



61-38-65-92
(47.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 лист (А.У.)

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по высокие технологии
профиль олимпиады

Смолина Николая Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

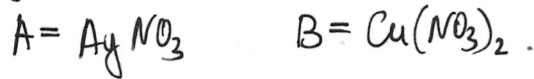
Дата
«13» марта 2026 года

Подпись участника
Смолин

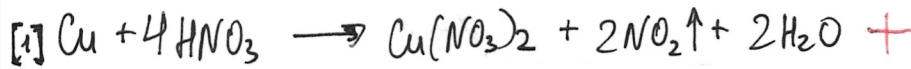
~5.

Чисто вик

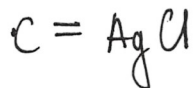
В избытке конц. HNO_3 Cu и Ag окисляются до соединений $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и AgNO_3 . Толубую окраску водному раствору дают ионы Cu^{2+} , значит В - $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, а А - AgNO_3 .



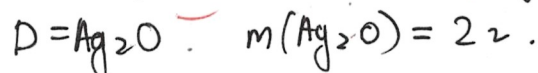
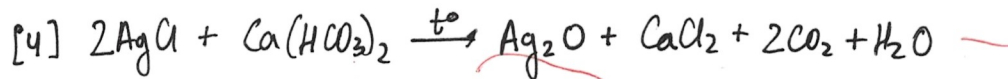
HNO_3 (конц.) выделяет NO_2 при окислении веществ Cu и Ag .



При добавлении KCl (изб.) выпадет осадок AgCl , а CuCl_2 - растворим и не образуется.



При спекании с кальцинированной содой - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ - будет образовываться Ag_2O .



Все серебро из сплава оказалось в Ag_2O .

$$m(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag}_2\text{O})}{M(\text{Ag}_2\text{O})} \cdot 2 \cdot M(\text{Ag}) = \frac{2,02}{107,87 \cdot 2 + 16} \cdot 2 \cdot 107,87 = 1,8619 \approx$$

$$m(\text{Cu}) = 5,0 - 1,8619 = 3,1381 \approx$$

$$x(\text{Ag}) = \frac{1,8619}{107,87} : \left(\frac{1,8619}{107,87} + \frac{3,1381}{63,55} \right) = 0,2590 = 25,90\% \quad \underline{\underline{+}}$$

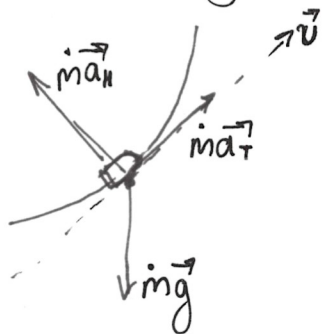
Ответ: в-ва А-Д и реакции [1]-[4] приведены выше.

Мольная доля $x(\text{Ag})$ в сплаве равна 25,90%

№ 2.

Чистовик

~~В~~ В условии сказано, что вагонетка будет иметь массу не более $(M + m)$, и проедет петлю со ~~скоростью~~ скоростью v , которая не превышает $V = 180 \text{ км/ч}$. Рассмотрим силы, действующие на вагонетку в произвольной точке петли:

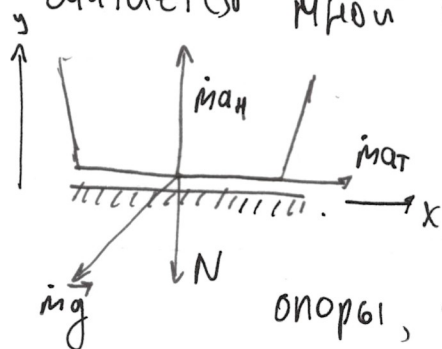


Вниз направлена сила гравитации (тяжести).

К центру петли направлена сила $m\vec{a}_n$, соответствующая нормальному ускорению.

По касательной к петле (по напр. скорости \vec{v}) направлена сила $m\vec{a}_t$, соответствующая тангенциальному ускорению по сути не меняющая направление движения, только скорость (причем $v \leq v_{\max}$).

