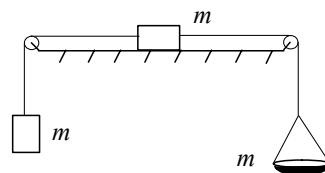


**ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2008/2009 уч. год**  
**Физика, I тур**

1. (25 баллов) В установке (см. рисунок) массы грузов и чашки равны  $m$ , коэффициент трения между лежащим грузом и столом  $\mu$ . Какую минимальную массу песка  $m_1$  нужно насыпать на чашку, чтобы привести грузы в движение (10 баллов)? Каким будет ускорение грузов, если на чашку насыпать массу  $2m_1$  (15 баллов)? Нити и блоки считать идеальными, ускорение свободного падения  $g$  известно.



**Решение:**

Лежащий груз придет в движение, когда разность сил натяжения нитей справа и слева от этого груза станет равной максимальному значению силы трения  $\mu mg$ . Учитывая, что при этом ускорения грузов и чашки практически нулевые, силы натяжения нитей справа и слева от лежащего груза равны соответственно  $(m + m_1)g$  и  $mg$ . Таким образом, находим, что  $m_1 = \mu m$ .

В случае, когда масса песка равна  $2\mu m$ , ускорение грузов находится из второго закона Ньютона, записанного для каждого из грузов и чашки с песком:

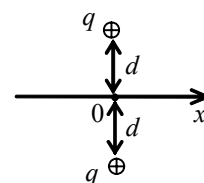
$$a = g \frac{\mu}{3 + 2\mu}.$$

2. (25 баллов) Во сколько раз приращение внутренней энергии идеального одноатомного газа при его изобарном расширении превышает совершенную газом работу?

**Решение:**

Приращение внутренней энергии одноатомного газа, определяемое формулой  $\Delta U = (3/2)vR\Delta T$ , для изобарного процесса и с учетом уравнения Клапейрона-Менделеева может быть представлено в виде  $\Delta U = (3/2)p\Delta V$ . Поскольку при изобарном расширении работа газа равна  $A = p\Delta V$ , искомое отношение  $\Delta U/A$  равно  $3/2$ .

3. (25 баллов) Два точечных заряда  $q$  закреплены на расстоянии  $2d$  друг от друга. В какую точку оси  $x$  (см. рисунок) следует поместить еще один заряд  $q$ , чтобы потенциальная энергия взаимодействия трех зарядов оказалась максимальной (5 баллов)? Чему будет равна сила, действующая на третий заряд со стороны закрепленных, если поместить его в точку  $x = d$  (10 баллов)? Чему при этом будет равна потенциальная энергия взаимодействия трех зарядов (10 баллов)?



**Решение:**

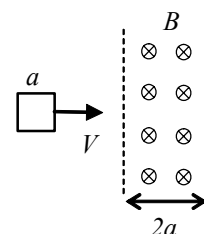
Чтобы потенциальная энергия взаимодействия трех зарядов (при нахождении третьего на оси  $x$ ) оказалась максимальной, этот заряд следует поместить в точку  $x = 0$ . Результирующая сила, действующая на третий заряд со стороны двух закрепленных, при его помещении в точку  $x = d$  равна

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2} d^2}.$$

Потенциальная энергия взаимодействия трех зарядов при этом равна

$$W = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d} \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right).$$

4. (25 баллов) Квадратная проволочная рамка со стороной  $a$  и сопротивлением  $R$  пролетает с постоянной скоростью  $V$  через слой толщины  $2a$ , в котором создано однородное магнитное поле  $B$  (см. рисунок). Построить график зависимости индукционного тока в рамке от времени. Индуктивностью рамки пренебречь.



**Решение:**

График зависимости индукционного тока имеет вид, представленный на рисунке. За нуль выбран момент влета передней стороны рамки в область магнитного поля. Знак тока на графике информирует о направлении тока в рамке (за положительный принят ток, текущий против часовой стрелки).

