

$A_1=4$ см; $\omega_1=\pi$ с⁻¹; $A_2=8$ см; $\omega_2=\pi$ с⁻¹; $\tau=1$ с. Найти уравнение траектории и начертить ее с соблюдением масштаба. □ $[2x+y=0]$

20. Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура со скоростью $v=15$ м/с. Период колебаний точек шнура $T=1,2$ с. Определить разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний двух точек, лежащих на луче и отстоящих от источника волн на расстояниях $x_1=20$ м и $x_2=30$ м. □ $[200^\circ]$

3. Для специальностей, учебными планами которых предусмотрено по курсу общей физики пять контрольных работ

Вариант	Номера задач							
0	107	112	117	133	141	149	157	166
1	102	113	118	136	143	150	159	165
2	106	114	120	138	145	152	161	167
3	101	116	121	140	147	151	160	170
4	105	115	118	134	142	153	162	171
5	103	110	122	135	144	154	161	172
6	101	109	120	137	146	155	157	166
7	104	116	123	139	148	149	158	165
8	106	111	124	140	141	150	163	168
9	108	113	119	134	142	156	164	169

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

101. Точка движется по окружности радиусом $R=1,2$ м. Уравнение движения точки $\varphi=At+Bt^3$, где $A=0,5$ рад/с; $B=0,2$ рад/с³. Определить тангенциальное a_τ , нормальное a_n и полное a ускорения точки в момент времени $t=4$ с.

102. Определить скорость v и полное ускорение a точки в момент времени $t=2$ с, если она движется по окружности радиусом $R=1$ м согласно уравнению $\xi=At+Bt^3$, где $A=8$ м/с; $B=-1$ м/с³; ξ — криволинейная координата, отсчитанная от некоторой точки, принятой за начальную, вдоль окружности.

103. По прямой линии движутся две материальные точки согласно уравнениям: $x_1=A_1+B_1t+C_1t^2$ и $x_2=A_2+B_2t+C_2t^2$, где $A_1=10$ м; $B_1=1$ м/с; $C_1=-2$ м/с²; $A_2=3$ м; $B_2=2$ м/с; $C_2=0,2$ м/с². В какой момент времени t скорости этих точек будут одинаковы? Найти ускорение a_1 и a_2 этих точек в момент $t=3$ с.

104. Определить полное ускорение a в момент $t=3$ с точки, находящейся на ободе колеса радиусом $R=0,5$ м, вращающегося согласно уравнению $\varphi=At+Bt^3$, где $A=2$ рад/с; $B=0,2$ рад/с³.

105. Точка движется по окружности радиусом $R=8$ м. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки $a_n=4$ м/с², вектор полного ускорения a образует в этот момент с вектором нормального ускорения a_n угол $\alpha=60^\circ$. Найти скорость v и тангенциальное ускорение a_τ точки.

106. Точка движется по прямой согласно уравнению $x=At+$

$+Bt^3$, где $A=6$ м/с; $B=-0,125$ м/с³. Определить среднюю путевую* скорость $\langle v \rangle$ точки в интервале времени от $t_1=2$ с до $t_2=6$ с.

107. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения имеет вид $x=At+Bt^3$, где $A=3$ м/с; $B=0,06$ м/с³. Найти скорость v и ускорение a точки в моменты времени $t_1=0$ и $t_2=3$ с. Каковы средние значения скорости $\langle v_x \rangle$ и ускорения $\langle a_x \rangle$ за первые 3 с движения?

108. Диск радиусом $R=0,2$ м вращается согласно уравнению $\varphi=A+Bt+Ct^3$, где $A=3$ рад; $B=-1$ рад/с; $C=0,1$ рад/с³. Определить тангенциальное a_τ , нормальное a_n и полное a ускорения точек на окружности диска для момента времени $t=10$ с.

109. С высоты $h=2$ м на стальную плиту свободно падает шарик массой $m=200$ г и подпрыгивает на высоту $h_1=0,5$ м. Определить импульс p , полученный шариком при ударе.

110. При горизонтальном полете со скоростью $v=250$ м/с снаряд массой $m=8$ кг разорвался на две части. Большая часть массой $m_1=6$ кг получила скорость $u_1=400$ м/с в направлении полета снаряда. Определить модуль и направление скорости u_2 меньшей части снаряда.

111. С тележки, свободно движущейся по горизонтальному пути со скоростью $v_1=3$ м/с, в сторону, противоположную движению тележки, прыгает человек, после чего скорость тележки изменилась и стала равной $u_1=4$ м/с. Определить горизонтальную составляющую скорости u_{2x} человека при прыжке относительно тележки. Масса тележки $m_1=210$ кг, масса человека $m_2=70$ кг.

112. Орудие, жестко закрепленное на железнодорожной платформе, производит выстрел вдоль полотна железной дороги под углом $\alpha=30^\circ$ к линии горизонта. Определить скорость u_2 отката платформы, если снаряд вылетает со скоростью $u_1=480$ м/с. Масса платформы с орудием и снарядами $m_2=18$ т, масса снаряда $m_1=60$ кг.

113. Две одинаковые лодки массами $m=200$ кг каждая (вместе с человеком и грузами, находящимися в лодках) движутся параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми скоростями $v=1$ м/с. Когда лодки поравнялись, то с первой лодки на вторую и со второй на первую одновременно перебрасывают грузы массами $m_1=20$ кг. Определить скорости u_1 и u_2 лодок после перебрасывания грузов.

114. Определить импульс p , полученный стенкой при ударе о нее шарика массой $m=300$ г, если шарик двигался со скоростью $v=8$ м/с под углом $\alpha=60^\circ$ к плоскости стенки. Удар о стенку считать упругим.