Рассмотрим, как эти силы влияют на металл в ~~точке~~ месте контакта (оно мало по сравнению с горкой и считается мной прямым):



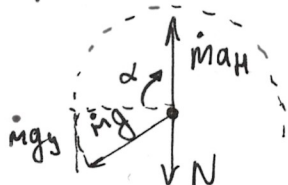
$m\vec{a}_t$ и $m\vec{a}_x$ не оказывают никакого влияния на точку контакта.

Однако, $m\vec{a}_n$ и $m\vec{g}_y$ должны быть скомпенсированы силой N со стороны

опоры, т.к. вагонетка не отделяется от нее и не летает с рельс.

Выходит, что всегда $N = m\vec{g}_y + m\vec{a}_n$, причем

$m\vec{a}_n$ ~~всегда направлено по y~~ постоянно, а $m\vec{g}_y$ зависит от направления $m\vec{g}$ относительно опоры.



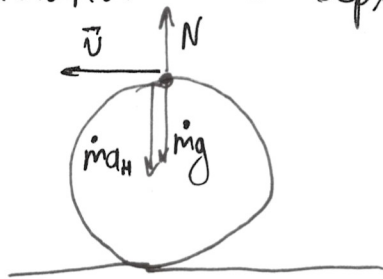
$$m\vec{g}_y = m\vec{g} \sin \alpha, \quad \sin \alpha \in [-1, +1] \rightarrow$$

$$\rightarrow N \in [m\vec{a}_n - m\vec{g}, m\vec{a}_n + m\vec{g}]$$

№ 2.

Чистовик.

Тогда максимальная нагрузка на конструкцию будет в точке, где $N = \vec{m}g + \vec{m}a_n$, $\vec{m}g$ и $\vec{m}a_n$ сонаправлены. Это верхняя точка петли:



1) в верхней точке петли.

2) нужно, чтобы конструкция выдерживала N_{max} в верхней точке петли — тогда она выдержит и любую $N \leq N_{max}$ в любой точке петли.

$$mg \leq (M + m)g$$

При скорости движения $v \leq V$, $a_n = \omega^2 R = \frac{v^2}{R} = \frac{2v^2}{d}$.

~~$$m a_n \leq (M + m) a_n$$~~

$$a_n \leq \frac{2v^2}{d}; \quad m a_n \leq (M + m) a_n$$

$$m a_n \leq (M + m) \frac{2v^2}{d} \rightarrow N \leq (M + m)g + (M + m) \frac{2v^2}{d}$$

Сила N максимальна в верхней точке петли при скорости движения $v = 180 \text{ км/ч}$ и ψ пассажира с макс. массой.

$$N_{max} = (M + m) \left(g + \frac{2v^2}{d} \right) \rightarrow P_{max} = \frac{N_{max}}{S} = \frac{(M + m) \left(g + \frac{2v^2}{d} \right)}{S} =$$

$$= \frac{(250 + 4 \cdot 120) \left(10 + \frac{2 \cdot 50^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{10 \text{ м}} \right)}{12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{730 \text{ кг} \cdot 510 \text{ м/с}^2}{12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} \approx \underline{\underline{310,25 \text{ МПа}}}$$

$180 \text{ км/ч} = 50 \text{ м/с}$ Максимальное давление, которое может

испытать конструкция равно $310,25 \text{ МПа}$.

Изучим график и найдем $\omega(\text{Fe})$ с прочностью равной $310,25 \text{ МПа}$ — это $\min \omega(\text{Fe})$ которое выдержит вагонетка.

Чистовик.

12.

График — прямая.

$$\sigma_{np}(w_{Fe}) = \sigma_0 + k w_{Fe}.$$

Т.к. мы можем ~~увидеть~~ увидеть только график при $w_{Fe} \in [50; 70]\%$, то корректно взять $\sigma_0 = \sigma(50\%)$.

$$\sigma_{np}(w_{Fe}) = \sigma_{np}(50\%) + k \cdot (w_{Fe} - 50\%).$$

Теперь уравнение точно описывает зависимость на данном участке.

