



21-58-43-40

(83.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по инженерным наукам
профиль олимпиады

Мещериновой Анны Георгиевны

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Выход 12:48 А.С.
Возврат 12:54 А.С.

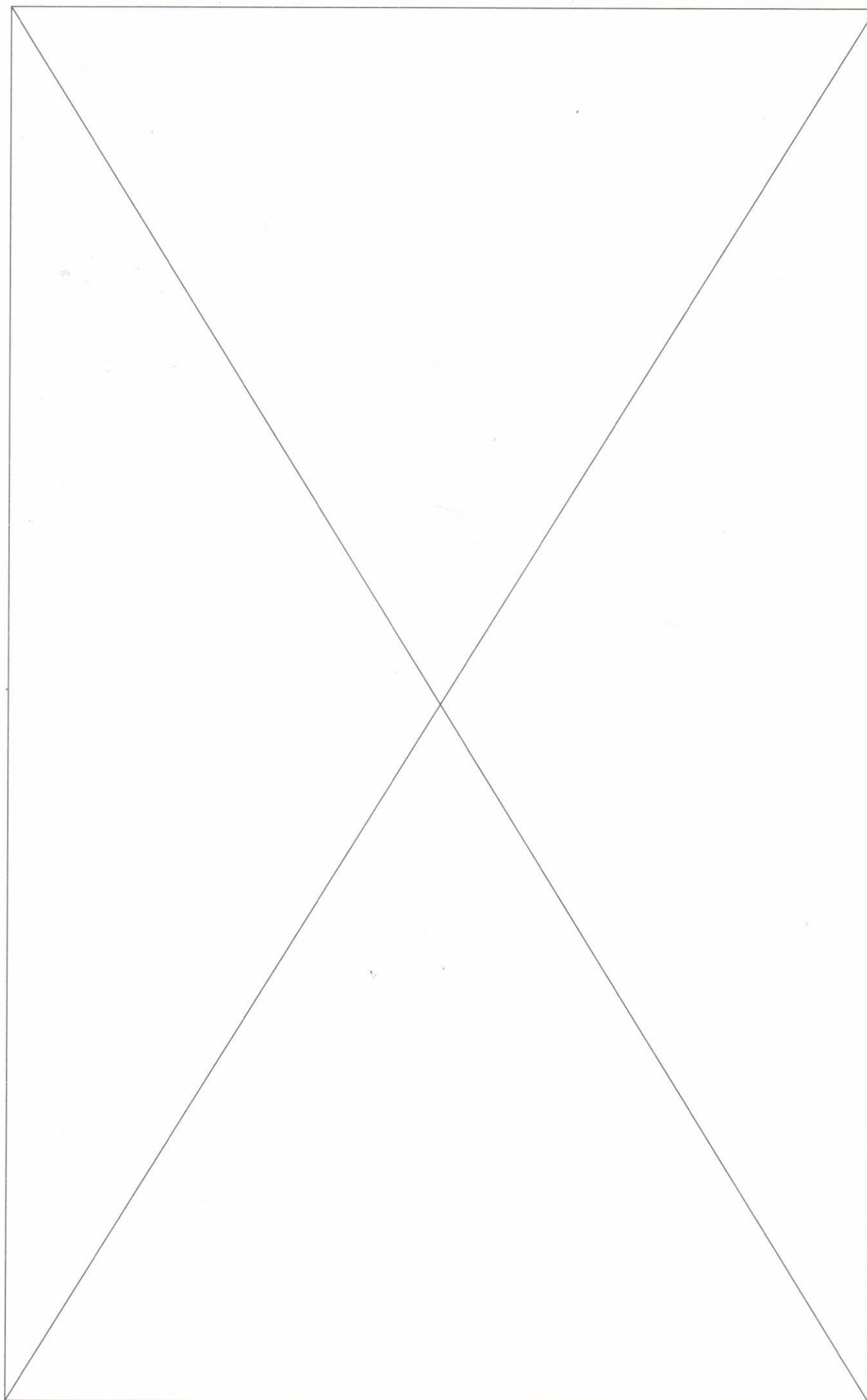
работа сусана 14:12 А.С.

Дата

«22» марта 2025 года

Подпись участника

[Подпись]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

21-58-43-40

(83.1)

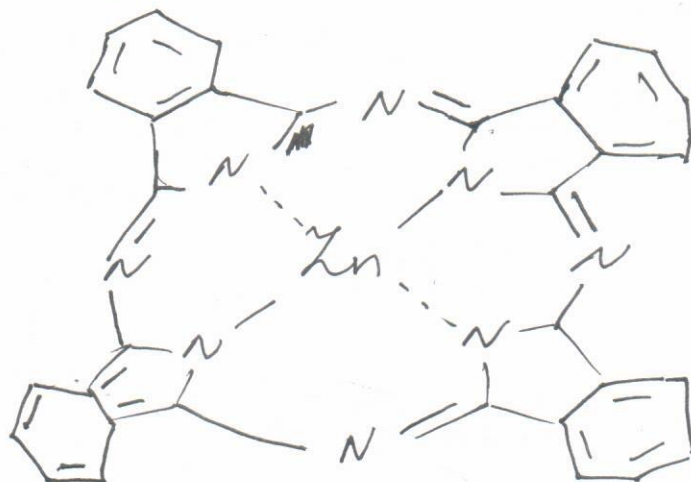
Истовик

25 баллов

почти правильная формула!

