 59 | 77 | 95 | 97  | 115 | 133 | 151 | 169 | 187 | 205 | 223 | 225 | 243 | 261 | 279 | 297 | 315 | 333 | 351 | 353 | 372 | 389 | 407 | 425 |
| 38 | 6  | 24 | 42 | 60 | 78 | 96 | 98  | 116 | 134 | 152 | 170 | 188 | 206 | 224 | 226 | 244 | 262 | 280 | 298 | 316 | 334 | 352 | 354 | 373 | 390 | 408 | 426 |
| 39 | 7  | 25 | 43 | 61 | 79 | 81 | 99  | 117 | 135 | 153 | 171 | 189 | 207 | 209 | 227 | 245 | 263 | 281 | 299 | 317 | 335 | 337 | 355 | 374 | 391 | 409 | 427 |
| 40 | 8  | 26 | 44 | 62 | 80 | 82 | 100 | 118 | 136 | 154 | 172 | 190 | 208 | 210 | 228 | 246 | 264 | 282 | 300 | 318 | 336 | 338 | 356 | 375 | 392 | 410 | 428 |
| 41 | 9  | 27 | 45 | 63 | 65 | 83 | 101 | 119 | 137 | 155 | 173 | 191 | 193 | 211 | 229 | 247 | 265 | 283 | 301 | 319 | 321 | 339 | 357 | 376 | 393 | 411 | 429 |
| 42 | 10 | 28 | 46 | 64 | 66 | 84 | 102 | 120 | 138 | 156 | 174 | 192 | 194 | 212 | 230 | 248 | 266 | 284 | 302 | 320 | 322 | 340 | 358 | 377 | 394 | 412 | 430 |
| 43 | 11 | 29 | 47 | 49 | 67 | 85 | 103 | 121 | 139 | 157 | 175 | 177 | 195 | 213 | 231 | 249 | 267 | 285 | 303 | 305 | 323 | 341 | 359 | 378 | 395 | 413 | 431 |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 44 | 12 | 30 | 48 | 50 | 68 | 86 | 104 | 122 | 140 | 158 | 176 | 178 | 196 | 214 | 232 | 250 | 268 | 286 | 304 | 306 | 324 | 342 | 360 | 379 | 396 | 414 | 432 |
| 45 | 13 | 31 | 33 | 51 | 69 | 87 | 105 | 123 | 141 | 159 | 161 | 179 | 197 | 215 | 233 | 251 | 269 | 287 | 289 | 307 | 325 | 343 | 361 | 380 | 397 | 415 | 417 |
| 46 | 14 | 32 | 34 | 52 | 70 | 88 | 106 | 124 | 142 | 160 | 162 | 180 | 198 | 216 | 234 | 252 | 270 | 288 | 290 | 308 | 326 | 344 | 362 | 381 | 398 | 416 | 418 |
| 47 | 15 | 17 | 35 | 53 | 71 | 89 | 107 | 125 | 143 | 145 | 163 | 181 | 199 | 217 | 235 | 253 | 271 | 273 | 291 | 309 | 327 | 345 | 363 | 382 | 399 | 401 | 419 |
| 48 | 16 | 18 | 36 | 54 | 72 | 90 | 108 | 126 | 144 | 146 | 164 | 182 | 200 | 218 | 236 | 254 | 272 | 274 | 292 | 310 | 328 | 346 | 364 | 383 | 400 | 402 | 420 |
| 49 | 1  | 20 | 39 | 58 | 77 | 96 | 99  | 118 | 137 | 156 | 175 | 178 | 197 | 216 | 235 | 254 | 257 | 276 | 295 | 314 | 333 | 352 | 355 | 374 | 393 | 412 | 431 |
| 50 | 2  | 21 | 40 | 59 | 78 | 81 | 100 | 119 | 138 | 157 | 176 | 179 | 198 | 217 | 236 | 255 | 258 | 277 | 296 | 315 | 334 | 337 | 356 | 375 | 394 | 413 | 432 |
| 51 | 3  | 22 | 41 | 60 | 79 | 82 | 101 | 120 | 139 | 158 | 161 | 180 | 199 | 218 | 237 | 256 | 259 | 278 | 297 | 316 | 335 | 338 | 357 | 376 | 395 | 414 | 417 |
