



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант \_\_\_\_\_

Место проведения Москва  
город

*сдал 19.10.16*

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“  
наименование олимпиады

по высоким технологиям  
профиль олимпиады

Созановича Юрий Сергеевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«13» марта 2026 года

Подпись участника  
*Юрий*

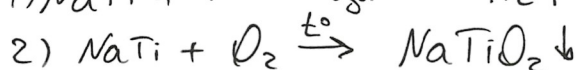
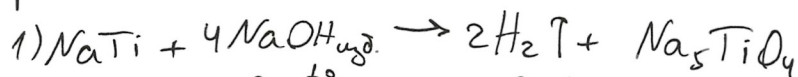
Чистовик.

№1.

забыли про аллотропность

Т.к. сплав не образует твердого остатка при реакции с  $\text{NaOH}$ , то металлы в этом сплаве не должны иметь нерастворимые гидроксиды, например  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  или  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Поэтому из 3-го и 4-го периодов подходят только  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Sc}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Be}$ . Из этих 9 элементов только  $\text{Na}$  из 3-го периода  $\Rightarrow$  в сплаве есть  $\text{Na}$ . Т.к. при горении сплава образуется твердый остаток, то оксиды металлов г.б. твердыми  $\Rightarrow$  из оставшихся 8-ми элементов подходит только  $\text{Ti}$ . Тогда сплав будет  $\text{NaTi}$ . Заменим

реакции:



Проверим расчетами. В 1-ой реакции выделилось 7,95 л газа  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow n(\text{H}_2) = \frac{7,95\text{ л}}{V_m} = \frac{7,95\text{ л}}{22,4\text{ л/моль}} = 0,355\text{ моль}$ . Молярная масса

$\text{NaTi}$  —  $M(\text{NaTi}) = 23 + 48 = 71\text{ г/моль}$ , а его масса  $m(\text{NaTi}) = 12,5\text{ г}$   $\Rightarrow$

$\Rightarrow n(\text{NaTi}) = \frac{m(\text{NaTi})}{M(\text{NaTi})} = 0,176\text{ моль}$   $\Rightarrow$  что в 2 раза меньше  $n(\text{H}_2)$ .

Во 2-ой реакции выделилось  $m(\text{NaTiO}_2) = 18,18\text{ г}$  твердого остатка  $\Rightarrow n(\text{NaTiO}_2) = \frac{m(\text{NaTiO}_2)}{M(\text{NaTiO}_2)} = \frac{18,18}{23 + 48 + 2 \cdot 16} = 0,177\text{ моль}$ , что

примерно равно  $n(\text{NaTi}) = 0,176\text{ моль}$   $\Rightarrow$  всё сходится.

Посчитаем массовые доли  $\text{Na}$  и  $\text{Ti}$  в сплаве:

$$\omega(\text{Na}) = \frac{M(\text{Na})}{M(\text{NaTi})} = \frac{23}{23 + 48} = 0,3239 = \boxed{32,39\%}$$

$$\omega(\text{Ti}) = \frac{M(\text{Ti})}{M(\text{NaTi})} = \frac{48}{23 + 48} = 0,6761 = \boxed{67,61\%}$$

Ответ:  $\omega(\text{Na}) = 32,39\%$ ;  $\omega(\text{Ti}) = 67,61\%$ .

Исходник.

№2.

Т.к. при нагревании вещества X образуются наночастицы металла, то скорее всего этот металл - железо Fe. Запишем закон Менделеева-Клапейрона, кот. применяется для образующихся газов:

$$pV = nRT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$pM = \frac{\rho RT}{\rho}$$

$$pM = \rho RT \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT} \text{ - плотность газа, где}$$

$$R = 8,314 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}}, \quad p = 101325 \text{ Па}, \quad T = 298 \text{ К. Плотность пер-$$

вого образующегося газа -  $\rho_1 = 1,25 \text{ г/л} = 1,25 \text{ кг/м}^3 \Rightarrow$  мы можем найти его молярную массу:  $M_1 = \frac{\rho_1 RT}{p} = \frac{1,25 \cdot 8,314 \cdot 298}{101325} = 0,03 \text{ кг/моль} = 30 \text{ г/моль} \Rightarrow$  это скорее всего NO.