Задача 1

рассет выполнен с округлением, но все сделано правильно!
структурная ф-ла красителя:



- фталоцианин Zn

известно, что соединения получают из динитрила орто-соединения к-ты:

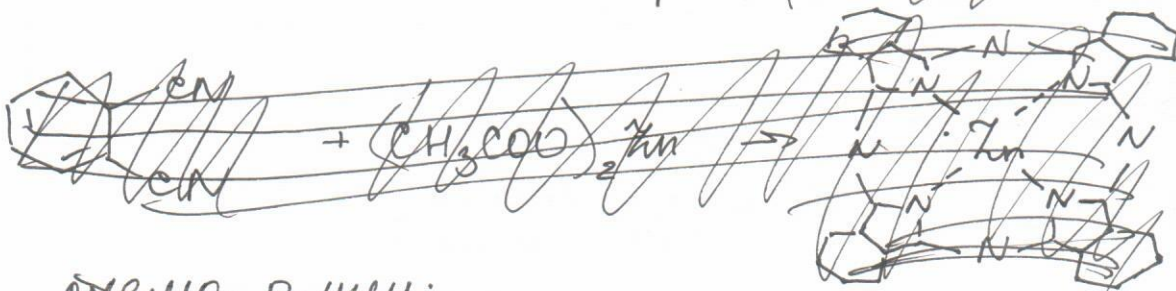
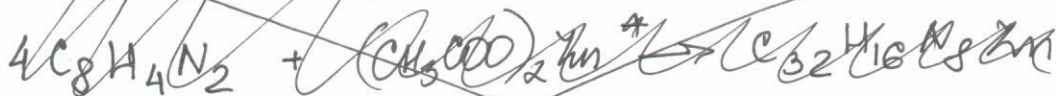


схема р-учи:



$$n(C_{32}H_{16}N_8Zn) = \frac{47}{567 \text{ г/моль}} \approx 0,007 \text{ моль}$$

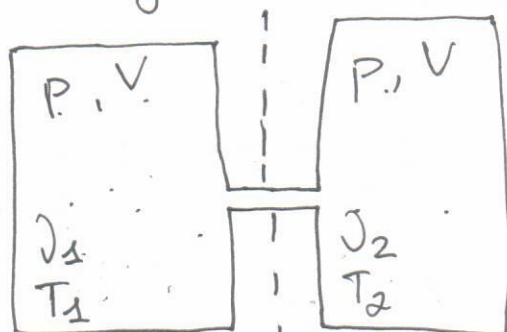
$$n(C_8H_4N_2) = 4 \cdot n(C_{32}H_{16}N_8Zn) = 4 \cdot 0,007 \text{ моль} = 0,028 \text{ моль}$$

см. продолжение решения на листе 6 (истовик)

1

Задача 2

после изменения температуры в сосудах



обозначим:

T — температура
в сосудах до
помещения
в термостаты

J — кол-во в-ва
изначально
в каждом
сосуде

↑
тот, который
охлаждали

← тот,
который
нагревали;

(тк сосуды
соединены
трубкой)

замечим, что $J_1 > J_2$ давление ~~и~~ и объем
остаются постоянными

↑
(тк стенки
сосудов
жесткие)

запишем ур-е состояния ид. газа для:

$P \cdot V = J R T$ — ^{газа} в системе из двух сосудов
и трубки до изм. T

$P V = J_1 R T_1$ — ~~охла~~ газа в сосуде, который
охлаждали

$P V = J_2 R T_2$ — газа в сосуде, который
нагревали

$$\hookrightarrow J R T = J_1 R T_1 = J_2 R T_2 ; \boxed{J T = J_1 T_1 = J_2 T_2}$$

✶ ур-е теплового баланса : $Q_{отд} = Q_{пол.}$

$Q = \Delta U + A \rightarrow 0$, тк расширение сосуда
не происх. $\Delta V = 0$; $A = 0$

$\Delta U_1 = \Delta U_2$; тк гелий — одноатомн.

$$\frac{3}{2} J \Delta J_1 R \Delta T_1 = \frac{3}{2} J \Delta J_2 R \Delta T_2$$

$\hookrightarrow \Delta J_1 \Delta T_1 = \Delta J_2 \Delta T_2$; обозначим
величину, на которую изм. температура
 ΔT ; ~~в~~ изм. кол-во в-ва : ΔJ

(2)

~~тогда получаем, что~~ ^{чистовик} тогда заменяем,
 ~~$\Delta T = (T + \Delta T) - (T - \Delta T)$~~ что изменение

$$\frac{\Delta \nu_1}{\Delta \nu_2} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}; \quad \frac{(T + \Delta T)}{(T - \Delta T)} = \frac{(T + \Delta T)}{(T - \Delta T)}$$

~~$\Delta \nu_1 = \Delta \nu_2$~~

применим численные значения, приведенные в задаче:

$$10^\circ\text{C} = 283\text{K}$$

$$30^\circ\text{C} = 363\text{K}$$

$$+ \begin{cases} T - \Delta T = 283 \\ T + \Delta T = 363 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2T = 646 \\ T = 323(\text{K}) \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{(начальная} \\ \text{температура} \\ 40^\circ\text{C)} \end{matrix}$$

~~начальная~~

$$\begin{cases} \frac{T + \Delta T}{T - \Delta T} = \frac{363}{283} \end{cases}$$

$$(T + \Delta T) - (T - \Delta T) = 0,7$$

$$\begin{cases} \frac{T + \Delta T}{T - \Delta T} = \frac{363}{283} \end{cases}$$

$$2\Delta T = 0,7 \rightarrow \Delta T = 0,35$$

$$\frac{T + 0,35}{T - 0,35} = \frac{363}{283}$$

$$(T + 0,35) \cdot 283 = (T - 0,35) \cdot 363$$

$$283T + 99 = 363T - 307$$

$$363T - 283T = 99 + 307$$

$$80T = 406$$

$$T = \frac{406}{80}$$

$$T \approx 5 \text{ (моль)}$$

арифметическая ошибка

$$\nu_1 = 5 + 0,35 = 5,35 \text{ (моль)}$$

$$\nu_2 = 5 - 0,35 = 4,65 \text{ (моль)}$$

ответ: 5,35; 4,65

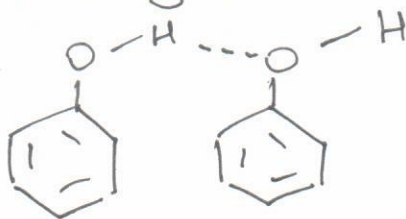
Задача 3)

Чистовик

Б) почему фенолы димеризуются в р-ре бромформа?

ответ: рассмотрим такой раствор для фенола. в нем фенолы, содержащие -ОН группу, могут образовывать водородные связи, причём только друг с другом, не вступая в аналогичное взаимодействие с р-ритмом (CHBr₃ не будет образовывать с фенолом водородных св.)

механизм димеризации фенола в р-ре CHBr₃:

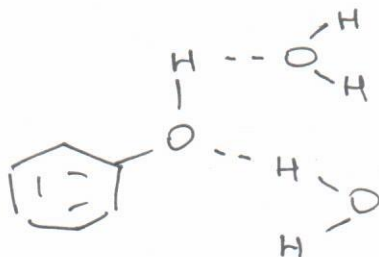


В) почему фенолы практически не образуют димеров в водных р-рах?

ответ: в пункте Б уже было сказано о том, что фенол может образовывать водородные связи в р-ре. как и вода!

и поскольку в данном случае именно она выступает в качестве растворителя, фенолу будет ~~а~~ проще ~~вступит~~ вступить во взаимодействие со сравнительно небольшой молекулой воды.

механизм ~~димеризации~~ образования водородных связей в водном р-ре фенола:



(4)

А) ~~Дано:~~

будем обозначать хлорфенол, как ХФ
 димер хлорфенола, как ΔХФ

Дано:

$$m(\text{ХФ}) = 15 \text{ г}$$

$$m(\text{CHBr}_3) = 250 \text{ г}$$

$$\Delta T = 0,84 \text{ К}$$

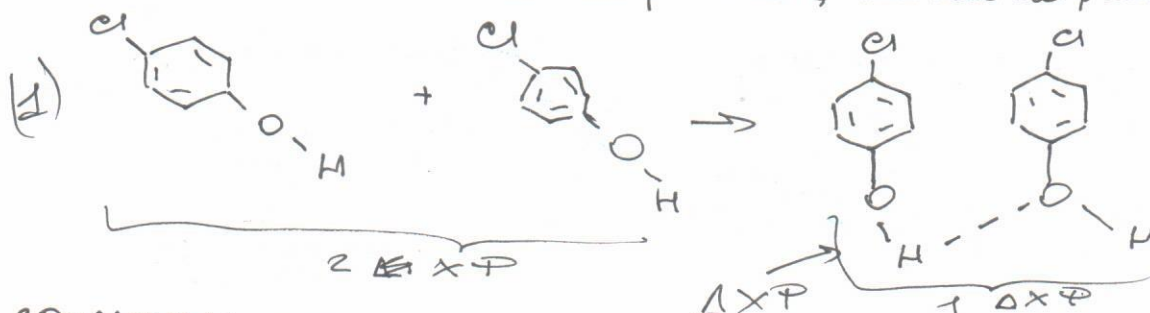
$$K_f(\text{CHBr}_3) = 22,5 \text{ К} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M(\text{ХФ}) = 128,56 \text{ г/моль}$$

$$x(\text{ХФ}), y(\Delta\text{ХФ}) - ?$$

при растворении ХФ
 в р-ре CHBr_3 , как было
 описано в пункте Б,
 будет образовываться некоторое
 количество ΔХФ:

(допустим, что фенол содержит
 хлор в пара-положении,
 поскольку далее это не повлияет
 ни на расчеты, ни на ход решения)



заметьте при этом, что молекулярная
 масса ΔХФ ровно в два раза ~~не~~ больше,
 чем молекулярная масса самого ХФ:

$$M(\Delta\text{ХФ}) = 2M(\text{ХФ}) = 2 \cdot 128,56 \text{ г/моль} = 257,12 \text{ г/моль}$$

рассчитаем изначальное кол-во в-ва ХФ:

$$n(\text{ХФ}) = \frac{m(\text{ХФ})}{M(\text{ХФ})} = \frac{15 \text{ г}}{128,56 \text{ г/моль}} = 0,012 \text{ моль}$$

обозначим кол-во образовавшегося ΔХФ за x , тогда кол-во оставшегося в р-ре

$$\text{ХФ} - (0,012 - 2x) \text{ моль} \quad (\text{по ур-ию (1)})$$

рассчитаем молярность m полученного
 р-ра:

$$\Delta T = K_f \cdot m \rightarrow m = \frac{\Delta T}{K_f}$$

$$m = \frac{0,84 \text{ К}}{22,5 \text{ К} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 0,037 \text{ моль} - \text{молярность р-ра}$$

(5)

составили ур-е:



15 баллов

$$0,037 \text{ моль} - 1000 \text{ г СНВг}_3$$

$$n \text{ моль} - 250 \text{ г СНВг}_3$$

$$n \approx \frac{0,037 \times 250}{1000} = \frac{0,037}{4} \approx 0,009 \text{ (моль)}$$

составили ур-е:

$$x + (0,012 - 2x) = 0,009$$

$$-x = -0,003$$

$$x = 0,003 \text{ (моль)} - \text{количество в-ва } \Delta\text{ХФ}$$

$$0,012 - 2 \cdot 0,003 = 0,012 - 0,006 = 0,006 - \text{количество в-ва ХФ}$$

$$\Sigma n = 0,003 + 0,006 = 0,009 \text{ моль}$$

$$y(\Delta\text{ХФ}) = \frac{0,003 \cdot 100\%}{0,009} = 33,3\% \leftarrow \text{мольная доля диметра}$$

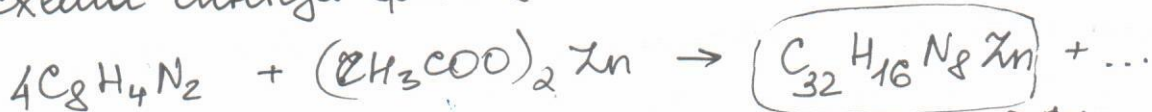
$$y(\text{ХФ}) = \frac{0,006 \cdot 100\%}{0,009} = 66,7\% \leftarrow \text{мольная доля мономера}$$

↑
ответ: ~~66,7%~~ 66,7%; 33,3%.

Задача 1

продолжение

схема синтеза фталацианина Zn из динитрила:



$$m_{\text{теор}}(\text{PcZn}) = \frac{m_{\text{прак}}(\text{PcZn})}{2} = \frac{4 \text{ г}}{0,73} = 5,48 \text{ г}$$

$$n_{\text{теор}}(\text{PcZn}) = \frac{5,48 \text{ г}}{577 \text{ г/моль}} \approx 0,01 \text{ моль}$$

$$M(\text{PcZn}) = 32 \cdot 12 + 16 + 14 \cdot 8 + 65 = 577 \text{ г/моль}$$

$$n_{\text{теор}}(\text{Zn}) = n_{\text{теор}}(\text{PcZn}) = 0,01 \text{ моль}$$

$$n_{\text{теор}}(\text{C}_8\text{H}_4\text{N}_2) = 4 \cdot n_{\text{теор}}(\text{PcZn}) = 0,04 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_8\text{H}_4\text{N}_2) = 0,04 \text{ моль} \cdot 128 \text{ г/моль} = 5,12 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}) = 0,01 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 0,65 \text{ г}$$

6

ответ: 0,65 г Zn,

(источник)

и 5,12 г динитрила орто-фталевой кислоты

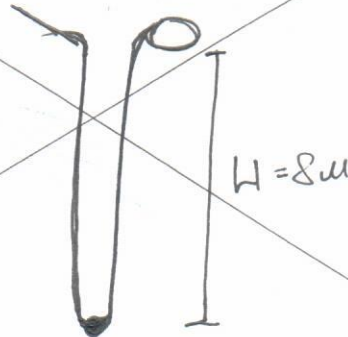
(на случай если речь идет о синтезе из ортофталевой кислоты, то он будет проходить в две стадии на первой будем считать, что синтезируем динитрит действием азидида на кислоту; тогда $n(\text{к-ты}) = n(\text{динитрила})$ со 100% вых.)

$$m(\text{к-ты}) = n \cdot M = 0,04 \text{ моль} \cdot \frac{168}{6,72} \text{ г/моль} = 1,0 \text{ г}$$

Задача 4

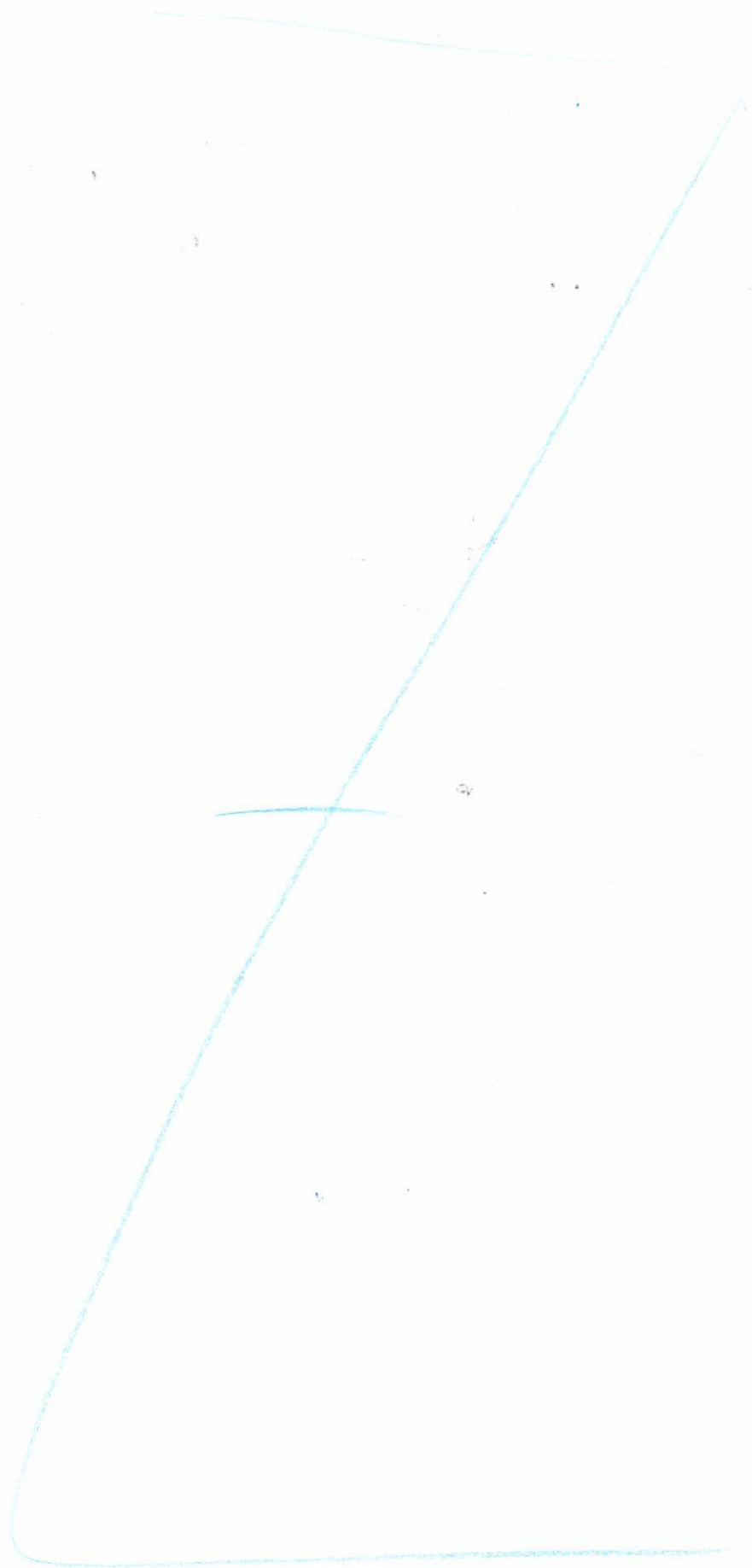
Дано:
 $H = 8 \text{ м}$
 $\gamma = 1 \text{ с}$
 $\mu(\text{одного метра цепи}) = 0,2 \text{ кг/м}$
 $T = ?$

