

Отборочный тур (28 баллов)

Внимание! При вычислениях следует использовать приближённые равенства: $\sqrt{3} \approx 1,73$, $\sqrt{2} \approx 1,41$.

1. Аэрохоккей (6 баллов)

Шайбы одинаковой массы и одинакового размера могут скользить по горизонтальной поверхности без трения. Шайбы гладкие, столкновения между ними можно считать абсолютно упругими. В точках касания на рисунках 1 и 2 шайбы разделены микроскопическими воздушными зазорами различной толщины, так что ни одна шайба не сталкивается одновременно с двумя другими. Для определённости считайте, что в обоих случаях зазор между шайбами 2 и 3 немного меньше, чем между шайбами 2 и 4.

а) (2 балла, по 0,5 балла за каждый ответ) В начальный момент шайбы 2, 3 и 4 расположены так, что их центры образуют вершины равнобедренного прямоугольного треугольника (см. рис. 1). Шайба 1 налетает на шайбу 2 со скоростью $v = 0,8$ м/с. Определите скорости шайб после того, как все столкновения прекратятся. Ответы дайте в см/с, округлите до целого.

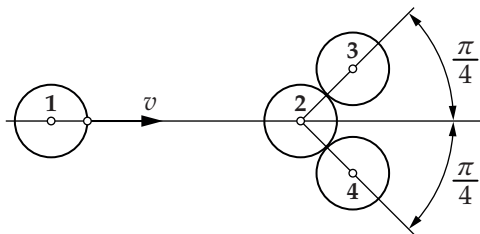


Рисунок 1

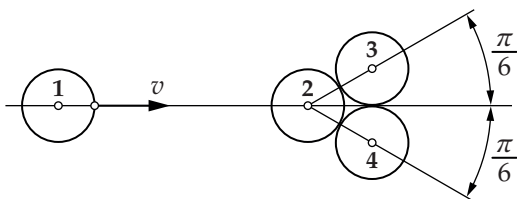


Рисунок 2

б) (4 балла, по 1 баллу за каждый ответ) В этом случае центры неподвижных шайб образуют равносторонний треугольник (см. рис. 2). Шайба 1 налетает на шайбу 2 с той же скоростью $v = 0,8$ м/с, что и в первом случае. Определите скорости шайб после завершения всех столкновений.

2. Нагревание моля гелия (4 балла)

Моль гелия нагревается от начальной температуры $T_0 = 200$ К в квазистатическом процессе, в котором молярная теплоёмкость линейно зависит от абсолютной температуры T : $c(T) = R\left(\frac{T}{T_0} - 2\right)$, где $R = 8,3$ Дж/(моль · К) — универсальная газовая постоянная.

а) (0,5 балла) Получает или отдаёт газ теплоту при увеличении температуры от T_0 до $2T_0$? В ответ впишите знак «+», если теплота к газу подводится и «-», если теплота отводится.

б) (1,5 балла) Какое количество теплоты получает (или отдаёт) газ при увеличении температуры от T_0 до $2T_0$? В ответ впишите абсолютное значение в кДж, округлите до сотых.

в) (1 балл) Какую работу совершает газ при увеличении температуры от T_0 до $6T_0$? В ответ впишите абсолютное значение в кДж, округлите до сотых.

г) (1 балл) До какого значения должна увеличиться температура газа при нагревании от температуры T_0 , чтобы величина работы, совершённой внешними силами над газом, была максимальной? Ответ дайте в Кельвинах, округлите до целого.

3. Пятиугольник (8 баллов)

Из одинаковых конденсаторов ёмкостью $C = 100$ мкФ, батареек с ЭДС $\mathcal{E} = 4$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом, а также ключей собрана цепь в виде пятиугольника. Каждый конденсатор подключён между общей точкой, расположенной в центре описанной окружности, и одной из вершин пятиугольника. Конденсаторы перенумерованы так, как показано на рис. 3. Между соседними вершинами включены последовательно соединённые батарейка и ключ. Изначально все ключи разомкнуты, конденсаторы не заряжены.

Сначала замыкают ключ K_1 и ожидают установления стационарного режима.

а) (1 балл) Определите количество теплоты, выделяющееся в цепи в процессе установления стационарного режима. Ответ дайте в мДж, округлите до десятых.

После замыкания ключа K_1 и установления стационарного режима замыкают ключ K_2 .

б) (1 балл) Чему равен ток через батарейку, включённую последовательно с ключом K_2 , сразу после его замыкания? Ответ дайте в Амперах, округлите до целого.

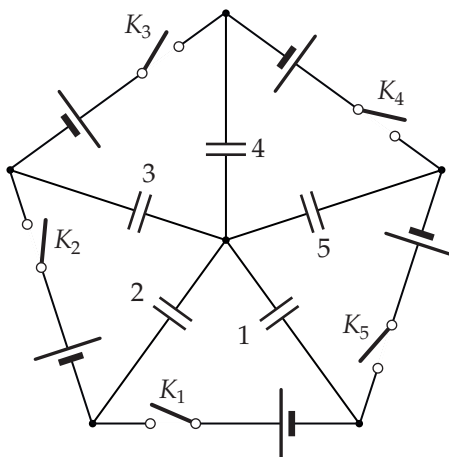


Рисунок 3

в) (2 балла) Определите количество теплоты, выделяющееся в цепи в процессе установления зарядов конденсаторов после замыкания ключа K_2 . Ответ дайте в мДж, округлите до десятых.

Далее последовательно замыкают ключи K_3 , K_4 и, после установления стационарного режима, ключ K_5 .

г) (2 балла, по 1 баллу за каждый ответ) Чему равны заряды положительно заряженных обкладок конденсаторов 4 и 5 сразу после замыкания ключа K_5 ? Ответы дайте в мКл, округлите до десятых.

д) (2 балла, по 1 баллу за каждый ответ) Чему равны заряды верхней обкладки конденсатора 1 и нижней обкладки конденсатора 2 спустя длительное время после замыкания ключа K_5 ? Ответ дайте в мКл, округлите до десятых.

4. Две катушки, три резистора (6 баллов)

В цепи, представленной на рис. 4, ключ изначально разомкнут. Значения обозначенных на рисунке параметров цепи равны: $\mathcal{E} = 6$ В, $r = 2$ Ом, $R = 6$ Ом, $L = 0,2$ Гн. Активное сопротивление катушки равно нулю.

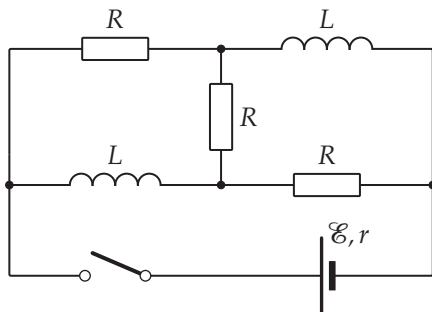


Рисунок 4

Ключ замыкают и в цепи начинается переходный процесс при этом ток через батарейку меняется в некотором диапазоне, границы которого обозначим через $I_{\min}$ и $I_{\max}$. Считайте известным тот факт, что ток через батарейку в переходном процессе меняется монотонно.

а) (1 балл) Определите значение $I_{\min}$. Ответ дайте в Амперах, округлите до десятых.

б) (1 балл) Определите значение $I_{\max}$. Ответ дайте в Амперах, округлите до десятых.

Спустя некоторое время после начала переходного процесса ток через батарейку устанавливается. Далее ключ размыкают.

в) (2 балла) Чему равно напряжение на среднем резисторе (расположенном на рис. 4 вертикально) сразу после размыкания ключа? Ответ дайте в Вольтах, округлите до целого.

г) (1 балл) Какое количество теплоты выделяется в цепи после размыкания ключа? Ответ дайте в Джоулях, округлите до десятых.

д) (1 балл) Какое количество теплоты выделяется на среднем резисторе (расположенном на рис. 4 вертикально) после размыкания ключа? Ответ дайте в Джоулях, округлите до десятых.

5. Две линзы (4 балла)

Две плоские линзы: собирающая с оптической силой 5 дптр и рассеивающая с оптической силой -5 дптр располагаются так, что их оптические оси совпадают (см. рис. 5). При этом расстояние между линзами d равно фокусному расстоянию собирающей линзы. Небольшой предмет A располагается на расстоянии x от собирающей линзы, так что лучи света, исходящие от предмета, проходят сначала через собирающую линзу, а после через рассеивающую.

Известно, что рассматриваемая система линз даёт мнимое изображение предмета только в том случае, если значение x принадлежит интервалу $(a_{\min}; a_{\max})$.

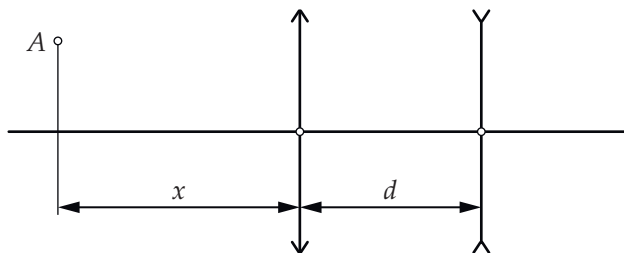


Рисунок 5

а) (1 балл) Определите значение $a_{\min}$. Ответ дайте в см, округлите до целого.

б) (1 балл) Определите значение $a_{\max}$. Ответ дайте в см, округлите до целого.

в) (1 балл) Чему равно линейное увеличение, с которым изображается предмет в этой системе линз, если значение x равно 30 см.

г) (1 балл) При каком минимальном значении x размер изображения, получающегося в этой системе, равен размеру предмета? Ответ дайте в см, округлите до целого.