



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

вошел 16<sup>35</sup>  
вернулся 16<sup>40</sup>

Вариант \_\_\_\_\_

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"  
наименование олимпиады

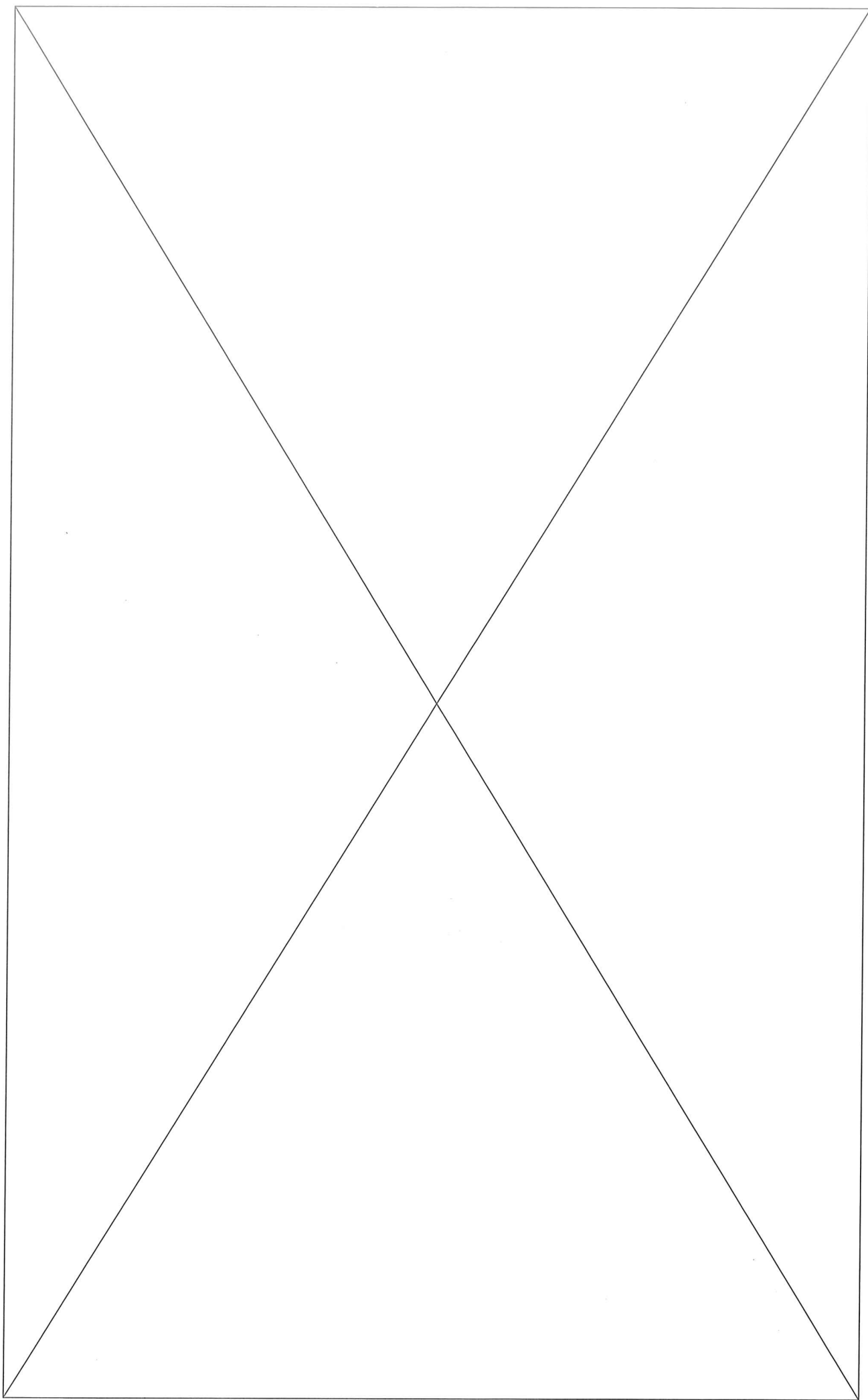
по Физике  
профиль олимпиады

Смоленцева Пётр Анатольевич  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

