

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»  
Кафедра «Общая физика»

## **ФИЗИКА**

Методические указания по выполнению контрольных работ  
и расчетно-графических заданий  
для студентов инженерно-технических направлений  
и специальностей заочной формы обучения

Комсомольск-на-Амуре  
2012

Физика : методические указания по выполнению контрольных работ и расчетно-графических заданий для инженерно-технических направлений и специальностей заочной формы обучения / сост. М. А. Перегудова. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 55 с.

Приводятся задачи по основным разделам курса общей физики: «Физические основы механики. Элементы теории относительности», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электромагнетизм», «Колесания и волны», «Волновая и квантовая оптика». Предлагаемые контрольно-измерительные материалы соответствуют программам инженерно-технических направлений и специальностей.

Данные методические указания составлены с расчетом на самостоятельную работу при изучении дисциплины «Общая физика», а также как методическое руководство для выполнения расчетно-графических заданий и контрольных работ. Могут быть использованы при проведении практических занятий у студентов заочной формы обучения.

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения инженерно-технических направлений и специальностей. Также могут использоваться студентами очной, вечерней и дистанционной форм обучения.

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет».

Согласовано с отделом менеджмента качества.

Рецензент Н. А. Калугина

Редактор Ю. Н. Осинцева

Подписано в печать 04.06.2012.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага писчая. Ризограф RISO RZ 370EP.

Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,15. Тираж 500. Заказ 24910.

Редакционно-издательский отдел Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

## УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ВАРИАНТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ИЛИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

Для каждой специальности учебным планом предусмотрено отдельное количество контрольных работ и расчетно-графических заданий (РГЗ), необходимых при изучении курса общей физики. В таблице 1 приводится распределение контрольных работ и РГЗ с учетом вышесказанного. Количество задач в контрольной работе отличается от количества задач в расчетно-графическом задании (в одной контрольной работе 10 задач, в одном РГЗ – 5 задач), поэтому номера задач для РГЗ в таблицах с вариантами выделены **жирным шрифтом**.

Таблица 1 – Номера контрольных работ и РГЗ и таблиц вариантов

Направление специальности	Срок обучения	Номера РГЗ	Номера контрольных работ
Электроэнергетика и электротехника	5	РГЗ 1 (таблица 2)	K1 (таблица 4); K2 (таблица 5); K3 (таблица 7); K4 (таблица 8)
Электроника и микроэлектроника	5	-	K1 (таблица 3); K2 (таблица 5); K3 (таблица 7); K4 (таблица 8)
Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	5	РГЗ 1 (таблица 6) РГЗ 2 (таблица 8)	K1 (таблица 2); K2 (таблица 4)
Строительство	5	РГЗ 1 (таблица 2) РГЗ 2 (таблица 4) РГЗ 3 (таблица 5) РГЗ 4 (таблица 7) РГЗ 5 (таблица 8)	K1 (таблица 2); K2 (таблица 4); K3 (таблица 6); K4 (таблица 8)
Самолето- и вертолетостроение	6	-	K1 (таблица 2); K2 (таблица 4); K3 (таблица 6); K4 (таблица 8)

## УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

К выполнению контрольных работ и РГЗ по каждому разделу физики студент, обучающийся по программе с сокращенным курсом часов, приступает только после изучения материала, соответствующего данному разделу программы.

При выполнении контрольных работ и РГЗ студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. Контрольные работы и РГЗ выполняются чернилами в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу:

Студент гр. ИКТа1 Максимов А.С. Шифр 257320 Контрольная работа 1 по физике Вариант 10
---

2. Условия задач в контрольной работе и РГЗ переписываются полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля.

3. В конце контрольной работы или РГЗ указывается, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики (название учебника, автор, год издания).

4. В контрольной работе студент должен решить 10 задач, в расчетно-графическом задании – 5 задач. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу или РГЗ, определяются по таблице вариантов, выданных преподавателем.

5. При защите контрольной работы или РГЗ студент должен быть готов дать пояснения по существу решения задач, выданных преподавателем.

#### УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

1. Прочитать условие задачи.
2. Записать условие задачи в кратком виде (выразить единицы измерения в «СИ») и искомые величины.
3. Выяснить, какие физические явления или процессы имеют место в данной задаче. Вспомнить физический смысл величин, характеризующих эти явления.
4. Сделать чертеж (схему, рисунок) по условию задачи, если это необходимо.
5. Записать формулы физических законов, используемых при решении задачи с объяснением физических величин, входящих в формулы.
6. Решить полученную систему уравнений в общем виде относительно искомых величин.
7. Произвести проверку единиц измерения.
8. Вычислить значения искомых величин с учетом правил приближенных вычислений.
9. Записать ответ.

## 1 МЕХАНИКА И ЭЛЕМЕНТЫ СТО

Таблица 2 – Варианты контрольной работы и РГЗ

Вариант	Номера задач									
1	101	111	121	131	141	151	161	171	181	191
2	102	112	122	132	142	152	162	172	182	192
3	103	113	123	133	143	153	163	173	183	193
4	104	114	124	134	144	154	164	174	184	194
5	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195
6	106	116	126	136	146	156	166	176	186	196
7	107	117	127	137	147	157	167	177	187	197
8	108	118	128	138	148	158	168	178	188	198
9	109	119	129	139	149	159	169	179	189	199
10	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

Таблица 3 – Варианты контрольной работы и РГЗ

Вариант	Номера задач									
1	101	111	141	151	171	181	201	231	261	271
2	102	112	142	152	172	182	212	242	262	282
3	103	113	143	153	173	183	203	233	263	273
4	104	114	144	154	174	184	214	244	264	284
5	105	115	145	155	175	185	205	235	265	275
6	106	116	146	156	176	186	216	246	266	286
7	107	117	147	157	177	187	207	237	267	277
8	108	118	148	158	178	188	218	248	268	288
9	109	119	149	159	179	189	209	239	269	279
10	110	120	150	160	180	190	220	240	270	290

101. Точка движется по окружности радиусом  $R = 4$  м. Закон ее движения выражается уравнением  $s = A + Bt^2$ , где  $A = 8$  м,  $B = -2$  м/с<sup>2</sup>. Определить момент времени, когда нормальное ускорение  $a_n$  точки равно 9 м/с<sup>2</sup>. Найти скорость  $v$ , тангенциальное  $a_t$  и полное  $a$  ускорение точки в тот же момент времени  $t$ .

102. Материальная точка движется в плоскости  $xOy$  согласно уравнениям:  $x = A_1 + B_1t + C_1t^2$  и  $y = A_2 + B_2t + C_2t^2$ , где  $B_1 = 5$  м/с,  $C_1 = -2$  м/с,  $B_2 = -1$  м/с,  $C_2 = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. Найти модули скорости и ускорения точки в момент времени  $t = 3$  с.

103. Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением  $a_t = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. Определить полное  $a$  ускорение точки на участке кривой с радиусом кривизны  $R = 3$  м, если точка движется на этом участке со скоростью  $v = 2$  м/с.

104. Точка движется по окружности радиусом  $R = 40$  см с постоянным угловым ускорением  $\epsilon$ . Определить тангенциальное ускорение  $a_t$  точки, если известно, что за время  $t = 5$  с она совершила пять оборотов и в конце пятого оборота её нормальное ускорение  $a_n = 3,4$  м/с<sup>2</sup>.

105. По дуге окружности радиусом  $R = 10$  м движется точка. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки  $a_n = 4,9$  м/с<sup>2</sup>; в этот момент векторы полного и нормального ускорений образуют угол  $\varphi = 60^\circ$ . Найти скорость  $v$  и тангенциальное ускорение  $a_t$  точки.

106. Велосипедист ехал из одного пункта в другой. Первую треть пути он проехал со скоростью  $v_1 = 16$  км/ч. Далее половину оставшегося времени он ехал со скоростью  $v_2 = 20$  км/ч, после чего до конечного пункта он шел пешком со скоростью  $v_3 = 4$  км/ч. Определить среднюю скорость  $\langle v \rangle$  велосипедиста.

107. Две материальные точки движутся согласно уравнениям:  $x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$  и  $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$ , где  $A_1 = 4$  м/с,  $B_1 = 8$  м/с<sup>2</sup>,  $C_1 = -16$  м/с<sup>3</sup>,  $A_2 = 2$  м/с,  $B_2 = -4$  м/с<sup>2</sup>,  $C_2 = 1$  м/с<sup>3</sup>. В какой момент времени  $t$  ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости  $v_1$  и  $v_2$  точек в этот момент.

108. Движение точки задано уравнениями  $x = A_1 t^2$  и  $y = A_2 t^2$ , где  $A_1 = 1$  м/с<sup>2</sup>,  $A_2 = 2$  м/с. Найти уравнение траектории точки, ее скорости  $v$  и полное ускорение  $a$  в момент времени  $t = 0,8$  с.

109. Две автомашины движутся по дорогам, угол между дорогами  $\alpha = 60^\circ$ . Скорость автомашин  $v_1 = 60$  км/ч и  $v_2 = 78$  км/ч. С какой скоростью  $v$  удаляются машины одна от другой?

110. Материальная точка движется прямолинейно с начальной скоростью  $v_0 = 12$  м/с и постоянным ускорением  $a = -4$  м/с<sup>2</sup>. Определить, во сколько раз путь  $\Delta s$ , пройденный материальной точкой, будет превышать модуль её перемещения  $\Delta r$  спустя  $t = 4$  с после начала отсчета времени.

111. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 45^\circ$ . Пройдя путь  $s = 36$  см, тело приобретает скорость  $v = 2$  м/с. Найти коэффициент трения  $f$  тела о плоскость.

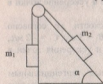


Рисунок 1

112. Невесомый блок укреплен в вершине наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$  (рисунок 1). Гири одинаковой массы  $m_1 = m_2 = 2$  кг соединены невесомой и нерастяжимой нитью и перекинута через блок. Найти ускорение  $a$ , с которым движутся гири, и силу натяжения нитей  $T$ , если коэффициент трения второй гири о плоскость  $f = 0,15$ .

113. Вагон массой  $m = 1$  т спускается по канатной железной дороге с уклоном  $\alpha = 15^\circ$  к горизонту. Принимая

коэффициент трения  $f = 0,05$ , определить силу натяжения каната при торможении вагона в конце спуска, если скорость вагона перед торможением была  $v_0 = 3$  м/с, а время торможения  $t = 6$  с.

114. Камень, привязанный к верёвке длиной  $l = 40$  см, равномерно вращается в вертикальной плоскости. При какой частоте вращения  $n$  верёвка разорвётся, если известно, что она разрывается при десятикратной силе тяжести, действующей на камень?

115. Гирька массой  $m = 40$  г, привязанная к нити длиной  $l = 35$  см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Частота вращения гирьки  $n = 2$  об/с. Найти силу натяжения нити  $T$ .

116. Мотоциклист едет по горизонтальной дороге со скоростью  $v = 80$  км/ч, делая поворот радиусом  $R = 95$  м. На какой угол  $\alpha$  при этом он должен наклониться, чтобы не упасть при повороте?

117. Два груза массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 1$  кг соединены невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок (рисунок 2). Найти ускорение  $a$ , с которым движутся гири, и силу натяжения нити  $T$ . Трением в блоке пренебречь.

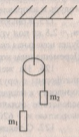


Рисунок 2

118. Через блок, укрепленный на краю стола, перекинута нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы, один из которых ( $m_1 = 300$  г) движется по поверхности стола, а другой ( $m_2 = 500$  г) — вдоль вертикали вниз. Коэффициент трения первого груза о стол  $f = 0,1$ . Считая нить и блок невесомыми, определите: 1) ускорение  $a$ , с которым движутся грузы; 2) силу натяжения  $T$  нити.

119. Система грузов из предыдущей задачи находится в лифте, движущемся вверх с ускорением  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>. Определить силу натяжения нити  $T$ , если коэффициент трения между первым грузом и столом  $f = 0,12$ .

120. Автомобиль массой  $m = 5$  т движется со скоростью  $v = 10$  м/с по выпуклому мосту. Определить силу  $F$  давления автомобиля на мост в верхней его части, если радиус кривизны  $R$  моста равен  $50$  м.

121. Человек массой  $m_1 = 85$  кг, бегущий со скоростью  $v_1 = 8$  км/ч, догоняет тележку массой  $m_2 = 200$  кг, движущуюся со скоростью  $v_2 = 4$  км/ч, и вскакивает на неё. С какой скоростью станет двигаться тележка с человеком? С какой скоростью будет двигаться тележка с человеком, если человек до прыжка бежал навстречу тележке?

122. Снаряд, летевший со скоростью  $v = 420$  м/с, в верхней точке траектории разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 40 % от массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью  $u_1 = 160$  м/с. Определить скорость  $u_2$  большего осколка.



123. Два конькобежца массами  $m_1 = 80$  кг и  $m_2 = 60$  кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур, выбирая его со скоростью  $v = 1$  м/с. С какими скоростями  $u_1$  и  $u_2$  будут двигаться конькобежцы? Трением пренебречь.

124. При горизонтальном полете со скоростью  $v = 280$  м/с снаряд массой  $m = 9$  кг разорвался на две части. Большая часть массой  $m_1 = 5$  кг получила скорость  $u_1 = 430$  м/с в направлении полета снаряда. Определить модуль и направление скорости  $u_2$  меньшей части снаряда.

125. Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает камень массой  $m_1 = 2,8$  кг под углом  $\alpha = 32^\circ$  к горизонту со скоростью  $v = 12$  м/с. Какова будет начальная скорость  $v_0$  движения конькобежца, если масса его  $m_2 = 75$  кг? Перемещением конькобежца во время броска пренебречь.

126. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием 15 т. Орудие стреляет вверх под углом  $\varphi = 60^\circ$  к горизонту в направлении пути. С какой скоростью  $v_1$  покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $m = 23$  кг и он вылетает со скоростью  $v_2 = 620$  м/с?

127. С тележки, свободно движущейся по горизонтальному пути со скоростью  $v_1 = 2$  м/с, в сторону, противоположную движению тележки, прыгает человек, после чего скорость тележки изменилась и стала равной  $u_1 = 5$  м/с. Определить горизонтальную составляющую скорости  $u_2$  человека при прыжке относительно тележки. Масса тележки  $m_1 = 200$  кг, масса человека  $m_2 = 80$  кг.

128. Две одинаковые лодки массами  $m = 230$  кг каждая (вместе с человеком и грузами, находящимися в лодках) движутся параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми скоростями  $u = 2$  м/с. Когда лодки поравнялись, то с первой лодки на вторую и со второй на первую одновременно перебрасывают грузы массами  $m_1 = 30$  кг. Определить скорости  $u_1$  и  $u_2$  лодок после перебрасывания грузов.

129. Человек, стоящий в лодке, сделал шесть шагов вдоль нее и остановился. На сколько шагов передвинулась лодка, если масса лодки: а) в два раза больше; б) в два раза меньше массы человека?

130. На сколько переместится относительно берега лодка длиной  $l = 3,7$  м и массой  $m_1 = 220$  кг, если стоящий на корме человек массой  $m_2 = 76$  кг переместится на нос лодки? Считать лодку расположенной перпендикулярно берегу.

131. Определить КПД  $\eta$  неупругого удара бойка массой  $m_1 = 0,7$  т, падающего на сваю массой  $m_2 = 130$  кг. Полезной считать энергию, затраченную на вбивание сваи.

132. Шар массой  $m_1 = 3$  кг движется со скоростью  $v_1 = 4$  м/с и сталкивается с шаром массой  $m_2 = 5$  кг, который движется ему навстречу

со скоростью  $v_2 = 2$  м/с. Определить скорости  $u_1$  и  $u_2$  шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

133. Из ствола автоматического пистолета вылетела пуля массой  $m_1 = 12$  г со скоростью  $v = 280$  м/с. Затвор пистолета массой  $m_2 = 220$  г прижимается к стволу пружиной, жесткость которой  $k = 30$  кН/м. На какое расстояние отойдет затвор после выстрела? Считать, что пистолет жестко закреплен.

