



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №1

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Тобольск  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

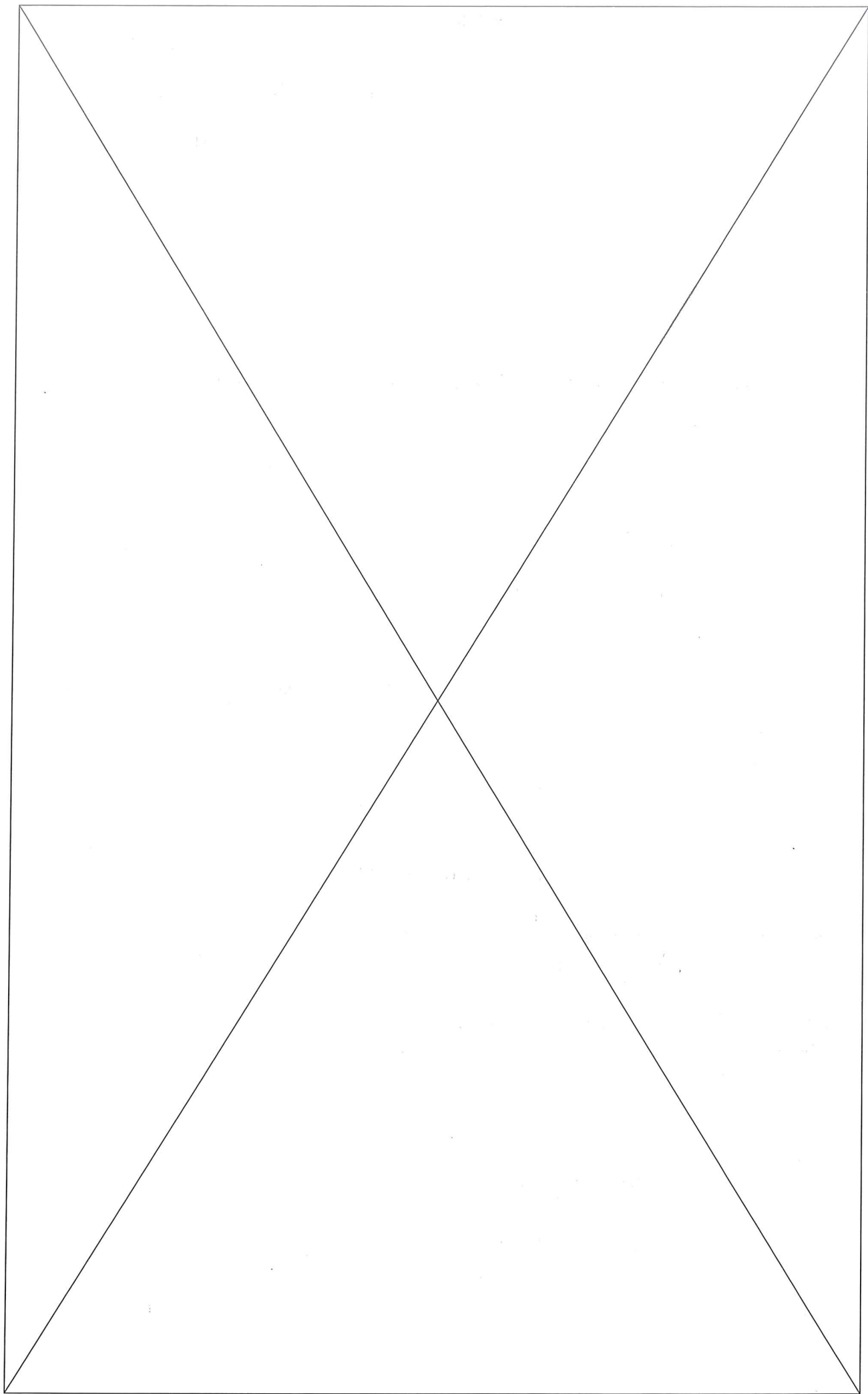
Александрова Александра Валерьевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

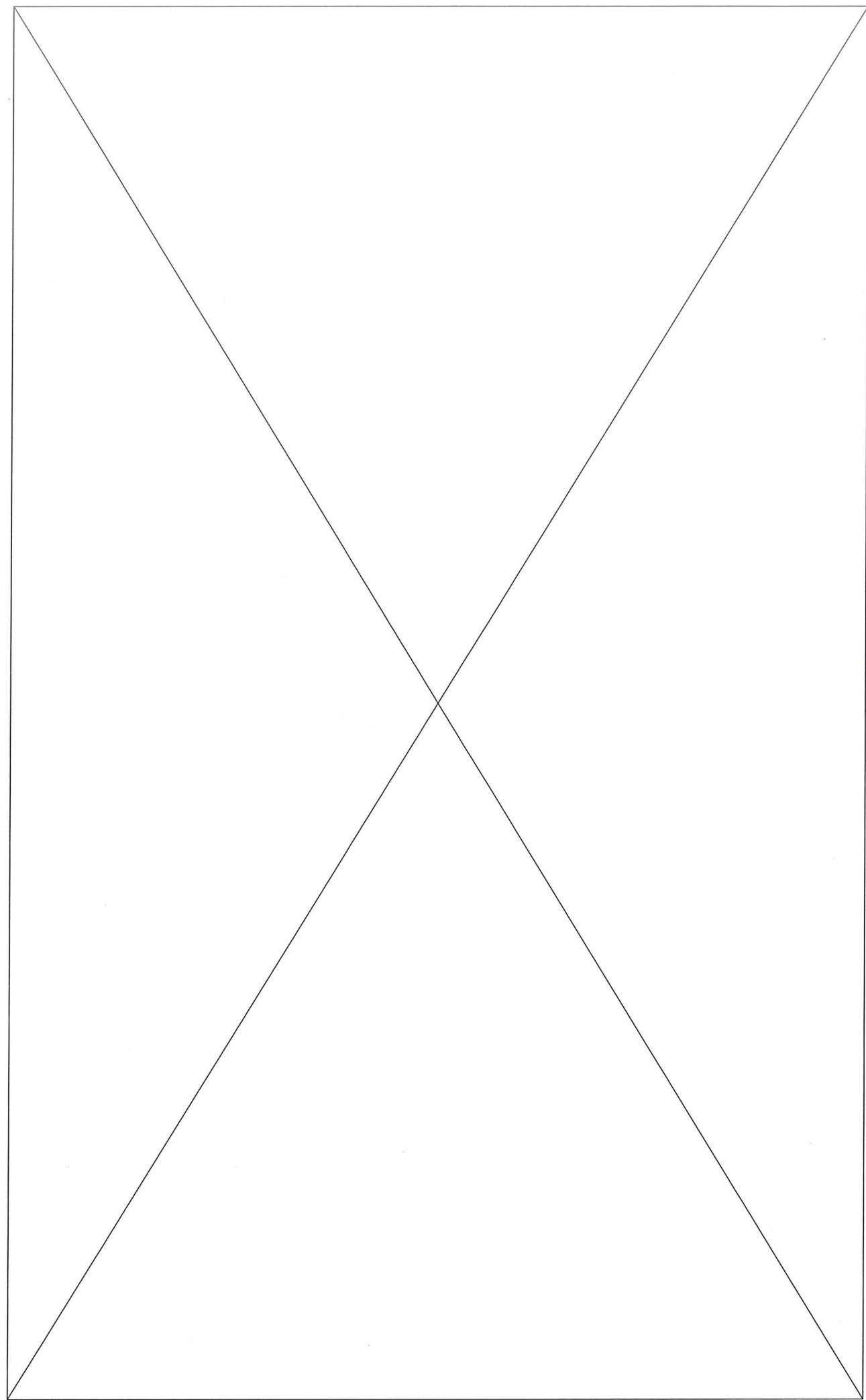
« 4 » апреля 2026 года

Подпись участника

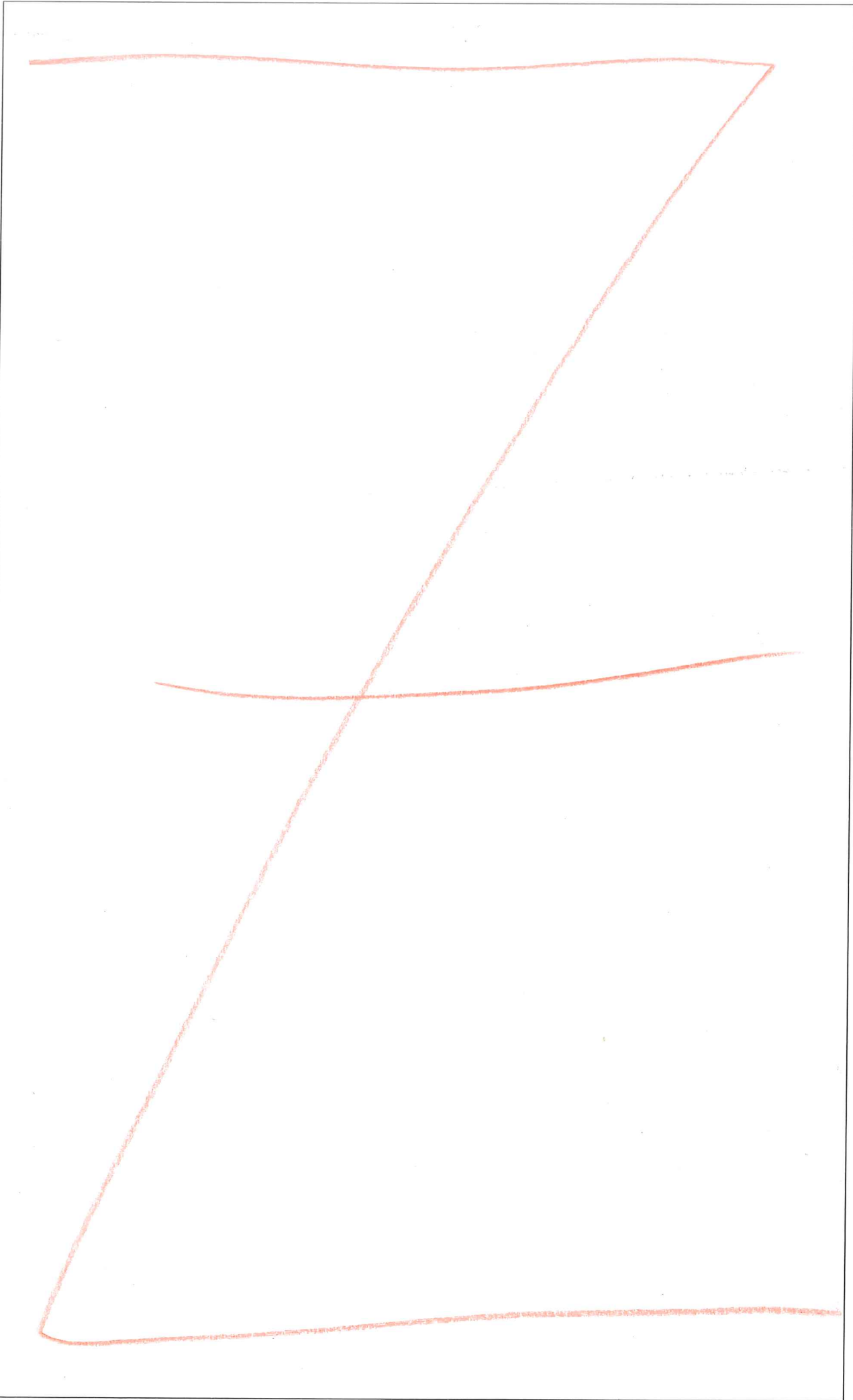
АИ



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



78-75-19-34  
(5.48.7)

Б/решениям вписан 49  
 Ошибка мор. дуба - 40  
 Школьная оценка - 59 (Тысяча девятьдесят девять)

Черновик

2. 1. При нормальном атмосферном давлении температура мокрого шара равна  $0^\circ\text{C}$ , вода шкалы Цельсия привязана к температуре кристаллизации воды при нормальном атмосферном давлении.