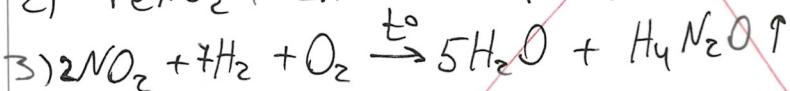
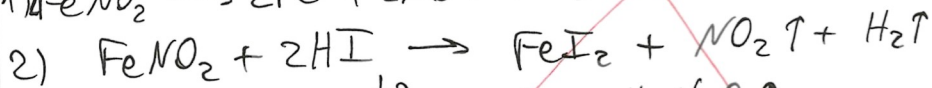
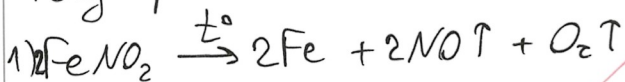
Таким же образом найдём молярную массу последнего газа с плотностью  $\rho_2 = 1,964 \text{ г/л} = 1,964 \text{ кг/м}^3$ :

$$M_2 = \frac{\rho_2 RT}{p} = \frac{1,964 \cdot 8,314 \cdot 298}{101325} = 0,048 \text{ кг/моль} = 48 \text{ г/моль}.$$

Т.к. первый газ - NO, то X - скорее всего нитрит железа

$\text{FeNO}_2 \Rightarrow$  валентность Fe -  $\text{II}$ , а степень окисления -  $+2$

Тогда реакции:

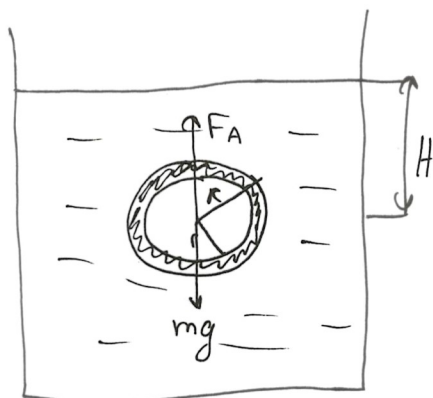


$$M(\text{H}_4\text{N}_2\text{O}) = 4 \cdot 1 + 2 \cdot 14 + 16 = 48 \text{ г/моль} - \text{подходит}$$

Ответ: X -  $\text{FeNO}_2$ ;  $\text{II}$ ;  $+2$ .

Условие.

№3.



$R = 3 \text{ см}$   
 $H > R$   
 $\rho_1 = 7850 \text{ кг/м}^3$   
 $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$   
 $\Delta r - ?$

Запишем условие равновесия сферы в воде:

$mg = F_A$

$mg = \rho_2 g \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$

$\rho_1 \left( \frac{4}{3} \pi R^3 - \frac{4}{3} \pi r^3 \right) = \rho_2 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$

$\frac{4}{3} \pi \rho_1 (R^3 - r^3) = \frac{4}{3} \pi \rho_2 R^3$

$\rho_1 R^3 - \rho_1 r^3 = \rho_2 R^3$

$r^3 = \frac{R^3 (\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}$

$r = R \sqrt[3]{\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}} = 2,87 \text{ см} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta r = R - r = 0,13 \text{ см}$

Ответ:  $\Delta r = 0,13 \text{ см}$ .

№4.

$M = 50 \text{ г}$   
 $t_1 = -5^\circ \text{C}$   
 $m = 0,2 \text{ г}$   
 $t_2 = 50^\circ \text{C}$

$n_1, n_2 - ?$

1. Чтобы лёд начал таять, его надо нагреть от  $t_1 = -5^\circ \text{C}$  до  $0^\circ \text{C} \Rightarrow \Delta t_1 = 0 - (-5) = 5^\circ \text{C} \Rightarrow$

$\Rightarrow$  нам надо передать ему  $Q_1 = c_1 M \Delta t_1 = 2100 \cdot 0,05 \cdot 5 = 525 \text{ Дж}$  тепла. Одна капля передаёт  $Q_2 = c_B m t_2 = 4200 \cdot 0,0002 \cdot 50 = 42 \text{ Дж}$  тепла  $\Rightarrow$  нужно капнуть на льдинку  $n_1 = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{525}{42} = 12,5 \approx 13 \text{ раз}$

2. Если льдинка начала таять, то чтобы её полностью растопить нужно придать ей  $Q_3 = M \lambda_1 = 0,05 \cdot 340000 = 17000 \text{ Дж}$  тепла. Для этого надо капнуть  $n_p = \frac{Q_3}{Q_2} = \frac{17000}{42} = 404,76 \approx 405 \text{ раз} \Rightarrow$

$\Rightarrow$  чтобы целиком разморозить льдинку, малым надо капнуть  $n_2 = n_p + n_1 = 405 + 13 = 418 \text{ раз}$

⊕ ~~⊕~~ ②

Ответ:  $n_1 = 13; n_2 = 418$ .

Истовик.

№6.

1. Будем считать, что Узе собирает 35 ц/га риса 2 раза в год, а Сенька — 8 ц/га пшеницы 1 раз в год.

Площадь их участка Узе — 6,67 га, а Сеньки — 5,5 га

⇒ Узе в год собирает  $35 \cdot 6,67 \cdot 2 = 466,9$  ц риса, а

Сенька —  $8 \cdot 5,5 \cdot 1 = 44$  ц пшеницы или по-другому

Узе собирает 46690 кг риса, а Сенька — 4400 кг пшеницы.

Узе должен был заплатить налог 50% ⇒  $46690 \cdot 0,5 = 23345$  кг. +

Сенька же должен был заплатить налог 20% ⇒  $4400 \cdot 0,2 = 880$  кг. +

2. У Узе налог 23345 кг или 23345000 г ⇒ его энергия

$\frac{23345000}{100} \cdot 340 = 79373000$  ккал ⇒ если кормить этим

рисом сколько-то человек в год, то в день будет потребляться

$\frac{79373000}{365} = 217460,274$  ккал ⇒ можно прокормить  $\frac{217460,274}{3000} =$

$= 72,49 \approx 72$  человека. +

У Сеньки налог 880 кг или 880000 г ⇒ его энергия  $\frac{880000}{100} =$

$\cdot 300 = 2640000$  ккал ⇒ в день будет потребляться  $\frac{2640000}{365} =$

$= 7232,88$  ккал ⇒ можно прокормить  $\frac{7232,88}{3000} = 2,41 \approx 2$  чело- +

века

3. У Узе после выплаты налога остается  $46690 - 23345 =$

$= 23345$  кг риса, и ему нужно оставить на следующий год

200 кг га риса. На один урожай получается ему надо оставить

$200 \cdot 6,67 = 1334$  кг риса, а т.к. он собирает 2 урожая в год, то

суммарно надо оставить  $1334 \cdot 2 = 2668$  кг риса ⇒ останется  $23345 -$

$- 2668 = 20677$  кг или  $20677000$  г риса ⇒ его энергия

$\frac{20677000}{100} \cdot 340 = 70301800$  ккал ⇒ если каждый день

потреблять 3000 ккал, то чтобы съесть весь оставшийся рис,

нужно  $\frac{70301800}{3000} = 23433,93$  дней, что намного больше 365 дней. ⇒

⇒ его хватит

Тестовик.

№6 (продолжение).

У Сеньки после выплаты налога остаётся  $4400 - 880 = 3520$  кг пшеницы, и он ещё должен оставить 210 кг пшеницы на следующий год. Тогда он должен оставить  $210 \cdot 5,5 = 1155$  кг пшеницы  $\Rightarrow$  останется  $3520 - 1155 = 2365$  кг пшеницы +  $2365000$  к  $\Rightarrow$  его энергия  $\frac{2365000}{100} \cdot 300 = 7095000$  ккал  $\Rightarrow$   $\Rightarrow$  если потреблять каждый день 3000 ккал, то чтобы съесть всю оставшуюся пшеницу, нужно  $\frac{7095000}{3000} = 2365$  дней, что больше 365 дней  $\Rightarrow$  **хватит**.

- Ответ:
- 23345 кг риса и 880 кг пшеницы
  - 72 человека рисом и 2 человека пшеницей
  - 20677 кг риса - хватит  
2365 кг пшеницы - хватит

№7.

1. Т.к. у нас поверхность площадью  $2 \times 3$  мм, то её площадь  $S = 2 \cdot 3 = 6$  мм<sup>2</sup>. Микрон - это микрометр или  $10^{-6}$  метра, а миллиметр -  $10^{-3}$  метра  $\Rightarrow$  в 1 миллиметре 1000 микрон  $\Rightarrow$  в 1 мм<sup>2</sup> -  $10^6$  мкм<sup>2</sup>  $\Rightarrow S = 6$  мм<sup>2</sup> =  $6 \cdot 10^6$  мкм<sup>2</sup>. Плотность размещения столбиков - 95 на каждый мкм<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  всего  $N = S \cdot 95 = 5,7 \cdot 10^8$  столбиков **+2**

