

Воздушный шар

В задачах встречаются две различные конструкции воздушного шара:

- 1) оболочка герметична, шар наполнен лёгким газом;
- 2) в оболочке имеется отверстие, воздух в шаре нагревается горелкой.

Задача 1. (МОШ, 2010, 7) В известном мультфильме про Винни-Пуха есть явное несоответствие: Винни-Пух надувает воздушный шарик обычным воздухом и взлетает на нём. Для того, чтобы воздушный шарик поднимался (а тем более поднимал Винни-Пуха), нужно, чтобы он был наполнен лёгким газом, плотность которого меньше плотности окружающего воздуха. Можно предположить, что Винни-Пух надувает шарик тёплым воздухом, плотность которого, как известно, меньше плотности холодного. Рассчитайте, каким должен быть в этом случае минимальный необходимый для подъёма объём шарика, если плотность тёплого воздуха внутри шарика $\rho_1 = 1,13 \text{ кг/м}^3$, плотность холодного воздуха снаружи $\rho_2 = 1,29 \text{ кг/м}^3$, а масса Винни-Пуха $m = 5 \text{ кг}$.

$$V \geq \frac{m(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_1(\rho_2 - \rho_1)} = 1$$

Задача 2. (МОШ, 2014, 8) Из тонкой оболочки поверхностной плотности $\sigma = 50 \text{ г/м}^2$ изготовили воздушный шар. При каких значениях радиуса R он сможет подняться в воздух плотностью $\rho_{\text{в}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$? Считайте, что шар наполняется гелием, плотность которого $\rho_{\text{г}} = 0,18 \text{ кг/м}^3$. Объём шара радиусом R составляет $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, а площадь его поверхности равна $S = 4\pi R^2$.

$$R \geq \frac{\sigma}{\rho_{\text{г}} - \rho_{\text{в}}} \approx 13,4 \text{ см}$$

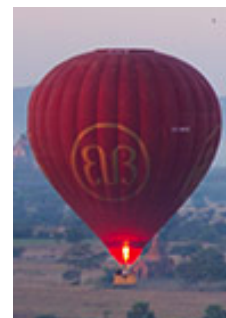
Задача 3. (Всеросс., 2015, ШЭ, 11) В комнате объёмом $V = 30 \text{ м}^3$ сначала была температура $t_1 = 10^\circ\text{C}$. После включения отопления она стала равна $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Увеличилась или уменьшилась масса воздуха в комнате? На сколько килограммов? Атмосферное давление равно $p = 100 \text{ кПа}$, молярная масса воздуха $\mu = 29 \text{ г/моль}$. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Абсолютный нуль температуры составляет $t_0 = -273^\circ\text{C}$.

$$\Delta m \approx \frac{pV}{R} \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \approx 1,26 \text{ кг}$$

Задача 4. (МФТИ, 1981) С какой максимальной силой прижимается к телу человека банка (применяемая в медицинской практике для лечения), если диаметр её отверстия $d = 4 \text{ см}$? В момент прикладывания банки к телу воздух в ней прогреет до температуры $t = 80^\circ\text{C}$, а температура окружающего воздуха $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Атмосферное давление $p_0 = 10^5 \text{ Па}$. Изменением объёма воздуха в банке (из-за втягивания кожи) пренебречь.

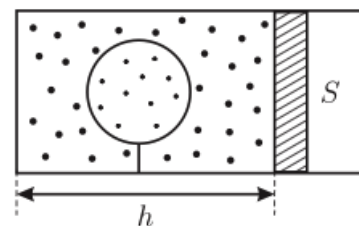
$$F = p_0 \left(\frac{t}{t_0} - 1 \right) \frac{\pi d^2}{4}$$

Задача 5. (МФТИ, 1986) В последние годы популярность приобретает катание на воздушных шарах. Воздух в таком шаре нагревается с помощью газового факела, расположенного у отверстия в нижней части шара. Какую температуру должен иметь воздух в шаре, чтобы поднять двух человек? Масса людей, оболочки, шара, корзины, баллона с газом составляет 420 кг, диаметр шара 20 м, температура окружающего воздуха $+17^\circ\text{C}$, средняя молярная масса воздуха 29 г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль · К).



$$\boxed{N \approx 10^4}$$

Задача 6. (МОШ, 2008, 10) Горизонтально расположенный цилиндрический сосуд с теплопроводящими стенками, заполненный аргоном плотностью $\rho = 1,7$ кг/м³, закрыт подвижным поршнем и находится в комнате. Площадь поршня равна $S = 400$ см², расстояние от левого края цилиндра до поршня равно $h = 50$ см (см. рисунок). В сосуде ко дну на нити прикреплен шар объемом $V_{\text{ш}} = 1000$ см³, сделанный из тонкого нерастяжимого и теплопроводящего материала и заполненный гелием; масса шара с гелием равна $m = 1,2$ г. После того как протопили печь и воздух в комнате прогрелся, поршень переместился вправо на расстояние $\Delta h = 3$ см. Найдите изменение ΔN силы натяжения нити, удерживающей шар. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



$$\boxed{\Delta N \approx \frac{m \lambda (q \nabla + q) S}{q \nabla S} m \lambda g \Delta h = N \nabla}$$