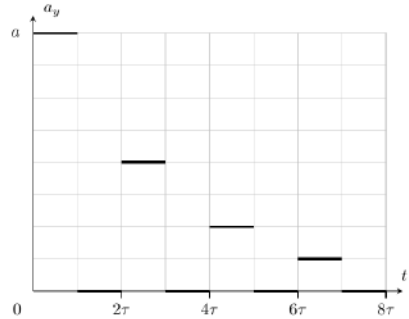
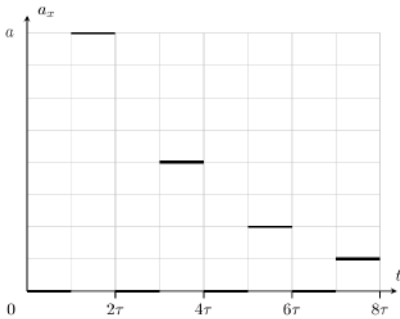


## 9 класс Теоретический тур

### Задача №1. Импульсное ускорение

Частица двигалась в плоскости  $Oxy$  в положительном направлении оси  $x$  с постоянной скоростью, параллельной оси  $x$ . В момент времени  $t = 0$  на неё начала действовать переменная сила, которая лежит в плоскости  $Oxy$ . Действие этой силы привело к возникновению ускорения, которое периодически изменяло своё направление. Модуль ускорения при  $t = 0$  был равен  $a$  и через каждый промежуток времени  $2\tau$  уменьшался в 2 раза. На рисунке представлены графики зависимости проекций ускорения частицы от времени за некоторый начальный интервал времени.

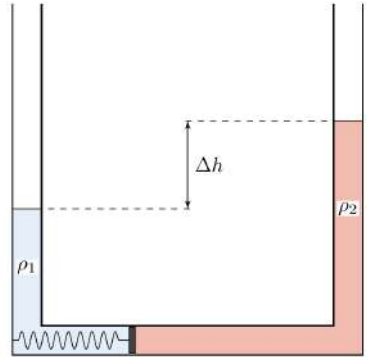


Считая известными  $a$  и  $\tau$ , определите максимальную и минимальную (по модулю) скорости частицы, которая двигалась под действием этой силы в течение долгого времени. При этом скорость частицы отклонялась от первоначального направления движения на максимальный угол  $\alpha$ .

*Примечание:* сумма бесконечной геометрической прогрессии  $b + bq + bq^2 + bq^3 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} bq^i = \frac{b}{1-q}$ , где  $|q| < 1$ .

### Задача №2. Другой уровень

Тонкая трубка площадью поперечного сечения  $S$  изогнута в виде перевернутой буквы П (см. рисунок). В горизонтальной части трубки находится невесомый поршень, который связан с левой стенкой пружиной. В вертикальных концах трубки в равновесии находятся две жидкости: в левой — жидкость плотностью  $\rho_1$ , а в правой — жидкость плотностью  $\rho_2 < \rho_1$ . При этом разность уровней верхних границ жидкостей в вертикальных коленях составляет  $\Delta h$ , а пружина недеформирована. Коэффициент жёсткости  $k$  пружины подобран таким образом, чтобы при добавлении в левое колено жидкости плотностью  $\rho_1$  разность уровней  $\Delta h$  всё время оставалась постоянной.



1. Чему равен коэффициент жёсткости  $k$ ?

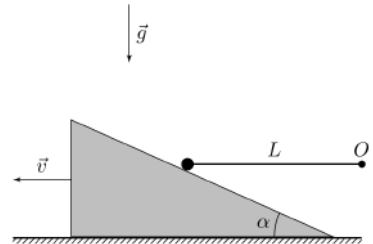
В левую часть трубки добавляют объём  $\Delta V$  жидкости плотностью  $\rho_2$ , при этом верхние границы жидкостей в вертикальных частях оказываются на одном уровне.

2. Определите, какой объём  $\Delta V$  жидкости добавили в левое колено?

Поршень скользит без трения. Жидкость между поршнем и стенками сосуда не подтекает и не выливается из сосуда. Объёмом пружины можно пренебречь, жидкости не смешиваются и не перетекают в другое вертикальное колено. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

### Задача №3. Не падать

Один конец невесомого жесткого стержня длиной  $L$  с закреплённым на конце маленьким шариком массой  $m$  касается массивного клина с углом  $\alpha$  при основании (см. рисунок). Другой конец стержня шарнирно закреплён в точке  $O$ . Систему удерживают в некотором положении, а затем отпускают. В момент, когда стержень горизонтален, шарик отрывается от клина.



Определите скорость  $v$  клина в этот момент.

Ускорение свободного падения  $g$  считайте известным. Трения в системе нет.

### Задача №4. Тепловой цикл

Экспериментатор Глюк поставил на газовую плиту кастрюлю с водой. Вода имеет неизвестные начальные массу  $M$  и температуру  $t_1$ . Ненадолго отвлекшись, он обнаружил, что большая часть воды уже выкипела. Глюк осознал, что процесс нагревания нужного количества воды придётся начинать сначала. Он выключил плиту, и с небольшим постоянным массовым расходом  $\mu$  стал доливать в кастрюлю холодную воду температурой  $t_x = 20^\circ\text{C}$ . Когда масса воды в кастрюльке стала равна начальной, температура воды также оказалась равна начальной температуре.

