

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Москва
город

Демонстр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по инженерным наукам
профиль олимпиады

Мельникова Станислава Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Работа сдана 15:07 (192)

Дата
«13» апреля 2024 года

Подпись участника
[Подпись]

18-68-24-95
(189.1)

№1.1.

Учетовик 1

Проба 1. $\overset{\text{моль}}{J_{\text{HCl}}} = c \cdot V = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5} = 3,8 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$

$J_{\text{HCl}} = J_{\text{OH}^-}$ в пробе (диссоциация HCl пренебрегаем)

J_{OH^-} в пробе = $3,8 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$

$[OH^-] = \frac{J}{V} = \frac{3,8 \cdot 10^{-8}}{0,1} = 3,8 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$

$100 \text{ мл} = 0,1 \text{ л}$

$pOH = -\lg[OH^-] \approx 6,5 \Rightarrow pH = 14 - pOH \approx 7,5$ + 5б

Проба 2: $J_{\text{NaOH}} = c \cdot V = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5} = 1,6 \cdot 10^{-8}$

$J_{\text{NaOH}} = J_{\text{H}^+}$ в пробе = $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$ (диссоц. HCl пренебрегаем)

~~J_{H^+}~~ $[H^+] = \frac{J}{V} = \frac{1,6 \cdot 10^{-8}}{0,1} = 1,6 \cdot 10^{-7}$

$pH = -\lg[H^+] \approx 6,5 - 6,9$ + 5б

Проба 3: $J_{\text{NaOH}} = c \cdot V = 79,4 \cdot 10^{-6}$

J_{H^+} в пробе = $79,4 \cdot 10^{-8}$

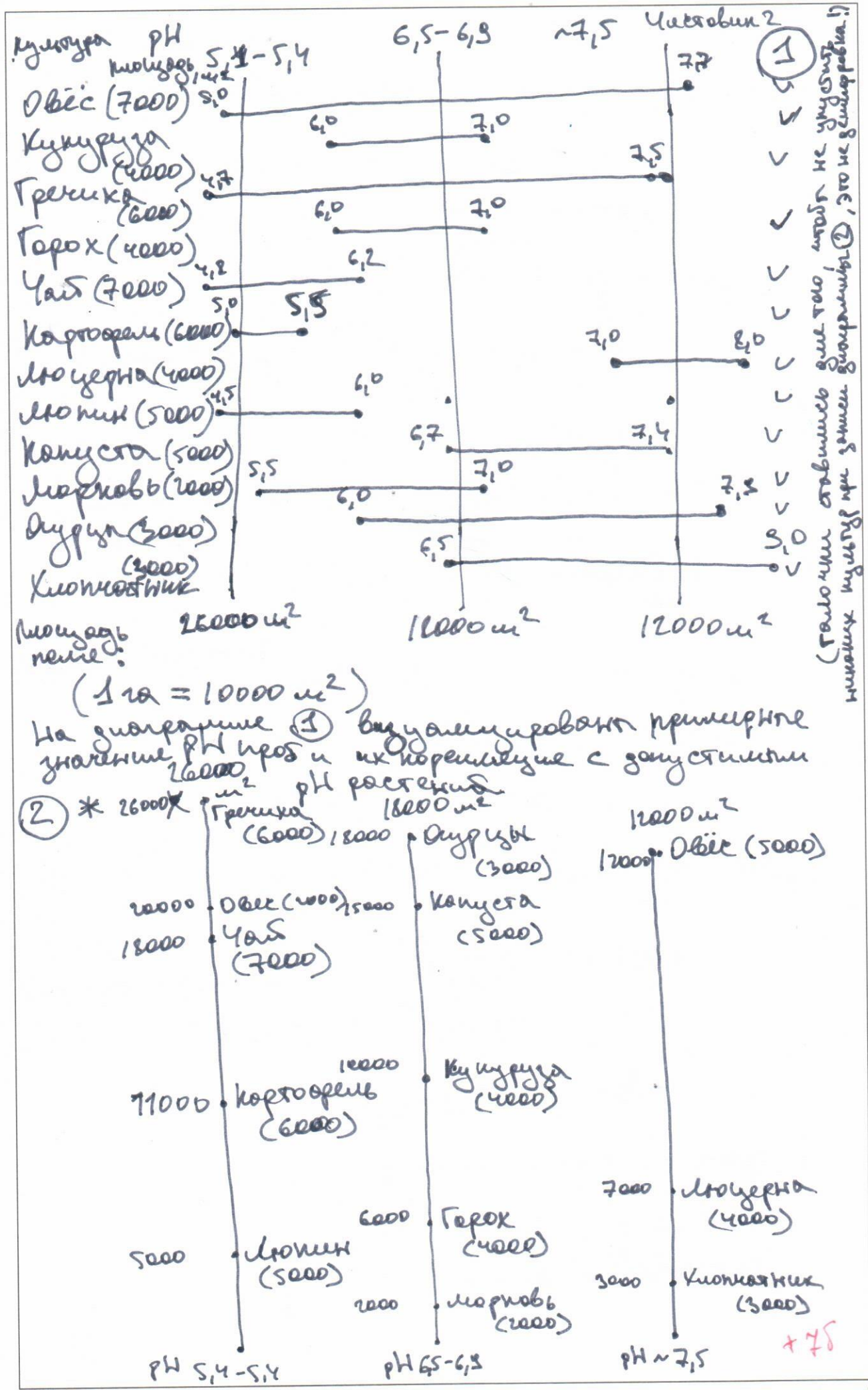
$[H^+] = \frac{J}{V} = 79,4 \cdot 10^{-7} = 7,94 \cdot 10^{-6}$ (диссоц. HCl пренебрегаем)

