

11 КЛАСС

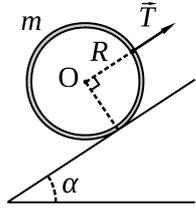
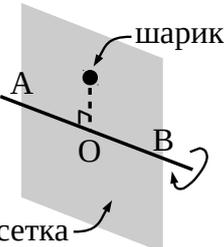
1	<p>Инженер использует сосуд с газом под поршнем для перекачивания тепла из окружающей среды в более горячие тепловые резервуары. У него N резервуаров, в которых поддерживают постоянные температуры T_1, T_2, \dots, T_N. Температура окружающей среды постоянна и равна T_0. Инженер проводит следующий цикл. Сначала в ходе изотермического процесса газ отбирает тепло у окружающей среды. Затем газ в сосуде адиабатически сжимают, нагревая его до температуры T_1 первого резервуара, после чего передают тепло этому резервуару в изотермическом процессе. Далее температуру газа адиабатически изменяют до T_2, затем тепло передают второму резервуару. Эту процедуру (адиабатическое изменение температуры и передачу тепла) повторяют со всеми резервуарами. Передав тепло последнему резервуару, газ адиабатически расширяют, уменьшая его температуру до T_0, при этом газ возвращается в исходное состояние. За цикл все резервуары получают одинаковое количество теплоты. При какой температуре T_0 суммарное переданное резервуарам тепло более чем в два раза превосходит тепло, отобранное у окружающей среды? Все процессы протекают обратимо и квазистатически.</p>	
2	<p>Российский физик Виктор Веселаго описал свойства материалов с отрицательным показателем преломления (метаматериалов). На первом рисунке показан переход луча света из обычной среды ($n_1 \geq 1$) в метаматериал ($n_2 < 0$). Оказалось, что в такой системе падающий и преломленный лучи находятся с одной стороны от нормали к границе раздела двух сред, при этом по-прежнему имеет место закон преломления Снеллиуса: $\sin \alpha / \sin \beta = n_2 /n_1$. В лаборатории изготовили две тонкие плоско-выпуклые линзы с радиусом кривизны R и расположили их вплотную друг к другу (см. второй рисунок). Левая линза выполнена из метаматериала с $n < -1$, правая линза — из обычного материала с таким же по абсолютной величине показателем преломления. Определите оптическую силу полученной системы в вакууме. Постройте изображение квадрата ABCD со стороной a. Главные оптические оси линз совпадают. Считайте, что изображение создается лучами, слабо отклоняющимися от главной оптической оси.</p>	
3	<p>К резистору сопротивлением R с помощью проводов подключили два металлических полукольца радиуса a (см. рис.). Полукольца закреплены шарнирно и могут свободно вращаться вокруг оси OO'. Система помещена в однородное магнитное поле индукции B, направленное, как показано на рисунке. Изначально полукольца расположены в плоскости рисунка и неподвижны. Одному из полуколец ударом придают вращение с угловой скоростью ω. Найдите угловое ускорение другого полукольца в первый момент времени. В каком направлении оно начнет вращаться? Масса каждого полукольца m. Поле тяжести отсутствует. Сопротивлением соединительных проводов и полуколец пренебречь.</p>	
4	<p>Мальчику Сизифу на кружке по физике рассказали про трение качения. Он узнал, что в реальном эксперименте на трубу, помещённую на некоторую плоскую поверхность, действует не только обычная сила трения величиной $\vec{F}_{\text{тр}} \leq \mu \vec{N}$ (\vec{N} — нормальная сила реакции), но и вращающий момент трения качения относительно оси O, возникающий вследствие небольшой деформации и препятствующий вращению трубы. Этот момент не превосходит по модулю величины $f \vec{N}$, где f — коэффициент трения качения размерности длины, который можно считать постоянным для заданной пары тел. Сизиф провёл следующий эксперимент. Он расположил однородную тонкостенную трубу массой m и радиуса R на наклонной плоскости с углом α, удерживая её силой \vec{T} (см. рис.). В некоторый момент Сизиф отпустил трубу, и та начала скатываться по наклонной плоскости без проскальзывания. Определите, какие значения может принимать модуль силы \vec{T} и коэффициент трения μ. Чему равно ускорение оси трубы в процессе скатывания? Коэффициент трения качения f считайте известным.</p>	
5	<p>Плоская непроводящая сетка с мелкими ячейками равномерно заряжена и вращается с постоянной угловой скоростью вокруг принадлежащей ей оси АВ. На некотором расстоянии от оси АВ удерживают массивный заряженный шарик. Шарик маленький и может свободно проходить сквозь сетку. Заряды сетки и шарика имеют разные знаки. В момент, когда шарик оказывается в плоскости сетки, его отпускают без начальной скорости. Траектория шарика — плоская замкнутая кривая, симметричная относительно точки O (см. рис.). За один оборот вдоль траектории шарик встречается сетку дважды, при этом он замыкает траекторию за время вдвое большее, чем время, необходимое для поворота сетки на 360°. Какую долю времени кинетическая энергия шарика превышает четверть от ее максимального значения? Излучением и краевыми эффектами пренебречь.</p>	

Рис. к задаче 2:

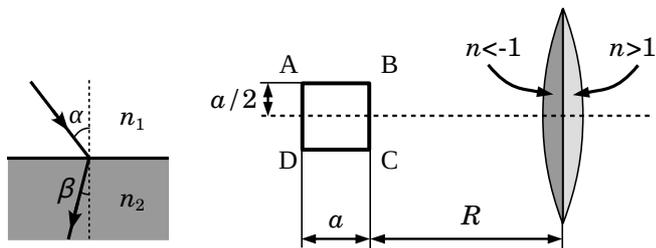


Рис. к задаче 3:

