

# ВАРИАНТ 1

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

1. Начальная скорость частицы  $\mathbf{v}_1 = 1\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$  (м/с), конечная –  $\mathbf{v}_2 = 2\mathbf{i} + 4\mathbf{j} + 6\mathbf{k}$ . Определить: а) приращение скорости  $\Delta\mathbf{v}$ ; б) модуль приращения скорости  $|\Delta\mathbf{v}|$ ; в) приращение модуля скорости  $\Delta v$ .

2. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями  $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$ ,  $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ , где  $A_1 = 20$  м;  $A_2 = 2$  м,  $B_1 = B_2 = 2$  м/с;  $C_1 = 4$  м/с<sup>2</sup>;  $C_2 = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. В какой момент времени  $t$  скорости этих точек будут одинаковыми? Определить скорости  $v_1$  и  $v_2$  и ускорения  $a_1$  и  $a_2$  точек в этот момент

3. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 3$  рад/с<sup>2</sup>. Определить радиус колеса, если через  $t = 1$  с после начала движения полное ускорение точки на ободе колеса  $a = 7,5$  м/с<sup>2</sup>.

4. Две одинаковых тележки массой  $M$  каждая движутся по инерции (без трения) друг за другом с одинаковой скоростью  $v_0$ . В какой-то момент времени человек массой  $m$ , находящийся на задней тележке, прыгнул в переднюю со скоростью  $u$  относительно своей тележки. Определить скорость  $v_1$  передней тележки.

5. Тонкий однородный стержень длиной  $l = 50$  см и массой  $m = 400$  г вращается с угловым ускорением  $\varepsilon = 3$  рад/с<sup>2</sup> около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определить вращающий момент  $M$ .

6. Полый тонкостенный цилиндр катится вдоль горизонтального участка дороги со скоростью  $v = 1,5$  м/с. Определить путь, который он пройдет в гору за счет кинетической энергии, если уклон горы равен 5 м на каждые 100 м пути.

7. Две релятивистские частицы движутся в лабораторной системе отсчета навстречу друг другу вдоль одной прямой со скоростями  $v_1 = 0,6c$  и  $v_2 = 0,9c$ . Определить их относительную скорость.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

1. В закрытом сосуде объемом 20 л содержатся водород массой 6 г и гелий массой 12 г. Определить: 1) давление; 2) молярную массу газовой смеси в сосуде, если температура смеси  $T = 300$  К.

2. Определить среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ , среднюю арифметическую  $\langle v \rangle$  и наиболее вероятные  $v_{\text{в}}$  скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для трех значений температуры: 1)  $T = 20$  К; 2)  $T = 300$  К; 3)  $T = 5$  кК.

3. В сферической колбе объемом  $V = 1$  л содержится азот. При какой плотности  $\rho$  азота средняя длина свободного пробега молекул азота больше размеров сосуда?

4. Азот массой  $m = 10,5$  г изотермически расширяется при температуре

$t = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , причем его давление изменяется от  $p_1 = 250\text{ кПа}$  до  $p_2 = 100\text{ кПа}$ . Определить работу  $A$ , выполненную газом при расширении.

5. Кислород нагревается при неизменном давлении  $p = 80\text{ кПа}$ . Его объем увеличивается от  $V_1 = 1\text{ м}^3$  до  $V_2 = 3\text{ м}^3$ . Определить: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии кислорода; 2) работу  $A$ , выполненную им при расширении; 3) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

6. Вследствие изотермического расширения в цикле Карно газ получил от нагревателя  $150\text{ кДж}$  теплоты. Определить работу  $A$  изотермического сжатия этого газа, если известно, что КПД цикла  $\eta = 0,4$ .

7. Масса 100 капель спирта, который вытекает из капилляра,  $m = 0,71\text{ г}$ . Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  спирта, если диаметр  $d$  шейки капли в момент отрыва равен  $1\text{ мм}$ .

### Контрольная работа №3

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

2. Между пластинами плоского конденсатора находится точечный заряд  $Q = 30\text{ нКл}$ . Поле конденсатора действует на заряд с силой  $F_1 = 10\text{ мН}$ . Определить силу  $F_2$  взаимного притяжения пластин, если площадь  $S$  каждой пластины равна  $100\text{ см}^2$ .

3. Протон, начальная скорость  $v$  которого равна  $100\text{ км/с}$ , влетел в однородное электрическое поле ( $E = 300\text{ В/см}$ ) так, что вектор скорости совпал с направлением линий напряженности. Какой путь  $L$  должен пройти протон в направлении линий поля чтобы его скорость удвоилась?

4. Три источника тока с ЭДС  $\varepsilon_1 = 1,8\text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 1,4\text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 1,1\text{ В}$  соединены коротко одноименными полюсами. Внутреннее сопротивление первого источника  $r_1 = 0,4\text{ Ом}$ , второго  $r_2 = 0,6\text{ Ом}$ . Определить внутреннее сопротивление третьего источника, если через первый источник идет ток  $I_1 = 13\text{ А}$ .

5. По проволочной рамке, имеющей форму правильного шестиугольника, идет ток  $I = 2\text{ А}$ . При этом в центре рамки образуется магнитное поле напряженностью  $H = 33\text{ А/м}$ . Найти длину  $L$  проволоки, из которой сделана рамка.

6. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью  $v = 10^6\text{ м/с}$ . Индукция магнитного поля  $B = 0,3\text{ Тл}$ . Радиус окружности  $R = 4\text{ см}$ . Найти заряд  $q$  частицы, если известно, что ее энергия  $W = 12\text{ кэВ}$ .

7. Проволочный виток радиусом  $r = 4\text{ см}$ , имеющий сопротивление  $R = 0,01\text{ Ом}$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04\text{ Тл}$ . Плоскость витка составляет угол  $\alpha = 30^{\circ}$  с линиями индукции поля. Какое количество электричества  $Q$  протечет по витку, если магнитное поле исчезнет?

8. По обмотке соленоида индуктивностью  $L = 0,2\text{ Гн}$  течет ток силой  $I = 10\text{ А}$ . Определить энергию  $W$  магнитного поля соленоида.

## Контрольная работа №4

1. Амплитуда гармонических колебаний точки  $A = 5$  см, амплитуда скорости  $v_{\max} = 7,85$  см/с. Вычислить циклическую частоту  $\omega$  колебаний и максимальное ускорение  $a_{\max}$  точки.

2. Точка совершает одновременно два гармонических колебания одинаковой частоты, которые происходят во взаимно перпендикулярных направлениях. Уравнения колебаний  $x = A \cos \omega t$  и  $y = A \cos (\omega t + \varphi)$ . Определить уравнение траектории точки. Принять  $A = 2$  см,  $\varphi = \pi/2$ .

3. Материальная точка, масса которой  $m = 10$  г, осуществляет гармонические колебания по закону косинуса с периодом  $T = 2$  с и начальной фазой  $\varphi = 0$ . Полная механическая энергия точки  $E = 0,1$  мДж. Определить амплитуду колебаний  $A$  и записать закон движения точки. Вычислить максимальное значение  $F_{\max}$  силы, которая действует на точку.

4. Груз массой  $m = 500$  г, подвешенный к спиральной пружине жесткостью  $k = 20$  Н/м, совершает упругие колебания в некоторой среде. Логарифмический декремент затухания колебаний  $\lambda = 0,004$ . Определить количество  $N$  полных колебаний, которые может совершить груз, чтобы энергия колебаний уменьшилась в  $n = 2$  раза. За какое время  $\Delta t$  состоится это уменьшение?

5. Плоская гармоническая звуковая волна возбуждается источником колебаний частоты  $\nu = 200$  Гц и распространяется вдоль оси  $OX$ . Амплитуда колебаний точек источника  $\xi_0 = 4$  мм. Написать уравнение колебаний источника  $\xi(0, t)$ , если в начальный момент времени смещения точек источника было максимальным. Определить смещение точек среды, которые находятся на расстоянии  $x = 100$  см от источника, в момент времени  $t = 0,1$  с. Скорость звуковой волны принять  $v = 340$  м/с. Затуханием пренебречь.

6. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью  $C = 8$  пФ и катушку индуктивностью  $L = 0,5$  мГн. Каково максимальное напряжение  $U_{\max}$  на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока в контуре  $I_{\max} = 40$  мА?

7. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, напряженность электрического поля которой описывается уравнением

$E = e_y E_m \cos(\omega t - kx)$ , где  $e_y$  – орт оси  $OY$ ,  $E_m = 160$  В/м,  $k = 0,51$  м<sup>-1</sup>. Определить напряженность магнитного поля  $H$  волны в точке с координатой  $x = 7,7$  м в момент времени  $t = 33$  нс.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 5

1. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ( $\lambda_1 = 500$  нм) заменить красным ( $\lambda_2 = 650$  нм)?

2. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ( $\lambda = 147$  пм). Определить расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка на-

блюдается, когда излучение падает под углом  $\theta = 31^\circ 30'$  к поверхности кристалла.

3. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, установленные так, что угол между их плоскостями равняется  $\varphi$ . Как поляризатор, так и анализатор поглощают и отражают 8 % падающего на них света. Оказалось, что интенсивность луча, который вышел из анализатора, составляет 9 % интенсивности естественного света, который падает на поляризатор. Найти угол  $\varphi$ .

4. Свет с длиной волны  $\lambda = 600$  нм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление  $p = 4$  мкПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 10$  с на площадь  $S = 1$  мм<sup>2</sup> этой поверхности.

5. При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов  $U = 0,8$  В. Найти длину волны  $\lambda$  приращенного излучения и предельную длину волны  $\lambda_0$ , при которой еще возможен фотоэффект.

6. Зачерненный шарик остывает от температуры  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 200$  К. На сколько изменилась длина волны  $\lambda$ , которая соответствует максимуму спектральной плотности энергетической светимости?

7. Какой была длина волны  $\lambda$  рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом  $\theta = 60^\circ$  длина волны рассеянного излучения оказалась равной  $\lambda' = 25,4$  пм?

### Контрольная работа №6

1. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 200$  В, имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 2,02$  пм. Определить массу  $m$  частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.

2. Определить в электрон-вольтах максимальную энергию  $E$  фонона, который может возбуждаться в кристалле NaCl, если характеристическая температура Дебая  $T_D = 320$  К. Фотон какой длины волны  $\lambda$  обладал бы такой энергией?

3. Какую наименьшую энергию  $E$  нужно затратить, чтобы оторвать один нейтрон от ядра азота  ${}^{14}_7N$ ?

4. Определить промежуток времени  $\tau$ , в течение которого активность  $A$  изотопа стронция  ${}^{90}Sr$  уменьшится в  $k_1 = 10$  раз? В  $k_2 = 100$  раз? Период полураспада стронция  $T_{1/2} = 28$  лет.

5. Какая энергия  $\Delta E$  выделяется при термоядерной реакции синтеза  ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ ? Ответ дать в джоулях и электрон-вольтах.

$$m_{2H} = 2,01410 \text{ а.е.м.} \quad m_{3H} = 3,01605 \text{ а.е.м.} \quad m_{He} = 4,00260 \text{ а.е.м.} \quad m_n = 1,00866 \text{ а.е.м.}$$

## ВАРИАНТ 2

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\mathbf{r} = 4t^2\mathbf{i} + 3t\mathbf{j} + 2\mathbf{k}$ . Определить: 1) скорость точки  $\mathbf{v}$ ; 2) ускорение точки  $\mathbf{a}$ ; 3) модуль скорости точки в момент времени  $t = 2$  с.

2. Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения  $n = 50$  с<sup>-1</sup>, после выключения тока, сделав  $N = 628$  оборотов, остановился. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  якоря.

3. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязали грузы массами  $m_1 = 1,5$  кг и  $m_2 = 3$  кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.

4. Платформа с песком общей массой  $M = 2$  т стоит на рельсах на горизонтальном участке пути. В песок попадает снаряд массой  $m = 8$  кг и застревает в нем. Пренебрегая трением, определить, с какой скоростью будет двигаться платформа, если снаряд падает сверху вниз под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту со скоростью  $v = 450$  м/с.

5. Сплошной однородный диск скатывается без скольжения по наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. Определить линейное ускорение  $a$  центра диска.

