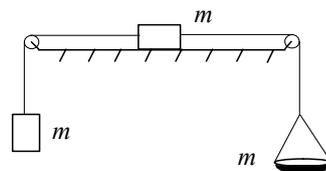


ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2008/2009 уч. год
Физика, I тур

1. (25 баллов) В установке (см. рисунок) массы грузов и чашки равны m , коэффициент трения между лежащим грузом и столом μ . 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 μmg . 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:

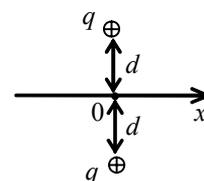
$$a = g \frac{\mu}{3 + 2\mu}.$$

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 $\Delta U = (3/2)\nu R\Delta T$, 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:

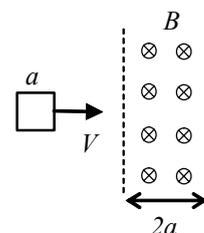
Чтобы потенциальная энергия взаимодействия трех зарядов (при нахождении третьего на оси x) оказалась максимальной, этот заряд следует поместить в точку $x = 0$. Результирующая сила, действующая на третий заряд со стороны двух закрепленных, при его помещении в точку $x = d$ равна

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

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).

