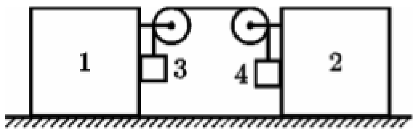
Московская олимпиада школьников по физике

10 класс, второй тур, 2007 год

Задача 1. Школьник бросает мяч в баскетбольное кольцо. Чтобы попасть в цель при броске под углом $\alpha_1 = 30^\circ$ к горизонту, он должен сообщить мячу начальную скорость $v_1 = v$, а при броске под углом $\alpha_2 = 60^\circ$ — начальную скорость $v_2 = v/2$. На какой высоте h над точкой бросания расположено баскетбольное кольцо? Под каким углом β к горизонту наклонён отрезок, соединяющий точку бросания и кольцо? Бросок каждый раз производится из одной и той же точки. Сопротивлением воздуха можно пренебречь, ускорение свободного падения равно g.

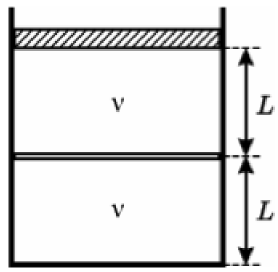
$h = \frac{9v^2}{121g}$; $\beta = \operatorname{arctg} \frac{3\sqrt{3}}{11} \approx 25^circ$

Задача 2. Найдите ускорения грузов 1 и 2 и силу натяжения нити в системе, изображенной на рисунке. Массы грузов 1, 2, 3 и 4 равны соответственно M_1, M_2, m_1 и m_2. Грузы 3 и 4 касаются грузов 1 и 2, участки нити, не лежащие на блоках, горизонтальны или вертикальны. Нить натянута, невесома и нерастяжима, блоки лёгкие, трение отсутствует.



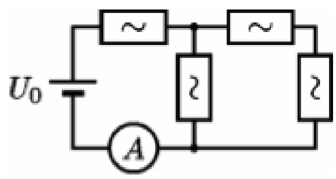
$T = \frac{2g}{\frac{1}{M_1+m_1} + \frac{1}{M_2+m_2} + \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}}$; $a_1 = \frac{T}{M_1+m_1}$ (вправо), $a_2 = \frac{T}{M_2+m_2}$ (влево)

Задача 3. На столе стоит вертикальный теплоизолированный цилиндрический сосуд. В него вставлены два поршня (см. рисунок). Верхний поршень — тяжёлый, теплонепроницаемый и может двигаться в цилиндре без трения. Нижний поршень — лёгкий и теплопроводящий, но между ним и стенками сосуда существует трение. В каждой из частей сосуда находится по ν молей идеального одноатомного газа. Вначале система находилась в тепловом равновесии, а обе части сосуда имели высоту L. Потом систему медленно нагрели, сообщив ей количество теплоты ΔQ. На какую величину ΔT изменилась температура газов, если нижний поршень при этом не сдвинулся с места? При каком наименьшем значении F силы трения между нижним поршнем и стенками это возможно? Какова теплоёмкость C системы в этом процессе? Теплоёмкостью стенок сосуда и поршней пренебречь.



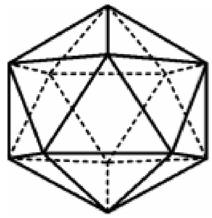
$\Delta T = \frac{\Delta Q}{4\nu R}$; $F_{\min} = \frac{\Delta Q}{4L}$; $C = 4\nu R$

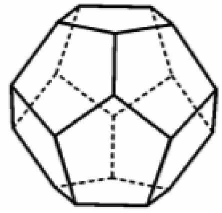
Задача 4. Электрическая цепь (см. рисунок) состоит из идеальной батарейки с ЭДС U_0, идеального амперметра и четырёх одинаковых нелинейных элементов, для каждого из которых, в отличие от закона Ома, связь силы тока I и напряжения U имеет вид $I = \alpha U^2$. Какой ток I_0 показывает амперметр?



$I_0 = 5\alpha U_0^2 \left(9 - 4\sqrt{5}\right)$

Задача 5. Тридцать одинаковых резисторов сопротивлением R каждый соединены между собой в пространстве так, что они являются рёбрами выпуклого правильного многогранника: в случае (а) — двадцатигранника (икосаэдра); в случае (б) — двенадцатигранника (додекаэдра). Какое сопротивление будет представлять описанная выше система (а) или (б), если подключиться к паре её наиболее удалённых вершин? Сколько разных значений сопротивления можно получить в случае (а) и в случае (б), если подключаться к всевозможным парам вершин этих многогранников?





Справка: грани икосаэдра — 20 правильных треугольников, в каждой из 12 вершин сходятся по 5 треугольников; грани додекаэдра — 12 правильных пятиугольников, в каждой из 20 вершин сходятся по 3 пятиугольника (см. рисунки).

(а) $R/2$, 3 сопротивления; (б) $7R/6$, 5 сопротивлений