$pH = -\lg[H^+] = 5,1 - 5,4$ + 5б

Р-сумм нейтрализации:



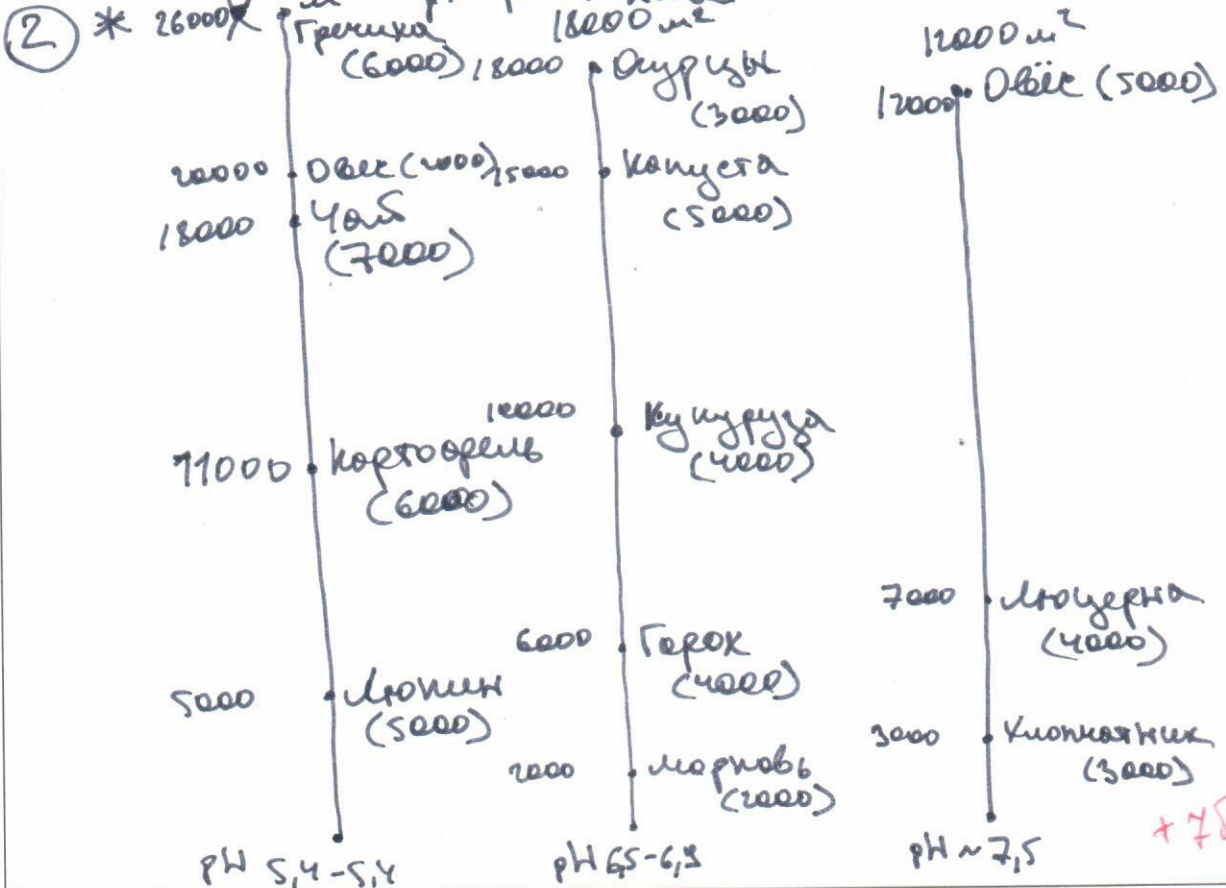
1.1	2.1	3.1	4.1	Σ
11	23	24	20	89
балл	вопросов	ответов	баллов	
воп.1	воп.2			



(Таблицы составлены в том порядке, какой не указан в таблице! ① - площадь, ② - урожай!)
 (Таблицы составлены по данным исследований!)

(1 га = 10000 м²)

На диаграмме ① визуализированы примерные значения рН прос и их корреляция с густотой посева



Цветаевкиз
Диаграмма ② дает ответ на вопрос об оптимальной посадке культур (сколько рассаживалось т.е. оптимальное значение pH было у нее)

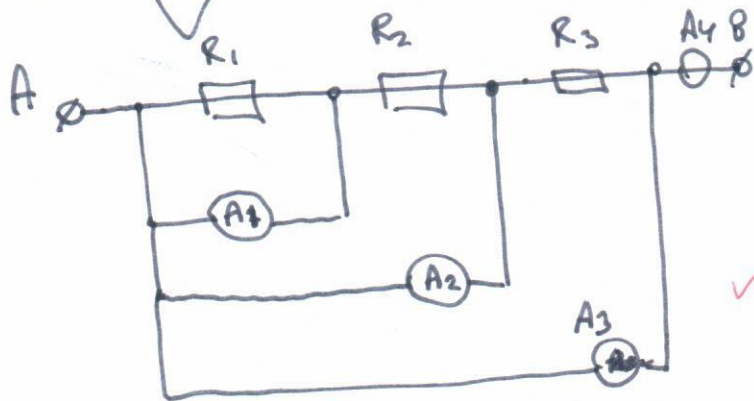
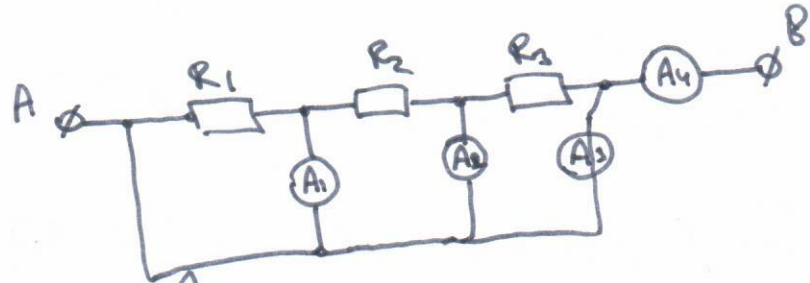
* масштаб не соблюден.

НЧ.1
Дано:

- $R_1 = 80 \text{ Ом}$
- $R_2 = 40 \text{ Ом}$
- $R_3 = 840 \text{ Ом}$
- $R_{A1} = 80 \text{ Ом}$
- $R_{A2} = 80 \text{ Ом}$
- $R_{A3} = 20 \text{ Ом}$
- $R_{A4} = 20 \text{ Ом}$
- $U_{AB} = 10,8 \text{ В}$

$R_{AB} = ?$ Найти:

- $I_{A1} = ?$
- $I_{A2} = ?$
- $I_{A3} = ?$
- $I_{A4} = ?$



✓ (+5)

$$\frac{1}{R_{1+A1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{A1}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$$

$R_1 + A_1$ - общ. сопр. $R_1 + A_1 = 4 \text{ Ом}$

$R_{1+A1+2} = R_{1+A1} + R_2 = 8 \text{ Ом}$ - общ. сопр. R_1, R_2, A_1

$$\frac{1}{R_{1+2+A1+A2}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$$

(Ом⁻¹) - Здесь и далее подстановка будет проводиться сразу, т.к. в общем виде 3-х посл. и паралл. элементов уже были предложены варианты.

$$\frac{1}{R_{1+2+A1+A2+A3}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{2} = \frac{5}{8} \text{ Ом}^{-1}$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{8}{5} + 2 = 1,6 + 2 = 3,6 \text{ Ом} \quad \checkmark (+10)$$

$$I_{\text{в цепи}} = I_{A4} = \frac{U_{AB}}{R_{\text{общ}}} = \frac{10,8}{3,6} = 3 \text{ А} \quad \checkmark$$

Исходные

$$\frac{I_{A3}}{I_{1+2+3+A1+A2}} = \frac{R_{1+2+3+A1+A2}}{R_{A3}} = \frac{8}{2} = 4$$

$$I_{A3} + I_{1+2+3+A1+A2} = I_{A4} = 3A$$

$$I_{A3} = 2,5A, \quad I_{1+2+3+A1+A2} = 0,5A$$

$$I_{A2} = I_{1+2+A1}, \quad \text{т.к. } R_{A2} = R_{1+A2}$$

$$I_{A2} = I_{1+2+3+A1+A2} \cdot 0,5 = 0,25A = I_{1+2+A1}$$

$$I_{A1} = I_1, \quad \text{т.к. } R_{A1} = R_1$$

$$I_{A1} = I_1 = I_{1+2+A1} \cdot 0,5 = 0,125A$$

Ответ: $R_{AB} = 3,6 \Omega$

ошибка
в расчетах
(-5)

$$I_{A4} = 3A \quad \checkmark (+2,5)$$

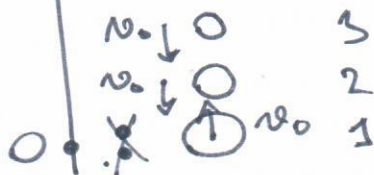
$$I_{A3} = 2,5A \quad -$$

$$I_{A2} = 0,25A \quad -$$

$$I_{A1} = 0,125A \quad -$$

н.п. н.п. н.п.

Ⓢ X ↑



Дано: $h = 1 \text{ м}$

$m_1 = 4 \text{ м}$

$m_2 = m$

$h = 1 \text{ м}$

$v_{\text{max}} = ?$

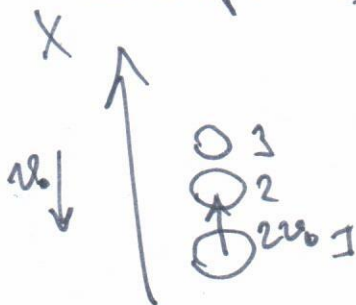
$m_2 \cdot v_{\text{max}} = ?$

- После упругого столкновения с землей шарик 1 движется навстречу шарикам 2 и 3 со скор. v_0

$v_0 = \sqrt{2gh}$ скорости шариков 2 и 3 также равны v_0 , т.к. поменьше их размера относительно

но n малы, можно считать, что они находятся на одной высоте, равной 0 \Rightarrow для них также справедливо $v_0 = \sqrt{2gh}$

Возьмем систему отсчета, связанную с маршиком 2 и 3 (внеи они покоятся, шарик 1 движется скор. $2v_0$, а система движется вниз со скор. v_0) (Условие 5)



Решим 3-НДСОХР-е энергии и импульса для столкновения шариков 1 и 2:

$$\begin{cases} 2m_1 v_0 = m_2 v_2 + m_1 v_1 \\ m_2 \frac{4m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{2} \end{cases}$$

m_1 - m шарика 1
 m_2 - m шарика 2
 v_2 - v шарика 2 после столкн.
 v_1 - v шарика 1 после столкн.

$$\begin{cases} m_1(2v_0 - v_1) = m_2 v_2 \\ m_1(4v_0^2 - v_1^2) = m_2 v_2^2 \end{cases} \rightarrow \frac{0}{0}$$

$$\begin{cases} v_2 = \frac{m_1}{m_2} (2v_0 - v_1) \\ \frac{m_1 (2v_0 - v_1)(2v_0 + v_1)}{m_1 (2v_0 - v_1)} = \frac{m_2 v_2^2}{m_1 v_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2v_0 + v_1 = v_2 \\ v_2 = \frac{m_1}{m_2} (2v_0 - v_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 2v_0 + v_1 = v_2 \\ 2v_0 - v_1 = \frac{m_2}{m_1} v_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 2v_0 + v_1 = v_2 \\ 4v_0 = v_2 \left(\frac{m_2 + m_1}{m_1} \right) \end{cases}$$

Аналогично для столкновения шариков 2 и 3:

$$2v_2 = v_3 \left(\frac{m_3}{m_2} + 1 \right)$$

v_3 - v шарика 3 после удара
 m_3 - масса шарика 3

* не $4v_2$, а $2v_2$, т.к. перед v_0 уже было еще v_0 шарика 2.

$$\begin{cases} 4v_0 = v_2 \left(\frac{m_2}{m_1} + 1 \right) \\ 2v_2 = v_3 \left(\frac{m_3}{m_2} + 1 \right) \end{cases}$$

$$4v_0 = \frac{v_3}{2} \left(\frac{m_2}{m_1} + 1 \right) \left(\frac{m_3}{m_2} + 1 \right)$$

↓

$$v_3 = \frac{8v_0}{\left(\frac{m_2}{m_1} + 1 \right) \left(\frac{m_3}{m_2} + 1 \right)}$$

И максимальна, когда v_3 максимален \rightarrow когда знаменатель минимален

$$F(m_2) = \left(\frac{m_2}{m_1} + 1 \right) \left(\frac{m_3}{m_2} + 1 \right) \xrightarrow{\text{min}} = \frac{m_3}{m_1} + 1 + \frac{m_2}{m_1} + \frac{m_3}{m_2}$$

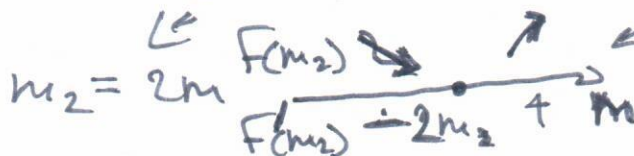
Возьмем производную по m_2 :

$$F'(m_2) = -\frac{m_3}{m_2^2} + \frac{1}{m_2} = 0$$

при равном нулю точка экстремума $F(m_2)$ (в данном случае минимума)

$$\frac{1}{m_1} = \frac{m_3}{m_2^2}$$

$$m_2^2 = m_1 m_3 = 4m \cdot m = 4m^2$$



$$v_3 = \frac{8v_0}{\left(\frac{2m}{m_1} + 1 \right) \left(\frac{m}{2m} + 1 \right)} = \frac{8v_0}{1,5^2}$$

скорость шарика 3 по оси x в с.о., ~~не связанной~~

связанной с землей, равна $v_4 = v_3 - v_0 =$

$$= \frac{8v_0}{1,5^2} - v_0 = v_0 \left(\frac{8}{1,5^2} - 1 \right) = v_0 \left(3 \frac{5}{9} - 1 \right) =$$

$$= v_0 \left(2 \frac{5}{9} \right) = v_0 \cdot \frac{23}{9} \quad v(+6)$$

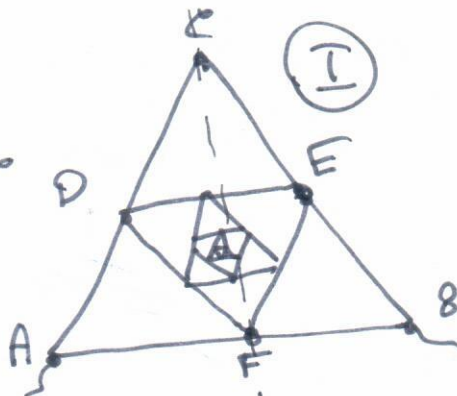
$$H = \frac{v^2}{2g} = \frac{v_0^2 \cdot \left(\frac{23}{9}\right)^2}{2g} = \frac{2gh \cdot \left(\frac{23}{9}\right)^2}{2g} \quad \text{Учитывая } \mu = 7$$

$$= h \cdot \left(\frac{23}{9}\right)^2 = 1 \cdot \frac{529}{81} = 6 \frac{43}{81} \text{ м.}$$

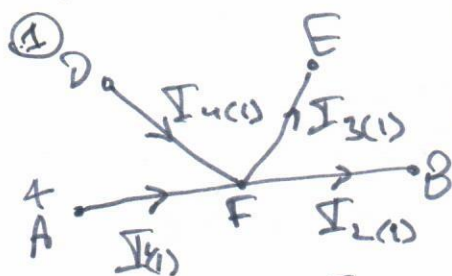
Ответ: $m_2 = 2m = 2m_3 = 0,5 \text{ м}$ ↙ в единицах массы нити

$H_{\text{max}} = 6 \frac{43}{81} \text{ м}$

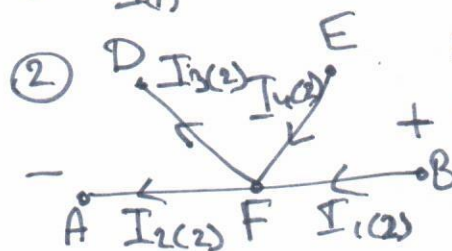
Дано: $N3.1$
 $a_1 = |AB| = 1 \text{ м}$
 $R(1 \text{ м}) = 1 \Omega \text{ м} = R$
 $R_{AB} = ?$ Найти:
 (защелки кресто R)



1. Контакты проводов в точке F можно пренебречь, т.к.:



Поскольку система симметрична относительно плоскости CF , то $I_3(1) = I_4(1) = I_4(2)$
 $I_1(1) = I_2(1)$



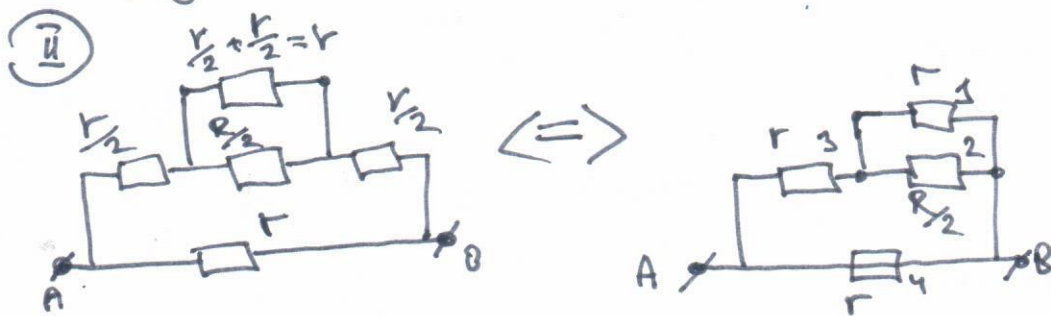
по той же причине при смене полюсов (при сохранении между E нулевым)

$$I_1(1) = I_1(2)$$

$$I_2(1) = I_2(2)$$

2. По свойству ф.у. подобия $I_3(1) = I_3(2)$
 $I_4(1) = I_4(2)$
 $R_{\text{собр-е}}$ треугольника, ограниченному DEF, равно половине общего сопротивления R

точно образом, схему (I) можно представить как: числовик 8



На схеме (II) провода не имеют сопротивления, их сопротивление представлено в виде резисторов.