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

135. В деревянный шар массой  $m_1 = 6$  кг, подвешенный на нити длиной  $l = 1,5$  м, падает горизонтально летящая пуля массой  $m_2 = 5$  г. С какой скоростью летела пуля, если нить с шаром и застрявшей в нем пулей отклонилась от вертикали на угол  $\alpha = 4^\circ$ ? Размером шара пренебречь. Удар пули считать прямым, центральным.

136. По небольшому куску мягкого железа, лежавшему на наковальне массой  $m_1 = 340$  кг, ударит молот массой  $m_2 = 10$  кг. Определить КПД  $\eta$  удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, затраченную на деформацию куска железа.

137. Шар массой  $m_1 = 2$  кг движется со скоростью  $v_1 = 6$  м/с и сталкивается с шаром массой  $m_2 = 3$  кг, движущимся навстречу ему со скоростью  $v_2 = 5$  м/с. Каковы скорости  $u_1$  и  $u_2$  шаров после удара? Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

138. Шар, двигавшийся горизонтально, столкнулся с неподвижным шаром и передал ему 64 % своей кинетической энергии. Шары абсолютно упругие, удар прямой, центральный. Во сколько раз масса второго шара больше массы первого?

139. Шар массой  $m_1 = 5$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой  $m_2 = 3$  кг. Определить скорости  $u_1$  и  $u_2$  шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

140. Шар массой  $m_1 = 4$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой  $m_2 = 6$  кг. Какая работа будет совершена при деформации шаров? Удар считать абсолютно неупругим, прямым, центральным?

141. Налетев на пружинный буфер, вагон массой  $m = 15$  т, двигавшийся со скоростью  $v = 0,7$  м/с, остановился, сжав пружину на  $\Delta l = 7$  см. Найти общую жесткость  $k$  пружин буфера.

142. Молотком, масса которого  $m_1 = 1$  кг, забивают в стену гвоздь, массой  $m_2 = 80$  г. Определить КПД  $\eta$  удара молотка при данных условиях.

143. Из пружинного пистолета с пружинной жесткостью  $k = 170$  Н/м был произведен выстрел пулей массой  $m = 6$  г. Определить скорость  $v$  пули при вылете её из пистолета, если пружина была сжата на  $\Delta x = 5$  см.

144. Энергозатраты на откачку воды из подвала глубиной  $h = 2$  м, длиной  $a = 10$  м и шириной  $b = 6$  м составили  $E = 2$  МДж. Определить КПД  $\eta$  насоса, если уровень воды составлял  $h' = 80$  см от дна подвала. Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

145. Какую нужно совершить работу  $A$ , чтобы пружину жесткостью  $k = 800$  Н/м, сжатую на  $x = 6$  см, дополнительно сжать на  $\Delta x = 8$  см?

146. Какая работа  $A$  должна быть совершена при поднятии с земли материалов для постройки цилиндрической дымоходной трубы высотой  $h = 30$  м, наружным диаметром  $D = 3,4$  м и внутренним диаметром  $d = 2,2$  м? Плотность материала принять:  $\rho = 2,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

147. Пружина жесткостью  $k = 450$  Н/м сжата силой  $F = 120$  Н. Определить работу  $A$  внешней силы, дополнительно сжимающей пружину еще на  $\Delta l = 3$  см.

148. Определить работу растяжения двух соединенных последовательно пружин жесткостями  $k_1 = 420$  Н/м и  $k_2 = 270$  Н/м, если первая пружина при этом растянута на  $\Delta l = 3$  см.

149. Две пружины жесткостью  $k_1 = 0,7$  кН/м и  $k_2 = 1,2$  кН/м скреплены параллельно. Определить потенциальную энергию  $\Pi$  данной системы при абсолютной деформации  $\Delta l = 5$  см.

150. Если на верхний конец вертикально расположенной спиральной пружины положить груз, то пружина сжимается на  $\Delta l = 2$  мм. На сколько сожмет пружину тот же груз, упавший на конец пружины с высоты  $h = 6$  см?

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

152. Определить момент силы  $M$ , который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой  $n = 14$  с<sup>-1</sup>, чтобы он остановился в течение времени  $\Delta t = 7$  с. Диаметр блока  $D = 25$  см. Массу блока  $m = 5$  кг считать равномерно распределенной по ободу.

153. К краю стола прикреплен блок. Через блок перекинута невесомая и нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы. Один груз движется по поверхности стола, а другой – вдоль вертикали вниз. Определить коэффициент  $f$  трения между поверхностями груза и стола, если массы каждого груза и масса блока одинаковы и грузы движутся с ускорением  $a = 5,8$  м/с<sup>2</sup>. Проскальзыванием нити по блоку и силой трения, действующей на блок, пренебречь.

154. По горизонтальной плоскости катится диск со скоростью  $v = 6$  м/с. Определить коэффициент сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь  $s = 17$  м.

155. Шарик массой  $m = 80$  г, привязанный к концу нити длиной  $l_1 = 1,4$  м, вращается с частотой  $n_1 = 4$  с<sup>-1</sup>, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси до расстояния  $l_2 = 0,8$  м. С какой частотой  $n_2$  будет при этом вращаться шарик? Какую работу  $A$  совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

156. Нить с привязанными к её концам грузами массами  $m_1 = 40$  г и  $m_2 = 55$  г перекинута через блок диаметром  $D = 4,5$  см. Определить момент инерции  $J$  блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение  $\varepsilon = 1,8$  рад/с<sup>2</sup>. Трением и проскальзыванием нити по блоку пренебречь.

157. По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром  $D = 80$  см и массой  $m = 46$  кг приложена сила  $F = 1,3$  кН. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  и частоту вращения  $n$  маховика через время  $t = 5$  с после начала действия силы, если радиус шкива равен:  $r = 10$  см. Силой трения пренебречь.

158. К концам легкой и нерастяжимой нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массами  $m_1 = 0,3$  кг и  $m_2 = 0,4$  кг. Во сколько раз отличаются силы, действующие на нить по обе стороны от блока, если масса блока  $m = 0,5$  кг, а его ось движется вертикально вверх с ускорением  $a = 2,4$  м/с<sup>2</sup>? Силами трения и проскальзывания нити по блоку пренебречь.

159. На обод маховика диаметром  $D = 65$  см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m = 3$  кг. Определить момент инерции  $J$  маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время  $t = 4$  с приобрел угловую скорость  $\omega = 8$  рад/с.

160. Блок, имеющий форму диска массой  $m = 0,5$  кг, вращается под действием силы натяжения нити, к концам которой подвешены грузы массами  $m_1 = 0,4$  кг и  $m_2 = 0,8$  кг. Определить силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нити по обе стороны блока.

161. Карандаш длиной  $l = 14$  см, поставленный вертикально вверх, падает на стол. Какую угловую скорость  $\omega$  и линейную скорость  $v$  будет иметь в конце падения середина и верхний конец карандаша?

162. Однородный стержень длиной  $l = 80$  см подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. Какую скорость  $v$  надо будет сообщить нижнему концу стержня, чтобы он сделал оборот вокруг оси?

163. Однородный стержень длиной  $l = 90$  см подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. На какой угол  $\alpha$  надо отклонить стержень, чтобы нижний конец стержня при прохождении положения равновесия имел скорость  $v = 4$  м/с?

164. По ободу шкива, насаженного на общую ось с маховым колесом, намотана нить, к концу которой подвешен груз массой  $m = 850$  г. На какое расстояние  $h$  должен опуститься груз, чтобы колесо со шкивом получило частоту вращения  $n = 50$  об/мин? Момент инерции колеса со шкивом  $J = 0,45$  кг·м<sup>2</sup>, радиус шкива  $R = 15$  см.

165. Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью  $v = 8$  км/ч. На какое расстояние  $x$  может вкатиться обруч на горку за счет его кинетической энергии, если уклон горки составляет 10 м на каждые 100 м пути?

166. Найти кинетическую энергию  $E_k$  велосипедиста, едущего со скоростью  $v = 10,8$  км/ч. Масса велосипедиста вместе с велосипедом  $m = 80$  кг, причем на колеса приходится  $m_0 = 3$  кг. Колеса велосипеда считать обручами.

167. Шар массой  $m = 950$  г катится без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от неё. Скорость шара до удара о стенку была  $v = 12$  м/с, после удара стала  $v' = 9$  см/с. Найти количество теплоты  $Q$ , выделившееся при ударе шара о стенку.

168. Вентилятор вращается с частотой  $n = 700$  об/мин. После выключения он начал вращаться равнозамедленно и, сделав  $N = 60$  оборотов, остановился. Работа сил торможения  $A = 32$  Дж. Определите момент сил  $M$  торможения и момент инерции  $J$  вентилятора.

169. Обруч и сплошной диск одинаковой массы  $m_1 = m_2$  катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Кинетическая энергия обруча  $E_{к1} = 40$  Дж. Найдите кинетическую энергию диска.

170. Маховик вращается с частотой  $n = 10$  об/с. Его кинетическая энергия  $E_k = 8$  кДж. За какое время  $t$  момент сил  $M = 52$  Н·м, приложенный к маховику, увеличит его угловую скорость  $\omega$  вдвое?

171. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром  $D = 0,7$  м и массой  $m_1 = 5$  кг стоит человек массой  $m_2 = 70$  кг. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой  $m = 0,4$  кг? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии  $r = 0,45$  м от оси скамьи. Скорость мяча  $v = 4$  м/с.

172. Однородный стержень длиной  $l = 1,3$  м может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. В другой конец абсолютно неупруго ударяет пуля массой  $m = 5$  г, летящая перпендикулярно стержню и его оси. Определить массу  $M$  стержня, если в результате попадания пули он отклонится на угол  $\alpha = 50^\circ$ . Принять скорость пули  $v = 340$  м/с.

173. Однородный стержень длиной  $l = 1,2$  м и массой  $M = 0,8$  кг подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. В точку, отстоящую от оси на  $2/3l$ , абсолютно упруго ударяет

пуля массой  $m = 7$  г, летящая перпендикулярно стержню и его оси. После удара стержень отклонился на угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить скорость пули.

174. На краю платформы в виде диска, вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси с частотой  $n_1 = 10$  мин<sup>-1</sup>, стоит человек массой  $m_1 = 60$  кг. Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой  $n_2 = 12$  мин<sup>-1</sup>. Определить массу  $m_2$  платформы. Момент инерции человека считать как для материальной точки.

175. Платформа в виде диска вращается по инерции около вертикальной оси с частотой  $n_1 = 14$  мин<sup>-1</sup>. На краю платформы стоит человек. Когда человек перешел в центр платформы, частота возросла до  $n_2 = 25$  мин<sup>-1</sup>. Масса человека  $m = 80$  кг. Определить массу платформы, приняв момент инерции человека за момент инерции материальной точки.

176. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень вертикально, по оси скамьи. Скамья с человеком вращается с угловой скоростью  $\omega_1 = 6$  рад/с. С какой угловой скоростью  $\omega_2$  будет вращаться скамья с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи  $J = 5,4$  кг·м<sup>2</sup>. Длина стержня  $l = 1,6$  м, масса  $m = 5$  кг. Считать, что центр масс стержня с человеком находится на оси платформы.

177. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол  $\phi$  повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя её, вернется в исходную (на платформе) точку? Масса платформы  $m_1 = 250$  кг, масса человека  $m_2 = 70$  кг.

178. На скамье Жуковского сидит человек и держит на вытянутых руках гири массой  $m = 4$  кг каждая. Расстояние от каждой гири до оси скамьи  $l_1 = 50$  см. Скамья вращается с частотой  $n_1 = 1$  с<sup>-1</sup>. Как изменится частота вращения скамьи и какую работу  $A$  произведет человек, если он сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси уменьшится до  $l_2 = 30$  см? Момент инерции человека и скамьи (вместе) относительно оси  $J = 2,2$  кг·м<sup>2</sup>.

179. Горизонтальная платформа массой  $m_1 = 170$  кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой  $n = 10$  мин<sup>-1</sup>. Человек массой  $m_2 = 60$  кг стоит при этом на краю платформы. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к её центру? Считать платформу круглым, однородным диском, а человека — материальной точкой.

180. Платформа в виде диска диаметром  $D = 4$  м и массой  $m_1 = 200$  кг может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью  $\omega_1$  будет вращаться эта платформа, если по её краю пойдет человек массой  $m_2 = 80$  кг со скоростью  $v = 1,6$  м/с относительно платформы?

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

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

183. Спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите на высоте  $h = 540$  км. Определить период обращения спутника. Ускорение свободного падения  $g$  у поверхности Земли и её радиус  $R$  считать известными.

184. Во сколько раз средняя плотность земного вещества отличается от средней плотности лунного? Принять, что радиус  $R_3$  Земли в 390 раз больше радиуса  $R_L$  Луны и вес тела на Луне в 6 раз меньше веса тела на Земле.

185. Определить линейную и угловую скорости спутника Земли, обращающегося по круговой орбите на высоте  $h = 1540$  км. Ускорение свободного падения  $g$  у поверхности Земли и её радиус  $R$  считать известными.

186. Какая работа  $A$  будет совершена силами гравитационного поля при падении на Землю тела массой  $m = 3$  кг: 1) с высоты  $h = 1300$  км; 2) из бесконечности?

187. Из бесконечности на поверхность Земли падает метеорит массой  $m = 45$  кг. Определить работу  $A$ , которая при этом будет совершена силами гравитационного поля Земли. Ускорение свободного падения  $g$  у поверхности Земли и её радиус  $R$  считать известными.

188. По круговой орбите вокруг Земли обращается спутник с периодом  $T = 80$  мин. Определить высоту спутника. Ускорение свободного падения  $g$  у поверхности Земли и её радиус  $R$  считать известными.

189. Определить напряженность  $G$  гравитационного поля на высоте  $h = 1400$  км над поверхностью Земли. Считать известными ускорение  $g$  свободного падения у поверхности Земли и её радиус  $R$ .

190. С поверхности Земли вертикально вверх пущена ракета со скоростью  $v = 4$  км/с. На какую высоту  $h$  она поднимется?

191. Скорость электрона  $v = 0,8c$  (где  $c$  – скорость света в вакууме). Зная энергию покоя электрона в мегаэлектронвольтах, определить в тех же единицах кинетическую энергию  $W_k$  электрона.

192. Определить собственную длину стержня, если в лабораторной системе его скорость  $v = 0,6c$ , а длина  $l = 1,5$  м.

193. При какой скорости  $\beta$  (в долях скорости света) релятивистская масса любой частицы вещества в  $n = 4$  раза больше массы покоя?

194. Космический корабль удаляется от Земли с относительной скоростью  $v_1 = 0,85c$ , а затем с него стартует ракета (в направлении от Земли) со скоростью  $v_2 = 0,8c$  относительно корабля. Определить скорость  $n$  ракеты относительно Земли.

195. Частица движется со скоростью  $v = 1/3c$  (где  $c$  – скорость света в вакууме). Какую долю энергии покоя составляет кинетическая энергия частицы?

196. Какую скорость  $\beta$  (в долях скорости света) нужно сообщить частице, чтобы её кинетическая энергия была равна утроенной энергии покоя?

197. Во сколько раз релятивистская масса  $m$  электрона, обладающего кинетической энергией  $W_k = 1,53$  МэВ, больше массы покоя  $m_0$ ?

198. Протон имеет импульс  $p = 469$  МэВ/с  $= 5,33 \cdot 10^{22}$  кг·м/с. Какую кинетическую энергию необходимо дополнительно сообщить протону, чтобы его релятивистский импульс возрос вдвое?

199. Протон с кинетической энергией  $W_k = 3$  ГэВ при торможении потерял треть своей энергии. Определить, во сколько раз изменился релятивистский импульс протона.

200. Определить отношение релятивистского импульса  $p$  электрона с кинетической энергией  $W_k = 1,53$  МэВ к комптоновскому импульсу  $m_0c$  электрона.