115. На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Масса его $m_1=60$ кг, масса доски $m_2=20$ кг. С какой скоростью u (относительно пола) будет двигаться тележка, если человек пойдет вдоль нее со скоростью (относительно доски) $v=1$ м/с? Массой колес пренебречь, трение не учитывать.

116. Снаряд, летевший со скоростью $v=400$ м/с, разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 40% от массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью $u_1=150$ м/с. Определить скорость u_2 большего осколка.

* См., например, Детлаф А. А. и др. Курс физики. М., 1973, т. 1, § 1.2.

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

118. По небольшому куску мягкого железа, лежащему на наковальне массой $m_1=300$ кг, ударяет молот массой $m_2=8$ кг. Определить к. п. д. η удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, затраченную на деформацию куска железа.

119. Шар массой $m_1=1$ кг движется со скоростью $v_1=4$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2=2$ кг, движущимся навстречу ему со скоростью $v_2=3$ м/с. Каковы скорости u_1 и u_2 шаров после удара? Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

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

121. Определить к. п. д. η неупругого удара бойка массой $m_1=0,5$ т, падающего на сваю массой $m_2=120$ кг. Полезной считать энергию, затраченную на вбивание сваи.

* 122. Шар массой $m_1=4$ кг движется со скоростью $v_1=5$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2=6$ кг, который движется ему навстречу со скоростью $v=2$ м/с. Определить скорости u_1 и u_2 шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

123. Вагон массой $m=35$ т движется на упор со скоростью $v=0,2$ м/с. При полном торможении вагона буферные пружины сжимаются на $\Delta l=12$ см. Определить максимальную силу F_{\max} сжатия буферных пружин и продолжительность Δt торможения.

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

125. Лодка длиной $l=3$ м и массой $m=120$ кг стоит на спокойной воде. На носу и корме находятся два рыбака массами $m_1=60$ кг и $m_2=90$ кг. На сколько сдвинется лодка относительно воды, если рыбаки поменяются местами?

126. Плот массой $m_1=150$ кг и длиной $l=2$ м плавает на воде. На плоту находится человек, масса которого $m_2=80$ кг. С какой наименьшей скоростью v и под каким углом α к плоскости горизонта должен прыгнуть человек вдоль плота, чтобы попасть на его противоположный край?

127. На покоящийся шар массой $m_1=5$ кг налетает со скоростью $v_2=5$ м/с шар массой $m_2=3$ кг. Направление движения второго шара изменилось на угол $\alpha=45^\circ$. Определить скорости u_1 и u_2 шаров после удара, считая шары абсолютно упругими.

128. Атом распадается на две части массами $m_1=1,6 \cdot 10^{-25}$ кг и $m_2=2,3 \cdot 10^{-25}$ кг. Определить кинетические энергии T_1 и T_2 частей атома, если их общая кинетическая энергия $T=2,2 \cdot 10^{-11}$ Дж. Кинетической энергией и импульсом атома до распада пренебречь.

129. На сколько переместится относительно берега лодка длиной $l=3,5$ м и массой $m_1=200$ кг, если стоящий на корме человек массой $m_2=80$ кг переместится на нос лодки? Считать лодку расположенной перпендикулярно берегу.

130. С наклонной плоскости высотой $h=3$ м соскальзывает без трения тело массой $m=0,5$ кг. Определить изменение Δp импульса тела.

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

132. Частица массой $m_1=4 \cdot 10^{-20}$ г сталкивается с покоящейся частицей массой $m_2=10^{-19}$ г. Считать столкновение абсолютно упругим, определить максимальную относительную потерю энергии первой частицы.

133. Определить работу растяжения двух соединенных последовательно пружин жесткостями $k_1=400$ Н/м и $k_2=250$ Н/м, если первая пружина при этом растянулась на $\Delta l=2$ см.

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

135. Пружина жесткостью $k=500$ Н/м сжата силой $F=100$ Н. Определить работу A внешней силы, дополнительно сжимающей эту пружину еще на $\Delta l=2$ см.

136. Две пружины жесткостью $k_1=0,5$ кН/м и $k_2=1$ кН/м скреплены параллельно. Определить потенциальную энергию Π данной системы при абсолютной деформации $\Delta l=4$ см.

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

138. Если на верхний конец вертикально расположенной спиральной пружины положить груз, то пружина сожмется на $\Delta l=3$ мм. На сколько сожмется пружину тот же груз, упавший на конец пружины с высоты $h=8$ см?

139. Из пружинного пистолета с пружиной жесткостью $k=150$ Н/м был произведен выстрел пулей массой $m=8$ г. Определить скорость v пули при вылете ее из пистолета, если пружина была сжата на $\Delta x=4$ см.

140. Налетев на пружинный буфер, вагон массой $m=16$ т, двигавшийся со скоростью $v=0,6$ м/с, остановился, сжав пружину на $\Delta l=8$ см. Найти общую жесткость k пружин буфера.

* 141. Определить скорость поступательного движения сплошного цилиндра, скатившегося с наклонной плоскости высотой $h=20$ см.

142. Тонкостенный цилиндр, масса которого $m=12$ кг, а диаметр основания $D=30$ см, вращается согласно уравнению $\varphi=A+Bt+Ct^3$, где $A=4$ рад; $B=-2$ рад/с; $C=0,2$ рад/с³. Определить действующий на цилиндр момент сил M в момент времени $t=3$ с.

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

144. Нить с привязанными к ее концам грузами массой $m_1=50$ г и $m_2=60$ г перекинута через блок диаметром $D=4$ см. Определить момент инерции J блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение $\epsilon=1,5$ рад/с².

145. Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его се-

рину согласно уравнению $\varphi = At + Bt^3$, где $A = 2$ рад/с; $B = 0,2$ рад/с³. Определить вращающий момент M , действующий на стержень через $t = 2$ с после начала вращения, если момент инерции стержня $J = 0,048$ кг·м².