| 52 | 4  | 23 | 42 | 61 | 80 | 83 | 102 | 121 | 140 | 159 | 162 | 181 | 200 | 219 | 238 | 241 | 260 | 279 | 298 | 317 | 336 | 339 | 358 | 377 | 396 | 415 | 418 |
| 53 | 5  | 24 | 43 | 62 | 65 | 84 | 103 | 122 | 141 | 160 | 163 | 182 | 201 | 220 | 239 | 242 | 261 | 280 | 299 | 318 | 321 | 340 | 359 | 378 | 397 | 416 | 419 |
| 54 | 6  | 25 | 44 | 63 | 66 | 85 | 104 | 123 | 142 | 145 | 164 | 183 | 202 | 221 | 240 | 243 | 262 | 281 | 300 | 319 | 322 | 341 | 360 | 379 | 398 | 401 | 420 |
| 55 | 7  | 26 | 45 | 64 | 67 | 86 | 105 | 124 | 143 | 146 | 165 | 184 | 203 | 222 | 225 | 244 | 263 | 282 | 301 | 320 | 323 | 342 | 361 | 380 | 399 | 402 | 421 |
| 56 | 8  | 27 | 46 | 49 | 68 | 87 | 106 | 125 | 144 | 147 | 166 | 185 | 204 | 223 | 226 | 245 | 264 | 283 | 302 | 305 | 324 | 343 | 362 | 381 | 400 | 403 | 422 |
| 57 | 9  | 28 | 47 | 50 | 69 | 88 | 107 | 126 | 129 | 148 | 167 | 186 | 205 | 224 | 227 | 246 | 265 | 284 | 303 | 306 | 325 | 344 | 363 | 382 | 385 | 404 | 423 |
| 58 | 10 | 29 | 48 | 51 | 70 | 89 | 108 | 127 | 130 | 149 | 168 | 187 | 206 | 209 | 228 | 247 | 266 | 285 | 304 | 307 | 326 | 345 | 364 | 383 | 386 | 405 | 424 |
| 59 | 11 | 30 | 33 | 52 | 71 | 90 | 109 | 128 | 131 | 150 | 169 | 188 | 207 | 210 | 229 | 248 | 267 | 286 | 289 | 308 | 327 | 346 | 365 | 384 | 387 | 406 | 425 |
| 60 | 12 | 31 | 34 | 53 | 72 | 91 | 110 | 113 | 132 | 151 | 170 | 189 | 208 | 211 | 230 | 249 | 268 | 287 | 290 | 309 | 328 | 347 | 366 | 369 | 388 | 407 | 426 |
| 61 | 13 | 32 | 35 | 54 | 73 | 92 | 111 | 114 | 133 | 152 | 171 | 190 | 193 | 212 | 231 | 250 | 269 | 288 | 291 | 310 | 329 | 348 | 367 | 370 | 389 | 408 | 427 |
| 62 | 14 | 17 | 36 | 55 | 74 | 93 | 112 | 115 | 134 | 153 | 172 | 191 | 194 | 213 | 232 | 251 | 270 | 273 | 292 | 311 | 330 | 349 | 368 | 371 | 390 | 409 | 428 |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 63 | 15 | 18 | 37 | 56 | 75 | 94 | 97  | 116 | 135 | 154 | 173 | 192 | 195 | 214 | 233 | 252 | 271 | 274 | 293 | 312 | 331 | 350 | 353 | 372 | 391 | 410 | 429 |
| 64 | 16 | 19 | 38 | 57 | 76 | 95 | 98  | 117 | 136 | 155 | 174 | 177 | 196 | 215 | 234 | 253 | 272 | 275 | 294 | 313 | 332 | 351 | 354 | 373 | 392 | 411 | 430 |
| 65 | 1  | 22 | 43 | 64 | 69 | 90 | 111 | 116 | 137 | 158 | 163 | 184 | 205 | 210 | 231 | 252 | 257 | 278 | 299 | 320 | 325 | 346 | 367 | 372 | 393 | 414 | 419 |
| 66 | 2  | 23 | 44 | 49 | 70 | 91 | 112 | 117 | 138 | 159 | 164 | 185 | 206 | 211 | 232 | 253 | 258 | 279 | 300 | 305 | 326 | 347 | 368 | 373 | 394 | 415 | 420 |