6. Маховик, момент инерции которого  $J = 40$  кг·м<sup>2</sup>, начал вращаться равноускоренно из состояния покоя под действием момента силы  $M = 20$  Н·м. Определить кинетическую энергию  $T$ , приобретенную маховиком через  $t = 10$  с.

7. Время жизни покоящегося мюона  $\tau_0 = 2,2$  мкс. От точки рождения до детектора, зарегистрировавшего его распад, мюон пролетел расстояние  $l = 6$  км. С какой скоростью  $v$  (в долях скорости света) двигался мюон?

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В баллоне емкостью 15 л находится азот под давлением 100 кПа при температуре  $t_1 = 27$  °С. После того, как из баллона выпустили азот массой 14 г, температура газа стала равной  $t_2 = 17$  °С. Определить давление азота, который остался в баллоне.

2. Вычислить кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  вращательного движения двух молей молекул кислорода при температуре 17 °С.

3. Вычислить среднее число столкновений  $z$  за единицу времени молекул некоторого газа, если средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle = 5$  мкм, а средняя квадратичная скорость его молекул  $v_{\text{кв}} = 500$  м/с.

4. При изотермическом расширении массы  $m = 10$  г азота, который находится при температуре  $t = 17$  °С, была выполнена работа  $A = 860$  Дж. В сколько раз изменилось давление азота при расширении?

5. Два разных газа, одноатомный и двухатомный, имеют одинаковые объемы и температуры. Газы сжимают адиабатно так, что их объемы уменьшаются в два раза. Какой из газов нагреется больше и в сколько раз?

6. Вычислить приращение энтропии  $\Delta S$  водорода, масса которого  $m = 0,8$  кг во время его сжатия от  $0,1$  МПа при температуре  $27$  °С до  $1,5$  МПа при температуре  $127$  °С.

7. Трубка имеет диаметр  $d_1 = 0,2$  см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, которая имеет в момент отрыва вид сферы. Вычислить диаметр  $d_2$  этой капли.

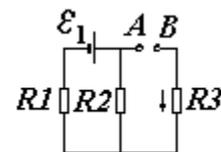
### Контрольная работа №3

1. Два шарика массой  $m = 0,1$  г каждый подвешены в одной точке на нитях длиной  $l = 20$  см каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить заряд каждого шарика.

2. Электрон находится в однородном электрическом поле напряженностью  $E = 200$  кВ/м. Какой путь пройдет электрон за время  $t = 1$  нс, если его начальная скорость была равна нулю? Какую скорость будет иметь электрон в конце этого промежутка времени?

3. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ( $\varepsilon = 7$ ). Расстояние между пластинами  $d = 5$  мм, разность потенциалов  $U = 500$  В. Определить энергию поляризованной стеклянной пластины, если площадь ее  $S = 50$  см<sup>2</sup>.

4. Три сопротивления  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 1$  Ом и  $R_3 = 3$  Ом, а также источник тока с Э. Д. С.  $\varepsilon_1 = 1,4$  В соединены, как показано на рис. Определить Э. Д. С.  $\varepsilon$  источника тока, который надо подключить в цепь между точками  $A$  и  $B$ , чтобы в сопротивлении  $R_3$  шел ток силой  $I = 1$  А в направлении, указанном стрелкой. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.



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

6. Протон и электрон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле, перпендикулярное к скорости. Во сколько раз радиус кривизны  $R_1$  траектории протона больше радиуса кривизны  $R_2$  траектории электрона?

7. Катушка с железным сердечником имеет площадь поперечного сечения  $S = 20$  см<sup>2</sup> и число витков  $N = 500$ . Индуктивность катушки с сердечником  $L = 0,28$  Гн при токе через обмотку  $I = 5$  А. Определить магнитную проницаемость  $\mu$  железного сердечника.

8. Рамка площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  содержит  $N = 10^3$  витков провода сопротивлением  $R_1 = 12 \text{ Ом}$ . К концам обмотки подключено внешнее сопротивление  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ . Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0,1 \text{ Тл}$ ) с частотой  $n = 8 \text{ с}^{-1}$ . Определить максимальную мощность  $P_{\text{max}}$ , переменного тока в цепи.

#### Контрольная работа №4

1. Точка совершает колебания по закону синуса с периодом  $T = 12 \text{ с}$ . В некоторый момент времени смещения  $x$  точки равнялось  $1 \text{ см}$ . Когда фаза колебаний увеличилась вдвое, скорость  $v$  точки стала равняться  $\pi/6 \text{ см/с}$ . Определить амплитуду  $A$  колебаний.

2. Точка совершает одновременно два гармонических колебания одинаковой частоты, которые происходят в взаимно перпендикулярных направлениях по уравнениям:  $x = A_1 \cos \omega t$  и  $y = A_2 \sin \omega t$ . Определить уравнение траектории точки. Принять:  $A_1 = 3 \text{ см}$ ,  $A_2 = 1 \text{ см}$ .

3. Материальная точка, масса которой  $m = 50 \text{ г}$ , совершает колебания по закону  $x = 10 \sin(2t + \frac{\pi}{3})$ , где  $x$  дано в сантиметрах, а аргумент синуса – в радианах. Определить максимальные значения силы  $F_{\text{max}}$ , возвращающей точку в положение равновесия, и кинетической энергии  $W_{\text{к max}}$ .

4. Амплитуда колебаний маятника длиной  $l = 1 \text{ м}$  за время  $t = 10 \text{ мин}$  уменьшилась в два раза. Определить логарифмический декремент  $\lambda$  затухания системы.

5. Плоская звуковая волна имеет период  $T = 3 \text{ мс}$ , амплитуду  $\xi_0 = 0,2 \text{ мм}$  и длину волны  $\lambda = 1,2 \text{ м}$ . Найти скорость точек среды, удаленных от источника колебаний на расстояние  $x = 2 \text{ м}$ , в момент времени  $t = 7 \text{ мс}$ . Начальную фазу колебаний принять равной нулю.

6. Колебательный контур имеет такие параметры: резонансная частота  $\nu_{\text{рез}} = 600 \text{ кГц}$ , емкость конденсатора  $C = 350 \text{ пФ}$ , активное сопротивление  $R = 15 \text{ Ом}$ . Определить добротность контура.

7. Электромагнитная волна с частотой  $\nu = 5 \text{ МГц}$  переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  в вакуум. Определить увеличение ее длины волны.

#### Контрольная работа №5

1. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом ( $\lambda = 600 \text{ нм}$ ). Расстояние между отверстиями  $d = 1 \text{ мм}$ , расстояние от отверстий до экрана  $L = 3 \text{ м}$ . Определить положение третьей светлой полосы.

2. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом  $\varphi = 36^\circ 48'$  к нормали. Найти постоянную  $d$  решетки, выраженную в длинах волн падающего света.

3. Найти угол  $\varphi$  между плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, который проходит через поляризатор и анализатор, уменьшается в 4 раза.

4. Какую мощность  $P$  надо подводить к зачерненному металлическому шарiku радиусом  $r = 2$  см, чтобы поддерживать его температуру на  $\Delta T = 27$  К выше температуры окружающей среды? Температура окружающей среды  $T = 293$  К. Считать, что тепло теряется только вследствие излучения.

5. Найти длину волны  $\lambda_0$  света, который соответствует красной границе фотоэффекта для лития, натрия, калия и цезия.

6. Определить длину волны  $\lambda$  фотона, масса которого равняется массе покоя: 1) электрона; 2) протона.

7. На поверхность, которая идеально отражает, в течение времени  $t = 3$  мин нормально падает монохроматический свет, энергия которого  $W = 9$  Дж. Площадь поверхности  $S = 5$  см<sup>2</sup>. Определить давление света на поверхность.

### Контрольная работа №6

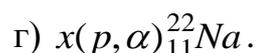
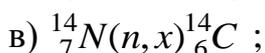
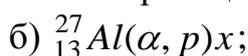
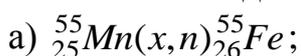
1. Определить длину волны де Бройля  $\lambda$  для: а) электрона, движущегося со скоростью  $v = 10^6$  м/с; б) атома водорода, движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре  $T = 300$  К; в) шарика массой  $m = 1$  г, движущегося со скоростью  $v = 1$  см/с.

2. Что такое фонон, каковы его свойства?

3. Энергия связи  $E_{св}$  ядра кислорода  $^{18}_8O$  равна 139,8 МэВ, ядра фтора  $^{19}_9F$  - 147,8 МэВ. Определить, какую минимальную энергию  $E$  нужно затратить, чтобы оторвать один протон от ядра фтора.

4. Определить массу  $m$  полония  $^{210}_{84}Po$ , активность которого  $A = 3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Период полураспада полония  $T_{1/2} = 138$  сут.

5. Написать недостающие обозначения в реакциях:



## ВАРИАНТ 3

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Материальная точка движется вдоль прямой так, что ее ускорение линейно растет и за первые  $t = 10$  с достигает значения  $a = 5 \text{ м/с}^2$ . Определить в конце десятой секунды: 1) скорость точки; 2) пройденный точкой путь.

2. Колесо автомашины вращается равнозамедленно. За время  $t = 2$  мин оно изменило частоту вращения от 240 до 60  $\text{мин}^{-1}$ . Определить: 1) угловое ускорение колеса; 2) число полных оборотов, сделанных колесом за это время.

3. Пуля массой  $m = 15$  г, летящая горизонтально со скоростью  $v = 0,5 \text{ км/с}$ , попадает в подвешенный на тросах ящик с песком массой  $M = 6$  кг и застревает в нем. Определить высоту  $h$ , на которую поднимется такой баллистический маятник, отклонившись после удара.

4. Тело массой  $m = 0,4$  кг скользит по наклонной плоскости высотой  $h = 10$  см и длиной  $l = 1$  м. Коэффициент трения на всем пути  $f = 0,04$ . Определить: 1) кинетическую энергию тела у основания плоскости; 2) путь, пройденный телом на горизонтальном участке до остановки.

5. На вращающейся вокруг вертикальной оси платформе стоит человек и держит в руках стержень длиной  $l = 2,4$  м и массой  $m = 8$  кг, расположенный вертикально по оси вращения платформы. Платформа с человеком вращается с частотой  $n_1 = 1 \text{ с}^{-1}$ . С какой частотой  $n_2$  будет вращаться платформа с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции  $J$  человека и платформы равен  $6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

6. Маховик начинает вращаться из состояния покоя с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 0,4 \text{ рад/с}^2$ . Определить кинетическую энергию маховика через время  $t_2 = 25$  с после начала движения, если через  $t_1 = 10$  с после начала движения момент импульса  $L_1$  маховика составлял  $60 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ .

7. Вычислить энергию покоя: 1) электрона; 2) протона; 3)  $\alpha$ -частицы. Ответ выразить в джоулях и мегаэлектрон-вольтах.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. Азот массой 7 г находится под давлением  $p = 0,1$  МПа при температуре  $t_1 = 290$  °С. Вследствие изобарного нагревания азот занял объем  $V_2 = 10$  л. Определить: 1) объем  $V_1$  газа до расширения; 2) температуру  $T_2$  газа после расширения; 3) плотность газа до и после расширения.

2. Колба емкостью  $V = 4$  л содержит некоторый газ массой  $m = 0,6$  г под давлением  $p = 200$  кПа. Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  молекул газа.

3. Вычислить среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул водорода при давлении  $p = 0,1$  Па и температуре  $T = 100$  К.

4. Кислород, масса которого 80 г, изобарно нагревают от 15 до 115 °С. Определить работу  $A$ , выполненную газом, изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и количество подведенной теплоты  $Q$ .

5. Вследствие адиабатного расширения объем газа увеличивается в два раза, а термодинамическая температура снижается в 1,32 раза. Сколько степеней свободы  $i$  имеют молекулы этого газа?

6. Кислород, масса которого  $m = 2$  кг, увеличил свой объем в  $n = 5$  раз, первый раз изотермически, второй раз – адиабатно. Определить изменение энтропии  $\Delta S$  в каждом из процессов.

7. Какую работу  $A$  нужно выполнить, чтобы, выдувая мыльный пузырек, увеличить его диаметр от  $d_1 = 1$  см до  $d_2 = 5$  см? Считать процесс изотермическим.