2. Найдём площадь боковых поверхностей одного наностолбика:  $S_{\text{б}} = \pi d h = 3,14 \cdot 40 \cdot 600 = 75360$  нм<sup>2</sup>, т.к. наностолбик - цилиндр (см. рис.). ~~В~~ ~~одн~~ ~~и~~ ~~канон~~ 1 нанометр -  $10^{-9}$  метра  $\Rightarrow$  в 1 микрометре 1000 нанометров  $\Rightarrow$  в 1 мкм<sup>2</sup> -  $10^6$  нм<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  в 1 км<sup>2</sup> -  $10^6$  мкм<sup>2</sup>  $\Rightarrow S_{\text{б}} = 75360 \cdot 10^6 = 0,07536$  мкм<sup>2</sup>. Тогда суммарная площадь всех боковых пов-тей будет  $S_{\text{сб}} = S_{\text{б}} \cdot N = 4,3 \cdot 10^7$  мкм<sup>2</sup>



Отношение  $S_{\text{сб}}$  к  $S$ :  $\frac{S_{\text{сб}}}{S} = \frac{4,3 \cdot 10^7}{6 \cdot 10^6} = 7,17$  **+3**

Тистовик  
№7 (продолжение).

3. По ус. на поверхности 95 капостолбиков на  $1 \text{ мкм}^2$ ,  
 $\Rightarrow$  это значит, что их  $\sqrt{95} = 9,75$  на  $\text{мкм}$ , т.е. среднее  
 рас-ие между столбиками  $a = \frac{1}{9,75} = 0,103 \text{ мкм}$ .

Для найдём площадь торца одного столбика:  $S_T = \pi \frac{d^2}{4} =$   
 $= 3,14 \cdot \frac{40^2}{4} = 1256 \text{ км}^2 = 0,001256 \text{ мкм}^2$ . Тогда общая площадь  
 торцов  $S_{\Sigma T} = S_T \cdot N = 715920 \text{ мкм}^2$

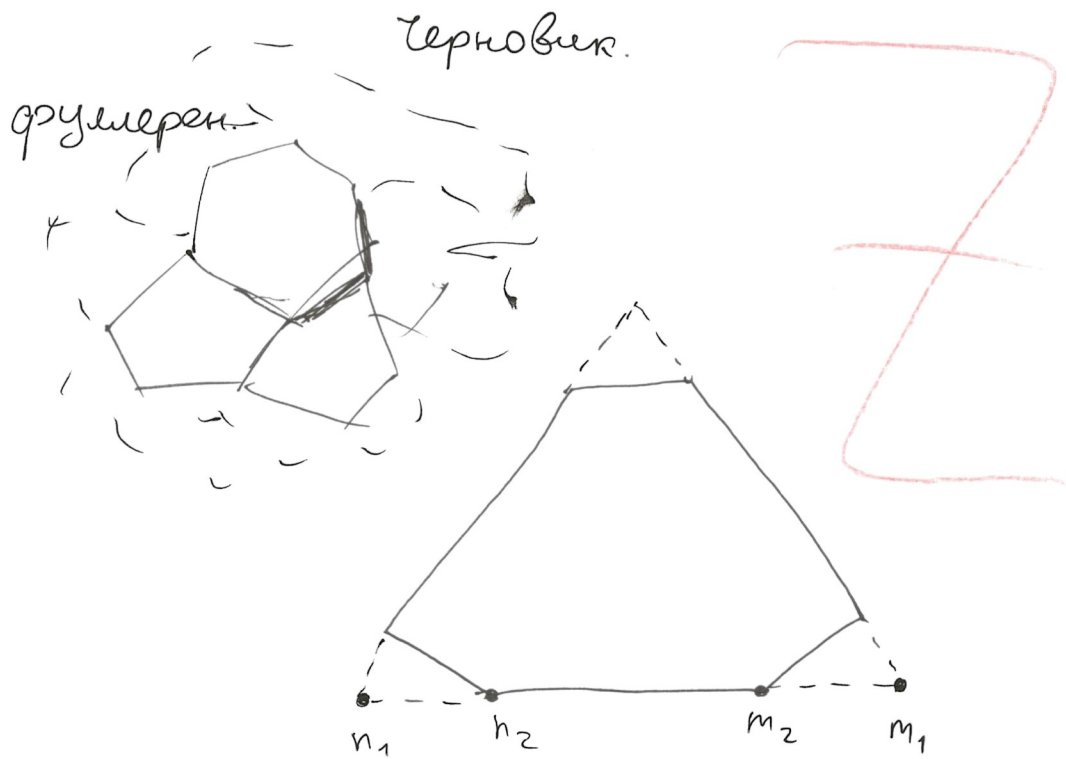
Общая площадь пов-ти без столбиков будет  $S - S_{\Sigma T} = 5284080 \text{ мкм}^2$ ,  
 а боковые пов-тей —  $4,3 \cdot 10^7 \text{ мкм}^2$ .