Подставим любую точку и найдем k :

$$k = \frac{\sigma_{np}(w_{Fe}) - \sigma_{np}(50\%)}{w_{Fe} - 50\%} \Rightarrow k = \frac{\sigma_{np}(70\%) - \sigma_{np}(50\%)}{70 - 50} =$$

$$= \frac{500 - 200}{70 - 50} \frac{\text{МПа}}{\%} = 15 \frac{\text{МПа}}{\%}$$

Наконец, найдем w_{Fe} при котором $\sigma = 310,25 \text{ МПа}$.

$$310,25 \text{ МПа} = 200 \text{ МПа} + 15 \frac{\text{МПа}}{\%} (w_{Fe} - 50\%) \Rightarrow$$

$$w_{Fe} = \frac{310,25 - 200}{15} + 50\% = 57,35\%$$

Ответ: 1) в верхней точке мертвой петли.

2) $w_{Fe} = 57,35\%$

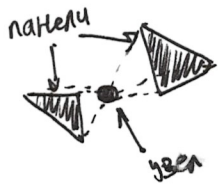
27.

Чистовик

Если в образце MOF177 N узлов, то там $2N$ панелей,и $S_{\text{уз}} = \frac{N m_{\text{уз}} + 2N m_{\text{пан}}}{N S_{\text{уз}} + 2N S_{\text{пан}}}$ тогда:

$$S_{\text{уз}} = \frac{N S_{\text{уз}} + 2N S_{\text{пан}}}{N m_{\text{уз}} + 2N m_{\text{пан}}} = \frac{S_{\text{уз}} + 2 S_{\text{пан}}}{m_{\text{уз}} + 2 m_{\text{пан}}}$$

Вывод: $S_{\text{уз}}$ не зависит от кол-ва узлов. Можно рассмотреть всего 1 узел и его 2 панели.



$$S_{\text{уз}} = \frac{S_{\text{уз}} + 2 S_{\text{пан}}}{m_{\text{уз}} + 2 m_{\text{пан}}} =$$

$$= \frac{45 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2 + 2 \cdot 15 \text{ н}^2 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2}{6,6 \cdot 10^{-22} \text{ г} + 1,2 \cdot 10^{-22} \text{ г} + 3,6 \text{ н} \cdot 10^{-22} \text{ г}} =$$

$$= \frac{45 \cdot 10^3 + 30 \text{ н}^2 \cdot 10^3}{6,6 + 1,2 + 3,6 \text{ н}} \frac{\text{м}^2}{\text{г}} = \frac{45 + 30 \text{ н}^2}{7,8 + 3,6 \text{ н}} \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{г} =$$

$$= \frac{3 + 2 \text{ н}^2}{13 + 6 \text{ н}} \cdot 25 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{г} \quad (1)$$

$$2) S_{\text{уз}}(1) = \frac{3+2}{13+6} \cdot 25 \cdot 10^3 \approx 6579 \text{ м}^2/\text{г}$$

$$\omega = \frac{S_{\text{уз}}}{S_{\text{уз}} + 2 S_{\text{пан}}} = \frac{45 \cdot 10^{-19}}{(45 + 2 \cdot 15) \cdot 10^{-19}} = \frac{3}{5} = 60\%$$

$$\text{Если } n=10, \text{ то } \omega = \frac{3}{3+2 \cdot 10^2} \approx 1,48\%$$

Видим, что при росте n доля узлов сильно упала (примерно в 40 раз).

$$3) S_{\text{уз}}(2) = \frac{3+2 \cdot 2^2}{13+6 \cdot 2} \cdot 25 \cdot 10^3 = 11000 \text{ м}^2/\text{г}$$

$$S_{\text{уз}}(3) = \frac{3+2 \cdot 3^2}{13+6 \cdot 3} \cdot 25 \cdot 10^3 = 16935,5 \text{ м}^2/\text{г}$$

$$\Delta S_{1-2} = 4421$$

$$\Delta S_{2-3} = 5935,5$$

№7.