### Контрольная работа №3

1. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 1$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 3$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность  $E$  поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин.

2. Вдоль силовой линии однородного электрического поля движется протон. В точке поля с потенциалом  $\phi_1$  протон имел скорость  $v_1 = 0,1$  Мм/с. Определить потенциал  $\phi_2$  точки поля, в которой скорость протона возрастает в  $n = 2$  раза. Отношение заряда протона к его массе  $e/m = 96$  МКл/кг.

3. Два металлических шара радиусами  $R_1 = 2$  см и  $R_2 = 6$  см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд  $Q = 1$  нКл. Определить поверхностную плотность  $\sigma$  зарядов на шарах.

4. Плотность тока  $j$  в алюминиевом проводе равна  $1$  А/мм<sup>2</sup>. Найти среднюю скорость  $\langle v \rangle$  упорядоченного движения электронов, предполагая, что число свободных электронов в  $1$  см<sup>3</sup> алюминия равно числу атомов.

5. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?

6. Прямоугольная рамка с током  $I = 1,5$  мА расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом с током так, что длинные стороны рамки параллельны проводу. Сила тока в проводе  $I_1 = 2$  мА, расстояние от него до ближней стороны рамки  $a = 10$  см. Длины сторон рамки  $l_1 = 30$  см,  $l_2 = 18$  см. Определить силы, действующие на каждую из сторон рамки.

7. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов  $U = 104$  В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ( $E = 10$  кВ/м) и магнитное ( $B = 0,1$  Тл) поля. Найти отношение  $Q/m$  заряда частицы к ее массе, если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.

8. Соленоид содержит  $N = 1\,000$  витков. Сила тока  $I$  в его обмотке равна  $1$  А, магнитный поток  $\Phi$  через поперечное сечение соленоида равен  $0,1$  мВб. Вычислить энергию  $W$  магнитного поля.

### Контрольная работа №4

1. Точка, которая совершает гармонические колебания по закону  $x = A \cos(\omega t + \phi)$  см, в определенный момент времени  $t_1$  имеет смещение  $x_1 = 4$  см, скорость  $v_1 = 5$  см/с и ускорение  $a_1 = -80$  см/с<sup>2</sup>. Определить амплитуду  $A$  и

период  $T$  колебаний точки; фазу колебаний  $\omega t + \varphi$  в момент времени, который рассматривается; максимальные скорость  $v_{\max}$  и ускорение  $a_{\max}$  точки.

2. Складываются два взаимно перпендикулярных колебания, которые выражаются уравнениями  $x = A_1 \sin \omega t$  и  $y = A_2 \cos \omega(t + \tau)$ , где  $A_1 = 2$  см,  $A_2 = 1$  см,  $\omega = \pi \text{ с}^{-1}$ ,  $\tau = 0,5$  с. Найти уравнение траектории.

3. Брусок, масса которого  $m = 0,5$  кг, лежит на гладком столе. Он соединен горизонтальной пружиной жесткостью  $k = 32$  Н/м со стеной. В начальный момент времени пружину сжали на  $x_0 = 1$  см и отпустили. Установить закон движения бруска. Трением пренебречь.

4. Логарифмический декремент  $\lambda$  затухания маятника равен 0,01. Определить число  $N$  полных колебаний маятника до уменьшения его амплитуды в 3 раза.

5. Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура с скоростью 10 м/с. Амплитуда колебаний точек шнура 5 см, период колебаний 1 с. Записать уравнение волны и определить 1) длину волны, 2) фазу колебаний, смещение, скорость и ускорение точки, которая удалена на расстояние 9 м от источника колебаний в момент времени  $t_1 = 2,5$  с.

6. На какую длину волны  $\lambda$  будет резонировать контур, который состоит из катушки индуктивностью  $L = 4$  мкГн и конденсатора емкостью  $C = 1,11$  нФ?

7. Чему равны амплитуды напряженностей  $E_m$  и  $H_m$  электрического и магнитного полей плоской электромагнитной волны в воздухе в фокусе излучения лазера, где интенсивность  $I = 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>?

### Контрольная работа №5

1. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей размещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, которое сначала было занято пятой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает перпендикулярно к поверхности пластинки. Показатель преломления пластинки  $n = 1,5$ . Длина волны  $\lambda = 600$  нм. Какова толщина  $h$  пластинки?

2. На щель шириной  $a = 2$  мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 589$  нм). Найти ширину  $A$  изображения щели на экране, удаленном от щели на расстояние  $l = 1$  м. Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными минимумами, размещенными по обе стороны от главного максимума освещенности.

3. Пучок естественного света, который идет в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения  $i_B$  отраженный свет целиком поляризован?

4. Поверхность тела нагрета до температуры  $T = 1\ 000$  К. Потом одна половина этой поверхности нагревается на  $\Delta T = 100$  К, другая охлаждается на  $\Delta T = 100$  К. Во сколько раз изменится энергетическая светимость  $R$ , поверхности тела?

5. Длина волны света, которая соответствует красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_0 = 275$  нм. Найти минимальную энергию  $\varepsilon$  фотона, который вызовет фотоэффект.

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

7. Рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda = 20$  пм испытывает комптоновское рассеяние под углом  $\theta = 90^\circ$ . Определить изменение  $\Delta\lambda$  длины волны рентгеновского излучения при рассеянии, а также энергию и импульс электрона отдачи.

### Контрольная работа №6

1. Определить дебройлевскую длину волны  $\lambda$  шарика массой  $m = 1$  г, движущегося со скоростью  $v = 100$  м/с. Можно ли обнаружить волновые свойства такого шарика, и почему

2. Объяснить физический смысл энергии Ферми.

3. Определить энергию связи  $E_{\text{св}}$  ядра изотопа лития  ${}^7_3\text{Li}$ .

4. Какая часть  $\eta$  начального числа ядер  ${}^{90}\text{Sr}$  распадется за одни сутки и за 15 лет? Какая часть  $\zeta$  останется через 10 лет и через 100 лет? Период полураспада стронция  $T_{1/2} = 28$  лет.

5. Определить наименьшую энергию  $\gamma$ -кванта, достаточную для осуществления реакции разложения дейтона  $\gamma$ -лучами  ${}^2_1\text{H} + h\nu \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$ .

## ВАРИАНТ 4

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Зависимость пройденного телом пути  $s$  от времени  $t$  задается уравнением  $s = At - Bt^2 + Ct^3$  ( $A = 2$  м/с,  $B = 3$  м/с<sup>2</sup>,  $C = 4$  м/с<sup>3</sup>). Записать выражения для скорости и ускорения. Определить для момента времени  $t = 2$  с после начала движения: 1) пройденный путь; 2) скорость; 3) ускорение.

2. Точка движется по окружности радиусом  $R = 15$  см с постоянным тангенциальным ускорением  $a_\tau$ . К концу четвертого оборота после начала движения линейная скорость точки  $v = 15$  см/с. Определить нормальное ускорение  $a_n$  точки через  $t = 16$  с после начала движения.

3. Пуля массой  $m = 15$  г, летящая горизонтально, попадает в подвешенный на тросах длиной  $l = 1$  м ящик с песком массой  $M = 1,5$  кг и застревает в нем. Такой баллистический маятник отклонился после удара на угол  $\varphi = 30^\circ$ . Определить скорость пули.

4. Найти работу  $A$  подъема груза по наклонной плоскости длиной  $l = 2$  м, если масса груза  $m = 100$  кг, угол наклона наклонной плоскости  $\varphi = 30^\circ$ , коэффициент трения  $f = 0,1$  и груз движется с ускорением  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>.

5. Шар радиусом  $R = 10$  см и массой  $m = 5$  кг вращается вокруг оси симметрии согласно уравнению  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$  ( $B = 2$  рад/с<sup>2</sup>,  $C = -0,5$  рад/с<sup>3</sup>). Определить момент вращающей силы  $M$  для  $t = 3$  с.

6. Горизонтальная платформа массой  $m = 25$  кг и радиусом  $R = 0,8$  м вращается с частотой  $n_1 = 18$  мин<sup>-1</sup>. В центре стоит человек и держит на вытянутых руках гантели. Считая платформу диском, определить частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от  $J_1 = 3,5$  кг·м<sup>2</sup> до  $J_2 = 1$  кг·м<sup>2</sup>.

7. Полная энергия тела возросла на  $\Delta E = 1$  Дж. На сколько при этом изменилась масса тела?

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В сосуде вместимостью 1 л находится кислород массой 1 г. Определить концентрацию молекул кислорода в сосуде.

2. Вычислить среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{\text{вр}} \rangle$  вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре  $T = 350$  К и среднюю кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  вращательного движения всех молекул кислорода, масса которого  $m = 4$  г.

3. При каком давлении  $p$  средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул азота составляет 1 м, если температура газа  $T = 300$  К?

4. В сосуде объемом  $V = 5$  л содержится газ при давлении  $p = 200$  кПа и температуре  $t = 17$  °С. При изобарном расширении газом была выполнена работа  $A = 196$  Дж. На сколько градусов нагрелся газ?

5. При адиабатном сжатии воздуха в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания давление изменяется от  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2 = 3,5$  МПа. Начальная температура воздуха  $t_1 = 40$  °С. Определить температуру  $T_2$  воздуха в конце сжатия.

6. Кислород массой  $m = 200$  г занимает объем  $V_1 = 100$  л и находится под давлением  $p_1 = 200$  кПа. Во время нагревания газ расширился при постоянном давлении до объема  $V_2 = 300$  л, а потом его давление возросло до  $p_2 = 500$  кПа при неизменном объеме. Определить изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа, работу  $A$ , совершенную газом и количество теплоты  $Q$ , сообщенную газу. Построить график процесса.

7. Две капли ртути радиусом  $r = 1$  мм каждая слились в одну большую каплю. Какая энергия  $E$  выделится при этом слиянии? Считать процесс изотермическим.

## Контрольная работа №3

1. Металлический шарик диаметром  $d = 2$  см заряжен отрицательно до потенциала  $\varphi = 150$  В. Сколько электронов находится на поверхности шарика?

2. Точечные заряды  $Q_1 = 1$  мкКл и  $Q_2 = 0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_1 = 10$  см друг от друга. Какую работу  $A$  совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние; 1)  $r_2 = 10$  м; 2)  $r_3 = \infty$  ?

3. Расстояние  $d$  между пластинами плоского конденсатора равно 2 см, разность потенциалов  $U = 6$  кВ. Заряд каждой пластины  $Q = 10$  нКл. Вычислить энергию  $W$  поля конденсатора и силу  $F$  взаимного притяжения пластин.

4. Э. Д. С. батареи аккумуляторов  $\varepsilon = 12$  В, сила тока  $I$  короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность  $P_{\max}$  можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

5. Два однозарядных иона, пройдя одинаковую ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса  $m_1$  которого равна 12 а. е. м., описал дугу окружности радиусом  $R_1 = 4$  см. Определить массу  $m_2$  другого иона, который описал дугу окружности радиусом  $R_2 = 6$  см.

6. Обмотка катушки сделана из проволоки диаметром  $d = 0,8$  мм. Витки плотно прилегают друг к другу. Считая катушку достаточно длинной, найти напряжённость  $H$  магнитного поля внутри катушки при токе  $I = 1$  А.

7. В однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 0,5$  Тл, равномерно с частотой  $n = 300$  мин<sup>-1</sup> вращается катушка, содержащая  $N = 200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь поперечного сечения катушки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения перпендикулярна оси катушки и направлению магнитного поля. Определить максимальную э.д.с., индуцируемую в катушке.

8. На железное кольцо намотано в один слой  $N = 200$  витков. Определить энергию  $W$  магнитного поля, если при токе силой  $I = 2,5$  А магнитный поток  $\Phi$  в железе равен 0,5 мВб.

#### Контрольная работа №4

1. Точка совершает колебания по закону  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ , где  $A = 4$  см. Определить начальную фазу  $\varphi$ , если: а)  $x(0) = 2$  см,  $v(0) < 0$ ; б)  $x(0) = -2$  см,  $v(0) < 0$ ; в)  $x(0) = 2$  см,  $v(0) > 0$ ; г)  $x(0) = -2$  см,  $v(0) > 0$ . Построить векторную диаграмму для момента времени  $t = 0$ .

