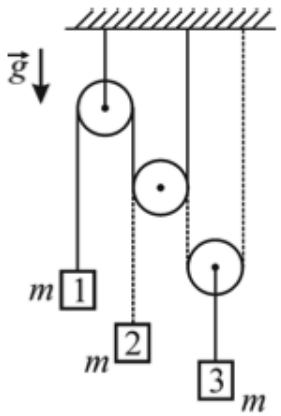
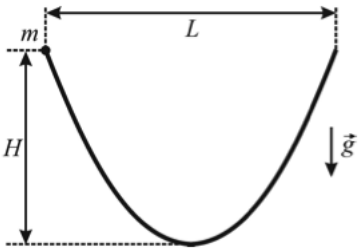
Московская физическая олимпиада

10 класс, второй тур, 2015 год



Задача 1. Система, показанная на рисунке, состоит из трёх блоков, трёх одинаковых грузов, двух нитей (первая нить показана на рисунке сплошной линией, вторая — пунктирной) и короткой верёвочки. К концу первой нити, перекинутой через средний и левый блоки, прикреплён первый груз массой m. К концу второй нити, перекинутой через правый и средний блоки, прикреплён второй груз массой m. Третий груз такой же массой подвешен на верёвочке к оси правого блока. Участки нитей, не лежащие на блоках, вертикальны. Все блоки и нити можно считать невесомыми, нити и верёвочку нерастяжимыми, а силы трения пренебрежимо малыми. При вращении среднего блока первая и вторая нити не мешают друг другу. Найдите модули ускорений грузов.

Модули ускорений грузов одинаковы и равны $a = g/3$



Задача 2. Отрезок проволоки изогнут в виде симметричного участка параболы и расположен так, что ось её симметрии вертикальна. На этот отрезок надевают маленькую бусинку массой m, удерживая её у одного из краёв проволоки. Затем бусинку отпускают без начальной скорости, и она начинает скользить по проволоке под действием силы тяжести. Найдите модуль силы, с которой бусинка будет давить на проволоку, находясь в самой нижней точке своей траектории. Трение пренебрежимо мало. Размеры L и H, указанные на рисунке, известны.

$N = mg\left(1 + \frac{16H^2}{L^2}\right)$

Задача 3. Один моль идеального газа участвует в циклическом процессе $1 \to 2 \to 3 \to 1$ тепловой машины, работающей в режиме теплового двигателя. В состоянии 1 газ имеет температуру T_1 и объём V_1. Известно, что все переходы газа из одного состояния в другое — политропические. Показатель политропы процесса 2–3 на единицу больше показателя политропы процесса 3–1 и на единицу меньше показателя политропы процесса 1–2. В процессе 1–2 объём газа увеличивается в k раз. Один из процессов цикла — изотермический, причём в этом процессе объём газа изменяет своё значение в максимально широких пределах в этом цикле.

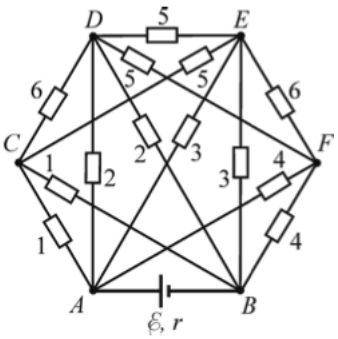
1) Определите объём и температуру газа в состоянии 3.

2) Изобразите на pV-диаграмме цикл, соответствующий условию задачи, указав для каждого из процессов его показатель политропы.

Справка. Политропическим называется процесс, в течение которого теплоёмкость газа не изменяется: $C = \text{const}$. Уравнение такого процесса имеет вид $pV^n = \text{const}$ или $p_1V_1^n = p_2V_2^n$. Величину n называют показателем политропы.

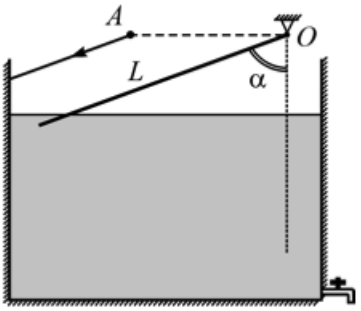
1) $V_3 = V_1/k$, $T_3 = T_1/k$; 2) см. конец листка

Задача 4. Найдите тепловую мощность, выделяющуюся в участке $ACDEFB$ цепи, подключённом в точках A и B к батарее с ЭДС $\mathscr{E} = 5$ В и внутренним сопротивлением $r = 1{,}04$ Ом. Сопротивления резисторов указаны на схеме в Ом, сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь. Провода соединены только в местах, обозначенных точками.

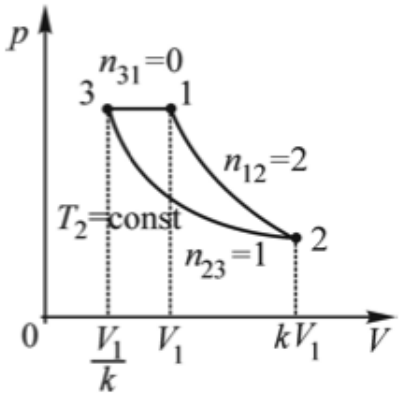


$P = 6$ Вт; $P_{AC} = P_{CB} = 1{,}44$ Вт, $P_{AF} = P_{FB} = 0{,}36$ Вт, $P_{AD} = P_{DB} = 0{,}72$ Вт, $P_{AE} = P_{EB} = 0{,}48$ Вт, $P_{CD} = P_{CE} = P_{DE} = P_{DF} = P_{EF} = 0$

Задача 5. Отличник Тимофей уравновесил тонкую однородную палочку, прикреплённую одним концом к шарниру, опустив другой её конец в вертикальный сосуд с жидкостью. При этом палочка находилась в равновесии, располагалась под углом α к вертикали и была погружена в жидкость на $1/n$ часть своей длины. Площадь горизонтального поперечного сечения сосуда S, длина палочки L, плотность её материала ρ. Стенки сосуда и поверхность палочки посеребрены.



В некоторой точке A над поверхностью жидкости, на одной высоте с точкой крепления палочки, экспериментатор Тимофей расположил выходное окно лазерной указки и направил от неё на стенку сосуда узкий световой луч, идущий параллельно палочке. Этот луч, распространяясь только в воздухе, отразился от стенки сосуда, затем отразился от палочки, и вернулся обратно в точку A. Но тут «добрая» подруга Анфиса решила привлечь внимание Тимофея и приоткрыла кран, через который жидкость начала медленно выливаться из сосуда. Тимофей сначала рассердился, но быстро успокоился, так как понял, что через некоторое время луч все равно вернётся в точку A — главное, вовремя закрыть кран! Какую массу жидкости следует вылить из сосуда для того, чтобы при неизменном угле падения света на стенку сосуда луч света, испущенный из точки A, распространяясь только в воздухе, опять вернулся в эту точку?

Если $\alpha > \frac{\pi}{4}$, то $m = \rho S L \frac{n(n-1)}{2n-1}(\sin\alpha - \cos\alpha)$; если $\alpha \leqslant \frac{\pi}{4}$, то решения нет

Ответ к задаче 3