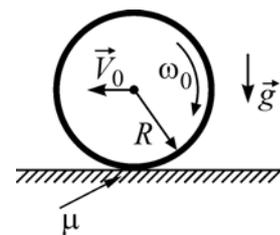


Задача 1

«Игра с хула-хупом». «Хула-хуп» – это обруч, который девушки крутят на талии, а спортсменки проделывают с ним и другие «фокусы». Например, закручивают его в вертикальной плоскости и толкают от себя по горизонтали, после чего вращающийся обруч, проскальзывая по полу, отъезжает от них на некоторое расстояние и возвращается обратно.



Сформулируем задачу так: обруч радиусом R в момент толчка (см. рисунок) закручен вокруг горизонтальной оси до угловой скорости ω_0 , и ему придали скорость \vec{V}_0 , направленную вдоль пола перпендикулярно оси вращения. Коэффициент трения обруча об пол равен μ .

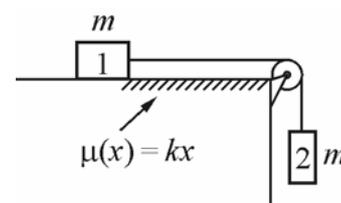
- 1) На какое максимальное расстояние в направлении скорости \vec{V}_0 обруч удалится от начальной точки?
- 2) Какова будет его угловая скорость в момент остановки?
- 3) С какой скоростью он будет катиться после окончания проскальзывания по полу?
- 4) Как связаны V_0 и ω_0 , если проскальзывание прекращается в момент возврата в исходную точку?

Ответы: 1) $S_{\max} = \frac{V_0^2}{2\mu g}$; 2) $\omega_1 = \omega_0 - V_0/R$, при этом должно быть $V_0 < \omega_0 R$;

3) $V_k = \frac{\omega_0 R - V_0}{2} > 0$, так как $V_0 < \omega_0 R$; 4) $V_0 = \frac{\omega_0 R}{3}$.

Задача 2

На длинном горизонтальном столе лежит груз 1 массой m , к которому привязана легкая нерастяжимая нить. Эта нить перекинута через установленный на краю стола невесомый блок, который может вращаться без трения, и ко второму концу нити прикреплен такой же груз 2. Сначала груз 1 удерживают неподвижно, так, что груз 2 свободно висит на нити, а затем груз 1 отпускают без начальной скорости. При движении системы на груз 1 действует сила сухого трения, причем коэффициент трения скольжения зависит от координаты x груза 1 по закону $\mu(x) = kx$ (координата x отсчитывается от начального положения груза 1).



- 1) Какой путь пройдет груз 1 после отпускания?
- 2) Какую максимальную скорость будут иметь грузы в процессе движения этой системы?
- 3) Найдите максимальное значение модуля силы натяжения нити в процессе движения этой системы.
- 4) Изобразите график зависимости проекции ускорения груза 1 на направление его движения от координаты x и график зависимости модуля силы натяжения нити от времени.

Ответы: 1) груз 1 после отпускания пройдет путь $x_{\max} = 2x_0 = 2/k$; 2) в процессе движения грузы будут иметь максимальную скорость $V_{\max} = \sqrt{\frac{g}{2k}}$; 3) максимальное значение модуля силы натяжения нити в процессе движения $T_{\max} = \frac{3mg}{2}$; 4) графики зависимостей $a(x)$ и $T(t)$ приведены на рисунках 1

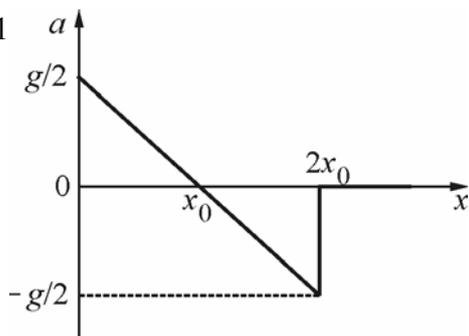


Рисунок 1

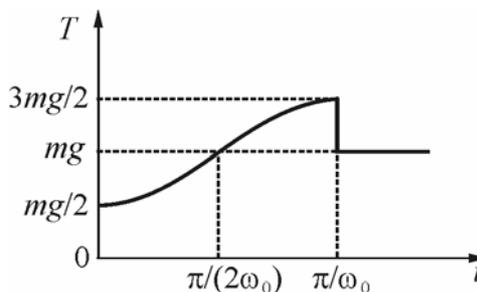
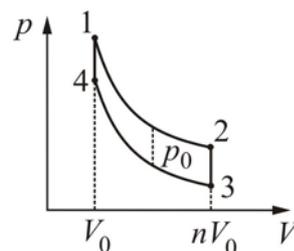


Рисунок 2

Задача 3

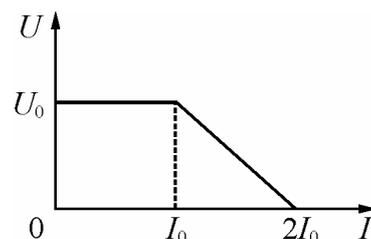
Над идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого изображен на pV -диаграмме. Минимальный объем газа равен V_0 , а максимальный – в n раз больше. Участки 2–3 и 4–1 – изохоры, участок 3–4 – адиабата, а участок 1–2 получен из участка 3–4 сдвигом на отрезок длиной p_0 вверх вдоль оси давления. Определите количества теплоты, полученные или отданные на участках 1–2, 2–3, 4–1, а также КПД этого цикла.



Ответы: $Q_{41} = 1,5p_0V_0$; $Q_{23} = -1,5np_0V_0$; $Q_{12} = 2,5p_0(n-1)V_0$; КПД $\eta = 1 - 1,5n/[2,5(n-1) + 1,5]$.

Задача 4

На рисунке показана вольтамперная характеристика источника напряжения. Если сила тока в подключенной к источнику цепи меньше $I_0 = 1$ А, то напряжение на клеммах источника равно $U_0 = 10$ В. Если же сила тока в цепи превышает величину I_0 , то в источнике срабатывает защита от перегрузки, и напряжение U на его клеммах начинает убывать с ростом силы тока I по линейному закону, пока при силе тока $2I_0$ (ток короткого замыкания) напряжение U не обращается в ноль.



К клеммам этого источника подключили цепь, состоящую из последовательно соединенных резистора сопротивлением $R_0 = 15$ Ом и незаряженного конденсатора. К моменту, когда конденсатор полностью зарядился, в резисторе выделилось количество теплоты $Q_0 = 12$ мкДж. Затем цепь отсоединили от источника, разрядили конденсатор, заменили резистор на другой с сопротивлением $R_1 = 5$ Ом, и вновь подключили цепь к клеммам источника.

- 1) Чему равна максимальная сила тока, протекающего в цепях с резисторами R_0 и R_1 ?
- 2) Чему равна емкость включенного в цепь конденсатора?
- 3) Какое количество теплоты выделится в резисторе R_1 к моменту полной зарядки конденсатора?

Ответы:

1) Максимальная сила тока, протекающего в цепях с резисторами R_0 и R_1 , равна $I_{\max}^{(0)} = \frac{U_0}{R_0} = \frac{2}{3}$ А и

$$I_{\max}^{(1)} = \frac{2I_0U_0}{I_0R_1 + U_0} = \frac{4}{3} \text{ А, соответственно.}$$

2) Емкость включенного в цепь конденсатора равна $C = \frac{2Q_0}{U_0^2} = 0,24$ мкФ.

3) В резисторе R_1 к моменту полной зарядки конденсатора выделится количество теплоты $Q_1 = \frac{I_0R_1(3U_0 - I_0R_1)}{U_0(U_0 + I_0R_1)} Q_0 = \frac{5}{6} Q_0 = 10$ мкДж.

Задача 5

Глаз наблюдателя расположен так, что муравей и его изображение в «кривом» (сферическом) зеркале для наблюдателя имеют одинаковые угловые размеры и полностью «накладываются» друг на друга. Наблюдатель отодвинулся от зеркала на расстояние L вдоль линии, на которой находятся муравей и его изображение, и теперь видит, что угловой размер муравья составляет 75% от углового размера его изображения. Затем наблюдатель отодвинулся в том же направлении еще на L , и угловой размер изображения стал в 1,5 раза больше углового размера муравья. Во сколько раз изображение муравья больше его самого? Каков радиус кривизны зеркала?

Ответы: изображение муравья больше его самого в два раза, радиус кривизны зеркала $R = 4L/3$.