2. Два гармонических колебания одинаковых амплитуд и периодов, которые направлены по одной прямой, складываются в одно колебание той же амплитуды. Найти разность фаз  $\Delta\varphi$  складываемых колебаний.

3. Гвоздь забит в стену горизонтально. На него подвешен тонкий обруч, который колеблется в плоскости, параллельной стене. Радиус обруча  $R = 30$  см. Вычислить период  $T$  колебаний обруча.

4. Амплитуда затухающих колебаний за время  $t_1 = 20$  с уменьшилась в два раза. Во сколько раз она уменьшится за время  $t_2 = 1$  мин?

5. От источника колебаний распространяется гармоническая волна вдоль оси  $OX$ . Амплитуда  $\xi_0$  колебаний равняется 10 см. Каким будет смещение

точки, удаленной от источника на  $x = 3/4 \lambda$ , в момент, когда от начала колебаний прошло время  $t = 0,9 T$ ?

6. Индуктивность  $L$  колебательного контура равняется  $0,5$  мГн. Какова должна быть емкость  $C$  контура, чтобы он резонировал на длину волны  $\lambda = 300$  м?

7. Электромагнитная волна с частотой  $\nu = 4$  МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$  в вакуум. Определить увеличение ее длины волны.

### Контрольная работа №5

1. На тонкий клин в направлении нормали к его поверхности падает монохроматический свет ( $\lambda = 600$  нм). Определить угол  $\alpha$  между поверхностями клина, если расстояние  $b$  между соседними интерференционными минимумами в отраженном свете равно  $4$  мм.

2. Точечный источник света ( $\lambda = 0,5$  мкм) расположен на расстоянии  $a = 1$  м перед диафрагмой с круглым отверстием диаметра  $d = 2$  мм. Определить расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает три зоны Френеля.

3. Угол Брюстера  $i_B$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

4. Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900$  К. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 9$  мкм. До какой температуры  $T_2$  охладилось тело?

5. Длина волны света, которая соответствует красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_0 = 275$  нм. Найти работу выхода  $A$  электрона из металла, максимальную скорость  $v_{\max}$  электронов, которые вырываются из металла светом с длиной волны  $\lambda = 180$  нм, и максимальную кинетическую энергию  $W_{\max}$  электронов.

6. Монохроматическое излучение с длиной волны  $\lambda = 500$  нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой  $F = 10$  нН. Определить количество  $N_1$  фотонов, которые каждую секунду падают на эту поверхность.

7. Найти энергию  $\epsilon$ , массу  $m$  и импульс  $p$  фотона, если соответствующая ему длина волны  $\lambda_1 = 1,6$  пм.

### Контрольная работа №6

1. Определить квантовомеханическую неопределенность  $\Delta v_x$   $x$ -компоненты скорости частицы массой  $m = 1$  г и электрона, если положение каждого из них определено с одинаковой ошибкой  $\Delta x = 10^{-7}$  м.

2. Пояснить физический смысл характеристической температуры Дебая.

3. Определить энергию связи  $E_{\text{св}}$  ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ .
4. Вследствие последовательных радиоактивных распадов ядро урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$  превратилось в ядро свинца  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ . Пользуясь таблицей Менделеева, определить сколько актов  $\alpha$ -распада и  $\beta$ -распада при этом произошло.
5. При бомбардировке изотопа азота  ${}^{14}_7\text{N}$  нейтронами получается изотоп углерода  ${}^{14}_6\text{C}$ , который оказывается  $\beta$ -радиоактивным. Написать уравнения обеих реакций.

## ВАРИАНТ 5

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. С вышки бросили камень в горизонтальном направлении. Через промежуток времени  $t = 2$  с камень упал на землю на расстоянии  $s = 40$  м от основания вышки. Определить начальную  $v_0$  и конечную  $v$  скорости камня.
2. Диск радиусом  $R = 10$  см вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $B = 1$  рад/с,  $C = 1$  рад/с<sup>2</sup>,  $D = 1$  рад/с<sup>3</sup>). Определить для точек на ободе диска к концу второй секунды после начала движения: 1) тангенциальное ускорение  $a_{\tau}$ ; 2) нормальное ускорение  $a_n$ ; 3) полное ускорение  $a$ .
3. Материальная точка массой  $m = 1$  кг, двигаясь равномерно, описывает четверть окружности радиуса  $r = 1,2$  м в течении времени  $t = 2$  с. Найти изменение  $\Delta p$  импульса точки.
4. Пуля массой  $m = 15$  г, летящая горизонтально со скоростью  $v = 200$  м/с, попадает в подвешенный на тросах длиной  $l = 1$  м ящик с песком массой  $M = 1,5$  кг и застревает в нем. Определить угол отклонения  $\varphi$  такого баллистического маятника.
5. Сплошной цилиндр массой  $m = 4$  кг катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Линейная скорость центра масс цилиндра  $v = 1$  м/с. Определить полную кинетическую энергию  $T$  цилиндра.
6. На вращающейся вокруг вертикальной оси платформе стоит человек и держит в руках стержень длиной  $l = 2,5$  м и массой  $m = 8$  кг, расположенный вертикально по оси вращения платформы. Платформа с человеком вращается с частотой  $n_1 = 12$  мин<sup>-1</sup>. С какой частотой  $n_2$  будет вращаться платформа с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции  $J$  человека и платформы равен  $10$  кг·м<sup>2</sup>.
7. На космическом корабле-спутнике находятся часы, синхронизированные до полета с земными. Скорость  $v_0$  спутника составляет  $7,9$  км/с. На сколько отстанут часы на спутнике за время  $\tau_0 = 0,5$  года по часам земного наблюдателя?

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В сосуде вместимостью  $V = 0,3$  л при температуре  $T = 290$  К содержится неон. На сколько понизится давление  $p$  газа в сосуде, если из него через вентиль выйдет  $N = 10^{19}$  молекул?
2. Определить наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет  $0,35$  кг/м<sup>3</sup>.
3. Баллон объемом  $V = 10$  л содержит водород массой  $m = 1$  г. Определить среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул.
4. При изобарном расширении двухатомного газа была выполнена работа  $A = 156,8$  Дж. Какое количество теплоты  $Q$  было сообщено газу?
5. Газ расширяется адиабатно, причем объем его увеличивается вдвое, а термодинамическая температура падает в 1,32 раза. Какое число степеней свободы  $i$  имеют молекулы этого газа?
6. Холодильная машина, которая работает по обратному циклу Карно, передает тепло от холодильника с водой при температуре  $t_2 = 0$  °С кипятильнику с водой при температуре  $t_1 = 100$  °С. Какую массу  $m_2$  воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар массу  $m_1 = 1$  кг воды в кипятильнике?
7. Воздушный пузырек диаметром  $d = 20$  мкм находится в воде возле самой ее поверхности. Определить плотность  $\rho$  воздуха в пузырьке. Атмосферное давление принять нормальным.

## Контрольная работа №3

1. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $Q_1 = 40$  нКл и  $Q_2 = -10$  нКл, находящимися на расстоянии  $d = 10$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1 = 12$  см и от второго на  $r_2 = 6$  см.
2. При перемещении заряда  $Q = 20$  нКл между двумя точками поля внешними силами была совершена работа  $A = 4$  мкДж. Определить разность  $\Delta\phi$  потенциалов этих точек поля.
3. Два конденсатора емкостями  $C_1 = 3$  мкФ и  $C_2 = 6$  мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с э. д. с. = 120 В. Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.
4. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от  $I_0 = 0$  до некоторого максимального значения в течение времени  $t = 10$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 1$  кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление  $R$  его равно 3 Ом.
5. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии  $d_1 = 10$  см друг от друга. По проводникам в одном направлении

текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А. Какую работу  $A$  надо совершить (на единицу длины проводников), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния  $d_2 = 20$  см?

6. Определить частоту  $n$  вращения электрона по круговой орбите в магнитном поле, индукция  $B$  которого равна 0,2 Тл.

7. Требуется получить напряжённость магнитного поля  $H = 1$  кА/м в соленоиде длиной  $l = 20$  см и диаметром  $D = 5$  см. Найти число ампер-витков, необходимое для соленоида, и разность потенциалов  $U$ , которую необходимо приложить к концам обмотки из медной проволоки диаметром  $d = 0,5$  мм. Считать поле соленоида однородным.

8. Кольцо из алюминиевого провода ( $\rho = 26$  нОм·м) помещено в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр кольца 20 см, диаметр провода 1 мм. Определить скорость изменения магнитного поля, если сила тока в кольце 0,5 А.

#### Контрольная работа №4

1. Точка совершает колебания по закону  $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $A = 4$  см. Определить начальную фазу  $\varphi$ , если:  $x(0) = -2\sqrt{3}$  см и  $\frac{dx}{dt}(0) > 0$ . Построить векторную диаграмму для момента  $t = 0$ .

2. Точка совершает одновременно два гармонических колебания, которые происходят в взаимно перпендикулярных направлениях по уравнениям:  $x = A \cos 2\omega t$  и  $y = A_1 \cos \omega t$ . Определить уравнение траектории точки. Принять:  $A = 2$  см;  $A_1 = 3$  см.

3. Вычислить возвращающую силу  $F$  в момент времени  $t_1 = 1,25$  с и полную механическую энергию  $E$  материальной точки, масса которой  $m = 10$  г, а колебания осуществляются по закону  $x = 0,1 \cos(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{4})$ , м.

4. Добротность колебательной системы  $Q = 3$ , частота свободных колебаний  $\omega = 150$  с<sup>-1</sup>. Определить собственную частоту  $\omega_0$  колебаний системы.

5. Определить интенсивность звука (Вт/м<sup>2</sup>), если уровень громкости его  $L = 67$  дБ. Интенсивность звука на пороге слышимости  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

6. В колебательном контуре происходят свободные незатухающие электромагнитные колебания. Зная, что максимальный заряд конденсатора  $q_m = 10^{-6}$  Кл, а максимальная сила тока  $I_m = 10$  А, определить длину волны, на которую резонирует контур.

7. Световая волна имеет частоту  $\nu = 4 \cdot 10^{14}$  Гц, длину  $\lambda = 0,1$  мкм. Какова скорость распространения волны в среде? Какой показатель преломления среды? Какой будет длина волны после перехода ее в воздух?

#### Контрольная работа №5

1. На мыльную пленку падает белый свет под углом  $i = 45^\circ$  к ее поверхности. При какой наименьшей толщине  $h$  пленки отраженные лучи будут иметь желтый цвет ( $\lambda = 600$  нм)? Показатель преломления мыльной воды  $n = 1,33$ .
2. Какой должна быть постоянная  $d$  дифракционной решетки, чтобы в первом порядке были разрешены линии спектра калия  $\lambda_1 = 404,4$  нм и  $\lambda_2 = 404,7$  нм? Ширина решетки  $a = 3$  см.
3. Предельный угол  $i_{\text{пр}}$  полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен  $43^\circ$ . Определить угол Брюстера  $i_{\text{В}}$  для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости.
4. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость  $R_e$  возросла в два раза?
5. Параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 662$  нм) нормально падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление  $p = 0,3$  мкПа. Определить концентрацию  $n$  фотонов в световом пучке.
6. Определить угол  $\theta$  рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии  $\Delta\lambda = 3,63$  пм.
7. Найти массу  $m$  фотона: а) света ( $\lambda_1 = 700$  нм); б) рентгеновских лучей ( $\lambda_1 = 25$  пм); в) гамма-лучей ( $\lambda = 1,6$  пм).

#### Контрольная работа №6

1. Принимая, что электрон находится внутри атома диаметром  $0,3$  нм, определить (в электрон-вольтах) неопределенность кинетической энергии этого электрона.
2. В германии с примесью бора энергия активации примесных атомов  $\Delta E_{\text{п}} = 0,01$  эВ. Определить: 1) тип проводимости примесного полупроводника; 2) тип примесной фотопроводимости; 3) красную границу фотопроводимости.
3. Определить энергию связи  $E_{\text{св}}$  ядра атома алюминия  ${}_{13}^{27}\text{Al}$ .
4. Определить постоянную радиоактивного распада  $\lambda$  ядра  ${}^{55}\text{Co}$ , если за час распадается 4% начального числа ядер. Продукт распада стабильный.
5. Определить суточный расход ядерного горючего  ${}^{235}\text{U}$  в реакторе АЭС. Тепловая мощность станции равна  $P = 10$  МВт. Принять, что в одном акте деления выделяется энергия  $Q = 200$  МэВ, а КПД станции равен  $\eta = 0,2$  (20%).