## 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Таблица 4 – Варианты контрольной работы и РГЗ

Вариант	Номера задач									
	201	211	221	231	241	251	261	271	281	291
1	201	211	221	231	241	251	261	271	281	291
2	202	212	222	232	242	252	262	272	282	292
3	203	213	223	233	243	253	263	273	283	293
4	204	214	224	234	244	254	264	274	284	294
5	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295
6	206	216	226	236	246	256	266	276	286	296
7	207	217	227	237	247	257	267	277	287	297
8	208	218	228	238	248	258	268	278	288	298
9	209	219	229	239	249	259	269	279	289	299
10	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300

201. Определить концентрацию  $n$  молекул кислорода, находящегося в сосуде объемом  $V = 4$  л. Количество вещества кислорода равно:  $\nu = 0,5$  моль.

202. Найти молярную массу  $\mu$  и массу  $m_0$  одной молекулы поваренной соли.



203. Определить число  $N$  молекул воды в бутылке вместимостью 0,75 л. Молярная масса воды  $\mu = 18$  г/моль, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

204. Сколько атомов содержится в ртуте: 1) количеством вещества  $\nu = 0,3$  моль; 2) массой  $m = 2$  г?

205. Определить количество вещества  $\nu$  газа, заполняющего сосуд вместимостью  $V = 5$  л, если концентрация  $n$  молекул газа в сосуде равна  $9 \cdot 10^{23}$  м<sup>-3</sup>.

206. Определить количество вещества  $\nu$  и число  $N$  молекул кислорода массой  $m = 0,6$  кг.

207. В баллоне объемом  $V = 3$  л содержится кислород массой  $m = 12$  г. Определить концентрацию  $n$  молекул газа.

208. Определить количество вещества  $\nu$  водорода, заполняющего сосуд объемом  $V = 2$  л, если концентрация молекул газа в сосуде  $n = 6 \cdot 10^{18}$  м<sup>-3</sup>.

209. Вода при температуре  $t = 5$  °С занимает объем  $V = 5$  см<sup>3</sup>. Определить количества вещества  $\nu$  и число  $N$  молекул воды.

210. Определить массу  $m_0$  одной молекулы углекислого газа.

211. При температуре  $t = 35$  °С и давлении  $p = 708$  кПа плотность некоторого газа  $\rho = 12,2$  кг/м<sup>3</sup>. Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  газа.

212. Определить плотность  $\rho$  водяного пара, находящегося под давлением  $p = 3,5$  кПа и имеющего температуру  $T = 260$  К.

213. Кислород находится в сосуде объемом  $V = 50$  л при температуре  $T = 340$  К. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $\Delta p = 130$  кПа. Определить массу  $m$  израсходованного кислорода. Процесс считать изотермическим.

214. Определите плотность  $\rho$  смеси азота массой  $m_1 = 4$  г и водорода массой  $m_2 = 2$  г при температуре  $T = 280$  К и давлении  $p = 0,3$  МПа, считая газы идеальными.

215. Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  газа, если при температуре  $T = 154$  К и давлении  $p = 2,8$  МПа он имеет плотность  $\rho = 6,1$  кг/м<sup>3</sup>.

216. Баллон объемом  $V = 20$  л заполнен азотом при температуре  $T = 370$  К. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $\Delta p = 180$  кПа. Определить массу  $m$  израсходованного азота. Процесс считать изотермическим.

217. В двух сосудах одинакового объема содержится кислород. В одном сосуде давление  $p_1 = 3$  МПа и температура  $T_1 = 900$  К, в другом  $p_2 = 4,5$  МПа,  $T_2 = 240$  К. Сосуды соединили трубкой и охладили находящийся в них кислород до температуры  $T = 240$  К. Определить установившееся в сосудах давление  $p$ .

218. В баллоне объемом  $V = 20$  л находится аргон под давлением  $p_1 = 570$  кПа и при температуре  $T_1 = 320$  К. Когда из баллона было взято некоторое количество газа, давление в баллоне понизилось до  $p_2 = 420$  кПа, а температура установилась  $T_2 = 260$  К. Определить массу  $m$  аргона, взятого из баллона.

219. Какой объем занимает смесь азота массой  $m_1 = 1$  кг и гелия массой  $m_2 = 2$  кг при нормальных условиях?

220. Вычислить плотность  $\rho$  азота, находящегося в баллоне под давлением  $p = 4$  МПа и имеющего температуру  $T = 360$  К.

221. Молярная внутренняя энергия некоторого двухатомного газа равна:  $U_m = 16,62$  кДж. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{кр}} \rangle$  вращательного движения одной молекулы газа. Газ считать идеальным.

222. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon \rangle$  одной молекулы водяного пара при температуре  $T = 480$  К.

223. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа равна  $\langle E_{\text{пост}} \rangle = 5,54 \cdot 10^{21}$  Дж?

224. Определить внутреннюю энергию  $U$  водорода, а также среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon \rangle$  молекулы этого газа при температуре  $T = 340$  К, если количество вещества  $\nu$  этого газа равно 2,5 моль.

225. Определить суммарную кинетическую энергию  $E_k$  поступательного движения всех молекул газа, находящегося в сосуде объемом  $V = 2$  л под давлением  $p = 560$  кПа.

226. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{кр}} \rangle$  поступательного движения и  $\langle \epsilon_{\text{вр}} \rangle$  вращательного движения молекулы азота при температуре  $T = 470$  К. Определить также полную кинетическую энергию  $E_k$  молекулы при тех же условиях.

227. В азоте взвешены мельчайшие пылинки, которые движутся так, как если бы они были крупными молекулами. Масса каждой пылинки равна:  $m = 5,7 \cdot 10^{-10}$  г. Газ находится при температуре  $T = 390$  К. Определить средние квадратичные скорости  $\langle v_{\text{кр}} \rangle$ , а также средние кинетические энергии  $\langle E_{\text{кин}} \rangle$  поступательного движения молекулы азота и пылинки.

228. Количество вещества гелия  $\nu = 4,5$  моль, температура  $T = 220$  К. Определить суммарную кинетическую энергию  $E_k$  поступательного движения всех молекул этого газа.

229. Водород находится при температуре  $T = 300$  К. Найти среднюю кинетическую энергию  $\langle E_{\text{кр}} \rangle$  вращательного движения одной молекул, а также суммарную кинетическую энергию  $E_k$  всех молекул этого газа; количество вещества водорода  $\nu = 0,5$  моль.

230. Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кр}} \rangle$  молекулы газа, заключенного в сосуд объемом  $V = 4$  л под давлением  $p = 340$  кПа. Масса газа  $m = 0,5$  г.

231. Определить показатель адиабаты  $\gamma$  идеального газа, который при температуре  $T = 350$  К и давлении  $p = 0,4$  МПа занимает объём  $V = 300$  л и имеет теплоёмкость  $C_V = 857$  Дж/К.

232. Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  и молярную массу  $\mu$  газа, если разность его удельных теплоёмкостей  $c_p - c_V = 2,08$  кДж/(кг·К).

233. В сосуде объёмом  $V = 10$  л находится при нормальных условиях двухатомный газ. Определить теплоёмкость  $C_V$  этого газа при постоянном объёме.

234. Определить молярные теплоёмкости газа, если его удельные теплоёмкости равны:  $c_V = 10,4$  кДж/(кг·К) и  $c_p = 14,6$  кДж/(кг·К).

235. Найти удельные  $c_V$  и  $c_p$  и молярные  $C_V$  и  $C_p$  теплоёмкости азота и гелия.

236. Вычислить удельные теплоёмкости газа, зная, что его молярная масса  $\mu = 4 \cdot 10^{-3}$  кг/моль и отношение теплоёмкостей  $C_p/C_V = 1,67$ .

237. Трёхатомный газ при давлении  $p = 270$  кПа и температуре  $t = 23$  °С занимает объём  $V = 8$  л. Определить теплоёмкость  $C_p$  этого газа при постоянном давлении.

238. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объём  $V = 6$  л. Вычислить теплоёмкость  $C_V$  этого газа при постоянном объёме.

239. Определить молярные теплоёмкости  $C_V$  и  $C_p$  смеси двух газов — одноатомного и двухатомного. Количество вещества одноатомного и двухатомного газов соответственно равны:  $\nu_1 = 0,4$  и  $\nu_2 = 0,2$  моль.

240. Определить удельные теплоёмкости  $c_V$  и  $c_p$  водорода, в котором половина молекул распалась на атомы.

241. В сосуде находится смесь двух газов — кислорода массой  $m_1 = 6$  г и азота массой  $m_2 = 3$  г. Определить удельные теплоёмкости  $c_V$  и  $c_p$  такой смеси.

242. Смешан одноатомный газ, количество вещества которого  $\nu_1 = 2$  моль, с трёхатомным газом, количество вещества которого  $\nu_2 = 3$  моль. Определить молярные теплоёмкости  $C_V$  и  $C_p$  этой смеси.

243. Смесь двух газов состоит из гелия массой  $m_1 = 5$  г и водорода массой  $m_2 = 2$  г. Найти отношение теплоёмкостей  $C_p/C_V$  этой смеси.

244. Найти молярные теплоёмкости  $C_V$  и  $C_p$  смеси кислорода массой  $m_1 = 2,5$  г и азота массой  $m_2 = 1$  г.

245. Относительная молекулярная масса газа  $M_r = 30$ , показатель адиабаты  $\gamma = 1,40$ . Вычислить удельные теплоёмкости ( $c_V$  и  $c_p$ ) этого газа.

246. Какая часть молекул двухатомного газа распалась на атомы, если показатель адиабаты образовавшейся смеси равен  $\gamma = 1,5$ ?

247. Определить молярную массу  $\mu$  двухатомного газа и его удельные теплоёмкости, если известно, что разность  $c_p - c_V$  удельных теплоёмкостей этого газа равна 296 Дж/(кг·К).

248. Найти удельные  $c_p$  и  $c_V$ , а также молярные  $C_p$  и  $C_V$  теплоёмкости углекислого газа.

249. При адиабатном сжатии газа его объём уменьшился в  $n = 10$  раз, а давление увеличилось в  $k = 21,4$  раза. Определить показатель адиабаты  $\gamma$  газа.

250. Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях и в равных объёмах. Определить удельную теплоёмкость  $c_p$  смеси.

251. Какова средняя арифметическая скорость  $\langle v \rangle$  молекул кислорода при нормальных условиях, если известно, что средняя длина свободного пробега молекулы кислорода при этих условиях равна  $\langle l \rangle = 100$  нм?

252. При нормальных условиях длина свободного пробега молекулы водорода равна:  $\langle l \rangle = 0,16$  мкм. Определить диаметр  $d$  молекулы водорода.

253. Кислород находится под давлением  $p = 133$  нПа при температуре  $T = 240$  К. Вычислить среднее число  $\langle z \rangle$  столкновений молекулы кислорода при этих условиях за время  $\tau = 1$  с.

254. Найти среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекулы гелия в сосуде объёмом  $V = 6$  л. Масса газа  $m = 0,7$  г.

255. Найти среднее число  $\langle z \rangle$  столкновений за время  $t = 1$  с и длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекулы азота, если газ находится под давлением  $p = 3$  кПа при температуре  $T = 220$  К.

256. Водород находится под давлением  $p = 40$  мкПа и имеет температуру  $T = 350$  К. Определить среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекулы такого газа.

257. Водород массой  $m = 2$  г занимает объём  $V = 2,5$  л. Определить среднее число  $\langle z \rangle$  столкновений молекулы водорода при этих условиях за время  $\tau = 1$  с.

258. При каком давлении  $p$  средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул азота равна 1 м, если температура газа  $t = 12$  °С?

259. Определите давление  $p$  кислорода в сосуде, если при температуре  $T = 250$  К средняя продолжительность  $\tau$  свободного пробега молекулы кислорода равна 280 нс. Эффективный диаметр  $d$  молекулы кислорода равен 0,36 нм.

260. Средняя длина свободного пробега молекулы водорода при некоторых условиях равна:  $\langle l \rangle = 3$  м. Найти плотность водорода  $\rho$  при этих условиях.

261. Давление воздуха при адиабатном сжатии было увеличено с  $p_1 = 60$  кПа до  $p_2 = 0,4$  МПа. Затем при неизменном объёме температура воздуха была понижена до первоначальной. Определить давление  $p_3$  газа в конце процесса.

262. Кислород массой  $m = 230$  г занимает объём  $V_1 = 100$  л и находится под давлением  $p_1 = 240$  кПа. При нагревании газ расширился при по-



стоянном давлении до объема  $V_2 = 300$  л, а затем его давление возросло до  $p_2 = 480$  кПа при неизменном объеме. Найти изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа, совершенную им работу  $A$  и теплоту  $Q$ , переданную газу. Построить график процесса.

263. Объем водорода при изотермическом расширении  $T = 330$  К увеличился в  $n = 2,5$  раза. Определить работу  $A$ , совершенную этим газом, и теплоту  $Q$ , полученную при этом. Масса водорода равна:  $m = 210$  г.

264. Водород массой  $m = 40$  г, имевший температуру  $T = 300$  К, адиабатно расширился, увеличив объем в  $n_1 = 3$  раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в  $n_2 = 2$  раза. Определить полную работу  $A$ , совершенную газом, и конечную температуру  $T$  газа.

265. Азот массой  $m = 0,4$  кг был изобарно нагрет от температуры  $T_1 = 100$  К до температуры  $T_2 = 350$  К. Определить работу  $A$ , совершенную газом, полученную им теплоту  $Q$  и изменение  $\Delta U$  внутренней энергии азота.

266. Кислород массой  $m = 250$  г, имевший температуру  $T_1 = 200$  К, был адиабатно сжат. При этом была совершена работа  $A = 25$  кДж. Определить конечную температуру  $T_2$  газа.

267. Во сколько раз увеличивается объем водорода, содержащий количество вещества  $\nu = 0,6$  моль при изотермическом расширении, если при этом газ получит теплоту  $Q = 780$  Дж? Температура водорода  $T = 297$  К.

268. В баллоне при температуре  $T_1 = 145$  К и давлении  $p_1 = 2$  МПа находится кислород. Определить температуру  $T_2$  и давление  $p_2$  кислорода после того, как из баллона будет очень быстро выпущена половина газа.

269. Определить работу  $A$ , которую совершит азот, если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты  $Q = 21$  кДж. Найти также изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа.

270. При изотермическом расширении азота при температуре  $T = 260$  К объем его увеличился в два раза. Определить: 1) совершенную при расширении газа работу  $A$ ; 2) изменение внутренней энергии; 3) количество теплоты  $Q$ , полученное газом. Масса азота  $m = 0,7$  кг.

271. Определить работу  $A_2$  изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, КПД которого  $\eta = 0,38$ , если работа изотермического расширения равна  $A_1 = 6$  Дж.

272. Газ, совершающий цикл Карно, отдал теплоприёмнику теплоту  $Q_2 = 14$  кДж. Определить температуру  $T_1$  теплоотдатчика, если при температуре теплоприёмника  $T_2 = 280$  К работа цикла  $A = 6$  кДж.

273. Во сколько раз увеличится коэффициент полезного действия  $\eta$  цикла Карно при повышении температуры теплоотдатчика от  $T_1 = 340$  К до  $T_1' = 520$  К? Температура теплоприёмника  $T_2 = 290$  К.

274. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Температура теплоотдатчика равна  $T_1 = 480$  К, температура теплоприёмника  $T_2 = 240$  К. Определить термический КПД  $\eta$  цикла, а также работу  $A_1$  ра-

бочего вещества при изотермическом расширении, если при изотермическом сжатии совершена работа  $A_2 = 60$  Дж.

275. Являясь рабочим веществом в цикле Карно, газ получил от теплоотдатчика теплоту  $Q_1 = 4,5$  кДж и совершил работу  $A = 2,3$  кДж. Определить температуру теплоотдатчика, если температура теплоприёмника  $T_2 = 280$  К.

276. Газ, совершающий цикл Карно, отдал теплоприёмнику 65 % теплоты, полученной от теплоотдатчика. Определить температуру  $T_2$  теплоприёмника, если температура теплоотдатчика  $T_1 = 420$  К.

