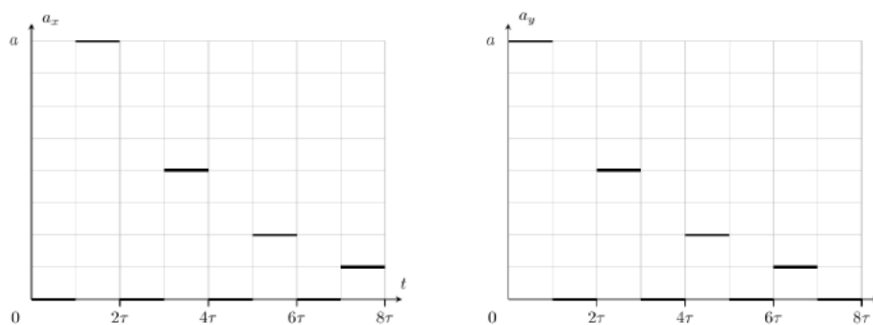


ВсОШ, 2024/25, региональный этап, 9 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

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 2τ уменьшался в 2 раза. На рисунке представлены графики зависимости проекций ускорения частицы от времени за некоторый начальный интервал времени.



Считая известными a и τ , 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 α .

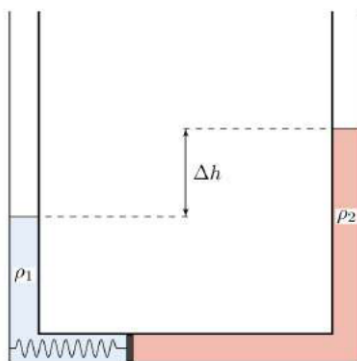
Примечание: сумма бесконечной геометрической прогрессии $b + bq + bq^2 + bq^3 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} bq^i = \frac{b}{1-q}$, где $|q| < 1$.

Ответ

Если $v_0 \leq 2a\tau$: $v_{\min} = a\tau \operatorname{ctg} \alpha$, $v_{\max} = a\tau \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \alpha + 4 \operatorname{ctg} \alpha + 8}$; если $v_0 \geq 2a\tau$: $v_{\min} = 2a\tau(\operatorname{ctg} \alpha - 1)$, $v_{\max} = \frac{2a\tau}{\sin \alpha}$.

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 ρ_1 , а в правой — жидкость плотностью $\rho_2 < \rho_1$. При этом разность уровней верхних границ жидкостей в вертикальных коленах составляет Δh , а пружина недеформирована. Коэффициент жёсткости k пружины подобран таким образом, чтобы при добавлении в левое колено жидкости плотностью ρ_1 разность уровней Δh всё время оставалась постоянной.



1. Чему равен коэффициент жёсткости k ?

В левую часть трубки добавляют объём ΔV жидкости плотностью ρ_2 , при этом верхние границы жидкостей в вертикальных частях оказываются на одном уровне.

2. Определите, какой объём ΔV жидкости добавили в левое колено?

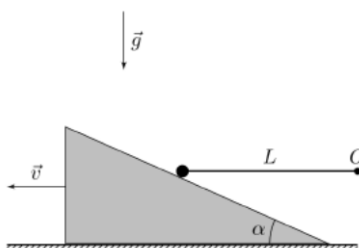
Поршень скользит без трения. Жидкость между поршнем и стенками сосуда не подтекает и не выливается из сосуда. Объёмом пружины можно пренебречь, жидкости не смешиваются и не перетекают в другое вертикальное колено. Ускорение свободного падения равно g .

Ответ

$$1) k = (\rho_1 - \rho_2)gS; \quad 2) \Delta V = \frac{\rho_1 \Delta h S}{\rho_1 - \rho_2}.$$

Задача 3 Не падать

Один конец невесомого жесткого стержня длиной L с закреплённым на конце маленьким шариком массой m касается массивного клина с углом α 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.

Ответ

$$v = \sqrt{\frac{gL}{\operatorname{tg}^3 \alpha}} = \sqrt{gL \operatorname{ctg}^3 \alpha}.$$

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 μ 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.