## ВАРИАНТ 6

#### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\mathbf{r} = 2t^2\mathbf{i} + 5t\mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ . Определить: 1) скорость  $\mathbf{v}$ ; 2) ускорение  $\mathbf{a}$ ; 3) модуль скорости  $v$  в момент времени  $t = 4$  с.

2. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = At^2$  ( $A = 0,5 \text{ рад/с}^2$ ). Определить к концу второй секунды после начала движения: 1) угловую скорость диска; 2) угловое ускорение диска; 3) для точки, находящейся на расстоянии 80 см от оси вращения, тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное  $a$  ускорения.

3. По наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту скользит тело. Определить скорость тела в конце второй секунды от начала скольжения, если коэффициент трения  $f = 0,15$ .

4. Пуля массой  $m = 10 \text{ г}$ , летящая с горизонтальной скоростью  $v = 0,6 \text{ км/с}$ , попадает в мешок с песком массой  $M = 10 \text{ кг}$ , висящий на длинной нити, и застревает в нем. Определить: 1) высоту, на которую поднимется мешок, отклонившись после удара; 2) долю кинетической энергии, израсходованной на пробивание песка.

5. Шар и сплошной цилиндр, изготовленные из одного и того же материала, одинаковой массы катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить, во сколько раз кинетическая энергия шара меньше кинетической энергии сплошного цилиндра.

6. Человек массой  $m = 60 \text{ кг}$ , стоит на краю горизонтальной платформы массой  $M = 120 \text{ кг}$ , вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой  $n_1 = 10 \text{ мин}^{-1}$ . Считая платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой, определить, с какой частотой  $n_2$  будет вращаться платформа, если человек перейдет к ее центру.

7. Электрон движется со скоростью  $v = 0,6 c$ . Определить релятивистский импульс  $p$  электрона.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В сосуде вместимостью 5 л при нормальных условиях находится азот. Определить: 1) количество вещества  $\nu$ ; 2) массу азота; 3) концентрацию  $n$  его молекул в сосуде.

2. Давление газа  $p = 1 \text{ мПа}$ , концентрация его молекул  $n = 10^{10} \text{ см}^{-3}$ . Определить: 1) температуру  $T$  газа; 2) среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения молекул газа.

3. Определить плотность  $\rho$  разреженного водорода, если средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул равна 1 см.

4. Двухатомному газу сообщили количество теплоты  $Q = 2,093 \text{ кДж}$ . Газ расширяется при постоянном давлении. Определить работу  $A$  расширения газа.

5. Двухатомный газ, который находится при давлении  $p_1 = 2 \text{ МПа}$  и температуре  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ , сжимается адиабатно от объема  $V_1$  до  $V_2 = 0,5 V_1$ . Определить температуру  $t_2$  и давление  $p_2$  газа после сжатия.

6. В некотором процессе энтропия термодинамической системы изменилась на  $\Delta S = 1,38$  мДж/К. Как при этом изменилась термодинамическая вероятность состояния системы  $w$  ?

7. На сколько давление  $p$  воздуха внутри мыльного пузырька больше атмосферного давления  $p_0$ , если диаметр пузырька  $d = 5$  мм?

### Контрольная работа №3

1. Расстояние между двумя точечными зарядами  $Q_1 = 5$  мкКл и  $Q_2 = -10$  мкКл равно 10 см. Определить силу  $F$ , действующую на точечный заряд  $Q = 0,1$  мкКл, удаленный на  $r_1 = 6$  см от первого и на  $r_2 = 8$  см от второго зарядов.

2. Сила  $F$  притяжения между пластинами плоского воздушного конденсатора равна 50 мН. Площадь  $S$  каждой пластины равна  $200$  см<sup>2</sup>. Найти плотность энергии  $w$  поля конденсатора.

3. В медном проводнике объемом  $V = 6$  см<sup>3</sup> при прохождении по нему постоянного тока за время  $t = 1$  мин выделилось количество теплоты  $Q = 216$  Дж. Вычислить напряженность  $E$  электрического поля в проводнике.

4. Э. Д. С.  $\varepsilon$  батареи равна 20 В. Сопротивление  $R$  внешней цепи равно 2 Ом, сила тока  $I = 4$  А. Найти К. П. Д. батареи. При каком значении внешнего сопротивления  $R$  К. П. Д. будет равен 99 %?

5. Вдоль двух длинных прямых параллельных проводников, расположенных на расстоянии  $d = 5$  см друг от друга, в одинаковом направлении текут токи силами  $I_1 = 5$  А и  $I_2 = 10$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля в точке, которая отстоит на  $r_1 = 3$  см от первого проводника и на  $r_2 = 4$  см от второго.

6. Вычислить радиус  $R$  дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией  $B = 15$  мТл, если скорость протона равна 2 Мм/с.

7. Сколько ампер-витков потребуется для создания магнитного потока  $\Phi = 0,42$  мВб в соленоиде с железным сердечником длиной  $l = 120$  см и площадью поперечного сечения  $S = 3$  см<sup>2</sup>?

8. Ток, который изменяется по закону  $I = 3 \cos 2t$  (время – в секундах, ток – в амперах), проходит по катушке индуктивностью  $L = 40$  мГн. Установить закон изменения и максимальное значение Э. Д. С. самоиндукции.

### Контрольная работа №4

1. Максимальная скорость точки, которая совершает гармонические колебания, равняется 10 см/с, максимальное ускорение  $100$  см/с<sup>2</sup>. Найти круговую частоту  $\omega$  колебаний, их период  $T$  и амплитуду  $A$ .

2. Определить амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi$  результирующего колебания, которое получится при сложении двух колебаний одинакового направления и периода:  $x_1 = A_1 \sin \omega t$  и  $x_2 = A_2 \sin \omega (t + \tau)$ , где  $A_1 = A_2 = 1$  см;  $\omega = \pi$  с<sup>-1</sup>,  $\tau = 0,5$  с.

3. Айсберг в виде прямой призмы колеблется вдоль вертикальной оси. Определить период  $T$  малых колебаний айсберга, если высота его надводной части  $h = 100$  м.

4. Тело, масса которого  $m = 1$  кг, совершает колебания под действием квазиупругой силы ( $k = 10$  Н/м). Определить коэффициент сопротивления  $r$  вязкой среды, если период затухающих колебаний  $T = 2,1$  с.

5. Звуковые колебания с частотой  $\nu = 450$  Гц и амплитудой  $\xi_0 = 0,3$  мм распространяются в воздухе. Длина волны  $\lambda = 80$  см. Чему равняется средняя энергия, которая переносится волной в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению волны? Плотность воздуха  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>.

6. Емкость конденсатора колебательного контура  $C = 7$  мкФ, индуктивность его катушки  $L = 0,23$  Гн, сопротивление  $R = 40$  Ом. Конденсатору сообщили заряд  $q_0 = 0,56$  мКл и присоединили его к катушке. Определить период колебаний, логарифмический декремент затухания и записать закон изменения напряжения на конденсаторе в зависимости от времени.

7. В колебательном контуре индуктивность катушки можно изменять от 50 до 500 Гн, а емкость конденсатора от 10 до 1000 пФ. Какой диапазон длин волн можно получить при настройке такого контура?

#### Контрольная работа №5

1. Мыльная пленка расположена вертикально и образует клин вследствие стекания жидкости. При наблюдении интерференционных полос в отраженном свете ртутной дуги ( $\lambda = 546,1$  нм) оказалось, что расстояние между пятью полосами  $l = 2$  см. Определить угол  $\alpha$  клина. Свет падает перпендикулярно поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды  $n = 1,33$ .

2. Плоская световая волна ( $\lambda = 0,7$  мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r = 1,4$  мм. На пути лучей, прошедших через отверстие, помещен экран. Определить максимальное расстояние  $b_{\max}$  от центра отверстия до экрана, при котором в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно.

3. Коэффициент поглощения некоторого вещества для монохроматического света определенной длины волны  $\alpha = 0,1$  см<sup>-1</sup>. Определить толщину слоя вещества, которая необходима для ослабления света в 2 раза.

4. Определить относительное увеличение  $\Delta R_e/R_e$  энергетической светимости черного тела при увеличении его температуры на 1%.

5. Найти частоту  $\nu$  света, который вырывает из металла электроны, если они целиком задерживаются разностью потенциалов  $U = 3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света  $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найти работу выхода  $A$  электрона из металла.

6. Фотон с длиной волны  $\lambda = 15$  пм рассеялся на свободном электроне. Длина волны рассеянного фотона  $\lambda' = 16$  пм. Определить угол  $\theta$  рассеяния.

7. С какой скоростью  $v$  должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия равнялась энергии фотона с длиной волны  $\lambda = 520$  нм?

## Контрольная работа №6

1. Электрон находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ . Определить, в каких точках интервала ( $0 \leq x \leq l$ ) плотность вероятности нахождения электрона на первом и втором энергетических уровнях одинакова. Вычислить плотность вероятности для этих точек. Пояснить графически.

2. В чем смысл понятия «дырка» как носителя тока в полупроводнике? Существуют ли дырки вне полупроводника? Совпадают ли зоны проводимости для электронов и дырок в полупроводниках? Чему равна наименьшая энергия  $\varepsilon_{\min}$  образования пары электрон-дырка в собственном полупроводнике, проводимость которого возрастает в  $n = 2$  раза при повышении температуры от  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 310$  К?

3. Определить энергию связи  $E_{\text{св}}$  ядер: а)  ${}^3_1\text{H}$ ; б)  ${}^3_2\text{He}$ . Какое из этих ядер более устойчиво?

4. За один год начальное количество радиоактивного препарата уменьшилось в 5 раз. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

5. Определить энергию  $E$ , которая высвободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.

## ВАРИАНТ 7

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = At^2$  ( $A = 0,1$  рад/с<sup>2</sup>). Определить полное ускорение  $a$  точки на ободе диска к концу второй секунды после начала движения, если линейная скорость этой точки в этот момент  $v = 0,4$  м/с.

2. Материальная точка массой  $m = 2$  кг движется под действием некоторой силы  $F$  согласно уравнению  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>,  $D = -0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найти значения этой силы в моменты времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 5$  с. В какой момент времени сила равна нулю?

3. К стальной проволоке радиусом  $r = 1$  мм подвешен груз массой  $m = 100$  кг. На какой наибольший угол  $\alpha$  можно отклонить проволоку с грузом, чтобы она не разорвалась при прохождении этим грузом положения равновесия?

4. Шар массой  $m_1 = 10$  кг, движущийся со скоростью  $v_1 = 4$  м/с, сталкивается с шаром массой  $m_2 = 4$  кг, скорость  $v_2$  которого равна 12 м/с. Считая удар центральным и абсолютно неупругим, найти скорость  $u$  шаров после

удара в двух случаях: 1) малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу.

5. Полная кинетическая энергия  $T$  диска, катящегося по горизонтальной поверхности, равна 24 Дж. Определить кинетическую энергию  $T_1$  поступательного и  $T_2$  вращательного движения диска.

6. Платформа, имеющая форму сплошного однородного диска, вращается по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси. На краю платформы стоит человек, масса которого в 3 раза меньше массы платформы. Определить, как и во сколько раз изменится угловая скорость вращения платформы, если человек перейдет ближе к центру на расстояние, равное половине радиуса платформы. Считать человека точечной массой.

7. Фотонная ракета движется относительно Земли со скоростью  $v = 0,6 c$ . Во сколько раз замедлится ход времени в ракете с точки зрения земного наблюдателя?

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В баллоне содержится газ при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ . До какой температуры  $t_2$  нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в два раза?

2. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения, среднее значение  $\langle \varepsilon \rangle$  полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре  $T = 600\text{ K}$ . Определить также энергию  $W$  поступательного движения всех молекул пара, которые содержатся в  $\nu = 1$  кмоль вещества.