$$\frac{1}{R_{1+2}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{R} = \frac{R+2r}{rR}$$

$$R_{1+2} = \frac{Rr}{R+2r} \quad R_{1+2+3} = \frac{Rr}{R+2r} + r =$$

$$= \frac{Rr + Rr + 2r^2}{R+2r} = \frac{2r(R+r)}{R+2r}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{R+2r}{2r(R+r)} + \frac{1}{r} = \frac{r(R+2r) + 2r(R+r)}{2r^2(R+r)} =$$

$$= \frac{R+2r + 2R+2r}{2r^2} = \frac{3R+4r}{2r^2}$$

$$2r+2r = 3R^2 + 4rR \quad \text{неизвестно } r = 1 \text{ Ом}$$

$$2R+2 = 3R^2 + 4R$$

$$3R^2 + 2R - 2 = 0 (*)$$

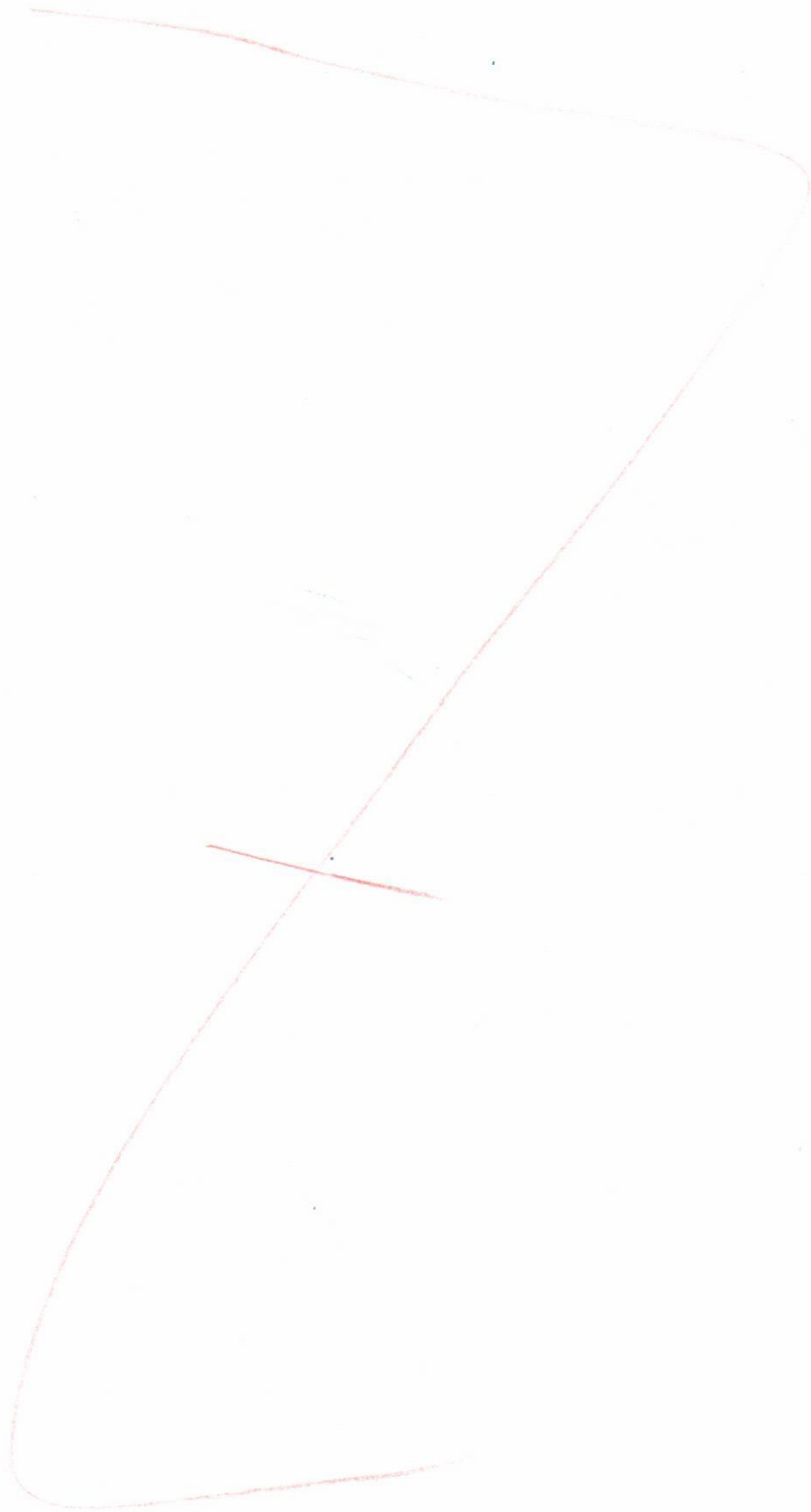
$$D = 4 + 24 = 28 = (2\sqrt{7})^2$$

$$\left[\begin{array}{l} R = \frac{2+2\sqrt{7}}{6} \\ R = \frac{2-2\sqrt{7}}{6} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{неправильно решено ур-е (*)} \\ < 0 \Rightarrow \text{неверно, } R \geq 0 \end{array} \right.$$