| 67 | 3  | 24 | 45 | 50 | 71 | 92 | 97  | 118 | 139 | 160 | 165 | 186 | 207 | 212 | 233 | 254 | 259 | 280 | 301 | 306 | 327 | 348 | 353 | 374 | 395 | 416 | 421 |
| 68 | 4  | 25 | 46 | 51 | 72 | 93 | 98  | 119 | 140 | 145 | 166 | 187 | 208 | 213 | 234 | 255 | 260 | 281 | 302 | 307 | 328 | 349 | 354 | 375 | 396 | 401 | 422 |
| 69 | 5  | 26 | 47 | 52 | 73 | 94 | 99  | 120 | 141 | 146 | 167 | 188 | 193 | 214 | 235 | 256 | 261 | 282 | 303 | 308 | 329 | 350 | 355 | 376 | 397 | 402 | 423 |
| 70 | 6  | 27 | 48 | 53 | 74 | 95 | 100 | 121 | 142 | 147 | 168 | 189 | 194 | 215 | 236 | 241 | 262 | 283 | 304 | 309 | 330 | 351 | 356 | 377 | 398 | 403 | 424 |
| 71 | 7  | 28 | 33 | 54 | 75 | 96 | 101 | 122 | 143 | 148 | 169 | 190 | 195 | 216 | 237 | 242 | 263 | 284 | 289 | 310 | 331 | 352 | 357 | 378 | 399 | 404 | 425 |
| 72 | 8  | 29 | 34 | 55 | 76 | 81 | 102 | 123 | 144 | 149 | 170 | 191 | 196 | 217 | 238 | 243 | 264 | 285 | 290 | 311 | 332 | 337 | 358 | 379 | 400 | 405 | 426 |
| 73 | 9  | 30 | 35 | 56 | 77 | 82 | 103 | 124 | 129 | 150 | 171 | 192 | 197 | 218 | 239 | 244 | 265 | 286 | 291 | 312 | 333 | 338 | 359 | 380 | 385 | 406 | 427 |
| 74 | 10 | 31 | 36 | 57 | 78 | 83 | 104 | 125 | 130 | 151 | 172 | 177 | 198 | 219 | 240 | 245 | 266 | 287 | 292 | 313 | 334 | 339 | 360 | 381 | 386 | 407 | 428 |
| 75 | 11 | 32 | 37 | 58 | 79 | 84 | 105 | 126 | 131 | 152 | 173 | 178 | 199 | 220 | 225 | 246 | 267 | 288 | 293 | 314 | 335 | 340 | 361 | 382 | 387 | 408 | 429 |
| 76 | 12 | 17 | 38 | 59 | 80 | 85 | 106 | 127 | 132 | 153 | 174 | 179 | 200 | 221 | 226 | 247 | 268 | 273 | 294 | 315 | 336 | 341 | 362 | 383 | 388 | 409 | 430 |
| 77 | 13 | 18 | 39 | 60 | 65 | 86 | 107 | 128 | 133 | 154 | 175 | 180 | 201 | 222 | 227 | 248 | 269 | 274 | 295 | 316 | 321 | 342 | 363 | 384 | 389 | 410 | 431 |
| 78 | 14 | 19 | 40 | 61 | 66 | 87 | 108 | 113 | 134 | 155 | 176 | 181 | 202 | 223 | 228 | 249 | 270 | 275 | 296 | 317 | 322 | 343 | 364 | 369 | 390 | 411 | 432 |
| 79 | 15 | 20 | 41 | 62 | 67 | 88 | 109 | 114 | 135 | 156 | 161 | 182 | 203 | 224 | 229 | 250 | 271 | 276 | 297 | 318 | 323 | 344 | 365 | 370 | 391 | 412 | 417 |
| 80 | 16 | 21 | 42 | 63 | 68 | 89 | 110 | 115 | 136 | 157 | 162 | 183 | 204 | 209 | 230 | 251 | 272 | 277 | 298 | 319 | 324 | 345 | 366 | 371 | 392 | 413 | 418 |
| 81 | 1  | 24 | 47 | 54 | 77 | 84 | 107 | 114 | 137 | 160 | 167 | 190 | 197 | 220 | 227 | 250 | 257 | 280 | 303 | 310 | 333 | 340 | 363 | 370 | 393 | 416 | 423 |