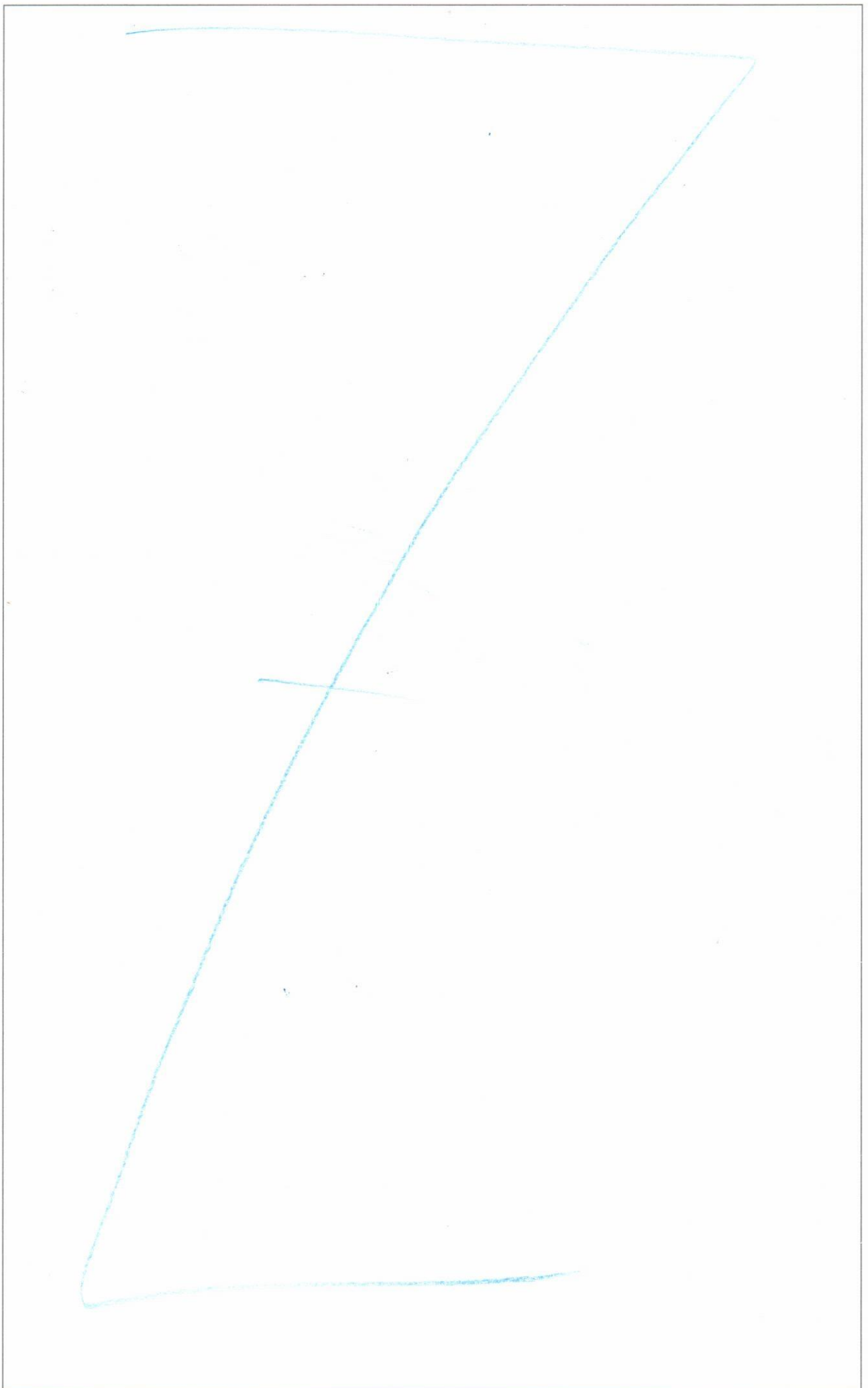
длина всей цепи - $2H = 16 \text{ м}$

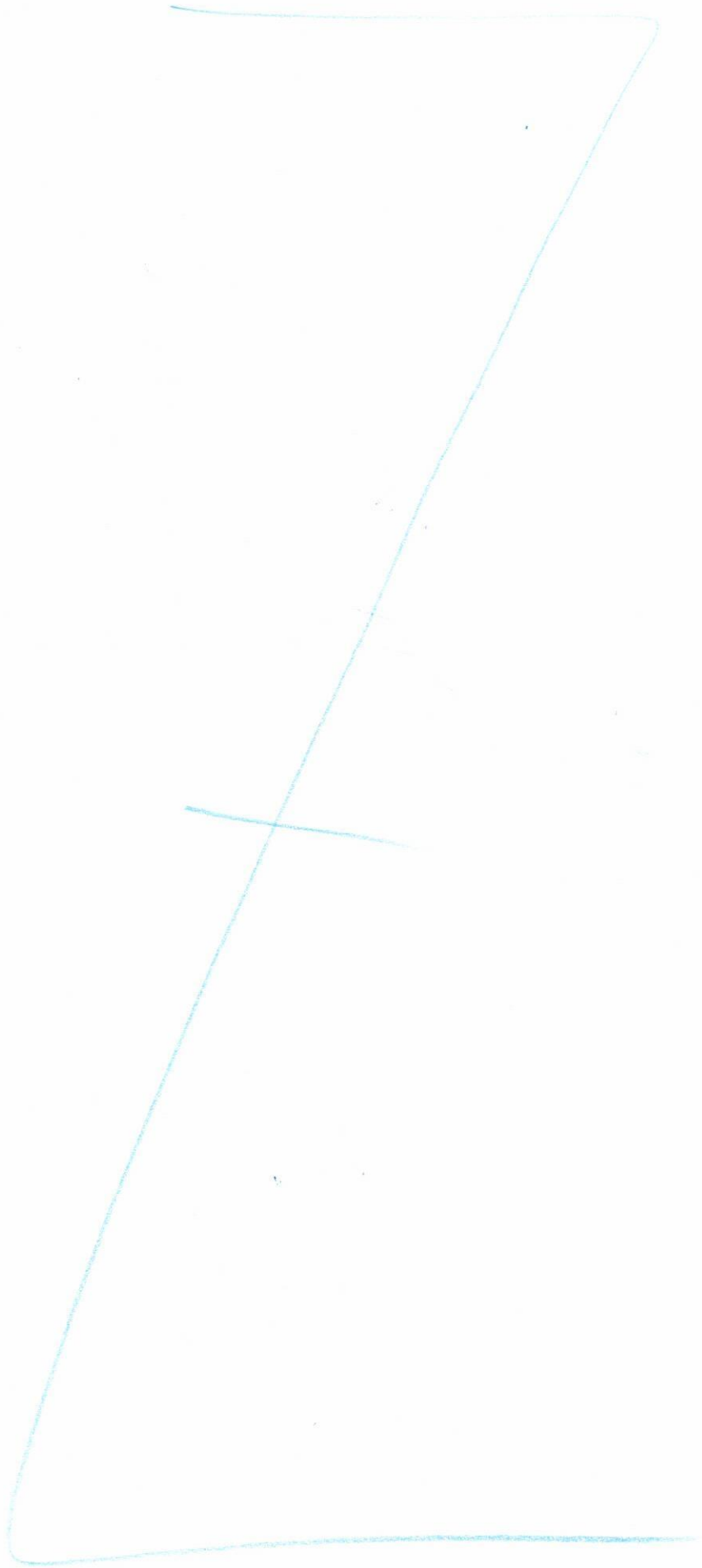


~~и все то же, как~~

все вычисления - см. черновик







Черновик

084

22,50

$$\begin{array}{r} 1,5000 \\ - 128,56 \\ \hline 21440 \\ - 12856 \\ \hline 85840 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 128,56 \\ \hline 0,011 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8400 \\ - 6750 \\ \hline 1650 \end{array}$$

~~511~~

0,012

$$\begin{array}{r} 2250 \\ \times 2 \\ \hline 4400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 128,56 \\ 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1322 \\ \times 128,56 \\ \hline 51124 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,840000 \\ - 6750 \\ \hline 16500 \\ - 15750 \\ \hline 7500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 73 \\ 5 \\ \hline 365 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1423 \\ \times 128,56 \\ \hline 64280 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 32 \\ 12 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 400 \\ - 365 \\ \hline 35 \end{array}$$

2x 2000 x 2000
2xP → 1xP