277. В цикле Карно газ получил от теплоотдатчика теплоту  $Q_1 = 620$  Дж и совершил работу  $A = 180$  Дж. Температура теплоотдатчика  $T_1 = 390$  К. Определить температуру  $T_2$  теплоприёмника.

278. Газ, совершающий цикл Карно, получает теплоту  $Q_1 = 76$  кДж. Определить работу  $A$  газа, если температура  $T_1$  теплоотдатчика в  $n = 3,4$  раза выше температуры теплоприёмника.

279. Идеальный газ совершает цикл Карно при температурах теплоприёмника  $T_2 = 290$  К и теплоотдатчика  $T_1 = 400$  К. Во сколько раз увеличится коэффициент полезного действия цикла, если температура теплоотдатчика возрастет до  $T_1' = 600$  К?

280. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура  $T_1$  теплоотдатчика в четыре раза ( $n = 4$ ) больше температуры теплоприёмника. Какую долю  $\omega$  количества теплоты, полученного за один цикл от теплоотдатчика, газ отдаст теплоприёмнику?

281. Масса  $m = 6,6$  г водорода расширяется изобарически до удвоенного объема. Найти изменение энтропии при этом расширении.

282. Найти изменение энтропии при изобарическом расширении 8 г гелия от объема  $V_1 = 10$  л до объема  $V_2 = 25$  л.

283. Найти изменение  $\Delta S$  энтропии при изотермическом расширении 6 г водорода от  $10^3$  до  $0,5 \cdot 10^3$  Па.

284. Азот массой  $m = 10,5$  г изотермически расширяется от объема  $V_1 = 2$  л до объема  $V_2 = 5$  л. Найти прирост энтропии  $\Delta S$  при этом процессе.

285. Кислород массой  $m = 10$  г нагревается от  $t_1 = 50$  °С до  $t_2 = 150$  °С. Найти изменение энтропии  $\Delta S$ , если нагревание происходит изохорически.

286. Кислород массой  $m = 10$  г нагревают от  $t_1 = 50$  °С до  $t_2 = 150$  °С. Найти изменение энтропии  $\Delta S$ , если нагревание происходит изобарически.

287. В результате изохорного нагревания водорода массой  $m = 2$  г давление газа увеличилось в два раза. Определить изменение энтропии  $\Delta S$  газа.

288. Найти изменение энтропии  $\Delta S$  газа при изобарном расширении азота массой  $m = 4$  г от объема  $V_1 = 5$  л до объема  $V_2 = 9$  л.

289. Определить изменение энтропии  $\Delta S$  азота массой  $m = 10$  г, если давление газа уменьшилось от  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2 = 50$  кПа.

290. Водород массой  $m = 50$  г был изобарно нагрет так, чтобы его объем увеличился в  $n = 3$  раза, затем водород был изохорно охлажден так, что его давление уменьшилось в  $n = 3$  раза. Найти изменение энтропии  $\Delta S$  в ходе указанных процессов.

291. Глицерин поднялся в капиллярной трубке диаметром канала  $d = 0,9$  мм на высоту  $h = 17$  мм. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  глицерина. Считать смачивание полным.

292. Две капли ртути радиусом  $r = 1,4$  мм каждая слились в одну большую каплю. Определить энергию  $E$ , которая выделится при этом слиянии. Считать процесс изотермическим.

293. Воздушный пузырек диаметром  $d = 2,6$  мкм находится в воде у самой ее поверхности. Определить плотность  $\rho$  воздуха в пузырьке, если воздух над поверхностью воды находится при нормальных условиях.

294. В воду опущена на очень малую глубину стеклянная трубка с диаметром канала  $d = 1,2$  мм. Определить массу  $m$  воды, вошедшей в трубку.

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

296. Найти массу  $m$  воды, вошедшей в стеклянную трубку с диаметром канала  $d = 0,6$  мм, опущенную в воду на малую глубину. Считать смачивание полным.

297. Определить давление  $p$  внутри воздушного пузырька диаметром  $d = 3$  мм, находящегося в воде у самой его поверхности. Атмосферное давление считать нормальным.

298. Пространство между двумя стеклянными параллельными пластинками с площадью поверхности  $S = 120$  см<sup>2</sup> каждая, расположенными на расстоянии  $l = 15$  мкм друг от друга, заполнено водой. Определить силу  $F$ , прижимающую пластинки друг к другу. Считать мениск вогнутым с диаметром  $d$ , равным расстоянию между пластинками.

299. Какая энергия  $E$  выделится при слиянии двух капель ртути с диаметрами  $d_1 = 0,9$  мм и  $d_2 = 1,4$  мм в одну каплю?

300. Какую работу  $A$  надо совершить при выдувании мыльного пузыря, чтобы увеличить его объем от  $V_1 = 10$  см<sup>3</sup> до  $V_2 = 15$  см<sup>3</sup>? Считать процесс изотермическим.

### 3 ЭЛЕКТРОСТАТИКА И ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Таблица 5 – Варианты контрольной работы и РГЗ

Вариант	Номера задач											
1	301	311	321	331	341	351	361	371	381	391		
2	302	312	322	332	342	352	362	372	382	392		
3	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393		
4	304	314	324	334	344	354	364	374	384	394		
5	305	315	325	335	345	355	365	375	385	395		
6	306	316	326	336	346	356	366	376	386	396		
7	307	317	327	337	347	357	367	377	387	397		
8	308	318	328	338	348	358	368	378	388	398		
9	309	319	329	339	349	359	369	379	389	399		
10	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400		

Таблица 6 – Варианты контрольной работы и РГЗ

Вариант	Номера задач											
1	301	321	351	381	401	411	421	431	441	471		
2	302	332	362	392	402	412	422	432	452	482		
3	303	343	373	383	403	413	423	433	443	473		
4	304	324	354	394	404	414	424	434	454	484		
5	305	335	365	385	405	415	425	435	445	475		
6	306	346	376	396	406	416	426	436	456	486		
7	307	327	357	387	407	417	427	437	447	477		
8	308	338	368	398	408	418	428	438	458	488		
9	309	349	379	389	409	419	429	439	449	479		
10	310	350	380	400	410	420	430	440	460	490		

301. Два положительных точечных заряда  $Q$  и  $9Q$  закреплены на расстоянии  $d = 120$  см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения зарядов возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.

302. Точечные заряды  $Q_1 = 15$  мкКл,  $Q_2 = -5$  мкКл находятся на расстоянии  $d = 5$  см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на  $r_1 = 3$  см от первого и на  $r_2 = 4$  см от второго заряда. Определить также силу  $F$ , действующую в этой точке на точечный заряд  $Q = 2$  мкКл.

303. Точечные заряды  $Q_1 = 32$  мкКл и  $Q_2 = -26$  мкКл находятся на расстоянии  $d = 20$  см друг от друга. Определить напряженность электрического поля  $E$  в точке, удаленной от первого заряда на расстоянии  $r_1 = 30$  см, а от второго – на  $r_2 = 15$  см.

304. Четыре одинаковых заряда  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 30$  нКл закреплены в вершинах квадрата со стороной  $a = 5$  см. Найти силу  $F$ , действующую на один из этих зарядов со стороны трех остальных.

305. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 6 \cdot 10^{-10}$  Кл. Какой отрицательный заряд  $Q$  нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

306. Три одинаковых точечных заряда  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = -1,5$  нКл находятся в вершинах равностороннего треугольника со сторонами  $a = 8$  см. Определить модуль и направление силы  $F$ , действующей на один из зарядов со стороны двух других.

307. Два одинаково заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол  $\alpha$ . Шарик погружают в масло. Какова плотность  $\rho$  масла, если угол расхождения нитей при погружении в масло остается неизменным? Плотность материала шариков  $\rho_0 = 1,7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, диэлектрическая проницаемость масла  $\epsilon = 2$ .

308. Расстояние  $d$  между двумя точечными зарядами  $Q_1 = 1$  нКл и  $Q_2 = 2$  нКл равно 50 см. Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд  $Q_3$  так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить заряд  $Q_3$  и его знак. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?

309. В вершинах правильного треугольника со стороной  $a = 5$  см находятся заряды  $Q_1 = 1$  мкКл,  $Q_2 = 2$  мкКл и  $Q_3 = 3$  мкКл. Определить силу  $F$ , действующую на заряд  $Q_1$  со стороны двух других зарядов.

310. На расстоянии  $d = 3$  см находятся два точечных заряда:  $Q_1 = -4$  нКл и  $Q_2 = 9$  нКл. Определить силу  $F$ , действующую на заряд  $Q_1 = -2$  нКл, удаленный от обоих зарядов на одинаковое расстояние, равное  $d$ .

311. По тонкому полукольцу радиусом  $R = 15$  см равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 2$  мКл/м. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $O$ , совпадающей с центром кольца.

312. Бесконечный тонкий стержень, ограниченный с одной стороны, несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau = 0,7$  мкКл/м. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $A$ , лежащей на оси стержня на расстоянии  $a = 25$  см от его начала.

313. По тонкому полукольцу равномерно распределен заряд  $Q = 30$  мкКл с линейной плотностью  $\tau = 0,5$  мКл/м. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $O$ , совпадающей с центром кольца.

314. Два трети тонкого кольца радиусом  $R = 5$  см несут равномерно распределенный с линейной плотностью  $\tau = 0,1$  мКл/м заряд. Определить

напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $O$ , совпадающей с центром кольца.

315. Тонкий стержень длиной  $l = 30$  см несет равномерно распределенный заряд  $\tau = -0,3$  мкКл. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $A$ , лежащей на оси стержня на расстоянии  $a = 20$  см от его конца.

316. Четверть тонкого кольца радиусом  $R = 5$  см несет равномерно распределенный заряд  $Q = 0,6$  мкКл. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $O$ , совпадающей с центром кольца.

317. По тонкому кольцу равномерно распределен заряд  $Q = 8$  нКл с линейной плотностью  $\tau = 0,04$  мКл/м. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $A$ , лежащей на оси кольца и удаленной от его центра на расстояние, равное радиусу кольца.

318. Тонкое кольцо несет распределенный заряд  $Q = 0,3$  мкКл. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $A$ , равноудаленной от всех точек кольца на расстоянии  $r = 15$  см. Радиус кольца  $R = 12$  см.

319. Треть тонкого кольца радиуса  $R = 12$  см несет распределенный заряд  $Q = 40$  нКл. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $O$ , совпадающей с центром кольца.

320. По тонкому кольцу радиусом  $R = 30$  см равномерно распределен с линейной плотностью  $\tau = 0,1$  мКл/м заряд. Определить напряженность  $E$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $A$ , находящейся на оси кольца на расстоянии  $h = 2R$  от его центра.

321. На двух концентрических сферах радиусом  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (рисунок 3). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей: I, II и III, принять  $\sigma_1 = 4\sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 20$  мКл/м<sup>2</sup>,  $r = 1,5R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .

322. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (рисунок 4). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса и принцип суперпозиции электрических полей, найти выражение  $E(x)$  напряженности электрического поля в трех областях: I, II и III, принять  $\sigma_1 = -4\sigma$ ,  $\sigma_2 = 2\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  поля в точке, расположенной между плоскостями, и указать направление вектора  $\vec{E}$ ; 3) построить график  $E(x)$ .

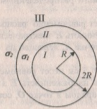


Рисунок 3

323. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (рисунок 5). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = -2\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и

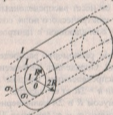


Рисунок 5

указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 50 \text{ нКл/м}^2$ ,  $r = 1,5R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .

324. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 3). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = \sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 0,2 \text{ мКл/м}^2$ ,  $r = 3R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .

325. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 4). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса и принцип суперпозиции электрических полей, найти выражение  $E(x)$  напряженности электрического поля в трех областях:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = 2\sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  поля в точке, расположенной справа от плоскостей, и указать направление вектора  $\vec{E}$ ; 3) построить график  $E(x)$ .



Рисунок 4

326. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 5). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = -2\sigma$ ,  $\sigma_2 = 4\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 35 \text{ нКл/м}^2$ ,  $r = 3R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .

327. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 3). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = -2\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 0,4 \text{ мКл/м}^2$ ,  $r = 3R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .

328. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 4). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса и принцип суперпозиции электрических полей, найти выражение  $E(x)$  напряженности электрического поля в трех областях:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = \sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  поля в точке, расположенной слева от плоскостей, и указать направление вектора  $\vec{E}$ ; 3) построить график  $E(x)$ .

329. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 5). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = 4\sigma$ ,  $\sigma_2 = -\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 80 \text{ мКл/м}^2$ ,  $r = 1,5R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .

330. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (см. рисунок 3). Требуется: 1) используя теорему Остроградского-Гаусса, найти зависимость  $E(r)$  напряженности электрического поля от расстояния для трех областей:  $I$ ,  $II$  и  $III$ , принять  $\sigma_1 = -\sigma$ ,  $\sigma_2 = 2\sigma$ ; 2) вычислить напряженность  $E$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r$ , и указать направление вектора  $\vec{E}$ , принять  $\sigma = 60 \text{ нКл/м}^2$ ,  $r = 1,5R$ ; 3) построить график  $E(r)$ .





Рисунок 6

331. Электрическое поле создано заряженным проводящим шаром, потенциал которого  $\varphi = 200$  В. Определить работу сил поля при перемещении заряда  $Q = 0,1$  мкКл из точки 1 в точку 2 (рисунок 6).

332. Две параллельные заряженные плоскости, поверхностные плотности зарядов которые  $\sigma_1 = 4$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = -0,6$  мкКл/м<sup>2</sup>, находятся на расстоянии  $d = 0,8$  см друг от друга. Определить разность потенциалов  $U$  между плоскостями.

333. Четыре одинаковых капли ртути, заряженных до потенциала  $\varphi = 8$  В, сливаются в одну. Каков потенциал  $\varphi$ , образовавшейся капли?

334. Тонкий стержень согнут в кольцо радиусом  $R = 15$  см. Он равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\tau = 650$  нКл/м. Определить потенциал  $\varphi$  в точке, расположенной на оси кольца на расстоянии  $h = 10$  см от его центра.

335. Тонкая квадратная рамка равномерно заряжена с линейной плотностью заряда  $\tau = 340$  нКл/м. Определить потенциал  $\varphi$  поля в точке пересечения диагоналей.

336. Электрическое поле образовано бесконечно длинной заряженной нитью, линейная плотность заряда которой  $\tau = 30$  нКл/м. Определить разность потенциалов  $U$  двух точек поля, отстоящих от нити на расстояниях  $r_1 = 7$  см и  $r_2 = 10$  см.

337. Два точечных заряда  $Q_1 = 2$  нКл и  $Q_2 = 4$  нКл находятся на расстоянии  $d = 70$  см друг от друга. Какую работу необходимо совершить внешним силам, чтобы уменьшить расстояние между зарядами вдвое?

338. Поле образовано точечным диполем с электрическим моментом  $p = 340$  нКл·м. Определить разность потенциалов  $U$  двух точек поля, расположенных симметрично относительно диполя на его оси на расстоянии  $r = 20$  см от центра диполя.

339. Электрическое поле создано зарядами  $Q_1 = 3$  мкКл и  $Q_2 = -2$  мкКл, находящимися на расстоянии  $a = 15$  см друг от друга. Определить работу сил поля, совершаемую при перемещении заряда  $Q = 0,7$  мкКл из точки 1 в точку 2 (рисунок 7).

340. Диполь с электрическим моментом  $p = 200$  нКл·м свободно установился в свободном, электрическом поле напряженностью  $E = 700$  кВ/м. Определить работу внешних сил, которую необходимо совершить для поворота диполя на угол  $\alpha = 180^\circ$ .

341. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость



Рисунок 7

$v = 10^6$  м/с. Расстояние между пластинами  $d = 6$  мм. Найти: 1) разность потенциалов  $U$  между пластинами; 2) поверхностную плотность заряда  $\sigma$  на пластинах.