|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  |
|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 82 | 2  | 25 | 48 | 55 | 78 | 85 | 108 | 115 | 138 | 145 | 168 | 191 | 198 | 221 | 228 | 251 | 258 | 281 | 304 | 311 | 334 | 341 | 364 | 371 | 394 | 401 | 424 |
| 83 | 3  | 26 | 33 | 56 | 79 | 86 | 109 | 116 | 139 | 146 | 169 | 192 | 199 | 222 | 229 | 252 | 259 | 282 | 289 | 312 | 335 | 342 | 365 | 372 | 395 | 402 | 425 |
| 84 | 4  | 27 | 34 | 57 | 80 | 87 | 110 | 117 | 140 | 147 | 170 | 177 | 200 | 223 | 230 | 253 | 260 | 283 | 290 | 313 | 336 | 343 | 366 | 373 | 396 | 403 | 426 |
| 85 | 5  | 28 | 35 | 58 | 65 | 88 | 111 | 118 | 141 | 148 | 171 | 178 | 201 | 224 | 231 | 254 | 261 | 284 | 291 | 314 | 321 | 344 | 367 | 374 | 397 | 404 | 427 |
| 86 | 6  | 29 | 36 | 59 | 66 | 89 | 112 | 119 | 142 | 149 | 172 | 179 | 202 | 209 | 232 | 255 | 262 | 285 | 292 | 315 | 322 | 345 | 368 | 375 | 398 | 405 | 428 |
| 87 | 7  | 30 | 37 | 60 | 67 | 90 | 97  | 120 | 143 | 150 | 173 | 180 | 203 | 210 | 233 | 256 | 263 | 286 | 293 | 316 | 323 | 347 | 353 | 376 | 399 | 406 | 429 |
| 88 | 8  | 31 | 38 | 61 | 68 | 91 | 98  | 121 | 144 | 151 | 174 | 181 | 204 | 211 | 234 | 241 | 264 | 287 | 294 | 317 | 324 | 348 | 354 | 377 | 400 | 407 | 430 |
| 89 | 9  | 32 | 39 | 62 | 69 | 92 | 99  | 122 | 129 | 152 | 175 | 182 | 205 | 212 | 235 | 242 | 265 | 288 | 295 | 318 | 325 | 349 | 355 | 378 | 385 | 408 | 431 |
| 90 | 10 | 17 | 40 | 63 | 70 | 93 | 100 | 123 | 130 | 153 | 176 | 183 | 206 | 213 | 236 | 243 | 266 | 273 | 296 | 319 | 326 | 350 | 356 | 379 | 386 | 409 | 432 |
| 91 | 11 | 18 | 41 | 64 | 71 | 94 | 101 | 124 | 131 | 154 | 161 | 184 | 207 | 214 | 236 | 244 | 267 | 274 | 297 | 320 | 327 | 351 | 357 | 380 | 387 | 410 | 417 |
| 92 | 12 | 19 | 42 | 49 | 72 | 95 | 102 | 125 | 132 | 155 | 162 | 185 | 208 | 215 | 237 | 245 | 268 | 275 | 298 | 305 | 328 | 352 | 358 | 381 | 388 | 411 | 418 |
| 93 | 13 | 20 | 43 | 50 | 73 | 96 | 103 | 126 | 133 | 156 | 163 | 186 | 193 | 216 | 238 | 246 | 269 | 276 | 299 | 306 | 329 | 337 | 359 | 382 | 389 | 412 | 419 |
| 94 | 14 | 21 | 44 | 51 | 74 | 81 | 104 | 127 | 134 | 157 | 164 | 187 | 194 | 217 | 239 | 247 | 270 | 277 | 300 | 307 | 330 | 338 | 360 | 383 | 390 | 413 | 420 |
| 95 | 15 | 22 | 45 | 52 | 75 | 82 | 105 | 128 | 135 | 158 | 165 | 188 | 195 | 218 | 240 | 248 | 271 | 278 | 301 | 308 | 331 | 339 | 361 | 384 | 391 | 414 | 421 |
| 96 | 16 | 23 | 46 | 53 | 76 | 83 | 106 | 113 | 136 | 159 | 166 | 189 | 196 | 219 | 225 | 249 | 272 | 279 | 302 | 309 | 332 | 340 | 362 | 369 | 392 | 415 | 422 |
| 97 | 1  | 28 | 39 | 50 | 77 | 88 | 99  | 126 | 137 | 148 | 175 | 186 | 197 | 224 | 235 | 246 | 257 | 284 | 295 | 306 | 333 | 344 | 355 | 382 | 393 | 404 | 431 |
| 98 | 2  | 29 | 40 | 51 | 78 | 89 | 100 | 127 | 138 | 149 | 176 | 187 | 198 | 209 | 236 | 247 | 258 | 285 | 296 | 307 | 334 | 345 | 356 | 383 | 394 | 405 | 432 |
| 99 | 3  | 30 | 41 | 52 | 79 | 90 | 101 | 128 | 139 | 150 | 161 | 188 | 199 | 210 | 237 | 248 | 259 | 286 | 297 | 308 | 335 | 346 | 357 | 384 | 395 | 406 | 417 |
| 00 | 4  | 31 | 42 | 53 | 80 | 91 | 102 | 113 | 140 | 151 | 162 | 189 | 200 | 211 | 238 | 249 | 260 | 287 | 298 | 309 | 336 | 347 | 358 | 369 | 396 | 407 | 418 |