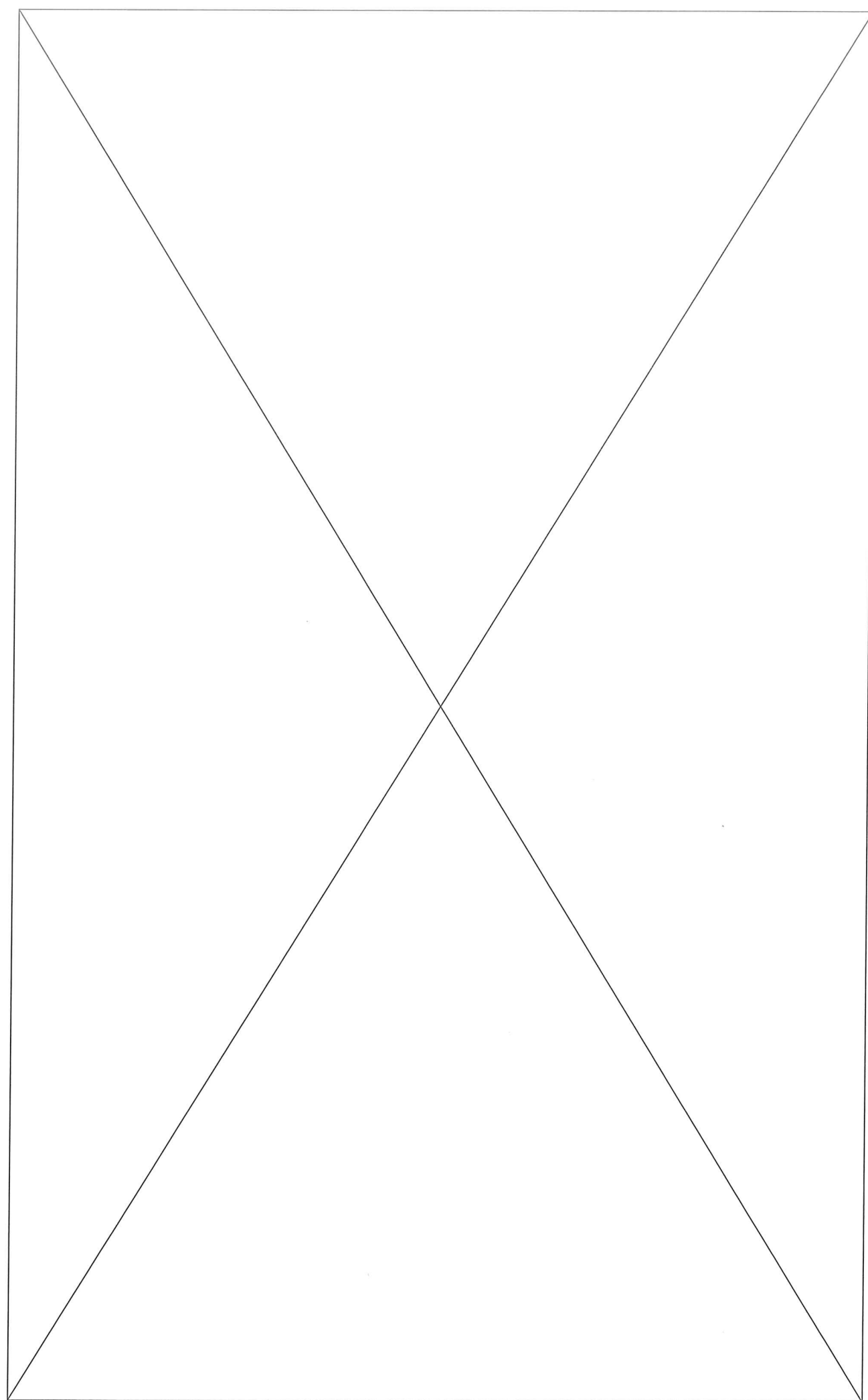
+1 год. мед  
свисток

Дата  
«13» февраля 2026 года

Подпись участника  
Смоленцев



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

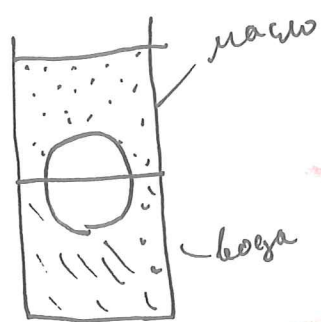


Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Зерновик ч.