342. Найти отношение скоростей ионов  $\text{Cu}^{++}$  и  $\text{K}^+$ , прошедших одинаковую разность потенциалов.

343. Пылинка массой  $m = 100$  мкг, несущая на себе заряд  $Q = 50$  нКл, влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов  $U = 300$  В пылинка имела скорость  $v = 15$  м/с. Определить скорость  $v_0$  пылинки до того, как она влетела в поле.

344. Электрон с энергией  $T = 360$  эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом  $R = 20$  см. Определить минимальное расстояние  $a$ , на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее  $Q = -5$  нКл.

345. Электрон, обладавший кинетической энергией  $T = 20$  эВ, влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов  $U = 10$  В?

346. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом  $\varphi_1 = 200$  В электрон имел скорость  $v_1 = 5$  Мм/с. Определить потенциал  $\varphi_2$  точки поля, дойдя до которой электрон потеряет половину своей скорости.

347. Пылинка массой  $m = 4$  нг, несущая на себе  $N = 6$  электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов  $U = 0,8$  МВ. Какова кинетическая энергия  $T$  пылинки? Какую скорость  $v$  приобрела пылинка?

348. Электрическое поле создано бесконечной заряженной прямой линией с равномерно распределенным зарядом ( $\tau = 9$  нКл/м). Определить кинетическую энергию  $T_2$  электрона в точке 2, если в точке 1 его кинетическая энергия  $T_1 = 240$  эВ (рисунок 8).

349. В однородное электрическое поле напряженностью  $E = 100$  В/м влетает (вдоль силовой линии) электрон со скоростью  $v_0 = 4$  Мм/с. Определить расстояние  $l$ , которое пройдет электрон до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.

350. Какой минимальной скоростью  $v_{\text{min}}$  должен обладать протон, чтобы он мог достигнуть поверхности заряженного до потенциала  $\varphi = 260$  В металлического шара (рисунок 9)?

351. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью  $C_1 = 80$  пФ каждый соединены в батарее последовательно. Опре-



Рисунок 8

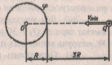


Рисунок 9

делить, на сколько изменится ёмкость  $C$  батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином.

352. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектрика: стекла толщиной  $d_1 = 0,3$  см и слоем парафина толщиной  $d_2 = 0,4$  см. Разность потенциалов между обкладками  $U = 250$  В. Определить напряженность  $E$  поля и падение потенциала в каждом из слоев.

353. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом  $R = 7$  см каждая. Расстояние между пластинами  $d = 3$  мм. Конденсатор присоединен к источнику напряжения  $U = 60$  В. Определить заряд  $Q$  и напряженность  $E$  поля конденсатора в двух случаях: а) диэлектрик – воздух; б) диэлектрик – стекло.

354. Конденсаторы ёмкостью  $C_1 = 4$  мкФ и  $C_2 = 9$  мкФ заряжены до напряжений  $U_1 = 50$  В и  $U_2 = 90$  В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одинаковые заряды.

355. Конденсатор ёмкостью  $C_1 = 15$  мкФ заряжен до напряжения  $U = 20$  В. Определить заряд на обкладках этого конденсатора после того, как параллельно ему был подключен другой, незаряженный, конденсатор ёмкостью  $C_2 = 25$  мкФ.

356. Два конденсатора ёмкостями  $C_1 = 3$  мкФ и  $C_2 = 6$  мкФ заряжены до напряжений  $U_1 = 90$  В и  $U_2 = 120$  В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими разноименные заряды.

357. Конденсаторы ёмкостями  $C_1 = 4$  мкФ,  $C_2 = 7$  мкФ и  $C_3 = 9$  мкФ соединены последовательно и находятся под напряжением  $U = 670$  В. Определить напряжение и заряд на каждом из конденсаторов.

358. Два конденсатора ёмкостями  $C_1 = 4$  мкФ и  $C_2 = 9$  мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 65$  В. Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками.

359. Плоский конденсатор с площадью пластин  $S = 170$  см<sup>2</sup> каждая заряжен до разности потенциалов  $U = 3$  кВ. Расстояние между пластинами  $d = 1,6$  см. Диэлектрик – стекло. Определить энергию  $W$  поля конденсатора и плотность энергии  $w$  поля.

360. Два металлических шарика радиусами  $R_1 = 4$  см и  $R_2 = 8$  см имеют заряды  $Q_1 = 30$  нКл и  $Q_2 = -15$  нКл соответственно. Найти энергию  $W$ , которая выделится при разряде, если шары соединить проводником.

361. Определить расстояние между пластинами плоского конденсатора, если между ними приложена разность потенциалов  $U = 250$  В, причем площадь каждой пластины  $S = 90$  см<sup>2</sup>, ее заряд  $Q = 9$  нКл. Диэлектриком служит слюда ( $\epsilon = 7$ ).

362. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $U_1 = 450$  В, площадь пластин  $S = 240$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d = 2$  мм. После отключения конденсатора от источника напряжения в пространство между пластинами внесли парафин ( $\epsilon = 2$ ). Определить разность потенциалов  $U_2$  между пластинами после внесения диэлектрика. Определить также емкости конденсатора до  $C_1$  и после  $C_2$  внесения диэлектрика.

363. Разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$  (рисунок 10)  $U = 8$  В. Емкости конденсаторов соответственно равны  $C_1 = 4$  мкФ и  $C_2 = 8$  мкФ. Определить: 1) заряды  $Q_1$ ,  $Q_2$ ; 2) разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  на обкладках каждого конденсатора.



Рисунок 10

364. Сплошной эбонитовый шар ( $\epsilon = 3$ ) радиусом  $R = 6$  см заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho = 12$  нКл/м<sup>3</sup>. Определить энергию электростатического поля, заключенную в окружающем шар пространстве.

365. Определить ёмкость коаксиального кабеля длиной 15 м, если радиус его центральной жилы  $r_1 = 0,8$  см, радиус оболочки  $r_2 = 1,6$  см, а изоляционным материалом служит резина ( $\epsilon = 2,5$ ).

366. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора  $U = 130$  В. Площадь каждой пластины  $S = 220$  см<sup>2</sup>, расстояние между пластинами  $d = 0,2$  мм, пространство между ними заполнено парафином ( $\epsilon = 2$ ). Определить силу притяжения пластин друг к другу.

367. Два плоских воздушных конденсатора одинаковой емкости соединены параллельно и заряжены до разности потенциалов  $U = 360$  В. Определить разность потенциалов этой системы, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнено слюдой ( $\epsilon = 7$ ).

368. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $U_1 = 530$  В. Площадь пластин  $S = 180$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d_1 = 1,2$  мм. Пластины раздвинули до расстояния  $d_2 = 10$  мм. Найти энергию конденсатора до  $W_1$  и после  $W_2$  раздвижения пластины, если источник напряжения перед раздвижением: 1) отключался; 2) не отключался.

369. Две концентрические проводящие сферы радиусами  $R_1 = 15$  см и  $R_2 = 45$  см заряжены одинаковыми зарядами  $Q = 120$  нКл. Определить энергию электростатического поля, заключенного между этими сферами.

370. Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C = 12$  пФ заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 480$  В. После отключения конденсатора от источника напряжения расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в 2,5 раза. Определить: 1) разность потенциалов на обкладках конденсатора после их разведения; 2) работу внешних сил по раздвижению пластин.



371. Определить плотность тока, если за 4 с через проводник сечением  $1,8 \text{ мм}^2$  прошло  $3 \cdot 10^{19}$  электронов.

372. По медному проводнику сечением  $0,7 \text{ мм}^2$  течет ток 70 мА. Найти среднюю скорость упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Плотность меди  $\rho = 8,9 \text{ г/см}^3$ .

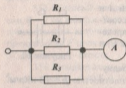


Рисунок 11

373. В цепи (рисунок 11) амперметр показывает силу тока  $I = 1,5 \text{ А}$ . Сила тока через сопротивление  $R_1$  равна  $I_1 = 0,5 \text{ А}$ . Сопротивление  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ . Определить сопротивление  $R_1$ , а также силу токов  $I_2$  и  $I_3$ , протекающих через сопротивление  $R_2$  и  $R_3$ .

374. По алюминиевому проводу сечением  $S = 0,2 \text{ мм}^2$  течет ток  $I = 0,4 \text{ А}$ . Определить силу, действующую на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля.

Удельное сопротивление алюминия  $\rho = 26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ .

375. Два цилиндрических проводника одинаковой длины и одинакового сечения (один из меди, а другой из железа) соединены параллельно. Определить отношение мощностей токов для этих проводников. Удельные сопротивления меди и железа равны соответственно 17 и 98 нОм·м.

376. От источника с напряжением  $U = 800 \text{ В}$  необходимо передать потребителю мощность  $P = 10 \text{ кВт}$  на некоторое расстояние. Какое наибольшее сопротивление может иметь линия передачи, чтобы потери энергии в ней не превышали 10 % от передаваемой мощности?

377. Определить напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике объемом  $V = 9 \text{ см}^3$ , если при прохождении по нему постоянного тока за время  $t = 3 \text{ мин}$  выделилось количество теплоты  $Q = 2,4 \text{ кДж}$ . Удельное сопротивление алюминия  $\rho = 26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ .

378. Плотность электрического поля в медном проводе равна  $12 \text{ А/см}^2$ . Определить удельную тепловую мощность тока, если удельное сопротивление меди  $\rho = 17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ .

379. Определить ток короткого замыкания источника ЭДС, если при внешнем сопротивлении  $R_1 = 50 \text{ Ом}$  ток в цепи  $I_1 = 0,2 \text{ А}$ , а при  $R_2 = 110 \text{ Ом}$  ток равен:  $I_2 = 0,1 \text{ А}$ .

380. В сеть с напряжением  $U = 200 \text{ В}$  подключили катушку с сопротивлением  $R_1 = 2 \text{ кОм}$  и вольтметр, соединенные последовательно. Показание вольтметра  $U_1 = 80 \text{ В}$ . Когда катушку заменили другой, вольтметр показал  $U_2 = 60 \text{ В}$ . Определить сопротивление  $R_2$  другой катушки.

381. В цепь, состоящую из батареи и резистора сопротивлением  $R = 8 \text{ Ом}$ , включают вольтметр, сопротивление которого  $R_V = 800 \text{ Ом}$ , один

раз последовательно резистору, другой раз – параллельно. Определить внутреннее сопротивление батареи, если показания вольтметра в обоих случаях одинаковы.

382. В цепи (рисунок 12)  $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ Ом}$ . Вольтметр показывает  $U_V = 200 \text{ В}$ , сопротивление вольтметра  $R_V = 800 \text{ Ом}$ . Определить ЭДС батареи, пренебрегая ее сопротивлением.

383. Даны четыре элемента с электродвижущей силой  $\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,2 \text{ Ом}$ . Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление  $R = 0,2 \text{ Ом}$ ? Определить максимальную силу тока.

384. В цепи (рисунок 13)  $R_1 = R_2 = 50 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 100 \text{ Ом}$ ,  $C = 50 \text{ нФ}$ . Определить ЭДС источника, пренебрегая его внутренним сопротивлением, если заряд на конденсаторе  $Q = 2,2 \text{ мкКл}$ .



Рисунок 12

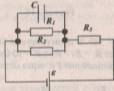


Рисунок 13

385. В цепи (рисунок 14)  $R_1 = R$ ,  $R_2 = 2R$ ,  $R_3 = 3R$ ,  $R_4 = 4R$ . Определить заряд на конденсаторе.

386. Два источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ В}$  и  $\mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 0,5 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 0,4 \text{ Ом}$  включены параллельно сопротивлению  $R = 2 \text{ Ом}$  (рисунок 15). Определить силу тока через это сопротивление.

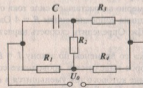


Рисунок 14

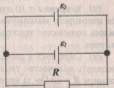


Рисунок 15

387. В цепи (рисунок 16)  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3$ ,  $R_1 = 48 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 24 \text{ Ом}$ , падение напряжения на сопротивлении  $R_2$  равно:  $U_2 = 12 \text{ В}$ . Пренебрегая внутренним сопротивлением элементов, определить: 1) силу тока во всех участках цепи; 2) сопротивление  $R_3$ .

388. В цепи (рисунок 17)  $\mathcal{E} = 2 \text{ В}$ ,  $R_1 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_4 = 20 \text{ Ом}$  и  $R_G = 100 \text{ Ом}$ . Определить силу тока  $I_G$ , протекающего через гальванометр.

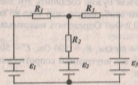


Рисунок 16

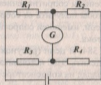


Рисунок 17

389. В цепи (рисунок 18)  $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ В}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 20 \text{ В}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 40 \text{ В}$ , а сопротивления  $R_1 = R_2 = R_3 = R = 10 \text{ Ом}$ . Определить силу тока, протекающих через сопротивления  $I$  и через источники ЭДС  $I'$ . Внутренние сопротивления источников ЭДС не учитывать.

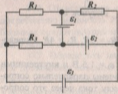


Рисунок 18

392. За время  $t = 10 \text{ с}$  при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике сопротивлением  $R = 4 \text{ Ом}$  выделилось количество теплоты  $Q = 5 \text{ кДж}$ . Определить скорость нарастания силы тока.

393. Сила тока в цепи изменяется со временем по закону  $I = I_0 e^{-\alpha t}$ . Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$  за время, в течение которого ток уменьшится в  $e$  раз. Коэффициент  $\alpha$  принять равным  $4 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ .

394. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I = I_0 e^{-\alpha t}$ , где  $I_0 = 15 \text{ А}$ ,  $\alpha = 10^2 \text{ с}^{-1}$ . Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике за время  $t = 10^{-2} \text{ с}$ .

395. Сила тока в цепи изменяется по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ . Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением  $R = 12 \text{ Ом}$  за время, равное четверти периода (от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = T/4$ , где  $T = 15 \text{ с}$ ).

396. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 20 \text{ Ом}$  за время  $t = 40 \text{ с}$  равномерно нарастает от  $I_1 = 3 \text{ А}$  до  $I_2 = 9 \text{ А}$ . Определить количество теплоты  $Q$ , выделившееся за это время в проводнике.

397. За время  $t = 15 \text{ с}$  при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 44 \text{ кДж}$ . Определить среднюю силу тока  $\langle I \rangle$  в проводнике, если его сопротивление  $R = 20 \text{ Ом}$ .

398. За время  $t = 16 \text{ с}$  при равномерно возрастающей силе тока в проводнике сопротивлением  $R = 4 \text{ Ом}$  выделилось количество теплоты  $Q = 450 \text{ Дж}$ . Определить заряд  $q$ , проходящий в проводнике, если сила тока в начальный момент времени равна нулю.

399. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ . Найти заряд  $Q$ , проходящий через поперечное сечение проводника за время  $t$ , равное половине периода  $T$ , если начальная сила тока  $I_0 = 14 \text{ А}$ , циклическая частота  $\omega = 50\pi \text{ с}^{-1}$ .

400. В проводнике за время  $t = 15 \text{ с}$  при равномерном возрастании силы тока от  $I_1 = 2 \text{ А}$  до  $I_2 = 4 \text{ А}$  выделилось количество теплоты  $Q = 6 \text{ кДж}$ . Найти сопротивление  $R$  проводника.

#### 4 ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Таблица 7 – Варианты контрольной работы и РГЭ

Вариант	Номера задач									
	401	411	421	431	441	451	461	471	481	491
1	401	411	421	431	441	451	461	471	481	491
2	402	412	422	432	442	452	462	472	482	492
3	403	413	423	433	443	453	463	473	483	493
4	404	414	424	434	444	454	464	474	484	494
5	405	415	425	435	445	455	465	475	485	495
6	406	416	426	436	446	456	466	476	486	496
7	407	417	427	437	447	457	467	477	487	497
8	408	418	428	438	448	458	468	478	488	498
9	409	419	429	439	449	459	469	479	489	499
10	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500

401. Квадратный контур со стороной  $a = 6$  см, по которому течет ток  $I = 85$  А, свободно установился в однородном магнитном поле ( $B = 5$  мТл). Определить изменение  $\Delta\Pi$  потенциальной энергии контура при повороте вокруг оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\beta = 180^\circ$ .