Ответ:

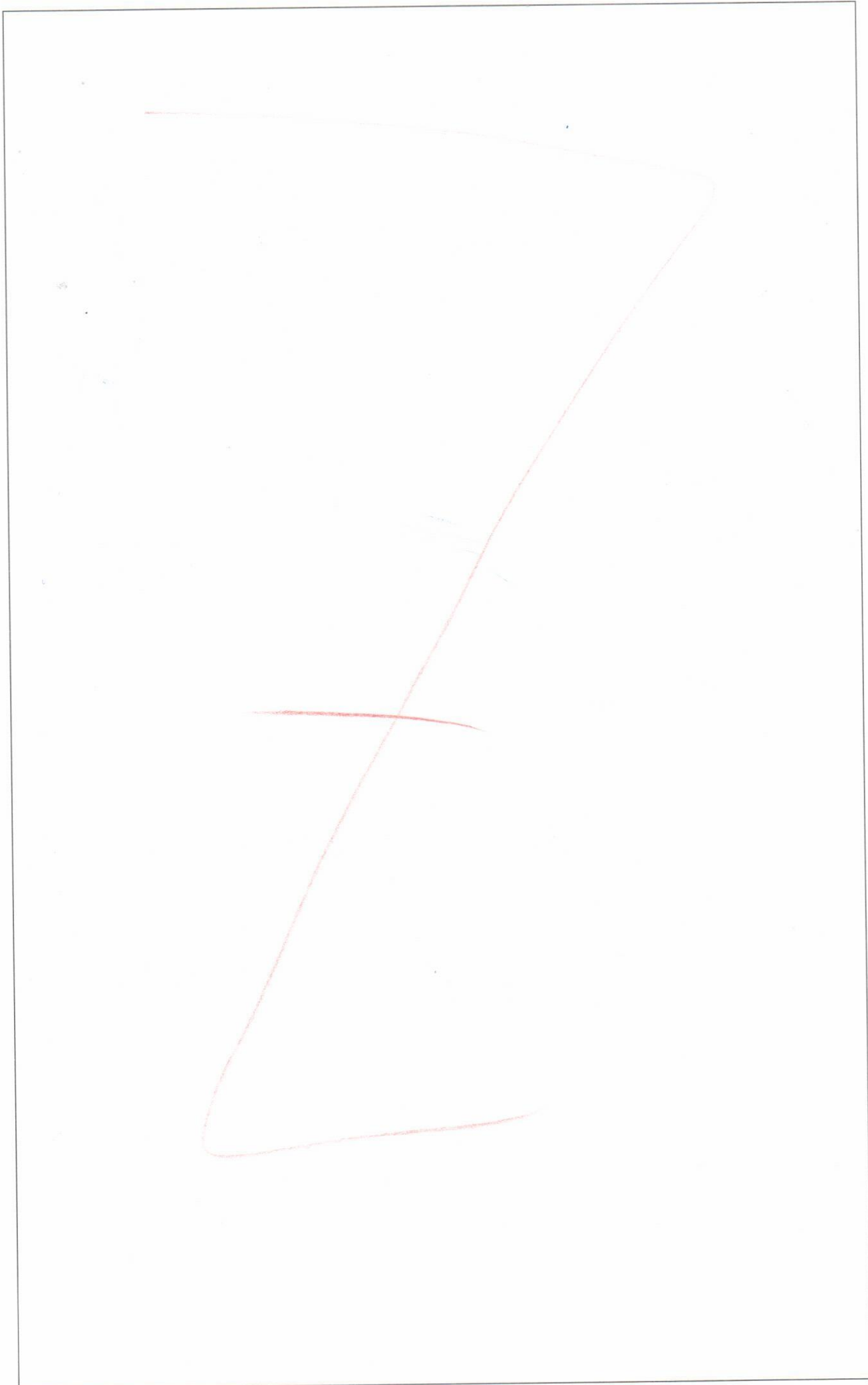
$$R_{AB} = R = \frac{1+\sqrt{7}}{3} \text{ Ом}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

