

## Задания

### Задание 30 № 3683

В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением  $p = 1,5$  атм. Поршень находится в равновесии на высоте  $H_1 = 20$  см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние  $\Delta H$  сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление  $p_0 = 1$  атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

#### Решение.

Обозначим массу и площадь поршня через  $M$  и  $S$ , соответственно. В исходном состоянии на поршень действуют направленные вниз сила тяжести  $Mg$  и сила атмосферного давления  $p_0S$ , а вверх — сила давления воздуха под поршнем  $p_1S$ . При этом поршень находится в равновесии, то есть в соответствии со вторым законом Ньютона  $p_1S = p_0S + Mg$ . После переворачивания сосуда и установления равновесия давление воздуха в сосуде становится равным  $p_2$ , а расстояние от дна сосуда до поршня —  $H_2$ . На поршень при этом действуют направленные вниз сила тяжести  $Mg$  и сила давления воздуха над поршнем  $p_2S$ , а вверх — сила атмосферного давления  $p_0S$ . Таким образом,  $p_0S = p_2S + Mg$ . Кроме того, при изотермическом процессе, согласно закону Бойля — Мариотта, должно выполняться соотношение  $p_1H_1S = p_2H_2S$ .

Из первых двух уравнений находим, что  $p_2 = 2p_0 - p_1$ , и, подставляя это выражение в третье уравнение, получаем

$$H_2 = \frac{p_1}{2p_0 - p_1} H_1.$$

Таким образом, поршень сместится на расстояние

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем:  $\Delta H = 2H_1 = 40$  см.

Ответ: поршень сместится на расстояние  $\Delta H = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1 = 2H_1 = 40$  см.