2. 1.  $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

$\lambda_{\text{в}} = 336\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Выразим массу кубика в термосе через объём термоса и плотность воды:

$m_{\text{к}} = 0,4 V_{\text{т}} \rho_{\text{в}}$

Далее найдем количество теплоты, которую отдаст кубик после первой порции снега:

$Q_1 = m_{\text{к}} c_{\text{в}} (100 - 60) = 40 c_{\text{в}} m_{\text{к}}$

и количество теплоты отдаст кубиком после второй порции

$Q_2 = m_{\text{к}} c_{\text{в}} (60 - 40) = 20 c_{\text{в}} m_{\text{к}}$

Выразим количество теплоты, затраченную снегом во время перехода ледяных кристаллов в жидкое состояние.

$Q_{\text{льда}} = x V_{\text{пор}} \cdot 0,9 \rho_{\text{л}} \cdot 336\,000$

где  $V_{\text{пор}}$  - объём одной порции.

Запишем итоговое количество теплоты, для обеих порций:

$Q_1 = x V_{\text{пор}} \cdot 0,9 \rho_{\text{л}} \cdot 336\,000 + 60 c_{\text{в}} \cdot V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}}$

$Q_2 = x V_{\text{пор}} \cdot 0,9 \rho_{\text{л}} \cdot 336\,000 + 40 c_{\text{в}} \cdot V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}}$

Запишем уравнение теплового баланса: См. след. страницу.

$40 c_{\text{в}} m_{\text{к}} = 302\,400 x V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} + 60 c_{\text{в}} V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}}$

$20 c_{\text{в}} m_{\text{к}} = 302\,400 x V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} + 40 c_{\text{в}} V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}}$

$20 c_{\text{в}} V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}} = 20 c_{\text{в}} m_{\text{к}}$

$20 \text{ c} \cdot V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} = 20 \text{ c} \cdot m_{\text{л}}$  Верховик

$20 \text{ c} \cdot V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} = 20 \text{ c} \cdot 0,4 V_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{л}}$

$V_{\text{пор}} = 0,4 V_{\text{м}}$

Соответственно, одна порция составляет  $\gamma = 40\%$  от объема термоса.

Запишем массу всей порции

$V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}}$

Затем массу ледяных кристаллов и массу воды

$x V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}}$

$(1-x) V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}}$

$t_1 = 10 \text{ c}$   
 $v_1 = \frac{1}{80}$ ,  $v_1 - v_2 = \frac{4,5}{120}$   
 $v_2 = \frac{1}{2}$

$0,9 x V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} + (1-x) V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} = V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}}$

$0,9 x V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} + V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} - x V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}} = V_{\text{пор}} \rho_{\text{л}}$

$0,9 x + 1 - x = 1$

$-0,1 x = 0$

$x = 0\%$

$h_1 = 0,0173 \text{ м}$   
 $h_0 = 0,005 \text{ м}$   
 $M = 24 \text{ м}$   $m' = \frac{m}{1,5}$

$H = 0,05 \text{ м}$

$v = 450 \text{ м}$

87% пог. водой

$m g$

$v_{\text{рл}} g = \rho_{\text{л}} g \cdot 0,87 v$

$\rho_{\text{л}} = \rho_{\text{л}} \cdot 0,87$

$v_{\text{рл}} - v_{\text{н}} \rho_{\text{л}} = 0,87 v_{\text{рл}}$

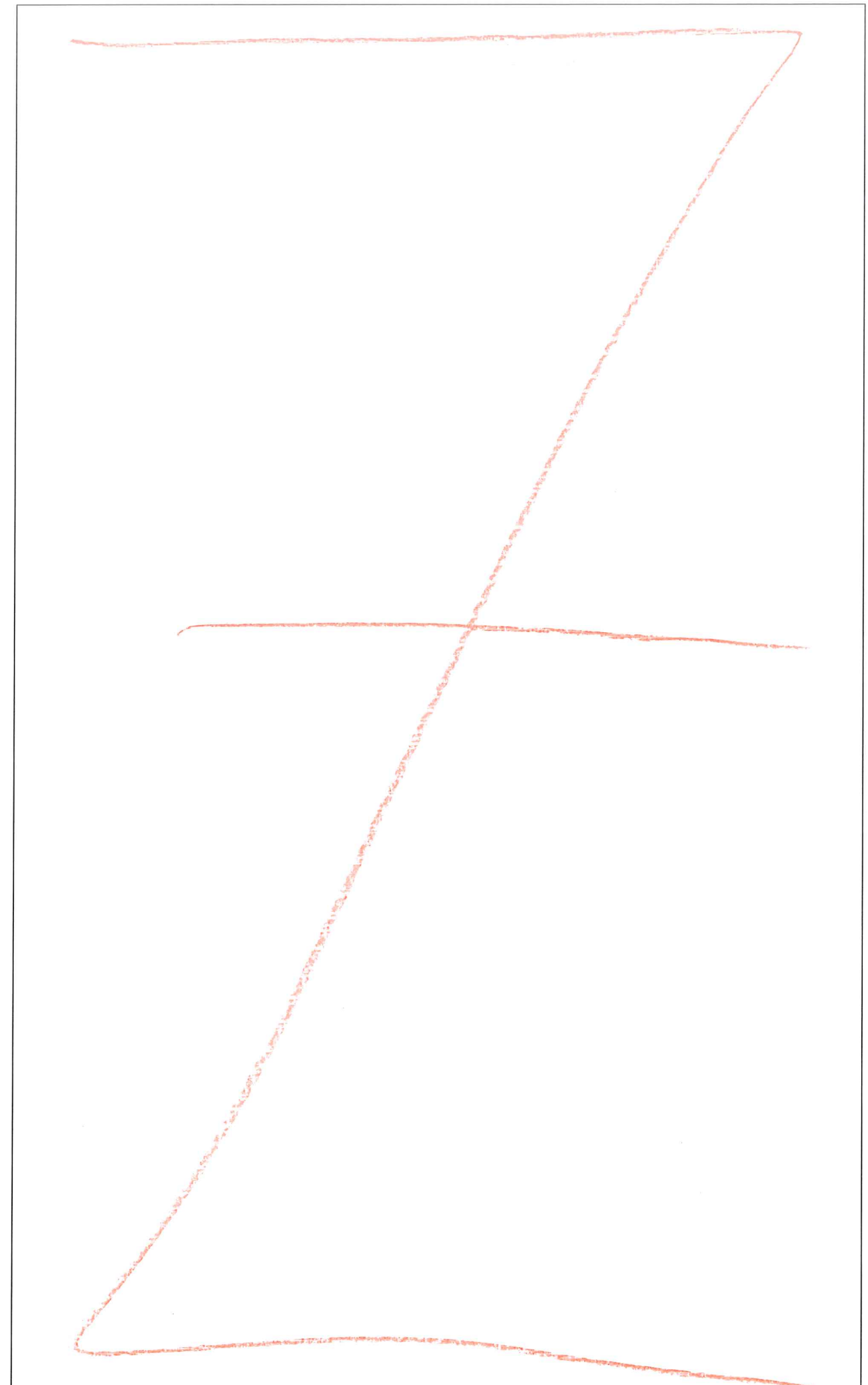
$0,9 v_{\text{рл}} - 0,9 v_{\text{н}} \rho_{\text{л}} = 0,87 v_{\text{рл}}$

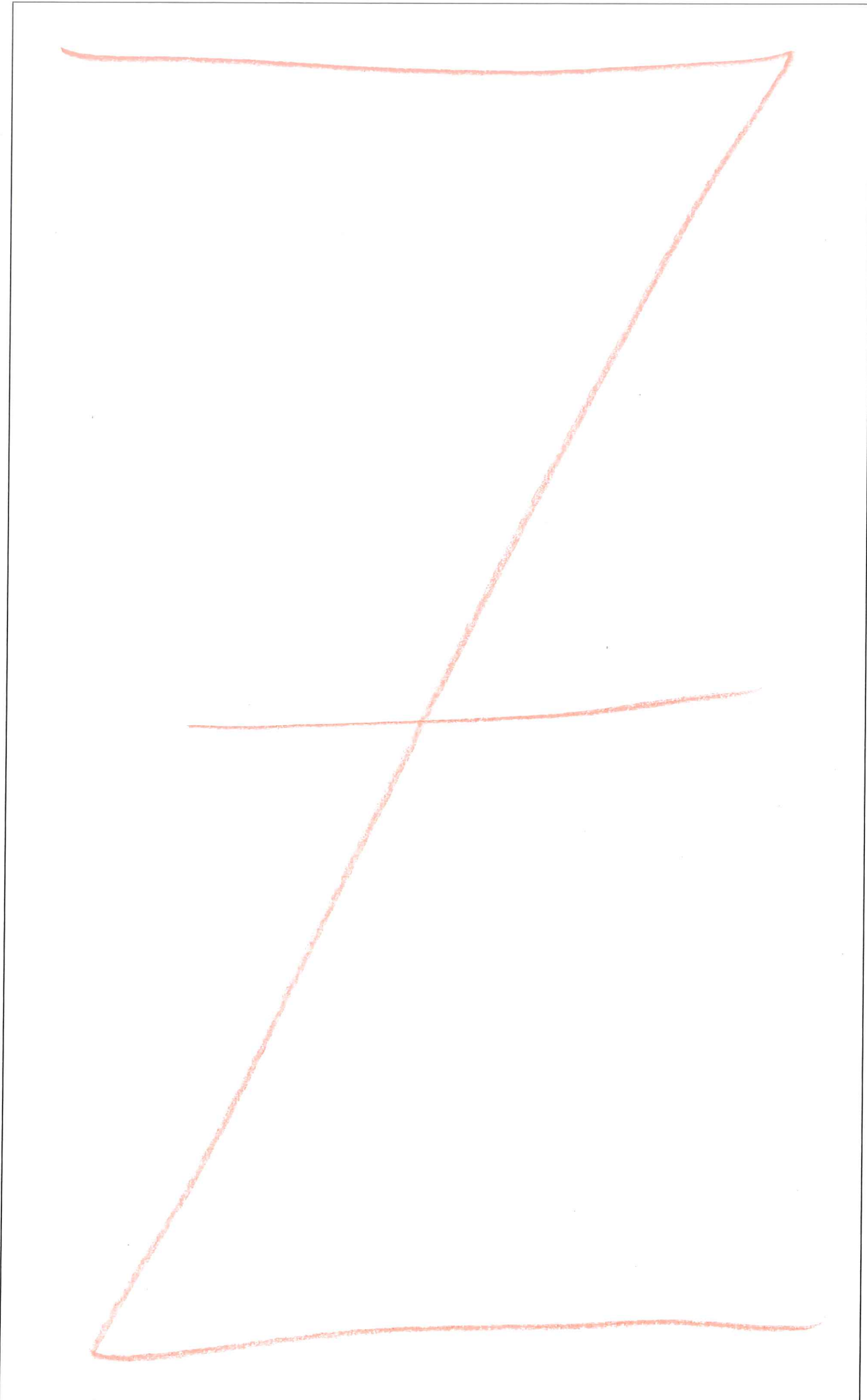
$0,9(v - v_{\text{н}}) = 0,87 v$

$0,9 v_{\text{н}} = 0,09 v_{\text{л}}$

$0,9 v_{\text{н}} = 0,09 \cdot 450$

$v_{\text{н}} = 45$





78-75-19-34  
(148.2)

Черновик

3.1. Запишем силу Архимеда, действующую на кусочек льда по формуле  $\rho_w V g$

$$0,91 V g \rho_w$$

где  $V$  - объем груза;  $g$  - ускорение свободного падения;  $\rho_w$  - плотность воды.

Далее запишем силу тяжести, действующую на кусочек льда по формуле:

$$(V - V_n) \rho_l g$$

где  $\rho_l$  - ~~объем~~ плотность льда;  $V_n$  - объем полости.

Поскольку система находится в равновесии, то эти силы уравновешивают друг друга:

$$(V - V_n) \rho_l g = 0,91 V g \rho_w$$

Если  $\rho_l = 0,9 \rho_w$  то:

$$(V - V_n) \cdot 0,9 \rho_w g = 0,91 V g \rho_w$$

$$0,9V - 0,9V_n = 0,91V$$

$$0,09V = 0,9V_n$$

$$0,09 \cdot 450 = 0,9V_n$$

$$V_n = 45 \text{ мм.}$$

ответ:  $V_n = 45 \text{ мм.} \cdot \frac{14 \cdot 0,06}{0,9} \text{ м} = 1 \text{ м} \cdot \frac{0,28}{0,9}$

$$0,96 (V_2 + V_n) g \rho_w =$$

$$0,9 \rho_w (V_2 + V_n) g$$

$$0,96 (V_2 + V_n) \rho_w = 0,9 \rho_w V_2 + \rho_2 V_2$$

$$0,96 \rho_w V_2 + 0,96 \rho_w V_n = 0,9 \rho_w V_2 + \rho_2 V_2$$

$$14 \text{ м} = 0,96 \rho_w V_2 + 0,06 \rho_w V_n = 0,96 \rho_w V_2 + \rho_2 V_2$$

14 м

3.2. На груз и лед действует три силы: сила тяжести; сила Архимеда и сила натяжения нити  $T$ . Разпишем эти силы:

$$(m + M) g = (m + 14 \text{ м}) g = 15 \text{ м} g - \text{сила тяжести.}$$

$$0,96 \left( \frac{m}{\rho_2} + \frac{14}{0,9 \rho_2} \right) g \rho_w - \text{сила Архимеда}$$

$T$  - сила натяжения нити, которая до момента прикрепления к деревянному цилиндру была равной нулю.

П.к. груз находится в равновесии сила Архимеда и сила тяжести равны:

$$15m g = 0,96 \left( \frac{m}{\rho_2} + \frac{M}{\rho_3} \right) g \rho_3$$

$$15m = \left( 0,96 \frac{m}{\rho_2} + 0,96 \frac{M}{\rho_3} \right) \rho_3$$

$$15m = \frac{0,96 m \rho_3}{\rho_2} + \frac{0,96 M \rho_3}{\rho_3}$$

$$15m = \frac{0,864 m \rho_3}{0,9 \rho_2} + \frac{13,44 m \rho_3}{0,9 \rho_2}$$

$$15m = \frac{0,864 m \rho_3 + 13,44 m \rho_3}{0,9 \rho_2}$$

$$0,9 \rho_2 \cdot 0,9 x v_{\text{гор}} \lambda + 60 v_{\text{гор}} c = 16 v c$$

Для решения данного уравнения  $1,8 x v_{\text{гор}} \lambda + 40 v_{\text{гор}} c$

$$15m g = 0,96 (V_2 + V_{\text{вода}}) g \rho_3 \quad 0,4 v_{\text{гор}} \quad 0,9 x \lambda + 60 c = 1,8 x \lambda + 40 c$$

$$15m g = 0,96 V_2 + 0,96 V_{\text{вода}} \rho_3 g \quad 40 \cdot 0,4 v_{\text{гор}} \quad 20 c = 0,9 x \lambda$$

$$15m = 0,96 m \rho_2 + 0,96 \cdot 14m \rho_3 \quad 16 v_{\text{гор}} \rho_3 c \quad 84000 = 307400$$

$$15 = 0,96 \rho_2 + 13,44 \rho_3 \quad x v_{\text{гор}} \rho_3 \cdot 0,9 \lambda + v_{\text{гор}} \rho_3 c$$

$$x = 3,6 \quad c = 0,24 \dots$$

$$(p_2 V_2 + 0,9 \rho_3 V_{\text{в}}) g = 0,96 (V_2 + V_{\text{в}}) g \rho_3 \quad 0,9 x v_{\text{гор}} \rho_3 \lambda + v_{\text{гор}} \rho_3 c = 16 v_{\text{гор}} \rho_3 c$$

$$\rho_2 V_2 + 0,9 \rho_3 V_{\text{в}} = 0,96 V_2 \rho_3 + 0,96 V_{\text{в}} \rho_3 \quad 0,9 x v_{\text{гор}} \rho_3 \lambda + 40 v_{\text{гор}} \rho_3 c =$$

$$\rho_2 V_2 - 0,06 V_{\text{в}} \rho_3 = 0,96 V_2 \rho_3 \quad 0,2 \quad (20\%) \quad 16 v_{\text{гор}} \rho_3 c + v_{\text{гор}} \rho_3$$

$$m = \rho_2 V_2 \quad 307400 x v_{\text{гор}} + 168000 v_{\text{гор}} = 16 v c$$

$$14m = V_{\text{в}} g \rho_3 \quad 169344 v_{\text{гор}} + 168000 v_{\text{гор}} = 67200 v$$

$$0,9 x v_{\text{гор}} \rho_3 \lambda + 40 v_{\text{гор}} \rho_3 c = 16 v_{\text{гор}} \rho_3 c \quad 334344 v_{\text{гор}} = v$$

$$0,9 x v_{\text{гор}} \lambda + 60 v_{\text{гор}} c = 16 v c \quad v_{\text{гор}} c \cdot 5,52 v_{\text{гор}} = v$$

$$0,9 x v_{\text{гор}} \lambda + 40 v_{\text{гор}} c = 16 v c \quad 16 v_{\text{гор}} c + 20 v_{\text{гор}} \rho_3 c$$

$$0,9 x v_{\text{гор}} \lambda + 20 v_{\text{гор}} c = 8 v c \quad 20(0,4 v_{\text{гор}} + v_{\text{гор}} \rho_3)$$



Частовик

Задача 1

обозначим длину троса за  $S$ , тогда скорости первой лодки  $v_1 = \frac{S}{t_1}$  за  $t_2$  обозначим скорость второй лодки тогда  $\frac{S}{t_1 - t_2} = 120 = \frac{S}{\frac{S}{80} - v_2} = 120$

$$S \cdot \frac{1}{\frac{S}{80} - v_2} = 120$$

$$\frac{80S}{S - v_2} = \frac{120}{1}$$

$$120S - 120v_2 = 80S$$

$$40S = 120v_2$$

$$S = 30v_2$$

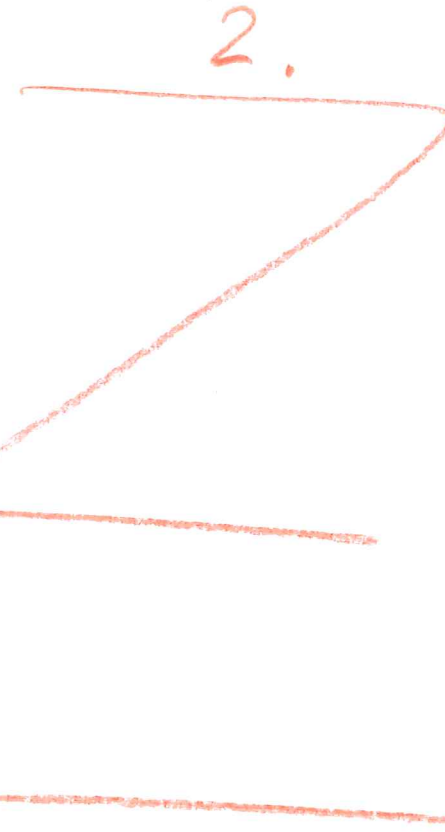
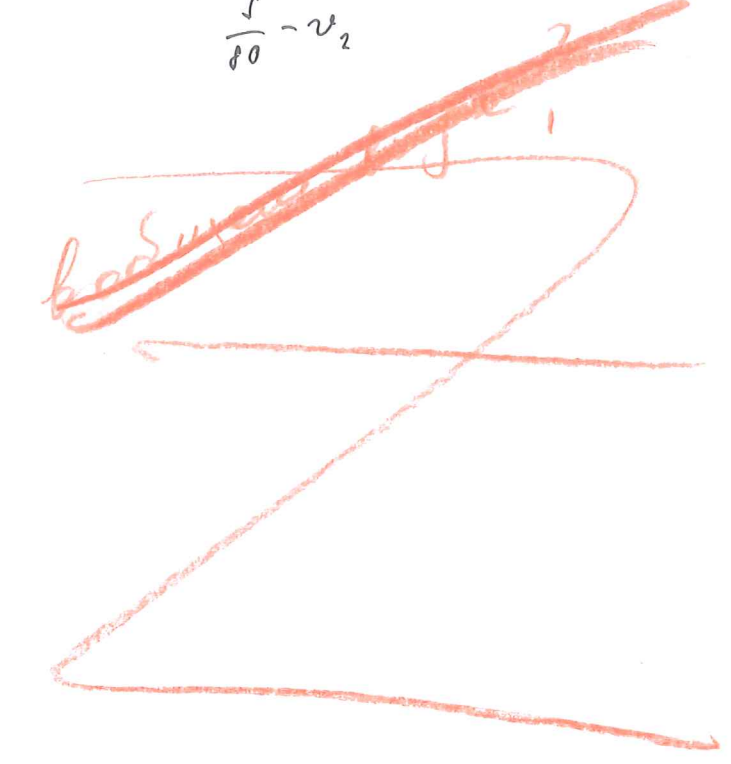
$$v_2 = \frac{S}{30}$$

Итого скорость их сближения в случае когда первая лодка развернулась.

$$\frac{S}{30} + \frac{S}{80} = \frac{8S}{240} + \frac{3S}{240} = \frac{11S}{240}$$

Время их встречи:

$$t = \frac{240}{11S} = \frac{240}{11} \approx 22 \text{ сек.}$$



Чистовик

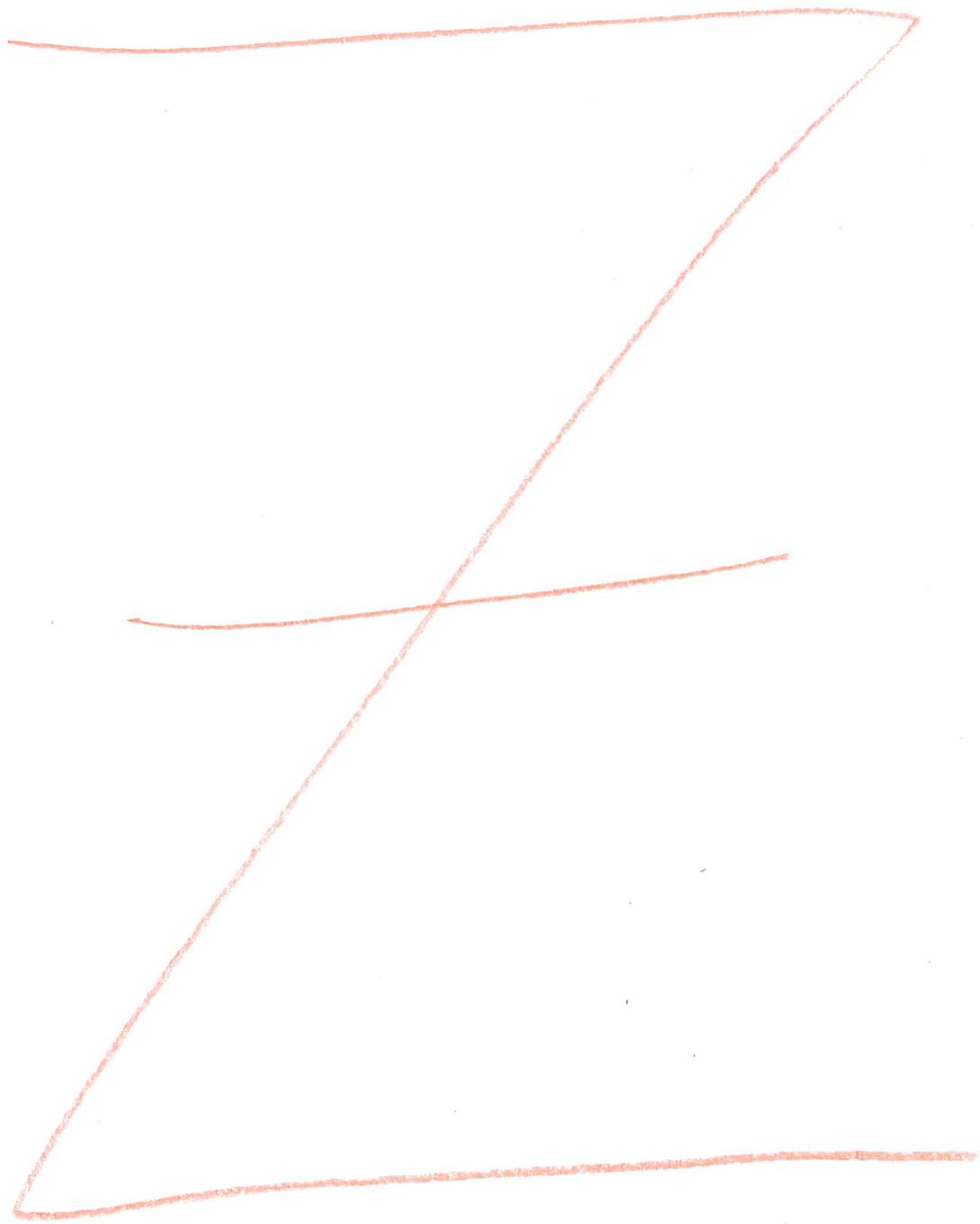
Задача 4

Ответ на вопрос: Сила тяжести, действующей на груз, равна  $2 \cdot 10 = 20 \text{ Н}$

П.к. стена вертикальна; а стержень 1 горизонтален, получается прямоугольный треугольник, тогда на ~~каждой~~ стержень действует  $\frac{20}{\sqrt{2}} \text{ Н}$ , а на второй - второй

$$20 - \frac{20}{\sqrt{2}} \approx 5,9 \text{ Н}$$

2



Чистовик

Задача 2

Ответ на вопрос: При нормальном атмосферном давлении температура мокрого снега равна нулю, т.к. шкала Цельсия привязана к точке кристаллизации воды при нормальном атмосферном давлении.

10,

Решение задачи:

Для начала составим уравнение теплового баланса для момента после закрытия первой порции, выразим массу через объём и плотность. При этом учтём, что т.к. порции застыли медленно, весь снег успеет растаять.

$$0,9 \times V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}} \lambda + 60 V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}} c = 40 \cdot 0,4 V_{\text{рв}}$$

где  $V_{\text{пор}}$  - объём одной порции,  $V$  - объём всего сосуда.

Составим уравнение для момента после закрытия второй порции.

$$0,9 \times V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}} \lambda + 40 V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}} c = 20 \cdot 0,4 V_{\text{рв}} + 20 \cdot V_{\text{пор}} \rho_{\text{в}} c$$

Сократим переменные в обоих уравнениях

$$\begin{cases} 0,9 \times V_{\text{пор}} \lambda + 60 V_{\text{пор}} c = 16 V_{\text{рв}} \\ 0,9 \times V_{\text{пор}} \lambda + 40 V_{\text{пор}} c = 8 V_{\text{рв}} + 20 V_{\text{пор}} c \end{cases}$$

$$16 V_{\text{рв}} = 8 V_{\text{рв}} + 20 V_{\text{пор}} c + 20 V_{\text{пор}} c$$

$$16 V_{\text{рв}} = 8 V_{\text{рв}} + 40 V_{\text{пор}} c$$

$$40 V_{\text{пор}} c = 8 V_{\text{рв}}$$

$$5 V_{\text{пор}} = V_{\text{рв}}$$

$$V_{\text{пор}} = 20\% V$$

Соответственно, объём порции относительно сосуда составляет 20%

$$0,18 \times V \lambda + 60 \cdot 0,2 V c = 16 V_{\text{рв}}$$

$$0,18 \times \lambda + 72 c = 16 c$$

$$0,18 \times \lambda = 4 c$$

$$60 \cdot 480 \times = 16 \cdot 800$$

78-75-19-34

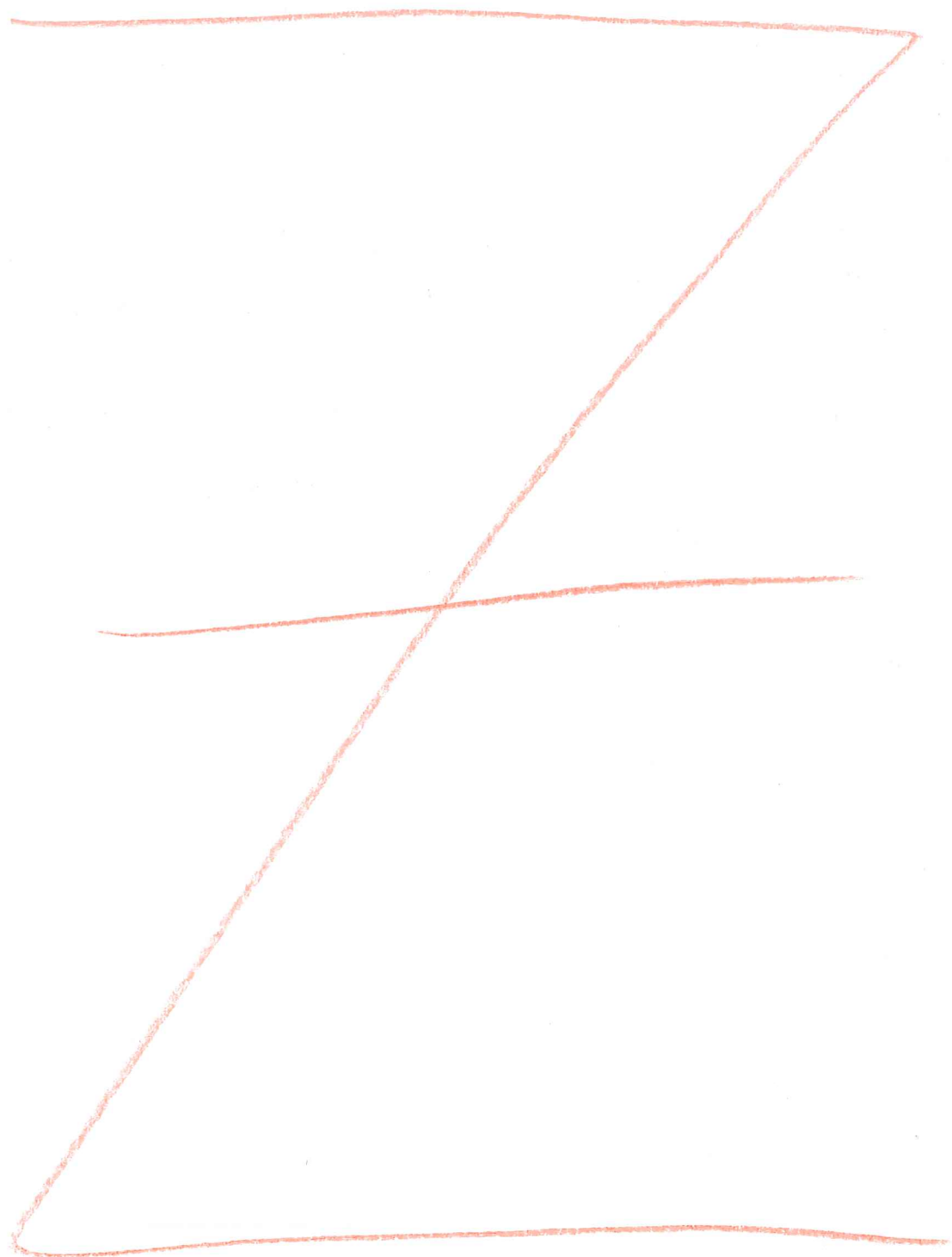
(188,2)

$$x = 0,2(7)$$

$$x \approx 27,8\% +$$

15,

При порции можно налить в сосуд, т.к. 40% сосуда занять кипятком, а остальные 60% вмещают в себя при порции равно. Но на самом деле после трёх порций останется запас, т.к. основной вес на 27,8% состоит из льда, плотность которого меньше плотности воды, и при таком объёме уменьшится.



Числовая

Задача 3

Ответ на вопрос: Запишем силу тяжести, действующую на груз груз:

$$0,9\rho(V - V_n)g$$

где  $V_n$  - объём поостей

Запишем силу Архимеда, действующую на груз

$$0,8Vg\rho$$

т.к. груз находится в равновесии то эти силы равны

$$0,8Vg\rho = 0,9\rho(V - V_n)g$$

$$0,8V = 0,9(V - V_n)$$

$$0,8V = 0,9V - 0,9V_n$$

$$0,09V = 0,9V_n$$

$$V_n = \frac{V}{10}$$

$$\text{т.к. } V = 450 \text{ мл}; V_n = 45 \text{ мл}$$

10