$$\begin{array}{r} 32 \\ 384 \\ + 16 \\ \hline 390 \\ + 112 \\ \hline 502 \\ + 65 \\ \hline 567 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 400 \\ - 365 \\ \hline 35 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2250 \\ \times 5 \\ \hline 11250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 54800 \\ \times 2250 \\ \hline 1233000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2250 \\ \times 3 \\ \hline 6750 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4000 \\ - 3969 \\ \hline 31 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2250 \\ \times 4 \\ \hline 9000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 567 \\ \hline 1701 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 567 \\ \hline 3969 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 12 \\ \hline 384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 400 \\ + 112 \\ \hline 512 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2250 \\ \times 6 \\ \hline 13500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2250 \\ \times 7 \\ \hline 15750 \end{array}$$

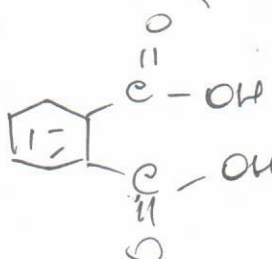
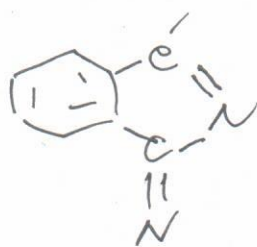
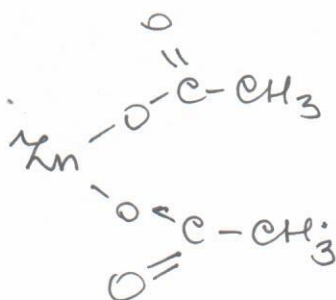
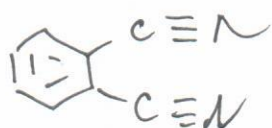
1,50

128,56
0,012

Мерновик

4 1
283
x 0,35
1415
849

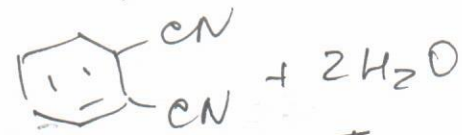
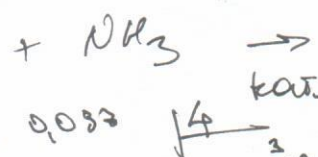
2 3
1 88
x 0,04
672



