

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА  
ШКОЛЬНИКОВ 9-11 КЛАССОВ «СПЕКТРИК» (ФИЗИКА)**

**РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ФИНАЛЬНОГО ЭТАПА**

**Задача 1.**

В двух сообщающихся цилиндрических сосудах одинакового сечения находятся одноатомный идеальный газ и двухатомный идеальный газ, разделённые лёгким теплонепроницаемым поршнем, который может двигаться без трения. Первоначально давление газов одинаково и равно  $P_0$ , объёмы  $V_1$  и  $V_2$ , температуры одинаковы.

В сосуде с одноатомным газом включают электронагреватель, который передаёт ему количество теплоты  $Q$ . Найдите конечное давление, если известно, что в процессе нагревания поршень сместился так, что объём одноатомного газа увеличился в 1,5 раза. Теплоёмкостями сосудов и поршня пренебречь, теплообмена с внешней средой

**Решение.**

Уравнение состояния 1 для обоих газов:

$$P_0 V_1 = \nu_1 R T_0$$

$$P_0 V_2 = \nu_2 R T_0$$

Уравнение состояния 2 для обоих газов:

$$1,5P' V_1 = \nu_1 R T_1'$$

$$P'(V_2 - 0,5V_1) = \nu_2 R T_2'$$

Тогда разность температур для первого и второго газов соответственно:

$$T_1' - T_0 = \frac{V_1(1,5P_0' - P_0)}{\nu_1 R}$$

$$T_2' - T_0 = \frac{P_0' V_2 - 0,5P_0' V_1 - P_0 V_2}{\nu_2 R}$$

Уравнение первого закона термодинамики для первого и второго газа соответственно:

$$Q = \Delta U_1 - A_1$$

$$\Delta U_2 = A_2$$

Так как изменение объёмов газов связано, то:

$$A_2 = -A_1$$

Тогда:

$$Q = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R \frac{V_1(1,5P_0 - P_0)}{\nu_1 R} + \frac{5}{2} \nu_2 R \frac{P_0 V_2 - 0,5P_0 V_1 - P_0 V_2}{\nu_2 R}$$

$$Q = \frac{3}{2} V_1 \cdot 1,5P_0 - \frac{3}{2} V_1 P_0 + \frac{5}{2} P_0 V_2 - \frac{5}{2} \cdot 0,5P_0 V_1 - \frac{5}{2} P_0 V_2$$

$$Q = P_0 \left( \frac{3}{2} \cdot 1,5V_1 + \frac{5}{2} V_2 - \frac{5}{2} \cdot 0,5V_2 \right) - P_0 \left( \frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right)$$

$$P_0 = \frac{Q + P_0 \left( \frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_2 \right)}{\left( \frac{3}{2} \cdot 1,5V_1 + \frac{5}{2} V_2 - \frac{5}{2} \cdot 0,5V_2 \right)}$$

$$P_0 = \frac{2Q + 3P_0 V_1 + 5P_0 V_2}{2V_1 + 5V_2}$$

## Задача 2.

У мотоцикла в руководстве указаны штатные колёса с внешним диаметром 680 мм. Владелец заменил заднее колесо на увеличенное, с внешним диаметром 700 мм. Спидометр мотоцикла откалиброван под штатный диаметр колеса и измеряет скорость по числу его оборотов.

Если водитель едет, ориентируясь на спидометр, со скоростью 60 км/ч, на сколько секунд изменится время прохождения 500 метров по сравнению со штатными колёсами?

### Решение.

Так как спидометр считает обороты колеса, а проходимое расстояние за один оборот зависит от диаметра колеса, то получим выражение для реальной скорости:

$$v_2 = v_1 \frac{D_2}{D_1} \approx 61,76 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Время прохождения участка пути:

$$t = \frac{S}{v}$$

Тогда разность во времени прохождения:

$$t = S \left( \frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} \right) \approx 0,86 \text{ с}$$

### Задача 3.

Почтальон изобретатель корректирует параметры своей "почтовой катапульты". Теперь доставка посылок будет быстрее благодаря баллистической установке, которая запускает посылки прямо на балкон получателю. Необходимо найти начальную скорость, которую нужно запустить в окно с начальным углом к горизонту в 60 градусов. Горизонтальное расстояние до окна  $L=10$  м. Высота, на которой расположено начало окна  $h=11,5$  м, а высота окна 1 м. Сопротивлением воздуха пренебречь.  $g=10$  м/с<sup>2</sup>

### Решение.

Для попадания в окно необходимо, чтобы при горизонтальной координате  $x=L=10$  м вертикальная координата  $y$  находилась в диапазоне от  $h=11,5$  м до  $h+1=12,5$  м.

Запишем уравнение траектории и выразим начальную скорость полёта:

$$y(x) = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2(\alpha)} x^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{g x^2}{2 \cos^2 \alpha (x \operatorname{tg} \alpha - y)}}$$

Вычислив скорости получим следующее неравенство:

$$18,54 \text{ м/с} \leq v_0 \leq 20,37 \text{ м/с}$$

#### Задача 4.

Лабораторный светодиод установлен строго на центральной оси фокусирующего модуля. Расстояние от излучающей площадки диода до модуля составляет  $d=45$  см. Модуль имеет фокусное расстояние  $F=9$  см и формирует четкое пятно на фотоприемнике.

Во время настройки диод случайно сдвинули перпендикулярно оси на  $\Delta y=4$  см в плоскости, параллельной плоскости модуля. В результате пятно на приемнике сместилось. На какое расстояние и в каком направлении (относительно исходного положения оси) нужно передвинуть сам фокусирующий модуль, чтобы пятно на фотоприемнике вернулось в первоначальную точку?

#### Решение.

Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

Расстояние от модуля до изображения

$$f = \frac{Fd}{d - F} = 11,25 \text{ см}$$

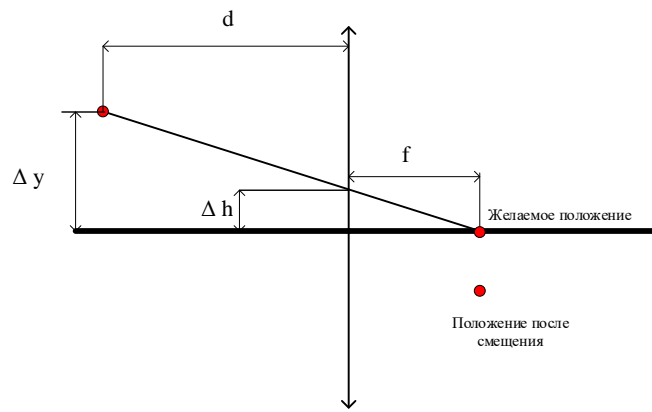
Коэффициент увеличения:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = 0,25$$

Тогда смещение изображения:

$$\Delta Y = \Delta y \cdot \Gamma = 2 \text{ см}$$

Причем для собирающей оптики смещение изображения будет в противоположную сторону. Мы хотим, чтобы изображение было на прежнем месте. Для этого нам необходимо сместить линзу так, чтобы оптический центр был на прямой, проходящей между новым положением источника и старым положением изображения. Тогда аналитически можно построить выражение, которое учитывало бы, что обе точки лежат на одной прямой.  $\Delta h$  – расстояние смещения линзы.



Исходя из геометрии рисунка:

$$\frac{\Delta y - \Delta h}{d} = \frac{\Delta h}{f}$$

$$\Delta h = \frac{\Delta y \cdot d \cdot f}{d(d + f)} = 0,8 \text{ см}$$