144300 / 3190

14430 : 319



$$\rho_m g \frac{V}{2} + \rho_0 g \frac{V}{2} = (m + m_n) g$$

$$\frac{V}{2} (\rho_m + \rho_0) = m + m_n$$

$$m_n = 0,5 V (\rho_m + \rho_0) - m$$

$$\frac{1}{100^3} = \frac{1}{1000000}$$

$$m_n = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4} \cdot 1920 - 0,02$$

135900  
8400  
-----  
144300  
1260  
250  
-----  
1510

1920 12  
18 560  
12  
-----  
12 00

$$m_n = 960 \cdot 10^{-4} - 0,02 =$$

$$= 0,096 - 0,02 =$$

$$= 0,076 \text{ кг} = 76 \text{ г}$$

34  
1620  
5  
-----  
8400

4200  
3  
-----  
12600

4200  
4  
-----  
16800

3 4  
500  $\frac{\rho_m}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$   $\frac{1510}{0000}$   
135900  
-----  
135900  
4200  $\frac{\rho_0}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$   $\frac{135900}{135900}$

$$500 \cdot 0,5 \cdot (90 - t) + 4200 \cdot 0,3 \cdot (90 - t) = 4200 \cdot 0,4 (t - 5)$$

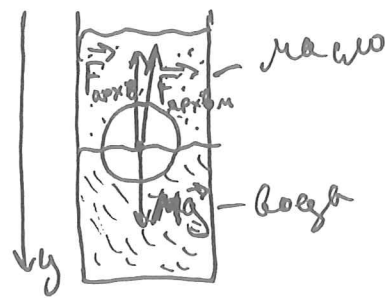
$$(90 - t)(250 + 1260) = 1680 (t - 5)$$

$$135900 - 1510t = 1680t - 8400$$

$$3190t = 144300$$

Зерновик 1

№2



Дано:

$$V = 100 \text{ см}^3 = 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$m = 20 \text{ г} = 0,02 \text{ кг}$$

$$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_m = 920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$m_n = ?$

На шарик действуют три силы: сила Архимеда воды  $F_{аркв} = \rho_0 g \frac{V}{2}$  и

сила Архимеда масла

$$F_{аркм} = \rho_m g \frac{V}{2}, \text{ а так же}$$

сила тяжести  $Mg$ , где  $M$  - сумма массы шарика и песка.  $M = m + m_n$ .

Контроль ось  $y$  вдоль вектора тяжести и запишем проекцию сил на ось  $y$ :

$$(y) F_{аркв} + F_{аркм} - Mg = 0$$

$$F_{аркв} + F_{аркм} = Mg$$

$$\rho_0 g \frac{V}{2} + \rho_m g \frac{V}{2} = (m + m_n) g$$

$$\frac{V}{2} (\rho_0 + \rho_m) = m + m_n$$

$$m_n = \frac{V}{2} (\rho_0 + \rho_m) - m \text{ конечная формула.}$$

$$m_n = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4} \cdot 1920 - 0,02 = 0,096 - 0,02 = 0,076 \text{ кг}$$

$$m_n = 76 \text{ г}$$

Ответ: 76 г.

48-56-67-10 (5.15)

920 (плотность воды)  
16  
40  
20  
10  
-----  
100

№3

Задача 2

Дано:

$$m_{\text{ф}} = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$m_1 = 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$m_3 = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$$

$$t_3 = 5^\circ \text{C}$$

$$m_2 = 250 \text{ г} = 0,25 \text{ кг}$$

$$t_2 = -10^\circ \text{C}$$

$$c_{\text{ф}} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$c_1 = 100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$c_3 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\lambda = 340 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} = 340000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$t_k = ?$

Сначала в чашу и чайник были одной температуры  $t_1$ , потом в него долили холодной воды при температуре  $t_3$ . Найдем установившуюся температуру  $t'$ .

Уравнение теплового баланса:

$$c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} (t_1 - t') + c_1 m_1 (t_1 - t') = c_3 m_3 (t' - t_3)$$

$$(t_1 - t') (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) = c_3 m_3 t' - c_3 m_3 t_3$$

$$t' (c_3 (m_3 + m_1) + c_{\text{ф}} m_{\text{ф}}) = t_1 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) + c_3 m_3 t_3$$

$$t' = \frac{t_1 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) + c_3 m_3 t_3}{c_3 (m_3 + m_1) + c_{\text{ф}} m_{\text{ф}}}$$

Обозначим знаменатель за  $y$ .

$$t' = \frac{t_1 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) + c_3 m_3 t_3}{y}$$