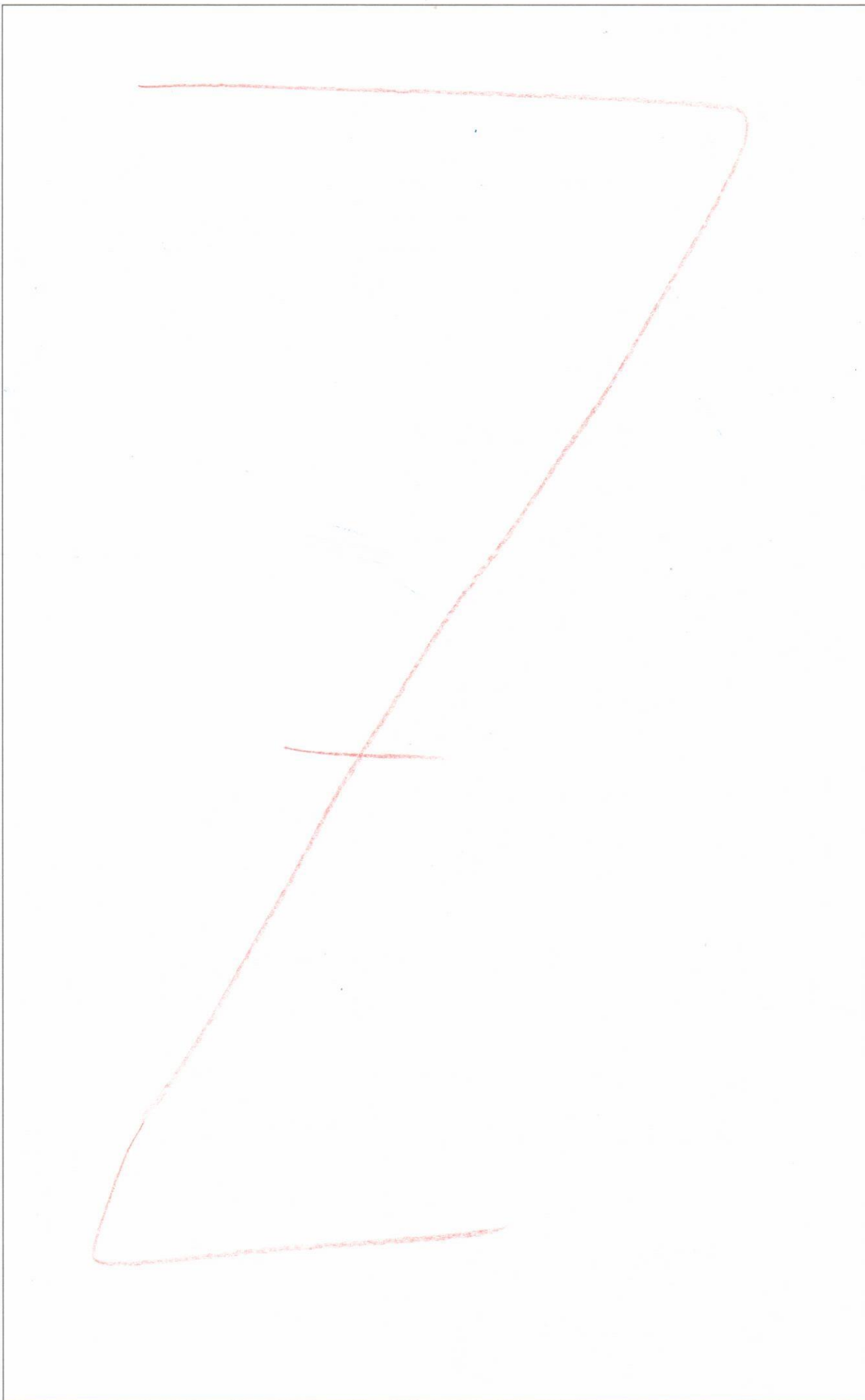


Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!



Черновик

$$v_1 =$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} 2v_0 - \frac{m_1}{m_2} v_1$$

$$v_1 = \frac{m_1 m_2 2v_0}{2 \frac{m_1}{m_2} v_0 - v_2} \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

~~$$2v_0 - v_2 = v_1$$~~

$$v_2 - 2v_0 = v_1$$

$$\frac{2v_0 m_1 - m_2 v_2}{m_1} = v_1$$

$$v_2 = \frac{v_3}{2} \frac{2v_0 m_1 - m_2 v_2}{\left(\frac{m_2}{m_3} + 1\right) m_1} = v_2 - v_0$$

~~$$v_0 = \frac{v_3}{2} \frac{(m_2 + 1)(m_3 + 1)}{m_3 m_1} 2v_0$$~~

$$v_3 = \frac{2v_0}{\left(\frac{m_2}{m_3} + 1\right) \left(\frac{m_3}{m_1} + 1\right)}$$

$$\frac{v_2 m_2 - m_3 v_3}{m_2} = v_3 - v_2$$

$$\frac{2v_0 m_1 - m_2 v_2}{m_1} + \frac{v_2 m_2 - m_3 v_3}{m_2} = v_3 - v_0$$

$$2v_0 m_1 m_2 - m_2^2 v_2 + \left(\frac{m_2}{m_1} v_2 - \frac{m_3}{m_2} v_3 \right) m_2 = v_3 m_2 - v_0 m_2$$

$$2v_0 + v_1 = v_2$$

$$4v_0 = v_2 \left(\frac{m_2}{m_1} + 1 \right)$$

23
23
68
46
523

528 | 81
486 | 643
43 81

81
6
486

800 | 225
675 | 3
125

125 = 5/3
225