146. По горизонтальной плоской поверхности катится диск со скоростью $v = 8$ м/с. Определить коэффициент сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь $s = 18$ м.

147. Определить момент силы M , который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой $n = 12$ с⁻¹, чтобы он остановился в течение времени $\Delta t = 8$ с. Диаметр блока $D = 30$ см. Массу блока $m = 6$ кг считать равномерно распределенной по ободу.

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

149. На краю платформы в виде диска, вращающегося по инерции вокруг вертикальной оси с частотой $n_1 = 8$ мин⁻¹, стоит человек массой $m_1 = 70$ кг. Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой $n_2 = 10$ мин⁻¹. Определить массу m_2 платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

150. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром $D = 0,8$ м и массой $m_1 = 6$ кг стоит человек массой $m_2 = 60$ кг. С какой угловой скоростью ω начнет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой $m = 0,5$ кг? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии $r = 0,4$ м от оси скамьи. Скорость мяча $v = 5$ м/с.

151. Человек стоит на скамье Жуковского и держит в руках стержень вертикально вдоль оси вращения скамьи. Стержень служит осью вращения колеса, расположенного на верхнем конце стержня. Скамейка неподвижна, колесо вращается с частотой $n_1 = 15$ с⁻¹. С какой угловой скоростью ω_2 будет вращаться скамья, если человек повернет стержень на угол $\varphi = 180^\circ$ и колесо окажется на нижнем конце стержня? Суммарный момент инерции человека и скамьи $J = 8$ кг·м², радиус колеса $R = 25$ см. Массу $m = 2,5$ кг колеса можно считать равномерно распределенной по ободу. Считать, что центр масс человека с колесом находится на оси платформы.

152. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень вертикально по оси вращения скамьи. Скамья с человеком вращается с угловой скоростью $\omega_1 = 4$ рад/с. С какой угловой скоростью ω_2 будет вращаться скамья с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи $J = 5$ кг·м². Длина стержня $l = 1,8$ м, масса $m = 6$ кг. Считать, что центр масс стержня с человеком находится на оси платформы.

153. Платформа в виде диска диаметром $D = 3$ м и массой $m_1 = 180$ кг может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью ω_1 будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой $m_2 = 70$ кг со скоростью $v = 1,8$ м/с относительно платформы?

154. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол φ повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя ее, вернется в исходную (на платформе) точку?

Масса платформы $m_1 = 280$ кг, масса человека $m_2 = 80$ кг. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

155. Шарик массой $m = 60$ г, привязанный к концу нити длиной $l_1 = 1,2$ м, вращается с частотой $n_1 = 2$ с⁻¹, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния $l_2 = 0,6$ 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. По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром $D = 75$ см и массой $m = 40$ кг приложена сила $F = 1$ кН. Определить угловое ускорение ϵ и частоту вращения n маховика через время $t = 10$ с после начала действия силы, если радиус r шкива равен 12 см. Силой трения пренебречь.

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

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

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

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

161. По круговой орбите вокруг Земли обращается спутник с периодом $T = 65$ мин. Определить высоту спутника. Ускорение свободного падения g и радиус Земли R считать известными.

162. 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.

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

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

165. Определить возвращающую силу F в момент времени $t = 0,2$ с и полную энергию E точки массой $m = 20$ г, совершающей гармонические колебания согласно уравнению $x = A \sin \omega t$, где $A = 15$ см; $\omega = 4\pi$ с⁻¹.

166. Определить период T колебаний стержня длиной $l = 30$ см около горизонтальной оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец.

167. Определить максимальное ускорение a_{\max} материальной точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой $A = 15$ см, если наибольшая скорость точки $v_{\max} = 30$ см/с. Написать также уравнение колебаний.

168. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых $x = A \sin \omega t$, где $A = 5$ см; $\omega = 2$ с⁻¹. В момент времени, когда точка обладала потенциальной энергией $\Pi = 0,1$ мДж, на нее действовала возвращающая сила $F = +5$ мН. Найти этот момент времени t и соответствующую ему фазу φ колебаний.

* * 169. Определить частоту ν гармонических колебаний диска радиусом $R=20$ см около горизонтальной оси, проходящей через середину радиуса диска перпендикулярно его плоскости.

170. Определить период T гармонических колебаний диска радиусом $R=40$ см около горизонтальной оси, проходящей через образующую диска.

171. На стержне длиной $l=30$ см укреплены два одинаковых грузика: один — в середине стержня, другой — на одном из его концов. Стержень с грузиками колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину L и период T гармонических колебаний. Массой стержня пренебречь.

172. Найти максимальную кинетическую энергию T_{\max} материальной точки массой $m=2$ г, совершающей гармонические колебания с амплитудой $A=4$ см и частотой $\nu=5$ Гц.

173. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, уравнения которых $x=A_1 \sin \omega_1 t$ и $y=A_2 \cos \omega_2 t$, где $A_1=8$ см; $A_2=4$ см; $\omega_1=\omega_2=2$ с $^{-1}$. Написать уравнение траектории и построить ее. Показать направление движения точки.

174. Складываются два колебания одинакового направления и одинакового периода: $x_1=A_1 \sin \omega_1 t$ и $x_2=A_2 \sin \omega_2(t+\tau)$, где $A_1=A_2=3$ см; $\omega_1=\omega_2=\pi$ с $^{-1}$; $\tau=0,5$ с. Определить амплитуду A и начальную фазу φ результирующего колебания. Написать его уравнение. Построить векторную диаграмму для момента времени $t=0$.

175. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, происходящих согласно уравнениям: $x=A_1 \cos \omega_1 t$, $y=A_2 \sin \omega_2 t$, где $A_1=2$ см; $\omega_1=2$ с $^{-1}$; $A_2=4$ см; $\omega_2=2$ с $^{-1}$. Определить траекторию точки. Построить траекторию с соблюдением масштаба, указать направление движения точки.