Цистовик

Площадь растет больше на переходе 2→3 чем 1→2.

$\Delta S_{1 \rightarrow 2} \neq \Delta S_{2 \rightarrow 3}$ — не арифм. прогрессия.

$$\frac{S_2}{S_1} = 1,672 ; \quad \frac{S_3}{S_2} = 1,539 \neq \frac{S_2}{S_1} \rightarrow \text{не геометрическая прогрессия.}$$

4) $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3+2n^2}{13+6n} \cdot 25 \cdot 10^3 = ?$

При $n \rightarrow \infty$ $2n^2 \gg 3$ и $6n \gg 13$.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3+2n^2}{13+6n} \cdot 25 \cdot 10^3 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{3} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot n = \infty.$$

При беск. большом n $S_{\text{общ}}$ тоже бесконечно большое и не зависит от $S_{\text{узла}}$, т.к. $S_{\text{пан}}$ сильно больше $S_{\text{узла}}$, а также т.к. в числителе n^2 , а в знамен. n — S растет быстрее n .

№6.

1) Найдем H :



$$S_{\text{э}} = d_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} ; \quad V_{\text{э}} = S_{\text{э}} H.$$

$$H = \frac{V_{\text{э}}}{\frac{\pi}{4} d_{\text{э}}^2} = \frac{88 \text{ мкм}^3}{\frac{3,1416}{4} \cdot 10,5^2 \text{ мкм}^2} = 1,0 \text{ мкм}$$

2) Найдем общую площадь всех эритроцитов:

$$S_{\text{сумм}} = 15791 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10,5^2 \text{ мкм}^2 = 1367348,2 \text{ мкм}^2 = 1,367 \text{ мм}^2.$$

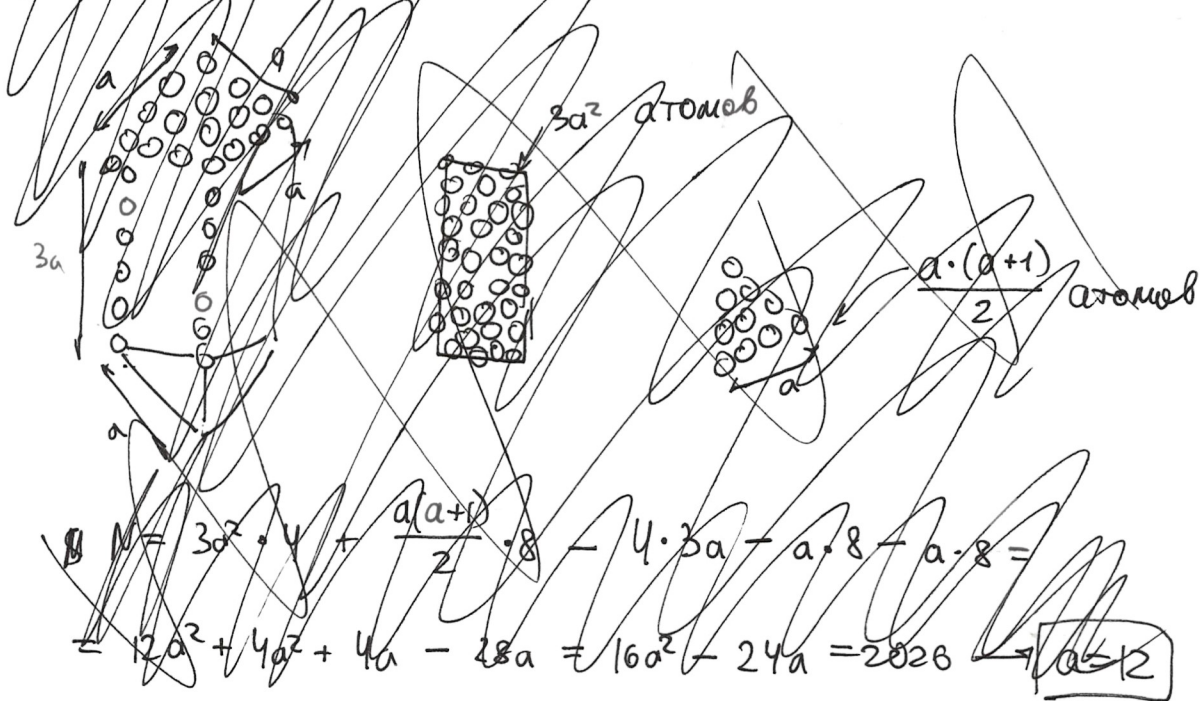
$$S_{\text{яч}} = \frac{\pi}{4} \cdot 1^2 = 0,78 \text{ мм}^2$$