3. Вычислить среднее число  $\langle z \rangle$  столкновений, которые испытывает молекула кислорода за 1 с при нормальных условиях.

4. Разность удельных теплоемкостей для некоторого газа  $c_p - c_v = 189$  Дж/(кг К). Определить, какой это газ.

5. Азот в количестве  $\nu = 1$  кмоль, который находится при нормальных условиях, расширяется адиабатно от объема  $V_1$  до  $V_2 = 5 V_1$ . Определить изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и работу  $A$ , выполненную газом при расширении.

6. Осуществляя замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 4$  кДж. Определить работу  $A$  газа за цикл, если его термический КПД  $\eta = 0,1$ .

7. Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту  $h = 20$  мм. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  глицерина, если диаметр  $d$  канала трубки равен 1 мм.

## Контрольная работа №3

1. В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a = 10$  см расположены точечные заряды  $Q, 2Q, 3Q, 4Q, 5Q, 6Q$  ( $Q = 0,1$  мкКл). Найти силу

$F$ , действующую на точечный заряд  $Q$ , лежащий в плоскости шестиугольника и равноудаленный от его вершин.

2. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом  $r = 10$  см каждая. Расстояние  $d_1$  между пластинами равно 1 см. Конденсатор зарядили до разности потенциалов  $U = 1,2$  кВ и отключили от источника тока. Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы, удаляя пластины друг от друга, увеличить расстояние между ними до  $d_2 = 3,5$  см?

3. В центре сферы радиусом  $R = 20$  см находится точечный заряд  $Q = 10$  нКл. Определить поток  $\Phi_E$  вектора напряженности через часть сферической поверхности площадью  $S = 20$  см<sup>2</sup>.

4. К зажимам батареи аккумуляторов присоединен нагреватель. Э. Д. С.  $\varepsilon$  батареи равна 24 В, внутреннее сопротивление  $r = 1$  Ом. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность  $P = 80$  Вт. Вычислить силу тока  $I$  в цепи и К. П. Д. нагревателя.

5. Два параллельных прямых длинных проводника, по которым в одном направлении текут токи  $I_1 = 4$  А и  $I_2 = 6$  А, расположены на расстоянии  $d = 10$  см друг от друга. Определить магнитную индукцию поля в точке, которая отстоит от первого проводника на  $r_1 = 5$  см и от второго – на  $r_2 = 12$  см.

6. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 6$  кВ, влетает в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 30^\circ$  к направлению поля и движется по винтовой траектории. Индукция магнитного поля  $B = 13$  мТл. Найти радиус  $R$  и шаг  $h$  винтовой траектории.

7. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. По цепи протекло количество электричества  $Q = 10$  мкКл. Определить изменение  $\Delta\Phi$  магнитного потока через площадь кольца, если сопротивление  $R$  цепи гальванометра равно 30 Ом.

8. Определить объемную плотность энергии  $w$  магнитного поля в стальном сердечнике, если индукция  $B$  магнитного поля равна 0,5 Тл.

#### Контрольная работа №4

1. Точка равномерно движется по окружности против часовой стрелки с периодом  $T = 6$  с. Диаметр  $d$  окружности равен 20 см. Написать уравнение движения проекции точки на ось  $OX$ , которая проходит через центр окружности, если в момент времени, принятый за начальный, проекция на ось  $OX$  равняется нулю. Найти смещение  $x$  точки в момент  $t = 1$  с.

2. Материальная точка, масса которой  $m = 10$  г, осуществляет гармонические колебания по закону косинуса с периодом  $T = 2$  с и начальной фазой  $\varphi = 0$ . Полная механическая энергия точки  $E = 0,1$  мДж. Определить амплитуду колебаний  $A$  и записать закон движения точки. Вычислить максимальное значение  $F_{\max}$  силы, которая действует на точку.

3. Груз подвешен на пружине, жесткость которой  $k = 0,1$  Н/м, и погружен в среду с коэффициентом сопротивления  $r = 0,05$  кг/с. Масса груза  $m = 1$  кг. Определить добротность  $Q$  колебательной системы.

4. Груз массой  $m = 0,5$  кг подвешен на пружине, жесткость которой  $k = 0,49$  Н/см, и помещен в масло. Коэффициент сопротивления движению в масле  $r = 0,5$  кг/с. На верхний конец пружины действует вертикальная возмущающая сила, которая изменяется по закону  $F = 0,98 \sin \omega t$ , Н. При какой частоте возмущающей силы амплитуда вынужденных колебаний будет максимальной? Чему она равняется?

5. Определить скорость  $v$  распространения волны в упругой среде, если разность фаз  $\Delta\phi$  колебаний двух точек среды, отстоящих друг от друга на  $\Delta x = 10$  см, равняется  $\pi/3$ . Частота колебаний  $\nu = 25$  Гц.

6. Сила тока в колебательном контуре, который содержит катушку индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и конденсатор, с течением времени изменяется по уравнению  $I = -0,1 \sin 200\pi t$ . Определить: 1) период колебаний, 2) емкость конденсатора, 3) максимальное напряжение на обкладках конденсатора, 4) максимальную энергию магнитного поля, 5) максимальную энергию электрического поля.

7. В вакууме вдоль оси  $Ox$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны составляет 18,8 В/м. Определить среднюю энергию, которая проходит за  $t = 1$  мин через площадку  $S = 0,5$  м<sup>2</sup>, размещенную перпендикулярно направлению распространения волны.

#### Контрольная работа №5

1. На пути световой волны, которая распространяется в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной  $h = 1$  мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку: 1) нормально; 2) под углом  $i = 30^\circ$ ?

2. Постоянная дифракционной решетки  $d = 2$  мкм. Какую разность длин волн  $\Delta\lambda$  может разрешить эта решетка в области желтых лучей ( $\lambda = 600$  нм) в спектре второго порядка? Ширина решетки  $a = 2,5$  см.

3. Угол  $\phi$  между плоскостями поляризатора и анализатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, который выходит из анализатора, если угол увеличить до  $60^\circ$ ?

4. Температура  $T$  верхних слоев звезды Сириус равна 10 кК. Определить поток энергии  $\Phi_e$ , который излучается с поверхности площадью  $S = 1$  км<sup>2</sup> этой звезды.

5. Фотоны с энергией  $\varepsilon = 4,9$  эВ вырывают электроны из металла с работой выхода  $A = 4,5$  эВ. Найти максимальный импульс  $p_{\max}$ , сообщенный поверхности металла при вылете каждого электрона.

6. С какой скоростью  $v$  должен двигаться электрон, чтобы его импульс равнялся импульсу фотона с длиной волны  $\lambda = 520$  нм?

7. Энергия рентгеновских фотонов  $\varepsilon = 0,6$  МэВ. Найти энергию электрона отдачи, если длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20%.

## Контрольная работа №6

1. Электрон в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$  находится в нижнем возбужденном состоянии. Какова вероятность обнаружения электрона в интервале  $l/4$ , равноудаленном от стенок ямы?
2. Определить ширину  $\Delta E$  запрещенной зоны теллура, если его электропроводность возрастает в  $n = 5$  раз при повышении температуры от  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 400$  К.
3. Определить энергию связи  $E_{\text{св}}$ , приходящуюся на один нуклон в ядрах;  
а)  ${}^7_3\text{Li}$ ; б)  ${}^{14}_7\text{N}$ .
4. Определить количество  $\Delta N$  атомов, которые распались в  $m = 1$  мг радиоактивного натрия  ${}^{24}_{11}\text{Na}$  за время  $t_1 = 10$  час. Период полураспада натрия  $T_{1/2} = 15,3$  час.
5. Определить энергию  $Q$  ядерной реакции:  ${}^{44}_{20}\text{Ca} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{41}_{19}\text{K} + {}^4_2\text{He}$ .

## ВАРИАНТ 8

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Диск радиусом  $R = 10$  см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе диска, от времени задается уравнением  $v = At + Bt^2$  ( $A = 0,3$  м/с<sup>2</sup>,  $B = 0,1$  м/с<sup>3</sup>). Определить момент времени, для которого вектор полного ускорения  $a$  образует с радиусом колеса угол  $\varphi = 4^\circ$ .
2. Вычислить работу  $A$ , совершаемую на пути  $s = 12$  м равномерно возрастающей силой, если в начале пути сила  $F_1 = 10$  Н, в конце пути  $F_2 = 46$  Н.
3. Пружина жесткостью  $k = 10$  кН/м была сжата на  $x_1 = 4$  см. Какую нужно совершить работу  $A$ , чтобы сжатие пружины увеличить до  $x_2 = 8$  см?
4. При центральном упругом ударе движущееся тело массой  $m_1$  ударяется в покоящееся тело массой  $m_2$ , в результате чего скорость первого тела уменьшается в два раза. Определить: 1) во сколько раз масса первого тела больше массы второго тела; 2) кинетическую энергию второго тела непосредственно после удара, если первоначальная кинетическая энергия первого тела равна 800 Дж.
5. Вал массой  $m = 100$  кг и радиусом  $R = 5$  см вращался с частотой  $n = 8$  с<sup>-1</sup>. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой  $F = 40$  Н, под действием которой вал остановился через  $t = 10$  с. Определить коэффициент трения  $f$ .
6. Бревно высотой  $h = 3$  м и массой  $m = 50$  кг начинает падать из

вертикального положения на землю. Определить скорость верхнего конца и момент импульса бревна в момент падения на землю.

7. На сколько увеличится масса  $\alpha$ -частицы при ускорении ее от начальной скорости, равной нулю, до скорости, равной  $0,9$  скорости света?

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. При нагревании идеального газа на  $\Delta T = 1$  К при постоянном давлении объем его увеличился на  $1/350$  первоначального объема. Найти начальную температуру  $T$  газа.

2. Определить средние значения  $\langle \varepsilon \rangle$  полной кинетической энергии одной молекулы гелия, кислорода и водяного пара при температуре  $T = 400$  К.

3. На сколько уменьшится атмосферное давление  $p = 100$  кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту  $h = 100$  м? Считать, что температура  $T$  воздуха равняется  $290$  К и не изменяется с высотой.

4. В закрытом сосуде находится масса  $m_1 = 20$  г азота и масса  $m_2 = 32$  г кислорода. Определить изменение  $\Delta U$  внутренней энергии смеси газов при охлаждении ее на  $\Delta T = 28$  К.

5. Газ расширяется адиабатно так, что его давление падает от  $p_1 = 200$  кПа до  $p_2 = 100$  кПа. Потом он нагревается при постоянном объеме до первоначальной температуры, причем его давление становится  $p = 122$  кПа. Определить отношение  $C_p/C_v$  для этого газа. Начертить график процесса.

6. Идеальный газ, который выполняет цикл Карно,  $2/3$  количества теплоты  $Q_1$ , полученной от нагревателя, отдает холодильнику. Температура холодильника  $T_2 = 280$  К. Определить температуру  $T_1$  нагревателя.

7. Разность  $\Delta h$  уровней жидкости в коленах  $U$ -образной трубки равна  $23$  мм. Диаметры  $d_1$  и  $d_2$  каналов в коленах трубки равны соответственно  $2$  и  $0,4$  мм. Плотность жидкости  $\rho = 0,8$  г/см<sup>3</sup>. Определить поверхностное натяжение жидкости.

## Контрольная работа №3

1. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии  $r = 60$  см. Сила отталкивания  $F_1$  шаров равна  $70$  мкН. После того, как шары привели в соприкосновение и удалили друга от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной  $F_2 = 160$  мкН. Вычислить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$ , которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.

2. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 600$  кВ, приобрела скорость  $v = 5,4$  Мм/с. Определить удельный заряд частицы (отношение заряда к массе).

3. Конденсаторы емкостями  $C_1 = 1$  мкФ,  $C_2 = 2$  мкФ,  $C_3 = 3$  мкФ включены в цепь с напряжением  $U = 1,1$  кВ. Определить энергию каждого

конденсатора в случаях: 1) последовательного их включения; 2) параллельного включения.