Задача 3

№3

$$(t_1 - t_2) (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) = c_3 m_3 t_2 - c_3 m_3 t_3$$

$$c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} (t_1 - t_2) + c_1 m_1 (t_1 - t_2) = c_3 m_3 (t_2 - t_3)$$

$$c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} t_1 - c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} t_2 + c_1 m_1 t_1 - c_1 m_1 t_2 = c_3 m_3 t_2 - c_3 m_3 t_3$$

$$t_2 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) = t_1 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) + c_3 m_3 t_3$$

$$t_2 = \frac{t_1 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) + c_3 m_3 t_3}{c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1}$$

или

$$c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} (t' - x) + c_1 (m_1 + m_3) (t' - x) = -c_1 m_2 t_2 + \lambda m_2 + c_3 m_2 x$$

$$(t' - x) (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 (m_1 + m_3)) = -c_1 m_2 t_2 + \lambda m_2 + c_3 m_2 x$$

$$t' y - x y = -c_1 m_2 t_2 + \lambda m_2 + c_3 m_2 x$$

$$\frac{t' y + c_1 m_2 t_2 - \lambda m_2}{c_3 m_2 + y} = x$$

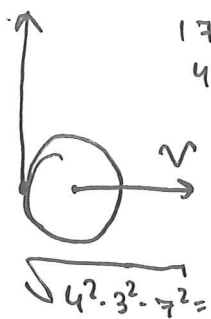
$$90(250 + 1260) + 1680 \cdot 3 + 4 \cdot 2500 - 85000$$

$$x = \frac{t_1 (c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 m_1) + c_3 m_3 t_3 + c_1 m_2 t_2 - \lambda m_2}{c_{\text{ф}} m_{\text{ф}} + c_1 (m_1 + m_3)}$$

Черновик 2

$$S = \frac{v^2}{2a} = \frac{100}{20} = 5 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 4200 \\ \times 85 \\ \hline 21000 \\ 33600 \\ \hline 357000 \end{array}$$



$$L = 2\pi R = 4 \cdot 3 \cdot 7$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 7 \\ \hline 84 \\ + 3570 \\ \hline 3820 \end{array}$$

$$\frac{L}{t} = 10$$

$$2\pi R = 10t$$

$$\omega^2 R = \frac{v^2}{R}$$

$$\omega^2 R^2 = v^2$$

$$\frac{100}{R^2} = 100 - v^2$$

$$\omega = \frac{10}{R}$$

$$100 - v^2 \quad v = 10$$

$$2\pi = 2\pi R$$

$$\varphi = 10$$

$$\varphi = \frac{20\pi}{2\pi R} = \frac{10}{R}$$

$$\frac{10}{2\pi R} \cdot \pi = \frac{5005}{5} \quad \sqrt{1181}$$

$$2\pi = 360$$

$$n = 1$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

$$\frac{\pi}{180}$$

№3 (Программа)

Черновик 3

Теперь в наш чай добавим кусок льда, с температурой  $t_2$  и массой  $m_2$ . Лёд сначала нагреется до  $0^\circ\text{C}$ , потом растает, и потом нагреется до температуры  $t_k$ . Остатком чай в это время охлаждался до  $t_k$  вместе с чайником. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_p m_p (t' - t_k) + c_B (m_1 + m_3) (t' - t_k) = -c_1 m_2 t_2 + \lambda m_2 + c_B m_2 t_k$$

$$(t' - t_k) (c_p m_p + c_B (m_1 + m_3)) = -c_1 m_2 t_2 + \lambda m_2 + c_B m_2 t_k$$

$$t' y - t_k y = -c_1 m_2 t_2 + \lambda m_2 + c_B m_2 t_k$$

$$t_k (c_B m_2 + y) = t' y + c_1 m_2 t_2 - \lambda m_2$$

$$t_k = \frac{t' y + c_1 m_2 t_2 - \lambda m_2}{c_B m_2 + y}$$

- конечная формула, осталось только подставить.
- $t_1 (c_p m_p + c_B m_1) = 90 (250 + 1260) = 90 \cdot 1510 = 135900 +$
  - $c_B m_3 t_3 = 4200 \cdot 0,4 \cdot 5 = 8400 +$
  - $c_1 m_2 t_2 = 100 \cdot 0,25 \cdot (-10) = -250 +$

46:56-67-10 (5.15)

№3 (Продолжение) Таблица 4

4)  $- \lambda m_2 = -340\,000 \cdot 0,25 = -85\,000 +$

5)  $C_{\text{ф}} m_{\text{ф}} = 500 \cdot 0,5 = 250 +$

6)  $C_B (m_1 + m_2 + m_3) = 4200 \cdot 0,85 = 3570$

$t_k = \frac{135\,900 + 8400 - 250 - 85\,000}{250 + 3570} = \frac{59050}{3820} =$

$= \frac{5905}{382} \approx 15,45^\circ\text{C}$

**Answer:  $15,5^\circ\text{C}$   $15,45^\circ\text{C}$**

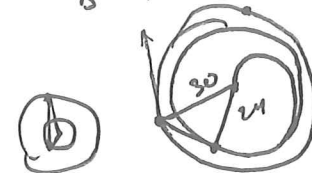
16

$\omega = \frac{u}{R}$  **Зерновик 1**

$P = \frac{u^2}{R} \quad \frac{25}{30} = \frac{u}{R'} \quad a = \frac{41}{\text{мм}} = \frac{1\mu}{15\text{с}} = \frac{1\mu\text{с}}{15\text{с}}$

$\omega = \frac{25}{R} = \frac{20}{R'} \quad R' = \frac{30 \cdot 20}{25} = 24$   
 $a = \frac{1}{15} \frac{\mu\text{с}}{\text{с}} \quad v = \omega R \quad \frac{100}{11} = \frac{1,1}{0,09\pi}$

$C_B a \pi (t_2 - t_1) = \frac{u^2}{R} \cdot \pi$



$l = \frac{3\pi r}{11 \cdot 41} = \frac{3\pi r}{12,1} \approx \frac{\pi r}{3} =$

$4200 \cdot \frac{1}{15} \cdot 31,4 = \frac{4 \cdot 10^4}{R}$

$900 - 576 = 324 \quad 4 \cdot 81 = 2 \cdot 9$   
 $R = 40\,000$

$R = \frac{5000}{1099}$

$R = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2}$

$R_0 = \frac{10\,000}{1099}$

$R = \frac{\rho l}{S} = \dots$

$l = 10 \cdot 0,09\pi = 0,9\pi \approx 2,836\mu$   
 $\approx 5,67\mu$

№1 задание 8

Дано:

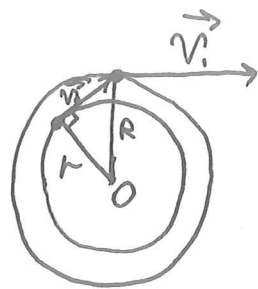
$v_1 = 25 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

$R = 30 \text{ м}$

$v_2 = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

L-?

Через некоторое время после начала, условия скорости волка и зайца  $\omega_1$  и  $\omega_2$  станут равны, и тогда волк начнёт бежать по окружности меньшего ~~длина~~ радиуса, чем окружность зайца. Найдём радиус этой окружности.



$\omega_1 = \omega_2$ .  $v_{\text{ус}} = \omega^2 R = \frac{v^2}{R} \Rightarrow \omega^2 R = \frac{v^2}{R} \Rightarrow$

$\Rightarrow \omega \sqrt{R} \quad v = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R}$

$\omega_1 = \omega_2 \Rightarrow \frac{v_1}{R} = \frac{v_2}{r}$

$r = \frac{v_2 R}{v_1} \quad r = \frac{24 \cdot 30}{25} = 28,8 \text{ м.}$

Теперь найдём расстояние между ними. Скорость при движении по окружности ~~сохраняется~~ касательной располагается ~~вдоль~~ ~~лучит~~ на касательной к окружности через точку (тело). Т.к. скорость <sup>волка</sup> ~~всегда~~ направлена в сторону зайца, то их расстояние будет таковым:

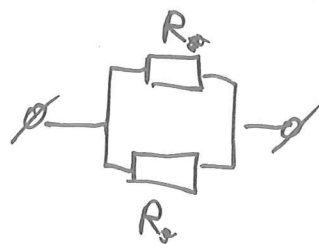


получается прямоугольный треугольничек с катетом r и гипотенузой R.

задание 9

№4 задание 5

схема нагревателя выглядит так:



Общее сопротивление цепи будет равняться  $\frac{R}{2}$ .

Тогда мощность цепи будет  $\frac{2U^2}{R}$ .