## Литература

1. Detlaf A.A., Iavorski V.M., Curs de fizică. – Chişinău, Lumina, 1991.
2. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики. – М., Высшая школа, 1991.
3. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачи по физике. – М. Высшая школа, 1981.
4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М., Наука, 1979.
5. Балаш В.А. Сборник задач по общему курсу физики. – М., Просвещение, 1978.
6. Горбунова О.И., Зайцева А.М., Красников С.Н. Задачник практикум по общей физике (оптика, атомная физика). – М., Просвещение, 1977.
7. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике. – М., Просвещение, 1967.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| 1. Механика.....  | 3  |
| 2. Молекулярная физика и термодинамика.....   | 18 |
| 3. Электромагнетизм.....  | 29 |
| 4. Колебания и волны.....   | 49 |
| 5. Волновая оптика.....   | 55 |
| 6. Элементы квантовой физики и атомного ядра.....   | 60 |
| 7. Таблицы физических величин.....  | 77 |
| 7.1. Основные физические постоянные.....  | 77 |
| 7.2. Некоторые астрономические величины.....  | 78 |
| 7.3. Плотность твердых тел и жидкостей.....   | 78 |
| 7.4. Эффективный диаметр молекул, динамическая<br>вязкость и теплопроводность газов<br>при нормальных условиях..... | 79 |
| 7.5. Динамическая вязкость жидкостей.....   | 79 |
| 7.6. Удельные теплоемкости некоторых<br>твердых тел и жидкостей.....  | 79 |
| 7.7. Удельная теплота парообразования.....  | 80 |
| 7.8. Удельная теплота плавления.....  | 80 |
| 7.9. Диэлектрическая проницаемость.....   | 80 |
| 7.10. Удельное сопротивление проводников.....   | 81 |
| 7.11. Показатель преломления некоторых веществ.....   | 81 |
| 7.12. Работа выхода электронов из металла.....  | 81 |
| 7.13. Некоторые элементы периодической системы.....   | 82 |
| 7.14. Массы нейтральных атомов.....   | 83 |
| 7.15. Масса и энергия покоя некоторых<br>элементарных частиц и легких ядер.....                                     | 83 |
| 7.16. Период полураспада радиоактивных изотопов....   | 84 |
| 7.17. Некоторые внесистемные единицы.....   | 84 |



|   |    |
|---|----|
| 8. Полезные математические формулы.....   | 85 |
| 8.1. Основные тригонометрические формулы.....                                       | 85 |
| 8.2. Формулы для приближенных вычислений.....                                       | 86 |
| 8.3. Значения некоторых определенных интегралов....                                 | 86 |
| 9. Десятичные приставки и названия единиц.....                                      | 87 |
| 10. Греческий алфавит.....  | 87 |
| 11. Таблица вариантов индивидуальных работ<br>для студентов заочного отделения..... | 88 |
| Литература.....   | 94 |

## Задачи по физике

Составители: Русу Александр  
Русу Спиридон

---

Bun de tipar 05.07.04

Formatul 60×84 1/16

Hârtie ofset. Tipar ofset.

Tirajul 150 ex.

Coli de tipar 5,25.

Comanda nr.

---

U.T.M., 2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare, 168.

Secția Redactare și Editare a U.T.M.

2068, Chișinău, str. Studenților, 11