Выбираю (а).

18.

Черновик

Рассмотрим информацию (2):



$$N(a, 3a) = 2026 = 4a^2 + 4a \cdot 3a - 12a - 4 \cdot 3a \neq 10 =$$

$$= 16a^2 - 24a + 10 = 2026 \rightarrow a = 12 \text{ ровно}$$

Мы нашли a

$$(3n^2 - 3n + 1)(11 - n) = 508$$

№8.

Чистовик.

Начнем с поиска a . По условию, нанокластер X имеет параметры $\{a, 3a\}$. $n=a$, $m=3a$. В условии дана формула $N(n, m)$ и то, что в X ровно 2026 атомов золота.

$$N(n, m)_X = N(a, 3a) = 4a^2 + 4 \cdot a \cdot 3a - 12 \cdot a - 4 \cdot 3a + 10 = \\ = 16a^2 - 24a + 10 = 2026.$$

Решая это простое квадратное уравнение, получаем $a=12$ ($a=-10,5$ очевидно невозможно). Параметры: $\{12, 36\}$

Далее найдем N_A, N_B, N_C и N_D : по условию это арифм. прогрессия с $d=1$, и

$$N_D = N_C + 1 = N_B + 2 = N_A + 3.$$

В то же время:

$$N_A + N_B + N_C + N_D = 4N_A + 6 = N_X = 2026. \rightarrow N_A = 505.$$

$$N_B = 506, N_C = 507, N_D = 508.$$

Для B запишем N_B по формуле и решим для b :

$$N(b, a) = N(b, 12) = 4b^2 + 4b \cdot 12 - 12b - 4 \cdot 12 + 10 =$$

$$= 4b^2 + 36b - 38 = 506 \rightarrow b = 8 \quad (\text{очевидно, } b \neq 0 \text{ и целое})$$

Параметры для B равны: $\{8, 12\}$

Далее, найдем $\{n, m\}$ для C и D (для X и B нашли). $a=12$
 $b=8$ //

У одного из них ~~то же значение~~ $n = b = 8$.

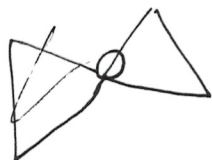
$$\text{Тогда } N_{pr}(8, m) = (3 \cdot 8^2 - 3 \cdot 8 + 1) m = 169m.$$

$$508 \div 169, \text{ а } 507 \div 169. \text{ Тогда } n=8 \text{ у } C, \text{ а } m = \frac{507}{169} = 3.$$

Параметры равны $C \{8, 3\}$

По условию, для D $n+m = 8+3 = 11. \rightarrow m = 11-n$.

Черновик

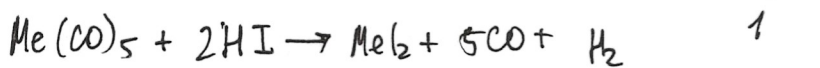
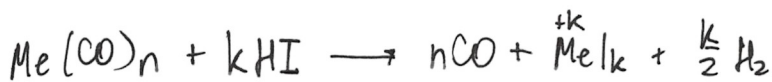
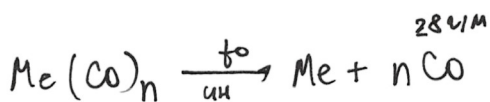
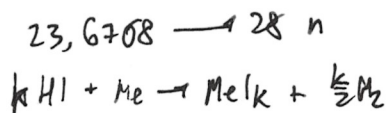


