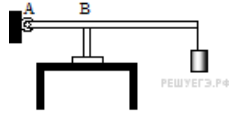


## Задания

### Задание 30 № 2975

В цилиндр объёмом  $0,5 \text{ м}^3$  насосом закачивается воздух со скоростью  $0,002 \text{ кг/с}$ . В верхнем торце цилиндра есть отверстие, закрытое предохранительным клапаном. Клапан удерживается в закрытом состоянии стержнем, который может свободно поворачиваться вокруг оси в точке  $A$  (см. рисунок).



К свободному концу стержня длиной  $0,5 \text{ м}$  подвешен груз массой  $2 \text{ кг}$ . Клапан открывается через  $580 \text{ с}$  работы насоса, если в начальный момент времени давление воздуха в цилиндре было равно атмосферному. Площадь закрытого клапаном отверстия  $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ . Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна  $300 \text{ К}$ . Определите длину  $AB$ .

#### Решение.

Клапан откроется, когда избыточная сила  $F$  давления воздуха на клапан изнутри цилиндра сравняется с силой давления стержня на этот клапан. Если превышение давления воздуха в цилиндре над атмосферным  $\Delta p$ , а площадь клапана  $s$ , то

$$F = s \cdot \Delta p.$$

Сила действия стержня на клапан равна  $mg \cdot \frac{L}{l}$ , где  $m$ ,  $L$  и  $l$  соответственно масса груза, длина стержня и длина его участка  $AB$ . Итак, должно выполняться условие

$$s \cdot \Delta p \geq mg \cdot \frac{L}{l}.$$

Дополнительное давление воздуха определяется увеличением массы  $\Delta m_B$  воздуха в цилиндре. Согласно уравнению Клапейрона — Менделеева,

$$\Delta p = \frac{\Delta m_B}{MV} RT,$$

где  $M$  — молярная масса воздуха. Поэтому условие открытия клапана имеет вид:

$$\frac{s \Delta m_B}{MV} RT \geq mg \cdot \frac{L}{l}, \text{ или } l \geq \frac{mgMV L}{sRT \Delta m_B}.$$

Если насос закачивает каждую секунду  $\omega$  кг воздуха, то за время  $t$  он закачает в цилиндр массу  $\Delta m_B = \omega t$ . Следовательно, клапан откроется в момент, когда выполнится равенство

$$l = \frac{mgMV L}{sRT \omega t}.$$

Ответ:  $l \approx 0,1 \text{ м}$ .