

ЗАДАНИЕ ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ  
ФИЗИКА, ИНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА

ВАРИАНТ 47101 для 10 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,  $\gamma$  – эмпирически подобранный коэффициент. Будем рассматривать шарик, изготовленный из материала, для которого  $\gamma = 0,1$ . Если напряжение оболочки  $\sigma$  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. Изменится ли вывод в предыдущем вопросе, если рабочий объем  $W$  легких Белладуя станет вдвое меньше? Изменяя величину  $W$ , определите с точностью до 1 мм максимально возможный диаметр воздушного шарика.

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

$$\begin{aligned} \text{ускорение свободного падения } g &= 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, & \text{атмосферное давление } P_A &= 101 \text{ кПа}, \\ \text{плотность воздуха } \rho_A &= 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, & \text{молярная масса воздуха } \mu_A &= 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}, \\ \text{уравнение Менделеева-Клапейрона: } PV &= \frac{m}{\mu} RT, \text{ где } R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}, \\ \text{объем шара: } V_{\text{ш}} &= \frac{4}{3}\pi r^3. \end{aligned}$$

**ОТВЕТЫ**

1.  $R_1 = 7.0$  см,  $R_2 = 8.3$  см.
2. 34 вдоха. Шарик лопнет. :(
3.  $R_{\text{max}} = 39.0$  см.