4. При силе тока  $I_1 = 3$  А во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность  $P_1 = 18$  Вт, при силе тока  $I_2 = 1$  А – соответственно  $P_2 = 10$  Вт. Определить Э. Д. С.  $\varepsilon$  и внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

5. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре кругового витка равна 200 А/м. Магнитный момент  $p_m$  витка равен 1 А·м<sup>2</sup>. Вычислить силу тока  $I$  в витке и радиус  $R$  витка.

6. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл. Определить момент импульса  $L$ , которым обладала частица при движении в магнитном поле, если ее траектория представляла дугу окружности радиусом  $R = 0,1$  см.

7. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл находится прямой провод длиной  $l = 8$  см, расположенный перпендикулярно линиям индукции. По проводу течет ток силой  $I = 2$  А. Под действием сил поля провод переместился на расстояние  $s = 5$  см. Найти работу  $A$  сил поля.

8. Рамка из провода сопротивлением  $R = 0,01$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь  $S$  рамки равна 100 см<sup>2</sup>. Найти, какое количество электричества  $Q$  протечет через рамку за время поворота ее на угол  $\alpha = 30^\circ$  от  $\alpha_0 = 0$  до  $\alpha_1 = 30^\circ$ .

#### Контрольная работа №4

1. Определить максимальные значения скорости  $\dot{x}_{\max}$  и ускорения  $\ddot{x}_{\max}$  точки, которая совершает гармонические колебания с амплитудой  $A = 3$  см и круговой частотой  $\omega = \pi/2$  с<sup>-1</sup>.

2. Материальная точка массой  $m = 50$  г совершает колебания, уравнение которых имеет вид  $x = A \cos \omega t$ , где  $A = 10$  см,  $\omega = 5$  с<sup>-1</sup>. Найти силу  $F$ , действующую на точку, в двух случаях: 1) в момент, когда фаза  $\omega t = \pi/3$ ; 2) в положении наибольшего смещения точки.

3. Амплитуда затухающих колебаний маятника за время  $t_1 = 5$  мин уменьшилась в два раза. За какое время  $t_2$  амплитуда уменьшится в восемь раз?

4. Шарик массой  $m = 50$  г колеблется на легкой нити, длина которой  $l = 1$  м. Считая, что коэффициент сопротивления воздуха  $r = 0,1$  кг/с, определить частоту собственных колебаний  $\nu_0$ ; резонансную частоту колебаний  $\nu_{\text{рез}}$ ; резонансную амплитуду  $A_{\text{рез}}$ , если амплитудное значение возмущающей силы  $F_0 = 0,01$  Н.

5. Плотность некоторого двухатомного газа при нормальном давлении равна 1,78 кг/м<sup>3</sup>. Определить скорость распространения звука в газе при этих условиях.

6. Напряжение на обкладках конденсатора колебательного контура изменяется по закону  $U = 30 \cos 10^3 \pi t$ , В. Емкость конденсатора  $C = 0,3$  мкФ. Оп-

ределить период  $T$  колебаний, индуктивность катушки  $L$  и установить закон изменения силы тока  $I(t)$  в контуре.

7. В вакууме вдоль оси  $OX$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны составляет  $18,8$  В/м. Длина волны  $\lambda = 31$  м. Записать уравнение электромагнитной волны.

### Контрольная работа №5

1. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм, который падает по нормали к поверхности пластинки. Найти толщину  $h$  воздушного зазора между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается четвертое темное кольцо в отраженном свете.

2. На дифракционную решетку падает нормально пучок света. Красная линия ( $\lambda = 700$  нм) в спектре первого порядка видна под углом дифракции  $\varphi = 30^\circ$ . Найти постоянную  $d$  дифракционной решетки. Какое количество штрихов  $N_0$  нанесено на единицу длины этой решетки?

3. Во сколько раз ослабляется интенсивность естественного света, который проходит через два поляризатора, плоскости которых образуют угол  $\varphi = 30^\circ$ ?

4. В каких областях спектра лежат длины волн, которые соответствуют максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служит: а) спираль электрической лампочки ( $T = 3\ 000$  К); б) поверхность Солнца ( $T = 6\ 000$  К); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура  $T \approx 10^7$  К?

5. Найти постоянную Планка  $h$ , если известно, что электроны, которые вырываются из металла светом с частотой  $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$  Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_1 = 6,6$  В, а те, которые вырываются светом с частотой  $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$  Гц, – разностью потенциалов  $U_2 = 16,5$  В.

6. На плоскую идеально отражающую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм. Поток излучения  $\Phi_e$  составляет  $0,45$  Вт. Определить силу давления, которую испытывает эта поверхность.

7. Какую энергию  $\varepsilon$  должен иметь фотон, чтобы его масса равнялась массе покоя электрона?

### Контрольная работа №6

1. Частица в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$  находится в основном состоянии, которому соответствует энергия  $E_1 = 8,12$  МэВ. Ширина ямы  $l = 5 \cdot 10^{-15}$  м. Определить массу  $m$  частицы.

2. Кремниевый образец нагревают от 0 до 10 °С. Принимая ширину  $\Delta E$  запрещенной зоны кремния 1,1 эВ, определить, во сколько раз возрастет его удельная проводимость.

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

4. Сколько атомов из  $N = 10^6$  атомов полония распадается за время  $t = 1$  сут?

Период полураспада полония  $T_{1/2} = 138$  сут.

5. Определить энергию  $Q$ , выделяющуюся при реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ .

## ВАРИАНТ 9

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением  $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $C = 0,1$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 0,03$  м/с<sup>3</sup>). Определить: 1) через сколько времени после начала движения ускорение  $a$  тела будет равно 2 м/с<sup>2</sup>; 2) среднее ускорение  $\langle a \rangle$  тела за этот промежуток времени.

2. Диск радиусом  $R = 10$  см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = At + Bt^3$  ( $A = 2$  рад/с,  $B = 4$  рад/с<sup>3</sup>). Определить для точек на ободе колеса: 1) нормальное ускорение  $a_n$  в момент времени  $t = 2$  с; 2) тангенциальное ускорение  $a_\tau$  для этого же момента; 3) угол поворота  $\varphi_1$ , при котором полное ускорение составляет с радиусом колеса угол  $\alpha = 45^\circ$ .

3. Тело массой  $m = 2$  кг падает вертикально с ускорением  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>. Определить силу сопротивления при движении этого тела.

4. Тело, падая с некоторой высоты, в момент соприкосновения с Землей обладает импульсом  $p = 100$  кг·м/с и кинетической энергией  $T = 500$  Дж. Определить: 1) с какой высоты тело падало; 2) массу тела.

5. Определить, во сколько раз уменьшится скорость шара, движущегося со скоростью  $v_1$  при его соударении с покоящимся шаром, масса которого в  $n$  раз больше массы налетающего шара. Удар считать центральным абсолютно упругим.

6. Шар массой  $m = 10$  кг и радиусом  $R = 20$  см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид  $\varphi = A + Bt^2 - Ct^3$ , где  $B = 4$  рад/с<sup>2</sup>;  $C = -1$  рад/с<sup>3</sup>. Найти закон изменения момента сил, действующих на шар.

7. Два ускорителя выбрасывают навстречу друг другу частицы со скоростями  $|v| = 0,9c$ . Определить относительную скорость  $u_{21}$  сближения частиц в системе отсчета, движущейся вместе с одной из частиц.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В цилиндре под поршнем содержится газ при нормальных условиях. Сначала при  $T = \text{const}$  объем газа увеличили в  $\beta = 5$  раз, потом газ нагрели при  $p = \text{const}$  до температуры  $t = 127^\circ\text{C}$ . Определить концентрацию  $n$  молекул в конечном состоянии.

2. Некоторая масса кислорода находится при температуре  $t = 27^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 100$  кПа. Кинетическая энергия поступательного движения молекул кислорода  $\langle E \rangle = 6,3$  Дж. Определить количество молекул  $N$  кислорода, его массу  $m$  и объем  $V$ .

3. Определить среднюю продолжительность  $\langle \tau \rangle$  свободного пробега молекул кислорода при температуре  $T = 250$  К и давлении  $p = 100$  Па.

4. Водород массой  $m = 6,5$  г, который находится при температуре  $t = 27^\circ\text{C}$ , расширяется вдвое при  $p = \text{const}$  за счет сообщенной извне теплоты. Определить работу  $A$  расширения газа, увеличение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

5. Двухатомный газ занимает объем  $V_1 = 0,5$  л при давлении  $p_1 = 50$  кПа. Газ сжимается адиабатно до некоторого объема  $V_2$  и давления  $p_2$ . Потом он охлаждается при  $V_2 = \text{const}$  до первоначальной температуры, причем его давление становится  $p_0 = 100$  кПа. Начертить график этого процесса. Определить объем  $V_2$  и давление  $p_2$ .

6. Идеальный газ выполняет цикл Карно. Температура  $T_2$  холодильника равна 290 К. В сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от  $T_1' = 400$  К до  $T_1'' = 600$  К?

7. В воду погружена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром  $d$  внутреннего канала, равным 1 мм. Вычислить массу  $m$  воды, которая вошла в трубку.

## Контрольная работа №3

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

2. Конденсатор емкостью  $C_1 = 0,6$  мкФ был заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 300$  В и соединен со вторым конденсатором емкостью  $C_2 = 0,4$  мкФ, заряженным до разности потенциалов  $U_2 = 150$  В. Найти заряд  $\Delta Q$ , перетекший с пластин первого конденсатора на второй.

3. Определить плотность тока  $j$  в железном проводнике длиной  $l = 10$  м, если проводник находится под напряжением  $U = 6$  В.

4. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 10$  Ом равномерно убывает от  $I_0 = 3$  А до  $I = 0$  за 30 с. Определить выделившееся за это время в проводнике количество теплоты  $Q$ .

5. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром  $d = 0,5$  мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Какова магнитная индукция  $B$  внутри соленоида при силе тока  $I = 4$  А? Толщиной изоляции пренебречь.

6. Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $300$  см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток силой  $I = 10$  А. Определить работу  $A$  внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.

7. Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл по окружности радиусом  $R = 1$  см. Определить кинетическую энергию электрона (в джоулях и электрон-вольтах).

8. Магнитный поток  $\Phi = 40$  мВб пронизывает замкнутый контур. Определить среднее значение э. д. с. индукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ , возникающей в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время  $\Delta t = 2$  мс.

#### Контрольная работа №4

1. Точка совершает гармонические колебания. Наибольшее смещение  $x_{\max}$  точки равняется 10 см, наибольшая скорость  $v_{\max} = 20$  см/с. Определить круговую частоту  $\omega$  колебаний.

2. В электронном осциллографе электронный луч отклоняется в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Колебания луча описываются уравнениями  $x = A \sin 3\omega t$ ,  $y = A \cos 2\omega t$ . Построить траекторию светящейся точки на экране, соблюдая масштаб. Принять  $A = 4$  см.

3. Однородный диск радиуса  $R = 30$  см совершает колебания вокруг горизонтальной оси, которая проходит: а) через одну из образующих цилиндрической поверхности диска; б) середину одного из радиусов перпендикулярно к плоскости диска. Каковы периоды  $T_1$  и  $T_2$  его колебаний?

4. Тело массой  $m = 0,1$  кг подвешено на пружине жесткостью  $k = 10$  Н/м. Верхняя часть пружины находится под действием вертикальной силы  $F = 10^{-3} \cos \omega t$ , Н. Колебания происходят в вязкой среде. Определить максимальную силу трения  $F_{\text{тр max}}$ , которая мешает движению, если при резонансе амплитуда  $A_{\text{рез}} = 0,1$  м.

5. Плоская звуковая волна имеет период  $T = 3$  мс, амплитуду  $\xi_0 = 0,2$  мм и длину волны  $\lambda = 1,2$  м. Для точек среды, удаленных от источника колебаний на расстояние  $x = 2$  м, найти смещение  $\xi(x, t)$  в момент  $t = 7$  мс. Начальная фаза колебаний равна нулю.

6. Емкость конденсатора колебательного контура  $C = 1$  мкФ, индуктивность его катушки  $L = 10$  мГн. Какое активное сопротивление  $R$  необходимо ввести в контур, чтобы его собственная частота колебаний уменьшилась на 0,01%?