176. Точка совершает одновременно два колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x=A_1 \sin \omega_1 t$ и $y=A_2 \cos \omega_2 t$, где $A_1=2$ см; $\omega_1=1$ с $^{-1}$; $A_2=2$ см; $\omega_2=2$ с $^{-1}$. Найти уравнение траектории, построить ее с соблюдением масштаба и указать направление движения точки.

177. Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями: $x=A_1 \cos \omega_1 t$ и $y=A_2 \sin \omega_2 t$, где $A_1=4$ см; $A_2=6$ см; $\omega_1=2\omega_2$. Найти уравнение траектории точки и построить ее; показать направление движения точки.

178. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью $v=10$ м/с. Период колебаний $T=0,2$ с, расстояние между точками $\Delta x=1$ м. Найти разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний в этих точках.

179. Материальная точка участвует в двух колебаниях, происходящих по одной прямой и выражаемых уравнениями: $x_1=A_1 \sin \omega_1 t$, $x_2=A_2 \cos \omega_2 t$, где $A_1=3$ см; $A_2=4$ см; $\omega_1=\omega_2=2$ с $^{-1}$. Найти амплитуду A сложного движения, его частоту ν и начальную фазу φ_0 ; написать уравнение движения. Построить векторную диаграмму для момента времени $t=0$.

180. Определить скорость v распространения волн в упругой среде, если разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний двух точек, отстоящих друг от друга на $\Delta x=15$ см, равна $\pi/2$. Частота колебаний $\nu=25$ Гц.

II МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА

Основные формулы

● Количество вещества однородного газа (в молях)

$$\nu = N/N_A, \text{ или } \nu = m/M,$$

где N — число молекул газа; N_A — постоянная Авогадро; m — масса газа; M — молярная масса газа.

Если система представляет смесь нескольких газов, то количество вещества системы

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n = N_1/N_A + N_2/N_A + \dots + N_n/N_A,$$

или

$$\nu = m_1/M_1 + m_2/M_2 + \dots + m_n/M_n,$$

где ν_i , N_i , m_i , M_i — соответственно количество вещества, число молекул, масса, молярная масса i -й компоненты смеси.

● Уравнение Менделеева — Клапейрона (уравнение состояния идеального газа):

$$pV = (m/M)RT = \nu RT,$$

где m — масса газа; M — молярная масса газа; R — молярная газовая постоянная; ν — количество вещества; T — термодинамическая температура.

● Опытные газовые законы, являющиеся частными случаями уравнения Менделеева — Клапейрона для изопроцессов:

а) закон Бойля — Мариотта (изотермический процесс — $T = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$pV = \text{const},$$

или для двух состояний газа:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2,$$

б) закон Гей-Люссака (изобарный процесс — $p = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$V/T = \text{const},$$

или для двух состояний:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2,$$

в) закон Шарля (изохорный процесс — $V = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$p/T = \text{const},$$

или для двух состояний:

$$p_1/T_1 = p_2/T_2,$$

г) объединенный газовый закон ($m = \text{const}$):

$$pV/T = \text{const}, \text{ или } p_1 V_1/T_1 = p_2 V_2/T_2.$$

где p_1 , V_1 , T_1 — давление, объем и температура газа в начальном состоянии; p_2 , V_2 , T_2 — те же величины в конечном состоянии.

● Закон Дальтона, определяющий давление смеси газов:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

растании напряжения на концах провода от $U_1=2$ В до $U_2=4$ В в течение $t=20$ с. □[20 Кл]

14. Определить силу тока в цепи, состоящей из двух элементов с э. д. с. $\mathcal{E}_1=1,6$ В и $\mathcal{E}_2=1,2$ В и внутренними сопротивлениями $R_1=0,6$ Ом и $R_2=0,4$ Ом, соединенных одноименными полюсами. □[0,4 А]

15. Три батареи с э. д. с. $\mathcal{E}_1=8$ В, $\mathcal{E}_2=3$ В и $\mathcal{E}_3=4$ В и внутренними сопротивлениями $R_i=2$ Ом каждое соединены одноименными полюсами. Пренебрегая сопротивлением соединительных проводов, определить силы токов идущих через батареи. □[1,5 А; 1 А; 0,5 А]

16. Определить напряжение U на зажимах реостата сопротивлением R (рис. 20), если $\mathcal{E}_1=5$ В, $R_1=1$ Ом, $\mathcal{E}_2=3$ В, $R_2=0,5$ Ом, $R=3$ Ом. □[3,3 В]

17. Определить напряжение на резисторах сопротивлениями $R_1=2$ Ом, $R_2=R_3=4$ Ом и $R_4=2$ Ом, включенных в цепь, как показано на рис. 21, если $\mathcal{E}_1=10$ В, $\mathcal{E}_2=4$ В. Сопротивлениями источников тока пренебречь. □[6 В; 0; 4 В; 4 В]

18. Определить силу тока насыщения $I_{нас}$ и плотность тока $j_{нас}$ в ионизационной камере с плоскими электродами площадью $S=400$ см² каждый, если в 1 см³ газа, заключенного между электродами, под действием ионизатора каждую секунду образуется $n=8 \times 10^8$ пар ионов. Объем газа в камере $V=1,2$ л. Заряд каждого иона считать равным элементарному заряду. □[1,54 нА; 38,5 нА/м²]

ТАБЛИЦЫ ВАРИАНТОВ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ 3

1. Для специальностей, учебными планами которых предусмотрено по курсу общей физики шесть контрольных работ

Вариант	Номера задач								
0	307	319	325	339	344	353	372	380	
1	305	324	326	337	341	350	370	377	
2	302	318	332	338	345	351	369	378	
3	306	320	329	335	346	353	372	376	
4	304	323	331	333	344	349	368	377	
5	305	322	329	334	348	356	366	375	
6	302	318	330	338	343	354	367	379	
7	303	321	327	335	341	350	368	373	
8	308	323	325	340	347	355	365	374	
9	301	317	328	336	342	352	371	376	