Рассчитаем массовый расход воды за секунду:

$a = \frac{4 \text{ м}}{1 \text{ мин}} = \frac{4 \text{ м}}{60 \text{ с}} = \frac{1 \text{ м}}{15 \text{ с}} = \frac{1}{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Так как вода нагревается до  $40^\circ\text{C}$ , значит мощности нагревателя хватает что бы за 1с. нагреть  $\frac{1}{15}$  кг воды с  $8,6^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$ .

Запишем уравнение теплового баланса:

$ca \cdot v \cdot (t_2 - t_1) = \frac{2U^2}{R} \cdot t$

$R = \frac{2U^2}{ca \cdot v \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{20000}{4200 \cdot \frac{1}{15} \cdot 31,4} = \frac{20000}{8792} = \frac{10000}{1099}$

Сопротивление спиралей считается по формуле  $R = \frac{\rho L}{S}$ . Запишем уравнение:  $\frac{10000}{1099} = \frac{1,1L}{905\pi}$

1099 примерно равен 1100, тогда:

$\frac{100}{11} = \frac{1,1L}{905\pi} \quad L = \frac{9\pi}{11 \cdot 1,1} = \frac{9\pi}{12,1} \approx \frac{9\pi}{12} = \frac{3\pi}{4} \approx \frac{28,26}{12,1} \approx 2,34 \text{ м.}$  Но это длина одной спирали.

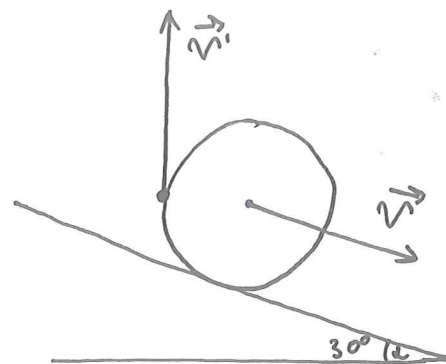
№4 (Продолжение). Задача 6

Для двух спиралей  $L = M = 2l \approx 2 \cdot 2,34 = 4,67 \text{ м}$

Ответ: 4,67 м.

\*Примечание: по площади сечения проводника считаем через формулу  $S = \pi R^2$ .  $R = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}$ , отсюда  $S = 0,000785$ .

№5 Задача 7



Дано:  
 $\alpha = 30^\circ$   
 $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $H_{\text{max}} = ?$

Для нахождения максимальной высоты полёта камня нам нужно найти начальную скорость полёта, она будет равна скорости движения по окружности.  
 $\omega^2 R = a_{\text{цс}}; \frac{v^2}{R} = a_{\text{цс}} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\omega^2 R^2} \text{ м} \Rightarrow v_0 = \omega R$ .

