

# Решения задач открытой олимпиады школьников «Будущее Кузбасса» по физике

КузГТУ, 20 ноября 2016 г.

1. Снаряд массой  $m$  запущен с земли с начальной скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. В верхней точке траектории снаряд разорвался на два осколка массами  $m/4$  и  $3m/4$ . Оба осколка приземлились одновременно, причем нижний осколок упал в точку запуска снаряда. Определите:

- а) скорость меньшего осколка непосредственно после взрыва;
- б) скорость большего осколка непосредственно после взрыва;
- в) на каком расстоянии от точки запуска приземлился больший осколок.

**Решение.** Непосредственно перед взрывом снаряд летел горизонтально (так как он разорвался в верхней точке траектории) со скоростью  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ . Так как осколки приземлились одновременно, их скорости непосредственно после взрыва могли быть направлены только горизонтально. Меньший осколок мог приземлиться в точке запуска лишь в том случае, если он имел такую же по модулю, но противоположную по направлению скорость, как снаряд до взрыва. Следовательно, скорость меньшего осколка  $v_1 = -v_0 \cos \alpha = -\frac{v_0}{2}$ .

Скорость  $v_2$  большего осколка можно найти из закона сохранения импульса (в момент взрыва):

$$mv_0 \cos \alpha = -\frac{m}{4}v_0 \cos \alpha + \frac{3m}{4}v_2,$$

Откуда получаем:

$$v_2 = \frac{5}{3}v_0 \cos \alpha = \frac{5}{6}v_0.$$

Время падения осколков равно времени подъема снаряда на высоту взрыва

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}.$$

За это время меньший осколок пролетит по горизонтали расстояние

$$L_1 = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g},$$

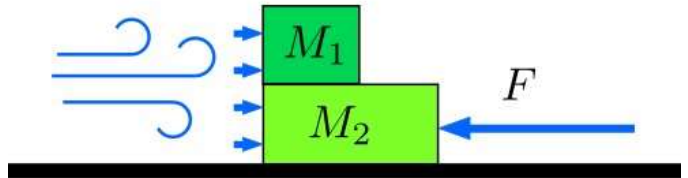
а больший осколок — расстояние

$$L_2 = \frac{5}{3} \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}.$$

Расстояние между точками падения осколков

$$L = L_1 + L_2 = \frac{8}{3} \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}.$$

2. Конструкция из двух кубиков разной массы, но равной площади поперечного сечения находятся на горизонтальном полу. Поток воздуха из вентилятора действует на оба кубика с равными силами, направленными вправо.



Ребенок толкает нижний кубик массой  $M_2$  влево с постоянной силой  $F$ . При этом оба кубика движутся с постоянной скоростью (не обязательно равной), причем верхний кубик движется вправо, а нижний — влево. Коэффициент трения между любыми поверхностями равен  $\mu$ . Считая известными значения  $M_2, \mu, g$ , определите массу  $M_1$  верхнего кубика.

**Решение.** На верхний кубик действует сила давления воздуха  $F_B$ , направленная вправо, и сила трения  $F_{\text{тр}1} = \mu M_1 g$ , направленная влево. Так как это тело движется равномерно, в соответствии со II законом Ньютона,  $F_B - \mu M_1 g = 0$ . (1)

На нижний кубик действуют: сила давления воздуха  $F_B$ , направленная вправо, сила трения о поверхность стола  $F_{\text{тр}2} = \mu(M_1 + M_2)g$ , сила трения о поверхность верхнего кубика  $-F_{\text{тр}1} = -\mu M_1 g$ , и сила  $F$  (три последние силы направлены влево). В соответствии со II законом Ньютона,  $F_B - \mu M_1 g - \mu(M_1 + M_2)g - F = 0$ . (2)

$$\text{Решая уравнения (1) и (2) совместно, получаем: } M_1 = \frac{F - \mu M_2 g}{3\mu g}.$$

3. Два заряженных проводящих шарика, находясь на некотором расстоянии, притягивались с силой  $F$ . Двигаясь навстречу друг другу под действием этой силы, шарики соприкоснулись и стали отталкиваться. Когда они оказались на первоначальном расстоянии, сила отталкивания оказалась равной  $9F/16$ . Каково соотношение первоначальных зарядов шариков?

**Решение.** Заряженные шарики притягиваются с силой  $F = kq_1 q_2 / r^2$ . (1)

(Отметим, что заряды имеют разные знаки!)

После соприкосновения заряды шариков становятся одинаковыми:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 - q_2}{2} = q'.$$

Теперь шарики отталкиваются по закону Кулона:

$$F = k(q_1 - q_2)^2 / (4r^2) = 9F/16. \quad (2)$$

Решая уравнения (1) и (2) совместно, получаем два решения:

$$q_1 = 4q_2 \text{ и } q_1 = q_2/4.$$

Таким образом, один из первоначальных зарядов больше другого в 4 раза.

4. В электрическую цепь включены параллельно лампочка и резистор. КПД источника тока  $\eta = 60\%$ , его внутреннее сопротивление  $r = 10$  Ом. Сила тока, текущего через источник,  $I = 1$  А. Определите напряжение на лампочке.

**Решение.** КПД источника равен  $\eta = \frac{IU}{IE}$ , где  $U$  — напряжение на внешней цепи,  $E$  — ЭДС источника. Следовательно,

$$U = \eta E. \quad (1)$$

ЭДС можно определить из закона Ома для полной цепи:

$$E = I(R + r) = U + Ir \quad (2)$$

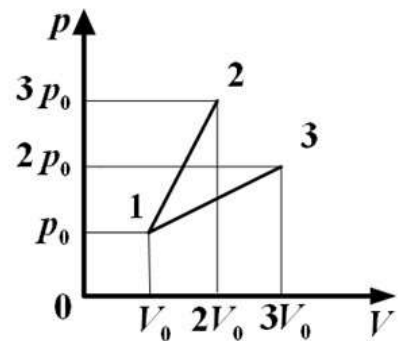
Решая уравнения совместно, получаем:  $U = Ir\eta/(1-\eta)$ .

5. Над газом совершают два тепловых процесса, нагревая его из одного и того же состояния 1 до состояний 2 и 3. На  $p$ - $V$  — диаграмме процессы изображаются линиями 1-2 и 1-3.

В каком из процессов газ совершает большую работу?

В каком из процессов изменение внутренней энергии больше?

В каком из процессов к газу подводится большее количество теплоты?



**Решение.** Работа  $A$ , совершенная газом, равна площади под графиком процесса на  $p$ - $V$  — диаграмме. В процессах 1-2 и 1-3 работа равна соответственно:

$$A_{12} = 2p_0V_0, \quad A_{1-3} = 3p_0V_0;$$

$$A_{1-2} < A_{1-3}. \quad (1)$$

Температура в обоих процессах изменяется в 6 раз, следовательно, изменение внутренней энергии в обоих процессах одинаково:

$$\Delta U_{1-2} = \Delta U_{1-3}. \quad (2)$$

В соответствии с I законом термодинамики подведенная теплота

$$Q = A + \Delta U. \quad (3)$$

Следовательно,  $Q_{1-2} < Q_{2-3}$ .