2. Для специальностей, учебными планами которых предусмотрено по курсу общей физики повышенное число часов

Вариант	Номера задач								
0	316	317	325	338	341	359	365	375	
1	309	317	331	335	344	357	370	380	
2	312	324	326	340	343	360	368	378	
3	310	323	332	337	345	358	369	377	
4	315	318	330	338	346	359	366	379	
5	309	320	330	340	348	364	369	379	
6	311	323	328	339	342	363	367	377	
7	313	322	331	336	344	360	365	376	
8	314	319	329	333	345	361	371	373	
9	310	321	327	334	347	362	372	374	

3. Для специальностей, учебными планами которых предусмотрено по курсу общей физики пять контрольных работ

Вариант	Номера задач								
0	303	318	332	339	341	349	370	377	
1	308	319	331	336	342	350	377	379	
2	306	319	332	335	345	353	368	376	
3	302	317	329	338	343	351	369	375	
4	301	320	330	337	344	349	365	378	
5	302	323	331	338	345	351	369	376	
6	304	321	328	335	347	352	370	380	
7	303	324	327	333	344	356	371	375	
8	307	320	326	334	348	355	372	374	
9	305	322	325	340	346	354	366	373	

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3

301. Точечные заряды $Q_1=20$ мкКл, $Q_2=-10$ мкКл находятся на расстоянии $d=5$ см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на $r_1=3$ см от первого и $r_2=4$ см от второго заряда. Определить также силу F , действующую в этой точке на точечный заряд $Q=1$ мкКл.

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

303. Два положительных точечных заряда Q и $9Q$ закреплены на расстоянии $l=100$ см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак

должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения заряда возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.

304. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарик погружается в масло. Какова плотность ρ_0 масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, диэлектрическая проницаемость масла $\epsilon = 2,2$.

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

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

307. На расстоянии $d = 20 \text{ см}$ находятся два точечных заряда $Q_1 = -50 \text{ нКл}$ и $Q_2 = 100 \text{ нКл}$. Определить силу F , действующую на заряд $Q_3 = -10 \text{ нКл}$, удаленный от обоих зарядов на одинаковое расстояние, равное d .

308. Расстояние d между двумя точечными зарядами $Q_1 = 2 \text{ нКл}$ и $Q_2 = 4 \text{ нКл}$ равно 60 см . Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд Q_3 так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить размер и знак заряда. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?

309. На тонком кольце равномерно распределен заряд с линейной плотностью заряда $\tau = 0,2 \text{ нКл/см}$. Радиус кольца $R = 15 \text{ см}$. На срединном перпендикуляре к плоскости кольца находится точечный заряд $Q = 10 \text{ нКл}$. Определить силу F , действующую на точечный заряд со стороны заряженного кольца, если он удален от центра кольца на: 1) $a_1 = 20 \text{ см}$; 2) $a_2 = 10 \text{ м}$.

310. По тонкой нити, изогнутой по дуге окружности радиусом $R = 10 \text{ см}$, равномерно распределен заряд $Q = 20 \text{ нКл}$. Определить напряженность E поля, создаваемого этим зарядом в точке, совпадающей с центром кривизны дуги, если длина нити равна четверти длины окружности.

311. Определить напряженность E поля, создаваемого зарядом, равномерно распределенным по тонкому стержню с линейной плотностью заряда $\tau = 200 \text{ нКл/м}$, в точке, лежащей на продолжении оси стержня на расстоянии $a = 20 \text{ см}$ от ближайшего конца. Длина стержня $l = 40 \text{ см}$.

312. На продолжении оси тонкого прямого стержня, равномерно заряженного с линейной плотностью заряда $\tau = 15 \text{ нКл/см}$, на расстоянии $a = 40 \text{ см}$ от конца стержня находится точечный заряд $Q = 10 \text{ мкКл}$. Вторым концом стержня уходит в бесконечность. Определить силу взаимодействия стержня и заряда Q .

313. По тонкому кольцу радиусом $R = 10 \text{ см}$ равномерно распределен заряд $Q_1 = 20 \text{ нКл}$. Какова напряженность E поля в точке, находящейся на оси кольца на расстоянии $a = 20 \text{ см}$ от центра кольца?

314. Два длинных, тонких равномерно заряженных ($\tau = 1 \text{ мкКл/м}$) стержня расположены перпендикулярно друг другу так, что точка пересечения их осей находится на расстоянии $a = 10 \text{ см}$ и $b = 15 \text{ см}$ от ближайших концов стержней. Найти силу

F , действующую на заряд $Q = 10 \text{ нКл}$, помещенный в точку пересечения осей стержней.

315. Тонкое полукольцо радиусом $R = 20 \text{ см}$ несет равномерно распределенный заряд $Q_1 = 2 \text{ мкКл}$. Определить силу F , действующую на точечный заряд $Q_2 = 40 \text{ нКл}$, расположенный в центре кривизны полукольца.

316. Определить напряженность E поля, создаваемого тонким длинным стержнем, равномерно заряженным с линейной плотностью заряда $\tau = 20 \text{ мкКл/м}$ в точке, находящейся на расстоянии $a = 2 \text{ см}$ от стержня, вблизи его середины.

317. Параллельно бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 4 \text{ мкКл/м}^2$, расположена бесконечно длинная прямая нить, заряженная с линейной плотностью заряда $\tau = 100 \text{ нКл/м}$. Определить силу F , действующую со стороны плоскости на отрезок нити длиной $l = 1 \text{ м}$.