Тогда процент  $S_{\Sigma T}$  от всей площади пов-ти —  $\alpha =$   
 $= \frac{S_{\Sigma T}}{S_{\Sigma T} + S_{\Sigma B}} = \frac{715920}{6 \cdot 10^6 + 4,3 \cdot 10^7} = 0,0146 = 1,46\%$

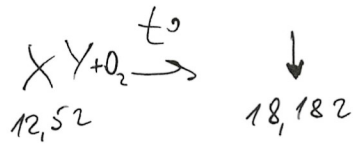
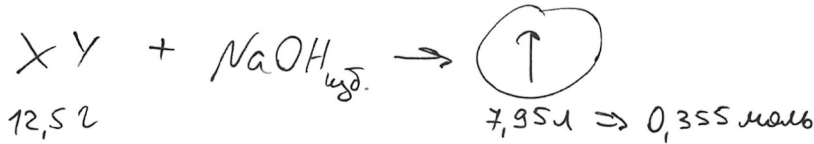
Ответ: 1.  $N = 5,7 \cdot 10^8$  ст.  
 2.  $S_{\Sigma B} = 4,3 \cdot 10^7 \text{ мкм}^2$   
 $\frac{S_{\Sigma T}}{S} = 7,17$   
 3.  $\alpha = 1,46\%$ .

	желудочки	предсердия
1. А —	2 —	2 —
Б —	1 +	1 —
В —	2 —	1 —
Г —	2 +	2 +

2. Самое низкое соотношение окислительной способности к дыхательной у животного на картинке А (рыба), т.к. она + живёт всю свою жизнь в воде, а остальные животные — или на суше или в воде, но частично (животное на картинке В (лягушка) проводит часть жизни в воде, а часть — на суше).



Черновик.

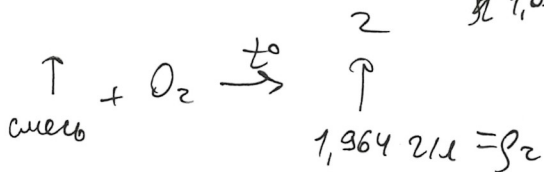
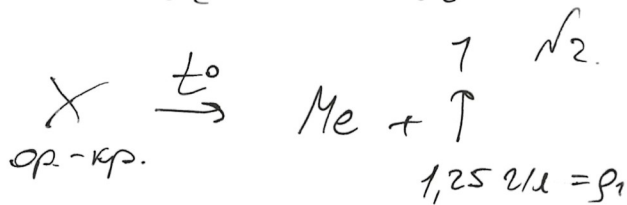
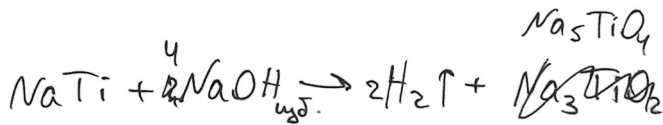


$m(O_2) = 5,682 \Rightarrow n(O_2) = 0,1775 \text{ моль} = \frac{n_1}{2}$

3: ~~Mg~~, ~~Mg~~, ~~Al~~, Si

4: K, Ca, Se, Ti, ~~V~~, Cr, Mn, Fe, Co, Ni  
~~Cu~~, Zn, Ga, Ge

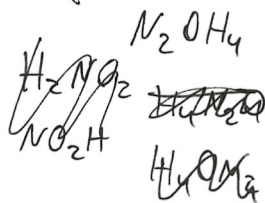
Ti и Na  
~~NaTi~~ ~~TiNa~~  
~~NaTi~~ NaTi



$M_2 = \frac{\rho_2 RT}{\rho} = 48 \text{ г/моль}$

$M_{\text{см}} = 26 \text{ г/моль}$

SO



$\rho V = nRT$

$\rho V = \frac{m}{M} RT$

$\rho M = \frac{\rho V RT}{V}$

$\rho M = \rho RT$

$\rho = 101325 \text{ Па}$

$T = 298 \text{ К}$

$M_1 = \frac{\rho_1 RT}{\rho} = 30 \text{ г/моль}$

NO

\sqrt{3}

$mg = F_A$

$mg = \rho_2 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$

$\rho_1 (\frac{4}{3} \pi R^3 - \frac{4}{3} \pi r^3) = \rho_2 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$

$\frac{4}{3} \pi \rho_1 (R^3 - r^3) = \frac{4}{3} \pi \rho_2 R^3$

$\rho_1 R^3 - \rho_1 r^3 = \rho_2 R^3$

$\rho_1 r^3 = \rho_1 R^3 - \rho_2 R^3 \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{R^3(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1}} = R \sqrt[3]{\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}} = 2,87 \text{ см}$