

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 ΔH 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.