318. Две одинаковые круглые пластины площадью $S = 400 \text{ см}^2$ каждая расположены параллельно друг другу. Заряд одной пластины $Q_1 = 400 \text{ нКл}$, другой $Q_2 = -200 \text{ нКл}$. Определить силу F взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними: а) $r_1 = 3 \text{ мм}$; б) $r_2 = 10 \text{ м}$.

319. На бесконечном тонкостенном цилиндре диаметром $d = 20 \text{ см}$ равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 4 \text{ мкКл/м}^2$. Определить напряженность поля в точке, отстоящей от поверхности цилиндра на $a = 15 \text{ см}$.

320. С какой силой (на единицу площади) взаимодействуют две бесконечные параллельные плоскости, заряженные с одинаковой поверхностной плотностью заряда $\sigma = 5 \text{ мкКл/м}^2$?

321. Две длинные прямые параллельные нити находятся на расстоянии $d = 5 \text{ см}$ друг от друга. На нитях равномерно распределены заряды с линейными плотностями заряда $\tau_1 = -5 \text{ нКл/см}$ и $\tau_2 = 10 \text{ нКл/см}$. Определить напряженность E электрического поля в точке, удаленной от первой нити на расстояние $r_1 = 3 \text{ см}$ и от второй на расстояние $r_2 = 4 \text{ см}$.

322. К бесконечной равномерно заряженной вертикальной плоскости подвешен на нити одноименно заряженный шарик массой $m = 50 \text{ мг}$ и зарядом $Q = 0,6 \text{ нКл}$. Сила натяжения нити, на которой висит шарик, $F = 0,7 \text{ мН}$. Найти поверхностную плотность заряда σ на плоскости.

323. С какой силой (на единицу длины) взаимодействуют две заряженные бесконечно длинные параллельные нити с одинаковой линейной плотностью заряда $\tau = 20 \text{ мкКл/м}$, находящиеся на расстоянии $r = 10 \text{ см}$ друг от друга?

324. Поверхностная плотность заряда σ бесконечно протяженной вертикальной плоскости равна 400 мкКл/м^2 . К плоскости на нити подвешен заряженный шарик массой $m = 10 \text{ г}$. Определить заряд Q шарика, если нить образует с плоскостью угол $\phi = 30^\circ$.

325. Определить потенциальную энергию W системы двух точечных зарядов $Q_1 = 400 \text{ нКл}$ и $Q_2 = 20 \text{ нКл}$, находящихся на расстоянии $r = 5 \text{ см}$ друг от друга.

326. Две параллельные заряженные плоскости, поверхностные плотности заряда которых $\sigma_1 = 2 \text{ мкКл/м}^2$ и $\sigma_2 = -0,8 \text{ мкКл/м}^2$, находятся на расстоянии $d = 0,6 \text{ см}$ друг от друга. Определить разность потенциалов U между плоскостями.

327. Поле образовано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 40 \text{ нКл/м}^2$. Опре-

делить разность потенциалов U двух точек поля, отстоящих от плоскости на $r_1=15$ см и $r_2=20$ см.

328. Четыре одинаковых капли ртути, заряженных до потенциала $\varphi=10$ В, сливаются в одну. Каков потенциал φ_1 образовавшейся капли?

329. Тонкий стержень согнут в кольцо радиусом $R=10$ см. Он равномерно заряжен с линейной плотностью заряда $\tau=800$ нКл/м. Определить потенциал φ в точке, расположенной на оси кольца на расстоянии $h=10$ см от его центра.

330. Поле образовано точечным диполем с электрическим моментом $p=200$ нКл·м. Определить разность потенциалов U двух точек поля, расположенных симметрично относительно диполя на его оси на расстоянии $r=40$ см от центра диполя.

331. Электрическое поле образовано бесконечно длинной заряженной нитью, линейная плотность заряда которой $\tau=20$ нКл/м. Определить разность потенциалов U двух точек поля, отстоящих от нити на расстояниях $r_1=8$ см и $r_2=12$ см.

332. Тонкая квадратная рамка равномерно заряжена с линейной плотностью заряда $\tau=200$ нКл/м. Определить потенциал φ поля в точке пересечения диагоналей.

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

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

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

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

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

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

339. Ион атома лития Li^+ прошел разность потенциалов $U_1=400$ В, ион атома натрия Na^+ — разность потенциалов $U_2=300$ В. Найти отношение скоростей этих ионов.

340. При бомбардировке неподвижного ядра калия α -частицей сила отталкивания между ними достигла $F=100$ Н. На какое наименьшее расстояние приблизилась α -частица к ядру атома калия? Какую скорость v имела α -частица вдали от ядра? Влиянием электронной оболочки атома калия пренебречь.

341. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d=2$ мм, разность потенциалов $U=600$ В. Заряд каждой пластины

$Q=40$ нКл. Определить энергию W поля конденсатора и силу F взаимного притяжения пластин.

342. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью $C=100$ пФ каждый соединены в батарею последовательно. Определить, насколько изменится емкость C батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином.

343. Два конденсатора емкостью $C_1=5$ мкФ и $C_2=8$ мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с э.д.с. $\mathcal{E}=80$ В. Определить заряды Q_1 и Q_2 конденсаторов и разности потенциалов U_1 и U_2 между их обкладками.

344. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом $R=10$ см каждая. Расстояние между пластинами $d=2$ мм. Конденсатор присоединен к источнику напряжения $U=80$ В. Определить заряд Q и напряженность E поля конденсатора в двух случаях: а) диэлектрик — воздух; б) диэлектрик — стекло.

345. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно в батарею, которая подключена к источнику тока с э.д.с. $\mathcal{E}=12$ В. Определить, насколько изменится напряжение на одном из конденсаторов, если другой погрузить в трансформаторное масло.

346. Два металлических шарика радиусами $R_1=5$ см и $R_2=10$ см имеют заряды $Q_1=40$ нКл и $Q_2=-20$ нКл соответственно. Найти энергию W , которая выделится при разряде, если шары соединить проводником.

347. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектрика: стекла толщиной $d_1=0,2$ см и слоем парафина толщиной $d_2=0,3$ см. Разность потенциалов между обкладками $U=300$ В. Определить напряженность E поля и падение потенциала в каждом из слоев.

348. Плоский конденсатор с площадью пластин $S=200$ см² каждая заряжен до разности потенциалов $U=2$ кВ. Расстояние между пластинами $d=2$ см. Диэлектрик — стекло. Определить энергию W поля конденсатора и плотность w энергии поля.

349. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением $r=4$ кОм. Амперметр показывает силу тока $I=0,3$ А, вольтметр — напряжение $U=120$ В. Определить сопротивление R катушки. Определить относительную погрешность ϵ , которая будет допущена при измерении сопротивления, если пренебречь силой тока, текущего через вольтметр.

350. Э.д.с. батареи $\mathcal{E}=80$ В, внутреннее сопротивление $R_i=5$ Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $P=100$ Вт. Определить силу тока I в цепи, напряжение U , под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление R .

351. От батареи, э.д.с. которой $\mathcal{E}=600$ В, требуется передать энергию на расстояние $l=1$ км. Потребляемая мощность $P=5$ кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных подводных проводов $d=0,5$ см.

352. Определить число электронов, проходящих за время $t=1$ с через поперечное сечение площадью $S=1$ мм² железной проволоки длиной $l=20$ м при напряжении на ее концах $U=16$ В.

353. Э.д.с. батареи $\mathcal{E}=24$ В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, $I_{\text{max}}=10$ А. Определить максимальную мощность P_{max} , которая может выделяться во внешней цепи.

354. При внешнем сопротивлении $R_1=8$ Ом сила тока в цепи $I_1=0,8$ А, при сопротивлении $R_2=15$ Ом сила тока $I_2=0,5$ А. Определить силу тока $I_{к.з.}$ короткого замыкания источника э. д. с.

355. В сеть с напряжением $U=100$ В подключили катушку с сопротивлением $R_1=2$ кОм и вольтметр, соединенные последовательно. Показание вольтметра $U_1=80$ В. Когда катушку заменили другой, вольтметр показал $U_2=60$ В. Определить сопротивление R_2 другой катушки.

356. Э. д. с. батареи $\mathcal{E}=12$ В. При силе тока $I=4$ А к. п. д. батареи $\eta=0,6$. Определить внутреннее сопротивление R_i батареи.

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

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

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

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

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

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

363. За время $t=8$ с при равномерно возрастающей силе тока в проводнике сопротивлением $R=8$ Ом выделилось количество теплоты $Q=500$ Дж. Определить заряд q , протекший в проводнике, если сила тока в момент времени $t=0$ равна нулю.

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

365. Резистор сопротивлением $R=6$ Ом подключен к двум параллельно соединенным источникам тока с э. д. с. $\mathcal{E}_1=2,2$ В и $\mathcal{E}_2=2,4$ В и внутренними сопротивлениями $R_1=0,8$ Ом и $R_2=0,2$ Ом. Определить силу тока I в этом резисторе и напряжение U на зажимах второго источника тока.

366. Определить силу тока в каждом элементе и напряжение на зажимах реостата (рис. 20), если $\mathcal{E}_1=12$ В, $R_1=1$ Ом, $\mathcal{E}_2=6$ В, $R_2=1,5$ Ом и $R=20$ Ом.

367. Определить силы токов на всех участках электрической цепи (рис. 21), если $\mathcal{E}_1=8$ В, $\mathcal{E}_2=12$ В, $R_1=1$ Ом, $R_2=1$ Ом, $R_3=4$ Ом, $R_4=2$ Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

368. Два источника тока с электродвижущими силами $\mathcal{E}_1=12$ В и $\mathcal{E}_2=8$ В и внутренними сопротивлениями $R_1=4$ Ом и $R_2=2$ Ом, а также проводник сопротивлением $R=20$ Ом соединены,

как показано на рис. 22. Определить силы тока в реостате и источниках тока.

369. Две батареи ($\mathcal{E}_1=12$ В, $R_1=2$ Ом, $\mathcal{E}_2=24$ В, $R_2=6$ Ом) и проводник сопротивлением $R=16$ Ом соединены, как показано на рис. 22. Определить силу тока в батареях и реостате.

370. Три резистора с сопротивлениями $R_1=6$ Ом, $R_2=3$ Ом и $R_3=2$ Ом, а также источник тока $\mathcal{E}_1=2,2$ В соединены, как показано на рис. 23. Определить э. д. с. \mathcal{E} источника, который надо под-

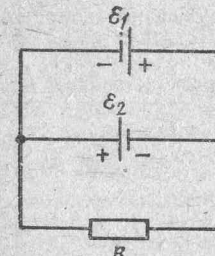


Рис. 22

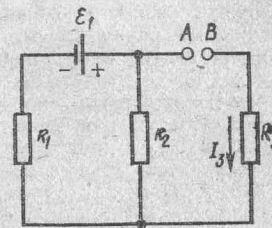


Рис. 23

ключить в цепь между точками А и В так, чтобы в проводнике сопротивлением R_3 шел ток силой $I_3=1$ А в направлении, указанном стрелкой. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

371. Определить разность потенциалов между точками А и В (рис. 23), если $\mathcal{E}_1=8$ В, $\mathcal{E}_2=6$ В, $R_1=4$ Ом, $R_2=6$ Ом, $R_3=8$ Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

372. Определить силу тока I_3 в проводнике сопротивлением R_3 (рис. 24) и напряжением U_2 на концах этого проводника, если $\mathcal{E}_1=6$ В, $\mathcal{E}_2=8$ В, $R_1=4$ Ом, $R_2=8$ Ом, $R_3=6$ Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

373. Объем газа, заключенного между электродами ионизационной камеры, $V=0,8$ л. Газ ионизируется рентгеновским излучением. Сила тока насыщения $I_{нас}=6$ нА. Сколько пар ионов образуется за время $t=1$ с в объеме $V_1=1$ см 3 газа? Заряд каждого иона равен элементарному заряду.