402. По круговому витку радиусом  $R = 8$  см течет ток  $I = 40$  А. Виток расположен в однородном магнитном поле ( $B = 60$  мТл) так, что нормаль к плоскости контура составляет угол  $\beta = \pi/4$  с вектором  $B$ . Определить изменение  $\Delta\Pi$  потенциальной энергии контура при его повороте на угол  $\varphi = \pi/3$  в направлении увеличения угла  $\beta$ .

403. Тонкий провод длиной  $l = 45$  см изогнут в виде полукольца и помещен в магнитное поле ( $B = 15$  мТл) так, что площадь полукольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. По проводу пропустили ток  $I = 30$  А. Определить силу  $F$ , действующую на провод. Подводящие провода направлены вдоль линий магнитной индукции.

404. Шины генератора длиной  $l = 4,2$  м находятся на расстоянии  $a = 8$  см друг от друга. Найти силу взаимного отталкивания шин при коротком замыкании, если ток  $I_{\text{кз}}$  короткого замыкания равен 4 кА.

405. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи  $I = 160$  А. Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном ее длине.

406. Короткая катушка площадью поперечного сечения  $S = 240$  см<sup>2</sup>, содержащая  $N = 600$  витков провода, по которому течет ток  $I = 4$  А, помещена в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 1300$  А/м. Найти: 1) магнитный момент  $p_m$  катушки; 2) вращающий момент  $M$ , действующий на катушку, если ось катушки составляет угол  $\varphi = 30^\circ$  с линиями поля.

407. По двум параллельным проводам длиной  $l = 4$  м каждый текут одинаковые токи  $I = 60$  А. Расстояние  $d$  между проводами равно 12 см. Определить силу  $F$  взаимодействия проводов.

408. Квадратная рамка из тонкого провода может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из сторон. Масса  $m$  рамки равна 30 г. Рамку поместили в однородное магнитное поле ( $B = 0,2$  Тл), направленное вертикально вверх. Определить угол  $\alpha$ , на который отклонилась рамка от вертикали, когда по ней пропустили ток  $I = 15$  А.

409. Тонкое проводящее кольцо с током  $I = 60$  А помещено в однородное магнитное поле ( $B = 70$  мТл). Плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. Радиус  $R$  кольца равен 30 см. Найти силу  $F$ , растягивающую кольцо.

410. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии  $d = 10$  см друг от друга, текут одинаковые токи

$I = 380$  А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить для каждого из проводов отношение силы, действующей на него, к его длине.

411. По поверхности диска радиусом  $R = 12$  см равномерно распределен заряд  $Q = 0,3$  мкКл. Диск вращается с угловой скоростью  $\omega = 20$  рад/с относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определить магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением диска.

412. Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра (протона) по окружности радиусом  $R = 53$  пм. Определить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока.

413. Сплошной цилиндр радиусом  $R = 3$  см и высотой  $h = 10$  см несет равномерно распределенный по объему заряд ( $\rho = 0,3$  мкКл/м<sup>3</sup>). Цилиндр вращается с частотой  $n = 15$  с<sup>-1</sup> относительно оси, совпадающей с его геометрической осью. Найти магнитный момент  $p_m$  цилиндра, обусловленный его вращением.

414. По тонкому стержню длиной  $l = 30$  см равномерно распределен заряд  $Q = 70$  нКл. Стержень вращается с частотой  $n = 10$  с<sup>-1</sup> относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через стержень на расстоянии  $a = l/4$  от одного из его концов. Определить магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением стержня.

415. Заряд  $Q = 0,3$  мкКл равномерно распределен по стержню длиной  $l = 40$  см. Стержень вращается с угловой скоростью  $\omega = 25$  рад/с относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Найти магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением стержня.

416. Тонкое кольцо радиусом  $R = 15$  см несет равномерно распределенный заряд  $Q = 50$  нКл. Кольцо вращается с угловой скоростью  $\omega = 30$  рад/с относительно оси, совпадающей с одним из диаметров кольца. Найти магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением кольца.

417. Диск радиусом  $R = 5$  см несет равномерно распределенный по поверхности заряд ( $\sigma = 80$  нКл/м<sup>2</sup>). Определить магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением диска, относительно оси, проходящей через его центр и перпендикулярной плоскости диска. Угловая скорость вращения диска  $\omega = 50$  рад/с.

418. Стержень длиной  $l = 25$  см заряжен равномерно распределенным зарядом с линейной плотностью  $\tau = 0,5$  мкКл/м. Стержень вращается с частотой  $n = 20$  с<sup>-1</sup> относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец. Определить магнитный момент  $p_m$ , обусловленный вращением стержня.

419. По тонкому кольцу радиусом  $R = 15$  см равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 70$  нКл/м. Кольцо вращается относительно оси, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его

центр, с частотой  $n = 15 \text{ с}^{-1}$ . Определить магнитный момент  $p_m$  обусловленный вращением кольца.

420. Протон движется по окружности радиусом  $R = 0,4 \text{ см}$  с линейной скоростью  $v = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ . Определить магнитный момент  $p_m$ , создаваемый эквивалентным круговым током.

421. Электрон влетел в однородное магнитное поле ( $B = 240 \text{ мТл}$ ) перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить силу эквивалентного кругового тока  $I_{\text{экв}}$ , создаваемого движением электрона в магнитном поле.

422. Альфа-частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов, стала двигаться в однородном магнитном поле ( $B = 52 \text{ мТл}$ ) по винтовой линии с шагом  $h = 4 \text{ см}$  и радиусом  $R = 1,5 \text{ см}$ . Определить ускоряющую разность потенциалов, которую прошла альфа-частица.

423. Ион, попав в магнитное поле ( $B = 0,02 \text{ Тл}$ ), стал двигаться по окружности. Определить кинетическую энергию  $T$  (в эВ) иона, если магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока равен  $3,2 \cdot 10^{-14} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

424. Ион с кинетической энергией  $T = 1,2 \text{ кэВ}$  попал в однородное магнитное поле ( $B = 23 \text{ мТл}$ ) и стал двигаться по окружности. Определить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока.

425. Протон прошел ускоряющую разность потенциалов  $U = 320 \text{ В}$  и влетел в однородное магнитное поле ( $B = 25 \text{ Тл}$ ) под углом  $\alpha = 30^\circ$  к линиям магнитной индукции. Определить шаг  $h$  и радиус  $R$  винтовой линии, по которой будет двигаться протон в магнитном поле.

426. Два иона разных масс с одинаковыми зарядами влетели в однородное магнитное поле, стали двигаться по окружностям радиусами  $R_1 = 3,1 \text{ см}$  и  $R_2 = 1,83 \text{ см}$ . Определить отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

427. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов  $U = 100 \text{ В}$  и, влетев в однородное магнитное поле ( $B = 0,1 \text{ Тл}$ ), стала двигаться по винтовой линии с шагом  $h = 6,5 \text{ см}$  и радиусом  $R = 1 \text{ см}$ . Определить отношение заряда частицы к ее массе.

428. Однозарядный ион натрия прошел ускоряющую разность потенциалов  $U = 1 \text{ кВ}$  и влетел перпендикулярно линиям магнитной индукции в однородное поле ( $B = 0,5 \text{ Тл}$ ). Определить относительную атомную массу  $A$  иона, если он описал окружность радиусом  $R = 4,37 \text{ см}$ .

429. Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов  $U = 380 \text{ В}$  и, попав в однородное магнитное поле, стала двигаться по винтовой линии радиусом  $R = 1,2 \text{ см}$  и шагом  $h = 3,8 \text{ см}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  поля.

430. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов  $U = 700 \text{ В}$  и, влетев в однородное магнитное поле  $B = 46 \text{ мТл}$ , стал двигаться по винтовой линии с шагом  $h = 5,8 \text{ см}$ . Определить радиус  $R$  винтовой линии.

431. Протон прошел некоторую ускоряющую разность потенциалов  $U$  и влетел в скрещенные под прямым углом однородные поля: магнитное ( $B = 7 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 25 \text{ кВ/м}$ ). Определить разность потенциалов  $U$ , если протон в скрещенных полях движется прямолинейно.

432. Однородные магнитное ( $B = 2,8 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 15 \text{ кВ/м}$ ) поля скрещены под прямым углом. Электрон, скорость в котором равна  $5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ , влетает в эти поля так, что силы, действующие на него со стороны магнитного и электрического полей, сонаправлены. Определить ускорение  $a$  электрона. Ускорение  $a$  определяется в момент вхождения заряженной частицы в область пространства, где локализованы однородные магнитное и электрическое поля.

433. Альфа-частица, имеющая скорость  $v = 2,5 \text{ Мм/с}$ , влетает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к сонаправленным магнитному ( $B = 1,5 \text{ мТл}$ ) и электрическому ( $E = 3 \text{ кВ/м}$ ) полям. Определить ускорение  $a$  альфа-частицы. Ускорение  $a$  определяется в момент вхождения заряженной частицы в область пространства, где локализованы однородные магнитное и электрическое поля.

434. В скрещенные под прямым углом однородные магнитное ( $H = 1,7 \text{ МА/м}$ ) и электрическое ( $E = 34 \text{ кВ/м}$ ) поля влетел ион. При какой скорости  $v$  иона (по модулю и направлению) он будет двигаться в скрещенных полях прямолинейно?

435. Ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 645 \text{ В}$ , влетел в скрещенные под прямым углом однородные магнитное ( $B = 1,5 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 200 \text{ В/м}$ ) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион в этих полях движется прямолинейно.

436. Магнитное ( $B = 2,5 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 2 \text{ кВ/м}$ ) поля сонаправлены. Перпендикулярно векторам  $B$  и  $E$  влетает электрон со скоростью  $v = 0,9 \text{ Мм/с}$ . Определить ускорение  $a$  электрона. Ускорение  $a$  определяется в момент вхождения заряженной частицы в область пространства, где локализованы однородные магнитное и электрическое поля.

437. Альфа-частица влетела в скрещенные под прямым углом магнитное ( $B = 4,5 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 40 \text{ кВ/м}$ ) поля. Определить ускорение  $a$  альфа-частицы, если ее скорость  $v$  ( $v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ) перпендикулярна векторам  $B$  и  $E$ , причем силы, действующие со стороны этих полей, противоположно направлены. Ускорение  $a$  определяется в момент вхождения заряженной частицы в область пространства, где локализованы однородные магнитное и электрическое поля.

438. Протон влетел в скрещенные под углом  $\alpha = 150^\circ$  магнитное ( $B = 40 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 30 \text{ кВ/м}$ ) поля. Определить ускорение  $a$  протона, если его скорость  $v$  ( $v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ) перпендикулярна векторам  $B$  и  $E$ . Ускорение  $a$  определяется в момент вхождения заряженной частицы в область пространства, где локализованы однородные магнитное и электрическое поля.



439. Однозарядный ион лития массой  $m = 7$  а. е. м. прошел ускоряющую разность потенциалов  $U = 420$  В и влетел в скрещенные под прямым углом однородные магнитное и электрическое поля. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, если траектория иона в скрещенных полях прямолинейна. Напряженность  $E$  электрического поля равна  $3$  кВ/м.

440. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 1,6$  кВ, попал в скрещенные под прямым углом однородные магнитное и электрическое поля. Определить напряженность  $E$  электрического поля, если магнитная индукция  $B$  поля равна  $8$  Тл.

441. Рамка, содержащая  $N = 300$  витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки  $S = 56$  см<sup>2</sup>. Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,03$  Тл). Определить максимальную ЭДС  $\mathcal{E}_{\max}$ , которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой  $n = 60$  с<sup>-1</sup>.

442. В магнитное поле, изменяющееся по закону  $B = B_0 \cos \omega t$  ( $B_0 = 0,1$  Тл,  $\omega = 4$  с<sup>-1</sup>), помещена квадратная рамка со стороной  $a = 50$  см, причем нормаль к рамке образует с направлением поля угол  $\alpha = 45^\circ$ . Определить ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени  $t = 5$  с.

443. Плоскость проволочного витка площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup> и сопротивлением  $R = 5$  Ом, находящегося в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 10$  кА/м, перпендикулярна линиям магнитной индукции. При повороте витка в магнитном поле отсчет гальванометра, замкнутого на виток, составляет  $Q = 12,6$  мкКл. Определить угол поворота витка.

444. В катушке длиной  $l = 0,5$  м, диаметром  $d = 5$  см и числом витков  $N = 1500$  ток равномерно увеличивается на  $0,2$  А за одну секунду. На катушку надето кольцо из медной проволоки ( $\rho = 17$  нОм·м) площадью сечения  $S_k = 3$  мм<sup>2</sup>. Определить силу тока в кольце.

445. В однородном магнитном поле ( $B = 0,1$  Тл) вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega = 50$  с<sup>-1</sup> вокруг вертикальной оси стержень длиной  $l = 0,4$  м. Определить ЭДС индукции  $\mathcal{E}$ , возникающей в стержне, если ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции.

446. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл равномерно вращается вокруг вертикальной оси горизонтальный стержень длиной  $l = 0,5$  м. Ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции. Определить число оборотов в секунду, при котором на концах стержня возникает разность потенциалов  $U = 0,1$  В.

447. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл равномерно с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $N = 1200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям маг-

нитной индукции. Определить максимальную ЭДС  $\mathcal{E}_{\max}$  индуцируемую в рамке.

448. В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл) равномерно вращается прямоугольная рамка, содержащая  $N = 200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Определить частоту вращения рамки  $\omega$ , если максимальная ЭДС, индуцируемая в ней, ( $\mathcal{E}_{\max}$ ) =  $12,6$  В.

449. В однородном магнитном поле равномерно вращается прямоугольная рамка с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup>. Амплитуда индуцируемой в рамке ЭДС  $\mathcal{E}_0 = 3$  В. Определить максимальный магнитный поток через рамку.

450. Катушка длиной  $l = 50$  см и диаметром  $d = 5$  см содержит  $N = 200$  витков. По катушке течет ток  $I = 1$  А. Определить: 1) индуктивность катушки; 2) магнитный поток, пронизывающий площадь ее поперечного сечения.

451. Сверхпроводящий соленоид длиной  $l = 10$  см и площадью поперечного сечения  $S = 3$  см<sup>2</sup>, содержащий  $N = 1000$  витков, может быть подключен к источнику ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В. Определить силу тока  $I$  через  $0,01$  с после замыкания ключа.

452. Через катушку, индуктивностью  $L = 200$  мГн, протекает ток, изменяющийся по закону  $I = 2 \cos 3t$ . Определить: 1) закон изменения ЭДС самоиндукции; 2) максимальное значение ЭДС самоиндукции.

453. В соленоиде без сердечника, содержащем  $N = 1000$  витков, при увеличении силы тока магнитный поток увеличился на  $1$  мВб. Определить среднюю ЭДС самоиндукции  $\langle \mathcal{E} \rangle$ , возникающую в соленоиде, если изменение силы тока произошло за  $0,1$  с.

454. Имется катушка индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и сопротивлением  $R = 0,8$  Ом. Определить, во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через  $t = 30$  мс, если источник тока отключить и катушку замкнуть накороток.

455. Определить, через какое время  $t$  сила тока замыкания достигнет  $0,95$  предельного значения, если источник тока замыкают на катушку сопротивлением  $R = 12$  Ом и индуктивностью  $0,5$  Гн.

456. Катушку индуктивностью  $L = 0,6$  Гн подключают к источнику тока. Определить сопротивление катушки, если за время  $t = 3$  с сила тока через катушку достигает  $80\%$  предельного значения.

457. Бесконечно длинный соленоид длиной  $l = 0,8$  м имеет однослойную обмотку из алюминиевого провода массой  $m = 400$  г. Определить время релаксации  $\tau$  для этого соленоида. Плотность и удельное сопротивление алюминия равны соответственно  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup> и  $\rho' = 26$  Ом·м.

