



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант \_\_\_\_\_

Место проведения г. Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Лытина Вадима Алексеевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

« 05 » марта 2023 года

Подпись участника

Влын

① Числовик

$$H = 148,5 \text{ м}$$

$$M = 240 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$\rho_2 = \frac{1}{3} \rho_1$$

$$h = 0,5 \text{ м}$$

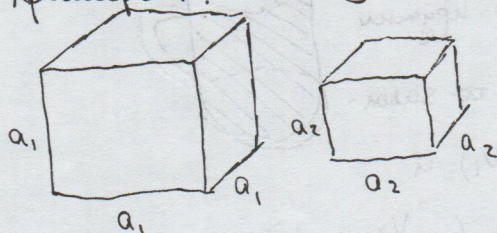
$$m = ?$$

$V_1$  - объем оригинала,  $V_2$  - объем копии

1) При изготовлении копии телебашни отношение ее объема к объему оригинала будет равно кубу отношения их линейных параметров.

Подтвердим это утверждение элементарным

примером: есть кубы со сторонами  $a_1$  и  $a_2$ :  $a_1 = 2a_2$ .



$$\text{тогда: } V'_k = a_1^3, V''_k = a_2^3$$

$$\frac{V'_k}{V''_k} = \frac{a_1^3}{a_2^3} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3, \text{ ч.т.д.}$$

$$\text{То есть } \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{h}{H}\right)^3.$$

$$2) \begin{cases} M = \rho_1 V_1 = 3\rho_2 V_1; \\ m = \rho_2 V_2; \end{cases} \quad \frac{m}{M} = \frac{\rho_2 V_2}{3\rho_2 V_1} = \frac{V_2}{3V_1} = \frac{1}{3} \left(\frac{h}{H}\right)^3$$

$$\text{Получим: } m = \frac{1}{3} \left(\frac{h}{H}\right)^3 M = \frac{1}{3} \left(\frac{0,5 \text{ м}}{148,5 \text{ м}}\right)^3 \cdot 240 \cdot 10^3 \text{ кг} =$$

$$= 3 \text{ т.}$$

Ответ: 3 т.

|   |    |       |
|---|----|-------|
| 1 | 20 | Копия |
| 2 | 19 | Башня |
| 3 | 20 | Копия |
| 4 | 20 | Башня |
| 5 | 2  | Башня |

② Чистовик

$$\Delta t = 1^\circ \text{C}$$

$$\tau_1 = 60 \text{ c}$$

$$n_2 = 8n_1 = 8$$

$$n_1 = 1$$

$$\tau_2 = ?$$

$t_0$  - темп. о-р среды,  $t_1$  - темп. чая начальная

1) Поскольку в условии сказано пренебречь теплоемкостью кружек, то теплотери через их стенки тоже будем считать незначительными

Значит, теплотери происходит только через площадь контакта жидкости с воздухом



ниже контакта.

2) Поскольку весь чай из 1 большой кружки

смогли налить в 8 маленьких кружек, то запол-

нив их до краев, то объем большой ( $V_1$ ) и

маленьких кружек ( $V_2$ ) относятся как 1:8 ( $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{8}$ )

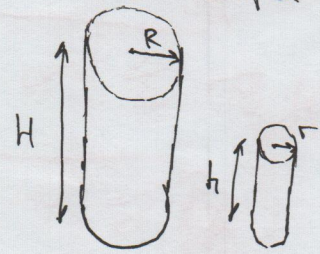
Тогда в каждой кружке будет не-с  $\frac{1}{8} m$ ,  $m$  - масса всего чая.

3) ~~Нетрудно заметить, что объем кружек относятся как~~

Систая температуру о-р. среды постоянной, а к-ф теплотери одинаковы для двух случаев, запишем у-е тем. баланса:

$$\begin{cases} N_1 \tau_1 = c m \Delta t \\ N_2 \tau_2 = c \frac{1}{8} m \Delta t \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha (t_1 - t_0) \tau_1 S_1 = c m \Delta t \\ \alpha (t_1 - t_0) \tau_2 S_2 = c \frac{1}{8} m \Delta t \end{cases} \quad +$$

4) Объемы кружек относятся как кубы отношений линейных размеров, а площади - как их квадраты. Перенесем это у-е на цилиндры: Пусть  $\frac{R}{r} = \frac{H}{h} = \alpha$ .



$$\begin{cases} S = \pi R^2 \\ s = \pi r^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{S}{s} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = \alpha^2$$

$$\begin{cases} V = \pi R^2 H \\ v = \pi r^2 h \end{cases} \Rightarrow \frac{V}{v} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 \left(\frac{H}{h}\right) = \alpha^3 \quad \text{ч.г.д.}$$

Тогда площади контакта чая с о-р. средой относятся как

$$\frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}} \quad +$$

б) Имеем:

$$\begin{cases} \alpha(t_u - t_0) S_1 \tau_1 = c m \cdot t \\ \alpha(t_u - t_0) S_2 \tau_2 = \frac{1}{8} c m \cdot t \end{cases} \Rightarrow \frac{S_1 \tau_1}{S_2 \tau_2} = 8$$

$$\tau_2 = \frac{S_1}{8 S_2} \tau_1 = \frac{1}{8} \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} \tau_1 = \frac{1}{8} (8)^{\frac{2}{3}} \cdot 60 \text{ с.} =$$

$$= 30 \text{ с.} +$$

Общий вид!