7. Электромагнитные волны распространяются в однородной среде со скоростью  $2 \cdot 10^8$  м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные волны в этой среде, если их частота в вакууме 1 МГц?

#### Контрольная работа №5

1. Расстояние  $\Delta r_{1,2}$  между первым и вторым темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние  $\Delta r_{9,10}$  между девятым и десятым кольцами.

2. Свет от монохроматического источника ( $\lambda = 600$  нм) падает нормально на диафрагму с диаметром отверстия  $d = 6$  мм. За диафрагмой на расстоянии  $l = 3$  м от нее помещен экран. Какое количество  $k$  зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы? Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым?

3. Определить показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч полностью поляризован в случае, когда угол преломления составляет  $35^\circ$ .

4. Поток энергии  $\Phi$ , который излучается из окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Определить температуру  $T$ , если площадь отверстия  $S = 6$  см<sup>2</sup>.

5. Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении  $\gamma$ -фотонами с энергией  $\varepsilon = 1,53$  МэВ.

6. При какой температуре  $T$  кинетическая энергия молекулы двухатомного газа будет равняется энергии фотона с длиной волны  $\lambda = 589$  нм?

7. Фотон с энергией 100 кэВ вследствие эффекта Комптона рассеялся при столкновении со свободным электроном на угол  $\theta = \pi/2$ . Определить энергию фотона после рассеяния.

#### Контрольная работа №6

1. Рассматривая приближенно ядро и атом как одномерные прямоугольные бесконечно глубокие потенциальные ямы для электронов и нуклонов, вычислить расстояние между основным и первым возбужденным уровнями в атоме  $\Delta E_{a1,2}$  и ядре  $\Delta E_{я1,2}$ , полагая, что для атома  $l_a = 5 \cdot 10^{-10}$  м, а для ядра  $l_я = 5 \cdot 10^{-15}$  м.

2. Удельная проводимость кремния имеет значение  $\sigma_1 = 19$  См/м при температуре  $T_1 = 600$  К и  $\sigma_2 = 4\,095$  См/м при  $T_2 = 1\,200$  К. Определить ширину  $\Delta E$  запрещенной зоны для кремния.

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

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

5. Определить энергию  $Q$ , поглощающуюся при реакции  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$ .

# ВАРИАНТ 10

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Движение материальной точки задано уравнением  $\mathbf{r}(t) = A(\mathbf{i} \cos \omega t + \mathbf{j} \sin \omega t)$ , где  $A = 0,5$  м;  $\omega = 5$  рад/с. Начертить траекторию точки. Определить модуль скорости  $|\mathbf{v}|$  и модуль нормального ускорения  $a_n$ .

2. Диск радиусом  $R = 10$  см вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $B = 1$  рад/с,  $C = 1$  рад/с<sup>2</sup>,  $D = 1$  рад/с<sup>3</sup>). Определить для точек на ободе диска к концу второй секунды после начала движения: 1) тангенциальное ускорение  $a_\tau$ ; 2) нормальное ускорение  $a_n$ ; 3) полное ускорение  $a$ .

3. Тело массой  $m = 2$  кг движется прямолинейно по закону  $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$  ( $C = 2$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 0,4$  м/с<sup>3</sup>). Определить силу, действующую на тело в конце первой секунды движения.

4. Тело массой  $m_1 = 3$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая удар центральным и неупругим, определить количество теплоты, выделившееся при ударе.

5. Обруч и сплошной цилиндр, имеющие каждый массу  $m = 2$  кг, катятся без скольжения с одинаковой скоростью  $v = 5$  м/с. Определить кинетические энергии этих тел.

6. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 2$  рад;  $B = 32$  рад/с;  $C = -4$  рад/с<sup>2</sup>. Найти среднюю мощность  $\langle N \rangle$ , развиваемую силами, действующими на маховик при его вращении, до остановки, если его момент инерции  $J = 100$  кг·м<sup>2</sup>.

7. Определить импульс  $p$  частицы (в единицах  $m_0c$ ), если ее кинетическая энергия равна энергии покоя.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

1. В сосуде вместимостью  $V = 3$  дм<sup>3</sup> содержится азот при температуре  $t = 17$  °С и давлении  $p = 10^{-4}$  Па. Определить количество молекул  $N$  азота в сосуде, массу  $m$  азота и среднюю кинетическую энергию  $\langle E \rangle$  поступательного теплового движения молекул газа.

2. До какой температуры  $T$  нужно нагреть идеальный газ при  $p = \text{const}$ , чтобы его плотность уменьшилась в два раза по сравнению с плотностью этого газа при  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  ?

3. Какой должна быть температура  $T$  воздуха Земли, чтобы средняя квадратичная скорость молекулы водорода равнялась бы второй космической скорости ?

4. Гелий, который находится при нормальных условиях, изотермически расширяется от объема  $V_1 = 1$  л до объема  $V_2 = 2$  л. Определить работу  $A$ , совершенную газом при расширении, и количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

5. Определить удельные теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  некоторого газа, если известно, что его плотность при нормальных условиях  $\rho = 1,43$  кг/м<sup>3</sup>, а отношение молярных теплоемкостей равно 1,4. Какой это газ?

6. Идеальный газ выполняет цикл Карно. Температура  $T_1$  нагревателя в три раза выше температуры  $T_2$  холодильника. От нагревателя получено количество теплоты  $Q_1 = 42$  кДж. Какую работу  $A$  выполнил газ?

7. На какую высоту  $h$  поднимается вода между двумя параллельными стеклянными пластинками, если расстояние  $d$  между ними равно 0,2 мм?

### Контрольная работа №3

1. Вычислить потенциальную энергию системы двух точечных зарядов  $Q_1 = 100$  нКл и  $Q_2 = 10$  нКл, находящихся на расстоянии  $d = 10$  см друг от друга.

2. Какая ускоряющая разность потенциалов  $U$  требуется для того, чтобы сообщить скорость  $v = 30$  Мм/с: 1) электрону; 2) протону?

3. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 100$  Ом равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до  $I_{\text{max}} = 10$  А в течение времени  $t = 10$  с. Какое количество теплоты  $Q$  выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени?

4. Три источника тока с э.д.с.  $\varepsilon_1 = 1,8$  В,  $\varepsilon_2 = 1,4$  В и  $\varepsilon_3 = 1,1$  В соединены накоротко одноименными полюсами. Внутреннее сопротивление первого источника  $r_1 = 0,4$  Ом, второго –  $r_2 = 0,6$  Ом. Определить внутреннее сопротивление третьего источника, если через первый источник идет ток  $I_1 = 1,13$  А.

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

6. По двум параллельным прямым проводникам длиной  $L = 1$  м каждый текут токи одинаковой силы. Расстояние  $d$  между проводниками равно 1 см. Проводники взаимодействуют с силой  $F = 1$  мН. Найти силу тока  $I$  в проводниках.

7. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны  $R$  траектории начала и конца пути?

8. Рамка площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  содержит  $N = 10^3$  витков провода сопротивлением  $R_1 = 12 \text{ Ом}$ . К концам обмотки подключено внешнее сопротивление  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ . Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0,1 \text{ Тл}$ ) с частотой  $n = 8 \text{ с}^{-1}$ . Определить максимальную мощность  $P_{\text{max}}$  переменного тока в цепи.

#### Контрольная работа №4

1. Груз массой  $m = 0,1 \text{ кг}$ , подвешенный на спиральной пружине, растягивает ее на  $\Delta x = 0,1 \text{ мм}$ . Какую амплитуду  $A$  будут иметь колебания груза, если полная механическая энергия  $E = 1 \text{ Дж}$ ?

2. Однородный диск радиуса  $R = 30 \text{ см}$  совершает колебания вокруг горизонтальной оси, которая проходит: а) через одну из образующих цилиндрической поверхности диска; б) середину одного из радиусов перпендикулярно к плоскости диска. Какие периоды  $T_1$  и  $T_2$  его колебаний?

3. Груз, масса которого  $m = 0,1 \text{ кг}$ , подвешен на вертикальной пружине жесткостью  $k = 10 \text{ Н/м}$ . Сила сопротивления движения пропорциональна скорости, коэффициент пропорциональности  $r = 0,87 \text{ кг/с}$ . Груз оттянули на  $x_{\text{max}} = 2 \text{ см}$  от положения равновесия и отпустили без толчка. Записать закон движения груза.

4. На гармонический осциллятор массой  $m = 10 \text{ г}$ , который совершает колебания с коэффициентами квазиупругой силы  $k = 10^2 \text{ Н/г}$  и затухания  $\beta = 1 \text{ с}^{-1}$ , действует возмущающая сила  $F = 0,1 \cos 90t, \text{ Н}$ . Установить закон, по которому происходят колебания. Сравнить значение амплитуды колебаний с амплитудой в резонансе

5. Емкость конденсатора колебательного контура  $C = 39,5 \text{ мкФ}$ , индуктивность его катушки  $L = 100 \text{ мГн}$ . Заряд конденсатора  $q = 3 \text{ мкКл}$ . Пренебрегая сопротивлением контура, записать уравнение 1) изменения силы тока в контуре в зависимости от времени, 2) изменения напряжения на конденсаторе в зависимости от времени.

6. Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура с скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Амплитуда колебаний точек шнура  $5 \text{ см}$ , период колебаний  $1 \text{ с}$ . Записать уравнение волны и определить 1) длину волны, 2) фазу колебаний, смещение, скорость и ускорение точки, отстоящей на  $9 \text{ м}$  от источника колебаний в момент времени  $t_1 = 2,5 \text{ с}$ .

7. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряженности электрического поля которой  $E_m = 160 \text{ В/м}$ . Определить амплитуду напряженности магнитного поля волны.

#### Контрольная работа №5

1. На поверхность стеклянного объектива ( $n_1 = 1,5$ ) нанесенная тонкая пленка, показатель преломления которой  $n_2 = 1,2$  (пленка, которая „просвет-

ляет”). При какой наименьшей толщине  $d$  этой пленки произойдет максимальное ослабление отраженного света в средней части видимого спектра?

2. Найти наибольший порядок  $m$  спектра для желтой линии натрия ( $\lambda = 589$  нм), если постоянная дифракционной решетки  $d = 2$  мкм.

3. Определить, под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы отраженные от поверхности воды ( $n = 1,33$ ) лучи были полностью поляризованными.

4. Определить температуру  $T$ , при которой энергетическая светимость  $R_e$  абсолютно черного тела равняется  $10$  кВт/м<sup>2</sup>.

5. Найти задерживающее напряжение  $U$  для электронов, которые вырываются при облучении калия светом с длиной волны  $\lambda = 330$  нм.

6. На зеркальную поверхность площадью  $S = 6$  см<sup>2</sup> падает нормально поток излучения  $\Phi = 0,8$  Вт. Определить давление  $p$  и силу давления  $F$  света на эту поверхность.

7. Определить длину волны  $\lambda$  фотона, импульс которого равняется импульсу электрона, движущемуся с скоростью  $v = 10$  Мм/с.

#### Контрольная работа №6

1. Электрон с энергией  $E = 5$  эВ движется в положительном направлении оси  $x$ , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой  $U_0 = 10$  эВ и шириной  $l = 0,1$  нм. Определить для этого барьера коэффициент прозрачности  $D$ .

2. В кремнии с примесью мышьяка энергия активации примесных атомов  $\Delta E_{\text{п}} = 0,05$  эВ. Определить: 1) тип проводимости примесного полупроводника; 2) тип примесной фотопроводимости; 3) максимальную длину волны, при которой фотопроводимость еще возбуждается.

3. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон  $E_{\text{св}}/A$  в ядрах; а)  ${}^7_3\text{Li}$ ; б)  ${}^{14}_7\text{N}$ ; в)  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ; г)  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ ; д)  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ ; е)  ${}^{113}_{48}\text{Cd}$ ; ж)  ${}^{200}_{80}\text{Hg}$ ; з)  ${}^{238}_{92}\text{U}$ . Построить зависимость  $E_{\text{св}}/A = f(A)$ , где  $A$  – массовое число.

4. Определить постоянную распада  $\lambda$  радона, если известно, что число атомов радона уменьшается за время  $t = 1$  сут на 18,2%.

5. Определить энергию  $Q$ , выделяющуюся при реакции:  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H}$ .