458. Соленоид диаметром  $d = 3$  см имеет однослойную обмотку из плотно прилегающих друг к другу витков алюминиевого провода ( $\rho = 26$  Ом·м) диаметром  $d_1 = 0,3$  мм. По соленоиду течет ток  $I_0 = 0,5$  А.

Определить количество электричества  $Q$ , протекающее по соленоиду, если его концы замкнуть.

459. Две катушки намотаны на один общий сердечник. Определить их взаимную индуктивность, если при скорости изменения силы тока в первой катушке  $dI_1/dt = 3 \text{ A/c}$  во второй катушке индуцируется ЭДС  $\mathcal{E}_2 = 0,3 \text{ В}$ .

460. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки  $L_1 = 0,12 \text{ Гн}$ , второй  $L_2 = 3 \text{ Гн}$ . Сопротивление второй катушки  $R_2 = 300 \text{ Ом}$ . Определить силу тока  $I_2$  во второй катушке, если за время  $\Delta t = 0,01 \text{ с}$  силу тока в первой катушке уменьшить от  $I_1 = 0,5 \text{ А}$  до нуля.

461. Принимая, что электрон в возбужденном атоме водорода движется по круговой орбите радиусом  $r = 52,8 \text{ пм}$ , определить: 1) магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока; 2) орбитальный механический момент  $L_e$  электрона; 3) гиромагнитное отношение, доказав, что оно совпадает со значением, определяемым универсальными постоянными.

462. В однородное магнитное поле вносится длинный вольфрамовый стержень (магнитная проницаемость вольфрама  $\mu = 1,0176$ ). Определить, какая доля суммарного магнитного поля в этом стержне определяется молекулярными токами.

463. Напряженность однородного магнитного поля в платине равна  $5 \text{ А/м}$ . Определить магнитную индукцию поля, создаваемого молекулярными токами, если магнитная восприимчивость платины равна  $3,6 \cdot 10^{-4}$ .

464. По круговому контуру радиусом  $r = 40 \text{ см}$ , погруженному в жидкий кислород, течет ток  $I = 1 \text{ А}$ . Определить намагнитченность в центре этого контура. Магнитная восприимчивость жидкого кислорода  $\chi = 3,4 \cdot 10^{-3}$ .

465. По обмотке соленоида индуктивностью  $L = 3 \text{ мГн}$ , находящегося в диамагнитной среде, течет ток  $I = 0,4 \text{ А}$ . Соленоид имеет длину  $l = 45 \text{ см}$ , площадь поперечного сечения  $S = 10 \text{ см}^2$  и число витков  $N = 1000$ . Определить внутри соленоида: 1) магнитную индукцию; 2) намагнитченность.

466. Соленоид, находящийся в диамагнитной среде, имеет длину  $l = 30 \text{ см}$ , площадь поперечного сечения  $S = 15 \text{ см}^2$  и число витков  $N = 500$ . Индуктивность соленоида  $L = 1,5 \text{ мГн}$ , а сила тока, протекающего по нему,  $I = 1 \text{ А}$ . Определить: 1) магнитную индукцию внутри соленоида; 2) намагнитченность внутри соленоида.

467. Индукция магнитного поля в железном стержне  $B = 1,2 \text{ Тл}$ . Определить для него намагнитченность, если зависимость  $B(H)$  для данного сорта ферромагнетика представлена на рисунке 19.

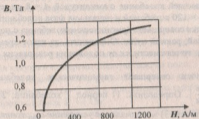


Рисунок 19

468. Железный сердечник длиной  $l = 0,5 \text{ м}$  малого сечения ( $d \ll l$ ) содержит 400 витков. Определить магнитную проницаемость железа при силе тока  $I = 1 \text{ А}$ . Использовать график на рисунке 19.

469. На железное кольцо намотано в один слой  $N = 500$  витков провода. Средний диаметр  $d$  кольца равен  $25 \text{ см}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  в железе и магнитную проницаемость  $\mu$  железа, если сила тока  $I$  в обмотке: 1)  $0,5 \text{ А}$ ; 2)  $2,5 \text{ А}$ . Использовать график на рисунке 19.

470. Определить силу тока смещения между квадратными пластинами конденсатора со стороной  $5 \text{ см}$ , если напряженность электрического поля изменяется со скоростью  $4,52 \text{ МВ/(м·с)}$ .

471. Точка совершает простые гармонические колебания, уравнение которых  $x = A \sin \omega t$ , где  $A = 4 \text{ см}$ ,  $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ . В момент времени, когда точка обладала потенциальной энергией  $W = 0,1 \text{ мДж}$ , на нее действовала возвращающая сила  $F = 3 \text{ мН}$ . Найти этот момент времени  $t$ .

472. Материальная точка совершает простые гармонические колебания так, что в начальный момент времени смещение  $x_0 = 3 \text{ см}$ , а скорость  $v_0 = 12 \text{ см/с}$ . Определить амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\phi_0$  колебаний, если их период  $T = 4 \text{ с}$ .

473. Определить период  $T$  колебаний математического маятника, если его модуль максимального перемещения  $\Delta r = 20 \text{ см}$  и максимальная скорость  $v_{\max} = 15 \text{ см/с}$ .

474. Шарик массой  $m = 70 \text{ г}$  колеблется с периодом  $T = 3 \text{ с}$ . В начальный момент времени смещение шарика  $x_0 = 5,0 \text{ см}$  и он обладает энергией  $E = 0,01 \text{ Дж}$ . Записать уравнение простого гармонического колебания шарика и закон изменения возвращающей силы с течением времени.



475. Определить период  $T$  простых гармонических колебаний диска радиусом  $R = 30$  см около горизонтальной оси, проходящей через образующую диска.

476. Записать уравнение гармонического колебательного движения точки, совершающей колебания с амплитудой  $A = 8$  см, если за  $t = 1$  мин совершается  $n = 120$  колебаний и начальная фаза колебаний равна  $45^\circ$ .

477. Точка совершает гармонические колебания с периодом  $T = 6$  с и начальной фазой, равной нулю. Определить, за какое время, считая от начала движения, точка сместится от положения равновесия на половину амплитуды.

478. Точка совершает гармонические колебания по закону  $x = 3 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{8}\right)$ . Определить: 1) период  $T$  колебаний; 2) максимальную скорость  $v_{\max}$  точки; 3) максимальное ускорение  $a_{\max}$  точки.

479. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой  $A = 10$  см и периодом  $T = 5$  с. Определить для точки: 1) максимальную скорость; 2) максимальное ускорение.

480. Скорость материальной точки, совершающей гармонические колебания, задается уравнением  $v(t) = -6 \sin 2\pi t$ . Записать зависимость смещения этой точки от времени.

481. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 0,2$  мГн и конденсатора площадью пластин  $S = 155$  см<sup>2</sup>, расстояние между которыми  $d = 1,5$  мм. Зная, что контур резонирует на длину волны  $\lambda = 630$  м, определить диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами конденсатора.

482. Колебательный контур содержит соленоид (длина  $l = 5$  см, площадь поперечного сечения  $S_1 = 1,5$  см<sup>2</sup>, число витков  $N = 500$ ) и плоский конденсатор (расстояние между пластинами  $d = 1,5$  мм, площадь пластин  $S_2 = 100$  см<sup>2</sup>). Определить частоту  $\omega$  собственных колебаний контура.

483. Сила тока в колебательном контуре, содержащем катушку индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и конденсатор, со временем изменяется согласно уравнению  $I = -0,4 \sin 200\pi t$ . Определить: 1) период колебаний; 2) емкость конденсатора; 3) максимальное напряжение на обкладках конденсатора; 4) максимальную энергию магнитного поля; 5) максимальную энергию электрического поля.

484. Конденсатор емкостью  $C$  зарядили до напряжения  $U_m$  и замкнули на катушку индуктивностью  $L$ . Пренебрегая сопротивлением контура, определить амплитудное значение силы тока в данном колебательном контуре.

485. Частота свободных колебаний некоторой системы  $\omega = 65$  рад/с, а ее добротность  $Q = 2$ . Определить собственную частоту  $\omega_0$  колебаний этой системы.

486. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 10$  мкГн, конденсатора емкостью  $C = 0,1$  мкФ и резистора сопротивлением  $R = 20$  Ом. Определить, через какое количество  $N$  полных колебаний амплитуда тока в контуре уменьшится в  $e$  раз.

487. Определить логарифмический декремент, при котором энергия колебательного контура за  $N = 5$  полных колебаний уменьшается в  $n = 8$  раз.

488. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 6$  мкГн, конденсатора емкостью  $C = 10$  нФ и резистора сопротивлением  $R = 10$  Ом. Определить для случая максимума тока отношение энергий магнитного поля катушки к энергии электрического поля.

489. Определить добротность  $Q$  колебательного контура, состоящего из катушки индуктивностью  $L = 2$  мкГн и конденсатора емкостью  $C = 0,2$  мкФ и резистора сопротивлением  $R = 1$  Ом.

490. Частота затухающих колебаний в колебательном контуре с добротностью  $Q = 2500$  равна  $\nu = 550$  кГц. Определить время, за которое амплитуда тока в этом контуре уменьшится в 4 раза.

491. Скорость распространения звука в двухатомном газе при некоторых условиях равна 320 м/с. Определить наиболее вероятную скорость  $v$ , молекул этого газа при тех же условиях.

492. Смещение  $\xi_1$  из положения равновесия частиц среды, находящейся на расстоянии  $x_1 = 6$  см от источника колебаний через промежуток времени  $t = T/4$ , равно трети амплитуды. Определите длину волны.

493. Бегущая плоская звуковая волна описывается уравнением вида  $\xi(x,t) = 4 \cdot 10^{-5} \cos(1600t - 6,2x)$ , м. Определить отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны и отношение амплитуды скорости частиц к скорости распространения волны.

494. Плотность  $\rho$  азота при давлении  $10^5$  Па равна  $1,43$  кг/м<sup>3</sup>. Определить скорость распространения звука в азоте при данных условиях.

495. Два динамика расположены на расстоянии  $d = 15$  см друг от друга и воспроизводят один и тот же звуковой фон на частоте  $\nu = 2200$  Гц. Приемник находится на расстоянии  $l = 4,4$  м от центров динамиков. Принимая скорость звука  $v = 340$  м/с, определить, на какое расстояние от центральной линии параллельно динамикам следует отодвинуть приемник, чтобы он зафиксировал первый интерференционный минимум.

496. Электромагнитная волна с частотой  $\nu = 5$  МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  в вакуум. Определить приращение ее длины волны.

497. Радиолокатор обнаружил в море подвижную лодку, отраженный сигнал от которой дошел до него за  $t = 36$  мкс. Учитывая, что диэлектрическая проницаемость воды  $\epsilon = 2$ , определить расстояние от локатора до подводной лодки.

498. Длина электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна  $\lambda = 12$  м. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определить максимальный заряд  $Q_m$  на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока в контуре  $I_m = 1$  А.

499. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна  $10$  В/м. Определить амплитуду напряженности магнитного поля волны.

500. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна и падает перпендикулярно поверхности тела, полностью ее поглощающего. Определить давление, оказываемое волной на тело, если амплитуда электрического поля электромагнитной волны равна  $1,5$  В/м.

## 5 ВОЛНОВАЯ ОПТИКА, ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ, АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Таблица 8 – Варианты контрольной работы и РГЗ

Вариант	Номера задач									
1	501	511	521	531	541	551	561	571	581	591
2	502	512	522	432	542	552	562	572	582	592
3	503	513	523	433	543	553	563	573	583	593
4	504	514	524	434	544	554	564	574	584	594
5	505	515	525	435	545	555	565	575	585	595
6	506	516	526	436	546	556	566	576	586	596
7	507	517	527	437	547	557	567	577	587	597
8	508	518	528	438	548	558	568	578	588	598
9	509	519	529	439	549	559	569	579	589	599
10	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600

501. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом  $\alpha = 30^\circ$ . Пространство между пластинками заполнено глицерином. На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Интерференционная картина наблюдается в отраженном свете. Какое число  $N$  темных интерференционных полос приходится на  $1$  см длины клина?

502. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления  $n = 1,35$ . Пластинка освещена параллельным пучком монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 620$  нм, падающим на пластинку нормально. Какую минимальную толщину  $d_{\min}$  должен иметь слой, чтобы отраженный пучок имел наименьшую яркость?

503. Плосковыпуклая линза с фокусным расстоянием  $f = 0,8$  м лежит выпуклой стороной на стеклянной пластинке. Радиус пятого темного коль-

ца Ньютона в отраженном свете  $r_5 = 1,1$  мм. Определить длину световой волны  $\lambda$ .

504. Плосковыпуклая линза с оптической силой  $\Phi = 2$  дптр выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус  $r_4$  четвертого темного кольца Ньютона в проходящем свете равен  $0,7$  мм. Определить длину  $\lambda$  световой волны.

505. На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda = 525$  нм. Расстояние между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете  $b = 0,47$  мм. Определить угол  $\alpha$  между поверхностями клина. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин,  $n = 1,6$ .

506. На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 520$  нм. Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину  $d_{\min}$  пленки, если показатель преломления материала пленки  $n = 1,4$ .

507. На тонкую глицериновую пленку толщиной  $d = 1,2$  мкм нормально к ее поверхности падает белый свет. Определить длины волн  $\lambda$  лучей видимого участка спектра ( $0,4 < \lambda < 0,8$  мкм), которые будут ослаблены в результате интерференции.

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

509. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус третьего темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм равен  $r_3 = 0,82$  мм. Радиус кривизны линзы  $R = 0,5$  м.

510. На стеклянную пластину положена выпуклой стороной плосковыпуклая линза. Сверху линза освещена монохроматическим светом длиной волны  $\lambda = 540$  нм. Найти радиус  $R$  линзы, если радиус четвертого кольца Ньютона в отраженном свете  $r_4 = 2,4$  мм.

511. Постоянная дифракционной решетки в  $n = 3$  раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхность. Определить угол  $\alpha$  между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.

512. Расстояние между штрихами дифракционной решетки  $d = 3,8$  мкм. На решетку падает нормально свет с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм. Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

513. Какое наименьшее число  $N_{\min}$  штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было ви-

дети разделяю две желтые линии натрия с длинами волн  $\lambda = 589,0$  нм и  $\lambda = 589,6$  нм? Какова длина  $l$  такой решетки, если постоянная решетки  $d = 4$  мкм?

514. На непрозрачную пластину с узкой щелью падает нормально плоская монохроматическая световая волна ( $\lambda = 630$  нм). Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному максимуму,  $\varphi = 24^\circ$ . Определить ширину  $a$  щели.

515. На грань кристалла падает параллельный пучок рентгеновского излучения ( $\lambda = 140$  пм). Под углом  $\theta = 34^\circ$  к поверхности кристалла наблюдается дифракционный максимум второго порядка. Определить расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла.

516. На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света. Дифракционная картина проецируется с помощью линзы с фокусным расстоянием  $f = 0,6$  м. Ширина центральной светлой полосы на экране  $b = 3$  см. Определить, как надо изменить ширину щели, чтобы центральная полоса занимала весь экран (при любой ширине экрана).

517. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения. Расстояние  $d$  между атомными плоскостями равно 260 пм. Под углом  $\theta = 68^\circ$  к атомной плоскости наблюдается дифракционный максимум первого порядка. Определить длину волны  $\lambda$  рентгеновского излучения.

518. На поверхность дифракционной решетки нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в  $n = 3,5$  раза больше длины световой волны. Найти общее число  $M$  дифракционных максимумов, которые теоретически возможно наблюдать в данном случае.

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

520. На дифракционную решетку, содержащую  $n = 550$  штрихов на миллиметр, падает нормально белый свет. Спектр проецируется на экран линзой, помещенной вблизи решетки. Определить длину  $l$  спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана  $L = 1,4$  м. Границы видимого спектра  $\lambda_{\text{к}} = 780$  нм,  $\lambda_{\text{к}} = 400$  нм.