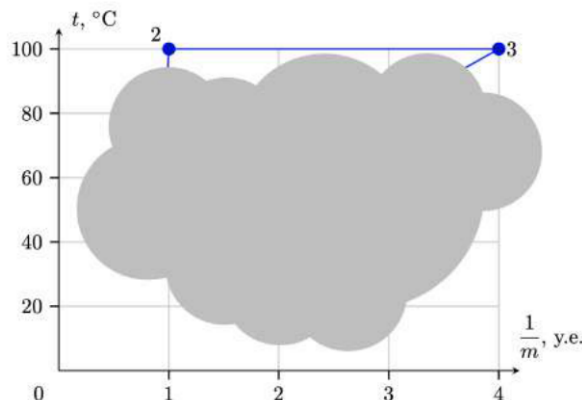


Диаграмма зависимости температуры воды в кастрюле в течение эксперимента от величины, обратной к общей массе воды в кастрюле (см. рисунок), оказалось, представляет собой замкнутый цикл $1 - 2 - 3 - 1$, причём времена кипения воды на участке $2 - 3$ и доливания холодной воды на участке $3 - 1$ одинаковые. 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 μ на участке $3 - 1$.
3. Определите температуру t_1 воды в точке 1. Восстановите вид всей диаграммы.
4. Во сколько раз время τ_{23} , в течение которого вода кипела на участке $2 - 3$ больше, чем время τ_{12} нагревания воды на участке $1 - 2$?

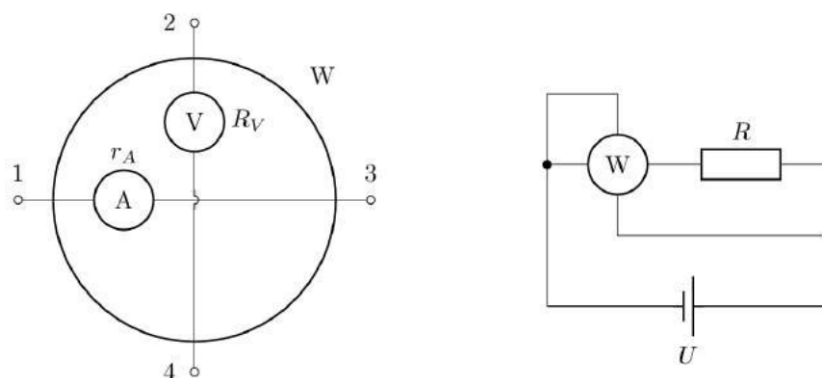
Тепловых потерь нет. Испарением на участках $1 - 2$ и $3 - 1$ и теплоёмкостью кастрюли пренебречь. Удельная теплота парообразования воды $L = 2,3$ МДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг $\cdot$ $^\circ\text{C}$), температура кипения воды $t_{100} = 100^\circ\text{C}$.

Ответ

1) $P = \eta \mu_0 q \approx 2,3$ кВт; 2) $\mu = \mu_0 \eta q / L = 1,0$ г/с; 3) $t_1 = 40^\circ\text{C}$, диаграмма — прямоугольный треугольник с вершинами $(1; 40)$, $(1; 100)$, $(4; 100)$; 4) $\tau_{23} / \tau_{12} \approx 6,9$.

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 $r_A = 5 \text{ Ом}$, а контакты 2 и 4 — к вольтметру с внутренним сопротивлением $R_V = \infty$ ». 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 всём разобраться, собрал цепь, схема которой изображена на рисунке справа. В цепь он включил идеальный источник постоянного напряжения и резистор сопротивлением $R = 500 \text{ Ом}$. Ваттметр, подключённый к цепи, показал значение $P_1 = 100 \text{ Вт}$. Затем Глюк вытащил ваттметр из цепи, повернул его на 90° и снова вставил в цепь. После этого прибор показал значение $P_2 = 1,0 \text{ Вт}$. 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.

Ответ

1) $R_V = 50 \text{ кОм}$; 2) можно: например, по схеме из решения (вольтметр последовательно с источником, амперметр параллельно резистору) $P_3 = P_2(R + r_A)/R_V \approx 10 \text{ мВт}$.