

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА

ВАРИАНТ 47111 для 11 класса

Истребитель воздушных шариков Белладуй имеет рабочий объем легких $W = 1$ л, и после каждого вдоха он вдвует весь этот объем в шарик. Сделав пятьдесят вдохов, истребитель должен отдыхать. Редко бывает, чтобы шарик не лопнул за это время. Однако, некоторым везет: отдохнув, истребитель всегда берется за новый шарик.

Попробуем смоделировать такой процесс.

Пусть в начальном (ненапряженном) состоянии оболочка надувного шарика имеет форму сферы радиуса $r_0 = 5$ см. Будучи равномерно растянутой до сферы радиуса r , оболочка шарика создает дополнительное давление $Q = \gamma P_A \left(1 - \left(\frac{r_0}{r}\right)^3\right)$ на содержащийся внутри воздух, а напряжение деформации оболочки равно $\sigma = 20\gamma P_A \left(\left(\frac{r}{r_0}\right)^2 - \frac{r_0}{r}\right)$.

В обеих формулах P_A – атмосферное давление, γ – эмпирически подобранный коэффициент. Будем рассматривать шарик, изготовленный из материала, для которого $\gamma = 0,1$. Если напряжение оболочки σ превышает критическую величину $30P_A$, то она разрывается.

Будем считать весь процесс изотермическим, проходящим при температуре $T = 22^\circ\text{C}$.

1. Найдите радиус шарика после первого выдоха истребителя, а также после второго (ответы округлите до миллиметров).
2. Определите общее количество вдохов, которые необходимо сделать, чтобы шарик лопнул. Исходя из этого, сделайте вывод: уцелеет ли шарик.
3. Исследуйте судьбу шариков, изготовленных из другого материала. Определите (с точностью до сотых) граничное значение коэффициента γ , начиная с которого Белладуй не сможет истребить воздушный шарик.

Ниже приведены отрывки из Справочника по физике для истребителей, которые могут оказаться полезными при решении задачи.

$$\begin{aligned} \text{ускорение свободного падения } g &= 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, & \text{атмосферное давление } P_A &= 101 \text{ кПа}, \\ \text{плотность воздуха } \rho_A &= 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, & \text{молярная масса воздуха } \mu_A &= 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}, \\ \text{универсальная газовая постоянная } R &= 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}, \\ \text{постоянная Больцмана } k &= 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}, \end{aligned}$$

ОТВЕТЫ

1. $R_1 = 7.0$ см, $R_2 = 8.3$ см.
2. 34 вдоха. Шарик лопнет. :(
3. $\gamma = 0.075$.