521. Пучок света последовательно проходит через два николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол  $\varphi = 35^\circ$ . Принимая, что коэффициент поглощения  $k$  каждого николя равен 0,12, найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый николь.

522. Пучок света, идущий в стеклянном сосуде с глицерином, отражается от дна сосуда. При каком угле  $i_1$  падения отраженный пучок света максимально поляризован?

523. Кварцевую пластинку поместили между скрещенными николями. При какой наименьшей толщине  $d_{\text{min}}$  кварцевой пластинки поле зрения между николями будет максимально просветлено? Постоянная вращения  $\alpha$  кварца равна 27 град/мм.

524. Угол падения луча на поверхность стекла равен  $i_1 = 60^\circ$ . При этом отраженный пучок света оказался максимально поляризованным. Определить угол  $i_2$  преломления луча.

525. Угол между плоскостями пропускания поляризаторов равен  $\alpha = 50^\circ$ . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в  $n = 4$  раза. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения  $k$  света в поляризаторах.

526. Из смотрового окошечка печи излучается поток  $\Phi_e = 4,5$  кДж/мин. Определить температуру  $T$  печи, если площадь окошечка  $S = 7$  см<sup>2</sup>.

527. Определить поглощательную способность  $\alpha_T$  серого тела, для которого температура, измеренная радиационным пирометром,  $T_{\text{рад}} = 1,6$  кК, тогда как истинная температура тела равна  $T = 3,4$  кК.

528. Средняя энергетическая светимость  $R$  поверхности Земли равна 0,54 Дж/(см<sup>2</sup>·мин). Какова должна быть температура  $T$  поверхности Земли, если условно считать, что она излучает как серое тело с коэффициентом черноты  $a_T = 0,25$ ?

529. Поток излучения абсолютно черного тела  $\Phi_e = 15$  кВт, максимум энергии излучения приходится на длину волны  $\lambda_{\text{max}} = 0,83$  мкм. Определить площадь  $S$  излучающей поверхности.

530. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ( $\lambda_{\text{к}} = 780$  нм) на фиолетовую ( $\lambda_{\text{к}} = 390$  нм)?

531. На металл падает рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda = 1$  нм. Пренебрегая работой выхода, определить максимальную скорость  $v_{\text{max}}$  фотоэлектронов.

532. Какова должна быть длина волны  $\gamma$ -излучения, падающего на платиновую пластину, если максимальная скорость фотоэлектронов  $v_{\text{max}} = 6$  Мм/с?

533. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,12$  мкм. Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 0,34$  мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

534. На металлическую пластину направлен монохроматический пучок света с частотой  $\nu = 7,1 \cdot 10^{14}$  Гц. Красная граница  $\lambda_0$  фотоэффекта для

данного материала равна 540 нм. Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов.

535. На поверхность калия падает свет с длиной волны  $\lambda = 170$  нм. Определить максимальную кинетическую энергию  $T_{\max}$  фотоэлектронов.

536. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ( $\lambda = 0,23$  мкм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов  $U_{\min} = 0,98$  В. Определить работу выхода  $A$  электронов из металла.

537. Фотон с энергией  $\epsilon = 12$  эВ падает на серебряную пластину и вызывает фотоэффект. Определить импульс  $p$ , полученный пластиной, если принять, что направления движения фотона и фотоэлектрона лежат на одной прямой, перпендикулярной поверхности пластин.

538. Красная граница фотоэффекта для цинка  $\lambda_0 = 310$  нм. Определить максимальную кинетическую энергию  $T_{\max}$  фотоэлектронов в электро-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны  $\lambda = 240$  нм.

539. На фотоземлет с катодом из лития падает свет с длиной волны  $\lambda = 240$  нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов  $U_{\min}$ , которую нужно приложить к фотоземлету, чтобы прекратить фототок.

540. На цинковую пластину направлен монохроматический пучок света. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов  $U = 1,8$  В. Определить длину волны  $\lambda$  света, падающего на пластину.

541. Рентгеновское излучение ( $\lambda = 1$  нм) рассеивается электронами, которые можно считать практически свободными. Определить максимальную длину волны  $\lambda_{\max}$  рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

542. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроне был рассеян на угол  $\theta = \pi/2$ . Определить импульс  $p$  (в МэВ/с), приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была  $\epsilon_1 = 1,02$  МэВ.

543. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = \pi/2$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\epsilon_1 = 0,51$  МэВ.

544. Определить максимальное изменение длины волны  $(\Delta\lambda)_{\max}$  при комптоновском рассеянии света на свободных электронах и свободных протонах.

545. Фотон с энергией  $\epsilon_1 = 0,51$  МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроне на угол  $\theta = 180^\circ$ . Определить кинетическую энергию  $T$  электрона отдачи.

546. Фотон с длиной волны  $\lambda_1 = 15$  пм рассеялся на свободном электро-не. Длина волны рассеянного фотона  $\lambda_2 = 16$  пм. Определить угол  $\theta$  рассеяния.

547. В результате эффекта Комптона фотон с энергией в  $\epsilon_1 = 1,02$  МэВ рассеян на свободных электронах на угол  $\theta = 150^\circ$ . Определить энергию  $\epsilon_2$  рассеянного фотона.

548. Определить угол  $\theta$ , на который был рассеян  $\gamma$ -квант с энергией  $\epsilon_1 = 1,53$  МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи  $T = 0,51$  МэВ.

549. Фотон с энергией  $\epsilon_1 = 0,51$  МэВ при рассеянии на свободном электро-не потерял половину своей энергии. Определить угол рассеяния  $\theta$ .

550. Определить импульс  $p_e$  электрона отдачи, если фотон с энергией  $\epsilon_1 = 1,53$  МэВ в результате рассеяния на свободном электро-не потерял  $1/3$  своей энергии.

551. Свет с длиной волны  $\lambda = 620$  нм нормально падает на зеркаль-ную поверхность и производит на нее давление  $p = 3,8$  мкПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 10$  с на площадь  $S = 2$  мм<sup>2</sup> этой поверхности.

552. На расстоянии  $r = 4$  м от точечного монохроматического ( $\lambda = 0,52$  мкм) изотропного источника расположена площадка ( $S = 10$  мм<sup>2</sup>) перпендикулярно падающим пучкам. Определить число  $N$  фотонов, еже-секундно падающих на площадку. Мощность излучения  $P = 120$  Вт.

553. Давление света, производимое на зеркальную поверхность,  $p = 4$  мПа. Определить концентрацию  $n_0$  фотонов вблизи поверхности, если длина волны света, падающего на поверхность,  $\lambda = 0,48$  мкм.

554. Определить коэффициент отражения  $\rho$  поверхности, если при энергетической освещенности  $E_e = 150$  Вт/м<sup>2</sup> давление света на нее оказалось равным  $p = 0,8$  мкПа.

555. Давление света с длиной волны  $\lambda = 420$  нм, падающего нор-мально на черную поверхность, равно  $p = 2,5$  нПа. Определить число  $N$  фо-тонов, падающих за время  $t = 5$  с на площадь  $S = 1,5$  мм<sup>2</sup> этой поверхности.

556. Определить энергетическую освещенность (облученность)  $E_e$  зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением,  $p = 45$  мкПа. Излучение падает нормально к поверхности.

557. Точечный источник монохроматического  $\lambda = 1$  м излучения находится в центре сферической зачерненной колбы радиусом  $R = 9$  см. Определить световое давление  $p$ , производимое на внутреннюю поверх-ность колбы, если мощность источника  $P = 1,2$  кВт.

558. На зеркальную поверхность площадью  $S = 5$  см<sup>2</sup> падает нор-мально поток излучения  $\Phi_e = 0,7$  Вт. Определить давление  $p$  и силу давле-ния  $F$  света на эту поверхность.

559. На зеркальную поверхность под углом  $\alpha = 60^\circ$  к нормали надет пучок монохроматического света ( $\lambda = 595$  нм). Плотность потока энергий



светового пучка  $\Phi = 1,2 \text{ кВт/м}^2$ . Определить давление  $p$ , производимое светом на зеркальную поверхность.

560. Свет падает нормально на зеркальную поверхность, находящуюся на расстоянии  $r = 12 \text{ см}$  от точечного изотропного излучателя. При какой мощности  $P$  излучателя давление  $p$  на зеркальную поверхность будет равным  $1,3 \text{ мПа}$ ?

561. На дифракционную решетку с периодом  $d = 0,85 \text{ мкм}$  нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Оказалось, что в спектре дифракционный максимум  $k = 5$  порядка, наблюдаемый под углом  $\phi = 45^\circ$ , соответствовал одной из линий серии Лаймана. Определите главное квантовое число, соответствующее энергетическому уровню, с которого произошел переход.

562. Не возбужденный атом водорода поглощает квант излучения с длиной волны  $\lambda = 102,6 \text{ нм}$ . Вычислите, пользуясь теорией Бора, радиус  $r$  электронной орбиты возбужденного атома водорода.

563. Вычислите по теории Бора радиус  $r_2$  второй стационарной орбиты и скорость  $v_2$  электрона на этой орбите для атома водорода.

564. Вычислите по теории Бора период  $T$  вращения электрона в атоме водорода, находящегося в возбужденном состоянии, определяемом главным квантовым числом  $n = 2$ .

565. Определить максимальную энергию  $\epsilon_{\text{max}}$  фотона серии Бальмера в спектре излучения атомарного водорода.

566. Определить первый потенциал  $\phi_1$  возбуждения и энергию ионизации  $E_i$  атома водорода, находящегося в основном состоянии.

567. Определить энергию  $\epsilon$  фотона, испускаемого атомом водорода при переходе электрона с третьей орбиты на вторую.

568. Найти наибольшую  $\lambda_{\text{max}}$  и наименьшую  $\lambda_{\text{min}}$  длины волн в ультрафиолетовой серии водорода (серия Лаймана).

569. В однозарядном ионе гелия электрон перешел с третьего энергетического уровня на первый. Определить длину волны  $\lambda$  излучения, испущенного ионом гелия.

570. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определить кинетическую  $T$ , потенциальную  $\Pi$  и полную  $E$  энергии электрона. Ответ выразить в электронвольтах.

571. Определить длину волны  $\lambda$  де Бройля для частицы массой  $m = 1 \text{ г}$ , движущейся со скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$ . Нужно ли учитывать в этом случае волновые свойства частицы?

572. Вычислить длину волны  $\lambda$  де Бройля для электрона, обладающего кинетической энергией  $T = 13,6 \text{ эВ}$  (энергия ионизации атома водорода). Сравнить полученное значение  $\lambda$  с диаметром  $d$  атома водорода (найти отношение  $\lambda/d$ ). Нужно ли учитывать волновые свойства электрона при изу-

чении движения электрона в атоме водорода? Диаметр атома водорода принять равным удвоенному значению борковского радиуса.

573. При анализе рассеяния  $\alpha$ -частиц на ядрах (опыты Резерфорда) прицельные расстояния принимались порядка  $0,1 \text{ нм}$ . Волновые свойства  $\alpha$ -частиц ( $E = 7,7 \text{ МэВ}$ ) при этом не учитывались. Допустимо ли это?

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

575. Какую ускоряющую разность потенциалов  $U$  должен пройти протон, чтобы длина волны  $\lambda$  де Бройля была равна: 1)  $1 \text{ нм}$ ; 2)  $1 \text{ пм}$ ?

576. Вычислить длину волны  $\lambda$  де Бройля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $U$ , равную: 1)  $1 \text{ МВ}$ ; 2)  $1 \text{ ГВ}$ .

577. Протон обладает кинетической энергией  $T = 1 \text{ кэВ}$ . Определить дополнительную энергию  $\Delta T$ , которую необходимо ему сообщить для того, чтобы длина волны  $\lambda$  де Бройля уменьшилась в три раза.

578. Определить длины волн де Бройля  $\alpha$ -частицы и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов  $U = 1 \text{ кВ}$ .

579. Электрон обладает кинетической энергией  $T = 1,02 \text{ МэВ}$ . Во сколько раз изменится длина волны де Бройля, если кинетическая энергия электрона уменьшится вдвое?

580. Кинетическая энергия электрона равна удвоенному значению его энергии покоя  $T = 2 m_0 c^2$ . Вычислить длину волны  $\lambda$  де Бройля для такого электрона.

581. Частица находится в бесконечно глубоком, одномерном прямоугольном потенциальном ящике. Найти отношение разности  $\Delta E_{n+1}$  соседних энергетических уровней к энергии  $E_n$  частицы в трех случаях: 1)  $n = 2$ ; 2)  $n = 5$ ; 3)  $n \rightarrow \infty$ .

582. Используя соотношения неопределенностей, оценить наименьшие ошибки  $\Delta p$  в определении импульса электрона и протона, если координаты центра масс этих частиц могут быть установлены с неопределенностью  $\Delta x = 0,01 \text{ мм}$ .

583. Время жизни  $\tau$  возбужденного ядра порядка  $1 \text{ нс}$ , длина волны излучения равна  $\lambda = 0,1 \text{ нм}$ . С какой наибольшей точностью  $\Delta E$  может быть определена энергия излучения?

584. Частица в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность  $w$  обнаружения частицы в крайней четверти ящика?

585. Атом испустил фотон с длиной волны  $\lambda = 800 \text{ нм}$ . Продолжительность излучения  $\tau = 10 \text{ нс}$ . Определить наибольшую точность  $\Delta \lambda$ , с которой может быть измерена длина волны излучения.

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

587. Альфа-частица находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике. Используя соотношения неопределенностей, оценить ширину  $I$  ящика, если известно, что минимальная энергия  $\alpha$ -частицы  $E_{\min} = 8$  МэВ.

588. Электрон находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной  $I$ . В каких точках в интервале  $0 < x < I$  плотности вероятности нахождения электрона на втором и третьем энергетических уровнях одинаковы? Вычислить плотность вероятности для этих точек. Решение пояснить графиком.

589. Электрон находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной  $I = 0,1$  нм. Определить в электрон-вольтах наименьшую разность энергетических уровней электрона.

590. Частица в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной  $I$  находится в возбужденном состоянии ( $n = 3$ ). Определить, в каких точках интервала  $0 < x < I$  плотность вероятности нахождения частицы имеет максимальное и минимальное значения.

591. Определить образовавшееся ядро в следующей реакции:  
 ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$ .

592. Определить образовавшееся ядро в следующей реакции:  
 ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$ .

593. Определить образовавшееся ядро в следующей реакции:  
 ${}^3_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$ .

594. Определить образовавшееся ядро в следующей реакции:  
 ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow X + p$ .

595. Определить образовавшееся ядро в следующей реакции:  
 ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$ .

596. Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии  $T = 0,51$  МэВ, при взаимодействии превратились в два одинаковых фотона. Определить энергию  $\epsilon$  каждого фотона и соответствующую ему длину волны  $\lambda$ .

597. Фотон с энергией  $\epsilon = 1,53$  МэВ превратился в пару электрон-позитрон. Принимая, что кинетическая энергия частиц одинакова, определить кинетическую энергию  $T$  каждой частицы.

598. Определите массу изотопа  ${}^{15}_7\text{N}$ , если изменение массы  $\Delta m$  при образовании ядра  ${}^{15}_7\text{N}$  составляет  $0,2058 \cdot 10^{-27}$  кг.

599. Энергия связи  $E_{\text{св}}$  ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов, равна 39,3 МэВ. Определите массу  $m$  нейтрального атома, обладающего этим ядром.

600. Определите, какую долю кинетической энергии теряет нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром углерода  ${}^{12}_6\text{C}$ , если после столкновения частица движется вдоль одной прямой. Массу нейтрального углерода принять равной  $19,9272 \cdot 10^{-27}$  кг.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М. : Высш. шк., 2006. – 530 с.
2. Детлаф, А. А. Курс физики / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – М. : Высш. шк., 2009. – 605 с.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : в 3 т. : учеб. пособие для студентов вузов / И. В. Савельев. – СПб. : Лань, 2007. – 3 т.
4. Чертов, А. Г. Задачник по физике / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – М. : Высш. шк., 2005 – 550 с.