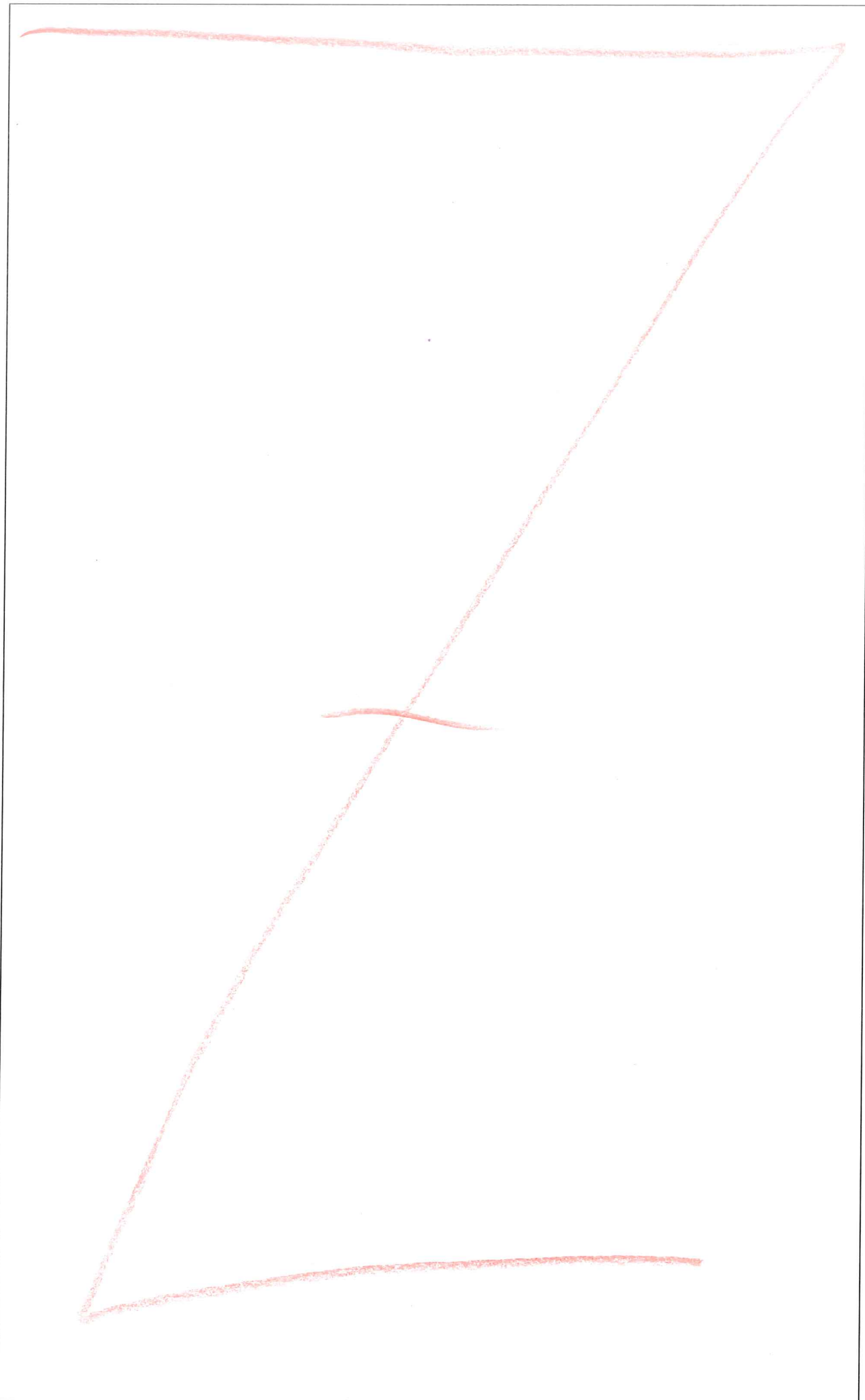
Колесо за секунду проворачивает 10 раз, длина всей окружности  $l = 2\pi R \Rightarrow$  угол, на который повернулось колесо за одну секунду будет  $\varphi_1 = \frac{10}{2\pi R} \cdot 2\pi \text{ рад} = \frac{10}{R} \text{ рад}$ , тогда угловая скорость  $\omega$  будет равна  $\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{\varphi_1}{1} = \frac{10}{R} \text{ рад}$ .

$v_0 = \omega R = \frac{10}{R} \cdot R = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Значит начальная скорость полёта будет тоже  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Найдём расстояние полёта. Максимум высоты будет достигаться, когда скорость станет равна 0, тогда  $H_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{100}{20} = 5 \text{ м}$ .

Ответ: 5 м.

\*Примечание: я беру точку вылета, что бы скорость камня была направлена вертикально вверх. Таким образом будет достигнута максимальная высота.

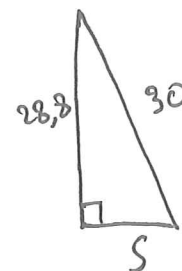


48-56-67-10  
(5.15)

Листовик 3

№1 (Продолжение).

По следу из свойств касательной (радиус к точке касания перпендикулярен касательной).  
Тогда расстояние между Волком и Зайцем будет второй катет.



Найдём по теореме Пифагора.

~~$(28,8)^2 + S^2 = 30^2$~~

$$28,8^2 + S^2 = 30^2$$

$$S = \sqrt{30^2 - 28,8^2} = \sqrt{900 - 829,44} = +$$

$$= \sqrt{\frac{7056}{100}} = \frac{\sqrt{7056}}{10} = \frac{84}{10} = 8,4.$$

Ответ: 8,4 м.

\*Примечание: никакого понятия об объёме не идёт от двух окружностей к прямоугольнику и треугольнику.

При движении по окружности, скорость тела направлена по касательной к окружности через это тело. Скорость Волка всегда направлена на зайца. Также, <sup>вектор</sup> направление скорости Волка лежит на той же прямой, что и расстояние от Волка до зайца. Таким образом, расстояние - касательная к окружности Волка, проходящая через зайца.