Ответ: 30 с.

③

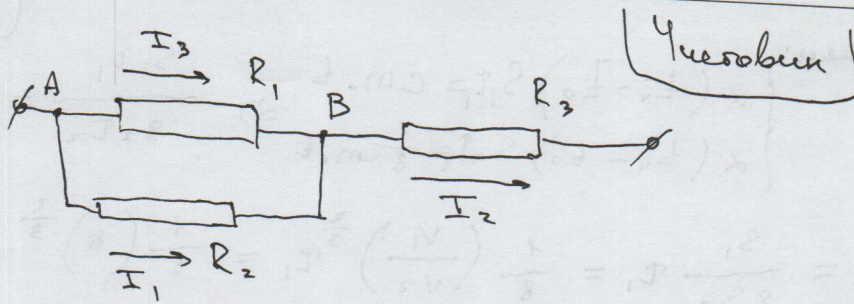
$$R_1 = R_3 = R$$

$$I_1 = 0,2 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,2 \text{ A}$$

$$U = 12 \text{ В}$$

$$P_3 = ?$$



1) По I пр-лу Кирхгофа:  $I_3 + I_1 = I_2$

$$I_3 = I_2 - I_1 = 1,2 \text{ A} - 0,2 \text{ A} = 1 \text{ A}$$

2) З-н Ома для  $R_1$ :

$$U = I_3 R_1 \Rightarrow R_1 = \frac{U}{I_3} = \frac{12 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 12 \text{ }\Omega = R_3.$$

3) З-н Джоуля-Ленца для  $R_3$ :

$$P_3 = U_3 I_2 = I_2^2 R_3 = (1,2 \text{ А})^2 \cdot 12 \text{ }\Omega = 1,44 \cdot 12 \text{ Вт} = 17,28 \text{ Вт}$$

Ответ: 17,28 Вт.

④ Числовик

$$F = 0,2 \text{ м}$$

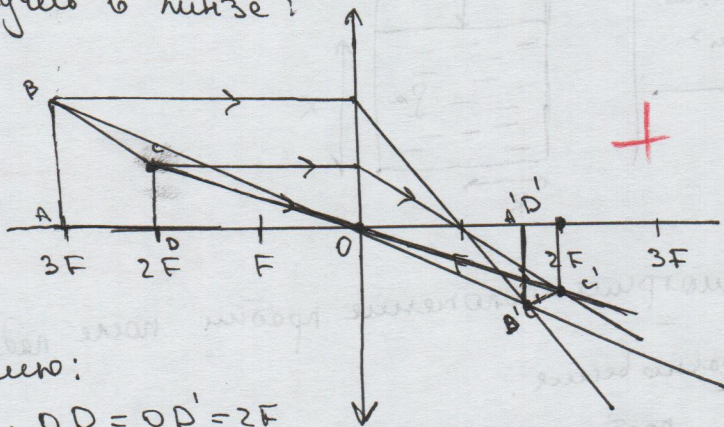
$$AB = 0,2 F$$

$$CD = 0,1 F$$

$$AD = F$$

$$S' = ?$$

Решать задачи по оптике по построению без линейки весьма проблематично, но мы не будем оглаивать и изобразим ход лучей в линзе:



2) По построению:

$$C'D' = CD, OD = OD' = 2F$$

(предмет, расположен. на  $2F$ , не изменится при отображении)

$$\begin{cases} AB > A'B' & \text{при этом, из подобия } \triangle ABO \text{ и } \triangle A'B'O: \\ OA > OA' \end{cases}$$

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{AO}{A'O}$$

3) По ф-ле тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$  : +

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{OA'}$$

$$F = \frac{OA \cdot OA'}{OA + OA'}, \quad OA \cdot F + OA' \cdot F = OA \cdot OA'$$

$$OA' = \frac{OA \cdot F}{OA - F} = \frac{3F^2}{2F} = \frac{3}{2} F$$

$$\text{А-но: } \frac{AB}{A'B'} = \frac{AO}{A'O} \Rightarrow A'B' = \frac{AB \cdot A'O}{AO} = \frac{0,2F \cdot \frac{3}{2}F}{3F} = 0,1F$$

$$4) S' = \frac{(C'D' + A'B')}{2} \cdot A'D' = \frac{C'D' + A'B'}{2} (OD' - OA') =$$

$$= \frac{0,1F + 0,1F}{2} \left( 2F - \frac{3}{2}F \right) = 0,1F \cdot \frac{1}{2}F = 0,05F^2 = 0,05 \cdot 400 \text{ см}^2 = 20 \text{ см}^2$$