374. На расстоянии $d=1$ см одна от другой расположены две пластины площадью $S=400$ см 2 каждая. Водород между пластинами ионизируется рентгеновским излучением. При напряжении $U=100$ В между пластинами идет далекий от насыщения ток силой $I=2$ мкА. Определить концентрацию n ионов одного знака между пластинами. Заряд каждого иона считать равным элементарному заряду.

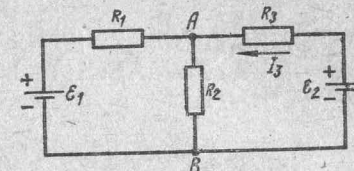


Рис. 24

375. Посередине между электродами ионизационной камеры пролетела α -частица, двигаясь параллельно электродам, и образовала на своем пути цепочку ионов. Спустя какое время τ после пролета α -частицы ионы дойдут до электродов, если расстояние между электродами $d=2$ см, разность потенциалов $U=6$ кВ и подвижность b ионов обоих знаков в среднем равна $1,5 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$?

376. Найти сопротивление трубки длиной $l=0,5$ м и площадью поперечного сечения $S=5 \text{ мм}^2$, если она наполнена азотом, ионизированным так, что в объеме $V=1 \text{ см}^3$ его находится при равновесии $n=10^8$ пар ионов. Ионы одновалентны.

377. К электродам разрядной трубки, содержащей водород, приложена разность потенциалов $U=10$ В. Расстояние d между электродами равно 25 см. Ионизатор создает в объеме $U=1 \text{ см}^3$ водорода $n=10^7$ пар ионов в секунду. Найти плотность тока j в трубке. Определить также, какая часть силы тока создается движением положительных ионов.

378. Воздух ионизируется рентгеновскими излучениями. Определить удельную проводимость γ воздуха, если в объеме $V=1 \text{ см}^3$ газа находится в условиях равновесия $n=10^8$ пар ионов.

379. Азот между плоскими электродами ионизационной камеры ионизируется рентгеновским излучением. Сила тока, текущего через камеру, $I=1,5$ мкА. Площадь каждого электрода $S=200 \text{ см}^2$, расстояние между ними $d=1,5$ см, разность потенциалов $U=150$ В. Определить концентрацию n ионов между пластинами, если ток далек от насыщения. Заряд каждого иона равен элементарному заряду.

380. Газ, заключенный в ионизационной камере между плоскими пластинами, облучается рентгеновским излучением. Определить плотность тока насыщения $j_{\text{нас}}$, если ионизатор образует в объеме $V=1 \text{ см}^3$ газа $n=5 \cdot 10^6$ пар ионов в секунду. Принять, что каждый ион несет на себе элементарный заряд. Расстояние между пластинами камеры $d=2$ см.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ IV. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Основные формулы

● Связь магнитной индукции B с напряженностью H магнитного поля:

$$B = \mu \mu_0 H,$$

где μ — магнитная проницаемость изотропной среды; μ_0 — магнитная постоянная. В вакууме $\mu=1$, и тогда магнитная индукция в вакууме

$$B_0 = \mu_0 H.$$

● Закон Био—Савара—Лапласа:

$$dB = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} [dl \times r] \frac{I}{r^3} \text{ или } dB = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl,$$

где dB — магнитная индукция поля, создаваемого элементом проводника длиной dl с током I ; r — радиус-вектор, направленный от

элемента проводника к точке, в которой определяется магнитная индукция; α — угол между радиус-вектором и направлением тока в элементе проводника.

● Магнитная индукция в центре кругового тока:

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

где R — радиус кругового витка.

● Магнитная индукция на оси кругового тока:

$$B = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} \frac{2\pi R^2 I}{(R^2 + h^2)^{3/2}},$$

где h — расстояние от центра витка до точки, в которой определяется магнитная индукция.

● Магнитная индукция поля прямого тока:

$$B = \mu \mu_0 I / (2\pi r_0),$$

где r_0 — расстояние от оси проводника до точки, в которой определяется магнитная индукция.

● Магнитная индукция поля, создаваемого отрезком провода с током (рис. 25, а):

$$B = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} \frac{I}{r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2).$$

Обозначения ясны из рисунка. Направление вектора магнитной индукции B обозначено точкой — это значит, что B направлен перпендикулярно плоскости чертежа к нам.

При симметричном расположении концов провода относительно точки, в которой определяется магнитная индукция (рис. 25, б), $-\cos \alpha_2 = \cos \alpha_1 = \cos \alpha$, тогда

$$B = \frac{\mu \mu_0}{2\pi} \frac{I}{r_0} \cos \alpha.$$

● Магнитная индукция поля соленоида:

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

где n — отношение числа витков соленоида к его длине.

● Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (закон Ампера):

$$F = I[lB] \text{ или } F = IBl \sin \alpha,$$

где l — длина проводника; α — угол между направлением тока в проводнике и вектором магнитной индукции B . Это выражение справедливо для однородного магнитного поля и прямого отрезка проводника. Если поле неоднородно и проводник не является прямым, то закон Ампера можно применять к каждому элементу проводника в отдельности:

$$dF = I[dB].$$

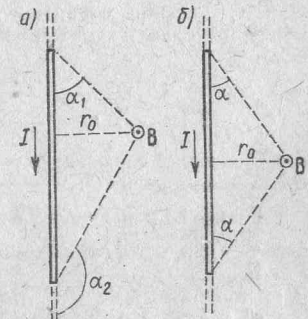


Рис. 25