$$\frac{45 + 30n^2}{7,8 + 3,6n} \cdot 10^3 = \frac{15 + 10n^2}{2,6 + 1,2n}$$

CO₂ ↓

44 г/м

$$5 \frac{15 + 10n^2}{13 + 6n} = 25 \frac{3 + 2n^2}{13 + 6n} \cdot 10^3$$

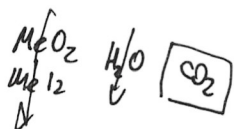


2



$$\frac{2 + 28x}{x+1} = 23,6708$$

$28x = 23,6708x + 21,6708 \quad x=5$



№8.

Чистовик

Решая это уравнение:

$$N_{pr}(n, 11-n) = (3n^2 - 3n + 1)(11-n) = 508$$

мы найдем n . Решаем перебором n от 1 до 10:

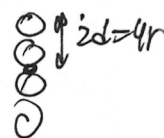
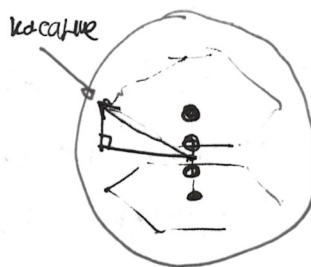
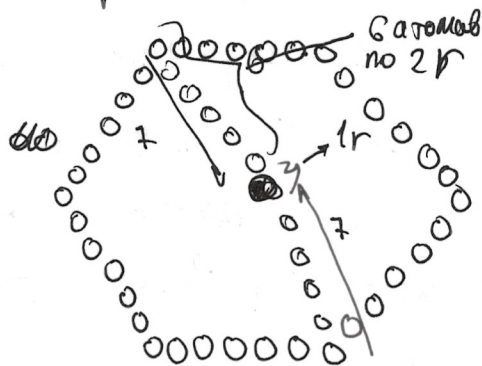
n	N_{pr}	n	N_{pr}
1	70	6	455
2	63	7	508
3	52	8	507
4	39	9	434
5	26	10	271

$n=7$ $m=4$.

6.5

$D\{7, 4\}$.

Оценим размер D :



R сферы — длина от центра призмы до угла верхнего слоя. Это очевидно, т.к. там касание сферы с D .

Этот R можно найти так: от центрального атома до угла (слоя) ровно $6 \cdot 2 + 1 = 13$ радиусов, а от центра слоев до края слоя 4 радиуса

$$R_{сф} = \sqrt{13^2 + 4^2} r = 13,6 r$$

$D_{сф} = 3,917 \text{ нм}$ (по теореме Пифагора) = 1,9584 нм

Ответы: 1) $N_A = 505$ $N_B = 506$ $N_C = 507$ $N_D = 508$

2) $a = 12$; $X\{12, 36\}$

3) $b = 8$; $B\{8, 12\}$

4) $C\{8, 3\}$

$D\{7, 4\}$

5) $D_{сф} = 3,917 \text{ нм}$

~4. Чистовик
 При нагревании в инертной атмосфере жидкость X разлагается до Me и Γ. (металл и газ).

$$M(\Gamma) = \rho(\Gamma) \cdot V_m = 1,250 \frac{\text{г}}{\text{л}} \cdot 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} = 28 \text{ г/моль.} \quad +$$

Видно, что Γ может быть CO, N₂, C₂H₄, ~~или что-то еще~~.