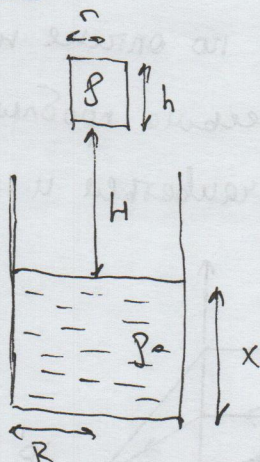
Ответ:  $20 \text{ см}^2$  +

5

Условие

$$\begin{aligned} r &= 5 \text{ см} \\ h &= 2 \text{ см} \\ R &= 50 \text{ см} \\ H &= 20 \text{ см} \\ \rho &= 0,4 \text{ г/см}^3 \\ \rho_0 &= 1 \text{ г/см}^3 \end{aligned}$$

Q - ?

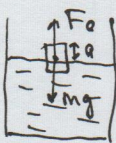


m - масса пробки

$$m = \rho S h$$

M - масса воды, x - высота воды в сосуде.

1) Рассмотрим положение пробки после падения и установившееся равновесие:



пробка плавает:  $F_A = mg$ ,  $\rho_0 g S(h-a) = S h \rho g$

$$a = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} h = \frac{1 \text{ г/см}^3 - 0,4 \text{ г/см}^3}{1 \text{ г/см}^3} \cdot 5 \text{ см} = 3 \text{ см}$$

(какая часть пробки над водой)

2) Изменение уровня воды в сосуде:

$$\Delta x = \frac{(h-a) \cdot \pi r^2}{\pi R^2 - \pi r^2} = \frac{(h-a) r^2}{R^2 - r^2} = \frac{2 \text{ см} \cdot 25 \text{ см}^2}{2500 \text{ см}^2 - 25 \text{ см}^2} = \frac{50}{2475} \text{ см} \approx 0,02 \text{ см}$$

$\Delta x \ll h$ . Поэтому пренебрежем изменением уровня воды в сосуде.

3) Запишем закон сохранения энергии для системы пробка + вода до падения и после прекращенного движения:

$$mg(x+H+\frac{h}{2}) + Mg x = mg(x+\frac{h}{2}-h+a) + Mg x + Q$$

$$mgH = mga - mgh + Q, Q = mg(H+h-a) =$$

$$= \pi r^2 h \rho g (H+h-a) = 3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot x$$

$$x(0,2 - 0,05 + 0,03) \text{ м} = 3,14 \cdot 125 \cdot 400 \cdot 0,18 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} =$$

$$= 0,2826 \text{ Дж} \approx 0,3 \text{ Дж} = 3,14 \cdot 5 \cdot 0,22 \cdot 10^{-1} \text{ Дж} = 0,3454 \text{ Дж} \approx 0,3 \text{ Дж}$$

2.

Ответ: 0,3 Дж.

Черновик

$$\frac{1}{3} \left( \frac{0,5}{148,5} \right)^3 \cdot 240 \cdot 10^3 = 80 \cdot 10^6 \left( \frac{0,5}{148,5} \right)^3$$

$$\begin{array}{r} 1485 \overline{) 5} \\ \underline{-10} \\ 48 \\ \underline{-45} \\ 35 \end{array}$$

$$80 \cdot 10^6 \left( \frac{1}{297} \right)^3 \approx 300^3$$

$$\frac{80 \cdot 10^6}{3^3 \cdot 10^6} = \frac{80}{27} \approx$$

$$\begin{array}{r} 1,44 \\ \times 12 \\ \hline 288 \\ 144 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$\frac{50}{2475} = \frac{10}{495}$$

$$\frac{2}{99} \approx 0,02 \times \frac{27}{3}$$

$$\frac{27}{81}$$

$$\frac{80}{54} \approx 1,48$$

$$\begin{array}{r} 2475 \overline{) 5} \\ \underline{-20} \\ 47 \\ \underline{-45} \\ 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 495 \overline{) 5} \\ \underline{-45} \\ 45 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 80 \overline{) 27} \\ 54 \overline{) 27} \\ \hline 260 \\ \underline{-243} \\ 170 \end{array}$$

$$3,14 \cdot 125 \cdot 400 \cdot 0,18 \cdot 10^{-5} =$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 4 \\ \hline 500 \end{array}$$

$$3,14 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0,18 \cdot 10^{-5} = 3,14 \cdot 5 \cdot 0,18 \cdot 10^{-1} =$$

$$\begin{array}{r} 0,18 \\ \times 5 \\ \hline 0,90 \end{array}$$

$$= 3,14 \cdot 0,9 \cdot 10^{-1} =$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 0,9 \\ \hline 0,2826 \end{array}$$

$$3,14 \cdot 5 \cdot 0,22 \cdot 10^{-1} =$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 0,22 \\ \hline 110 \end{array}$$

$$3,14 \cdot 0,11 =$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 0,11 \\ \hline 314 \\ 314 \\ \hline 0,3454 \end{array}$$