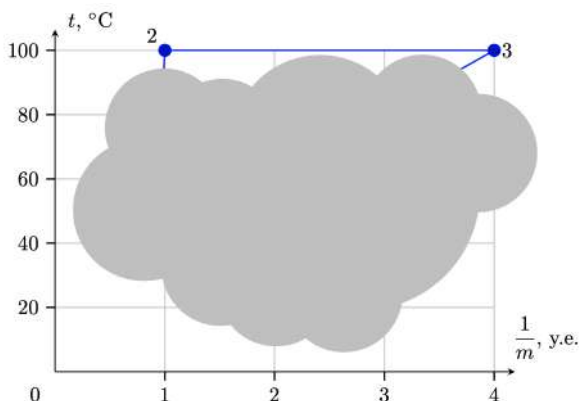


Диаграмма зависимости температуры воды в кастрюле в течение эксперимента от величины, обратной к общей массе воды в кастрюле (см. рисунок), оказалось, представляет собой замкнутый цикл  $1 - 2 - 3 - 1$ , причём времена кипения воды на участке  $2 - 3$  и доливания холодной воды на участке  $3 - 1$  одинаковые. После окончания эксперимента Глюк случайно пролил воду на график, поэтому точка 1, участки  $1 - 2$  и  $3 - 1$  на графике оказались не видны, а единицы измерения одной из осей потеряны.

1. Считая известным коэффициент полезного действия (КПД) газовой плиты  $\eta = 0,5$ , массовый расход газа  $\mu_0 = 0,14$  г/с и удельную теплоту его сгорания  $q = 33$  МДж/кг, определите полезную мощность плиты  $P$ . Здесь коэффициентом полезного действия называется отношение полезной мощности, поступающей к воде в кастрюле, к общей мощности, выделяющейся при сгорании газа.

2. Определите массовый расход холодной воды  $\mu$  на участке  $3 - 1$ .

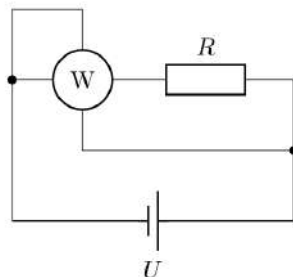
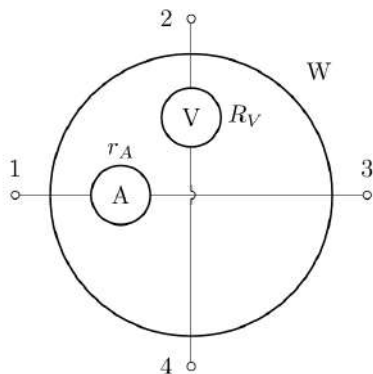
3. Определите температуру  $t_1$  воды в точке 1. Восстановите вид всей диаграммы.

4. Во сколько раз время  $\tau_{23}$ , в течение которого вода кипела на участке  $2 - 3$  больше, чем время  $\tau_{12}$  нагревания воды на участке  $1 - 2$ ?

Тепловых потерь нет. Испарением на участках 1–2 и 3–1 и теплоёмкостью кастрюли пренебречь. Удельная теплота парообразования воды  $L = 2,3$  МДж/кг, удельная теплоёмкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг · °С), температура кипения воды  $t_{100} = 100$  °С.

### Задача №5. Whatметр

Экспериментатор Глюк нашёл на чердаке ваттметр и технический паспорт к нему. В паспорте была схема устройства ваттметра, приведённая на рисунке слева, а также было указано: «Ваттметр выводит на экран модуль произведения показаний амперметра и вольтметра, встроенных внутрь прибора. Контакты 1 и 3 подключены к амперметру с внутренним сопротивлением  $r_A = 5$  Ом, а контакты 2 и 4 — к вольтметру с внутренним сопротивлением  $R_V =$ ». К сожалению, от времени чернила выцвели, и Глюк не смог разобрать величину сопротивления вольтметра. Кроме того, на приборе не было видно подписей контактов.



Глюк, решив во всё разобраться, собрал цепь, схема которой изображена на рисунке справа. В цепь он включил идеальный источник постоянного напряжения и резистор сопротивлением  $R = 500$  Ом. Ваттметр, подключённый к цепи, показал значение  $P_1 = 100$  Вт. Затем Глюк вытащил ваттметр из цепи, повернул его на  $90^\circ$  и снова вставил в цепь. После этого прибор показал значение  $P_2 = 1,0$  Вт. Изображение ваттметра на обеих схемах соответствует его внешнему виду.

1. Определите внутреннее сопротивление вольтметра  $R_V$ , считая, что оно больше сопротивления амперметра ( $R_V > r_A$ ).

2. Можно ли, используя те же самые элементы, собрать цепь так, чтобы ваттметр показал значение  $P_3$  в диапазоне от 5 мВт до 20 мВт? Ответ подтвердите расчётами и приведите либо доказательство невозможности, либо одну схему, удовлетворяющую интервалу.