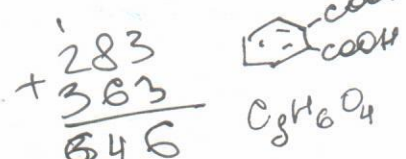
x 128
96
+ 4
100

4 1
283
x 0,35
1415
849

3 1
383
x 0,35
1815
2889
30705



$$\Delta D_1 \Delta T_1 = \Delta D_2 \Delta T_2$$



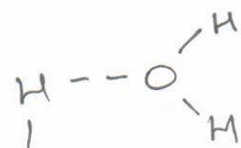
$$\frac{\Delta D_1}{\Delta T_1} = \frac{\Delta D_2}{\Delta T_2}$$

$$\frac{\Delta D_1}{\Delta D_2} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

646 | 2
323

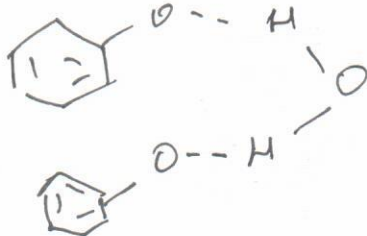
2 59
x 0,04
18,16

1000
273
+ 30
303



x 0,037
250
1850
+ 674

1 1
307
99
406

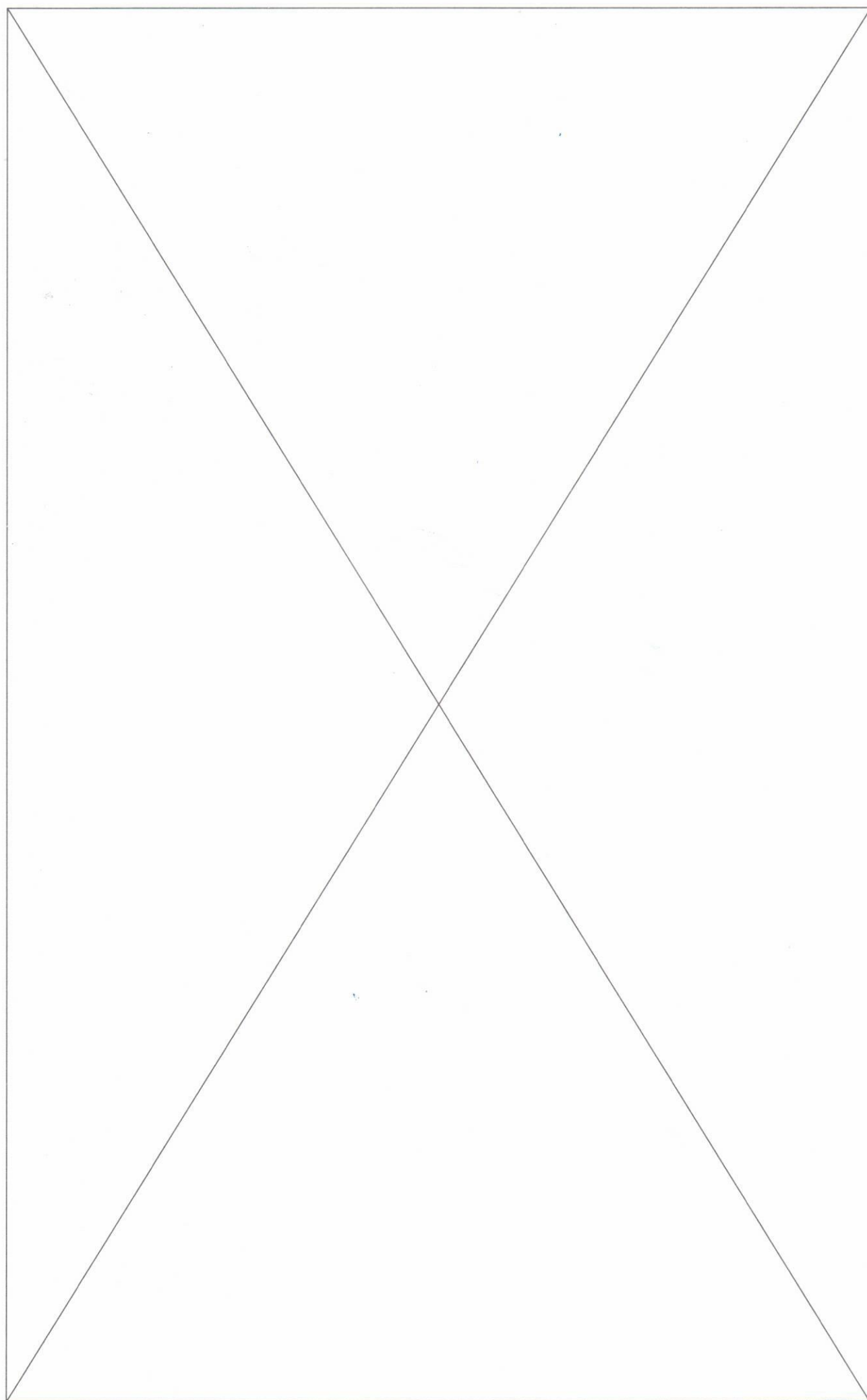


406,258
- 400
60

1 1 1
x 128,56
2 2 + 64
257,12 168

+ 80
5
400

+ 28
28
56



Выполнять задания на титульном листе запрещается!