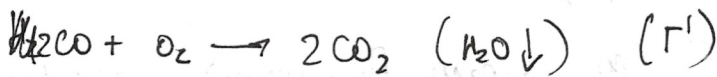
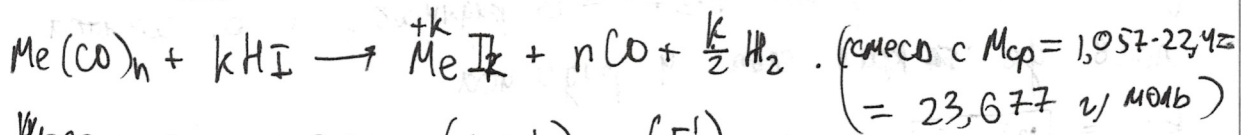
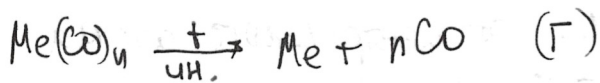
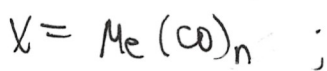
Сейчас скажем, что X = MeΓ_n,

с HI получается смесь газов, но после ее окисления в O₂ получается один газ Γ', причем

$$M(\Gamma') = \rho(\Gamma') \cdot V_m = 44 \text{ г/моль} = 1,964 \cdot 22,4. \quad +$$

Тут отпадают все сомнения — Γ ≠ N₂, т.к. даже если бы образовалось окисляемое соединение азота, до N₂O оно бы не пошло, т.к. N₂O хочет окисляться дальше, и других газов с M(Γ) = 44 нет. Этилен с Me вряд ли реагирует. Очевидно, Γ = CO, а Γ' = CO₂ — окисленный CO. $\leftarrow +$

Тогда понятно, что происходит:



Пусть k/2 = 1. Тогда:

$$1 \cdot 2 + n \cdot 28 = 23,677 \cdot (n+1) \rightarrow n = 5 \quad (\text{вообще, } n = \frac{k}{2})$$

~~Или~~ Тогда с.о. Me в MeI_k равна k, а n = 5 $\frac{k}{2}$

Карбонильный комплекс с 10+координированными Me
 невозможен: у d-металлов

нч

Чисто вика

Всего то $1 + 3 + 5 = 9$ орбиталей.

$Me(CO)_9$ и более просто невозможны.

Значит $k=2, n=5$.

$X = Me(CO)_5$. MeI_2 - результат окисления X с HI .

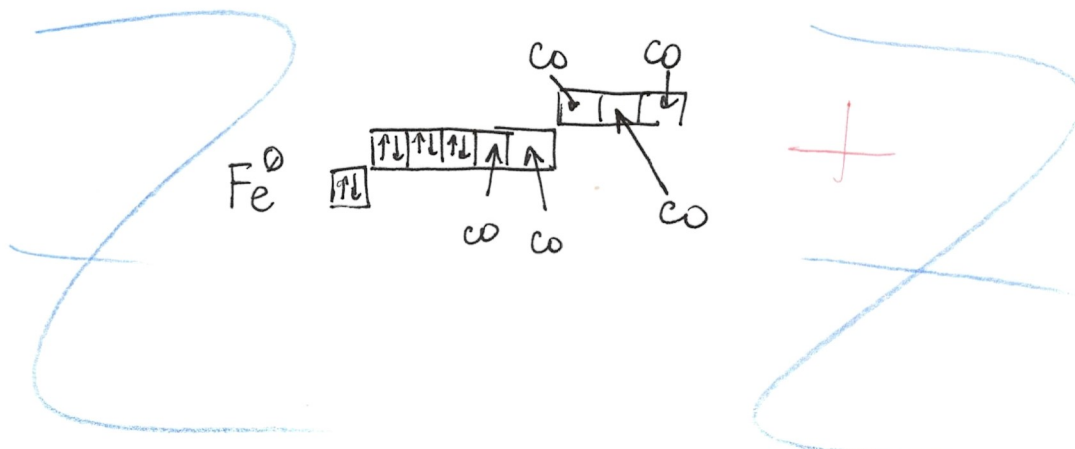
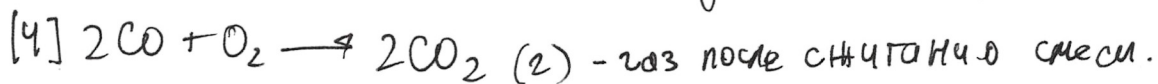
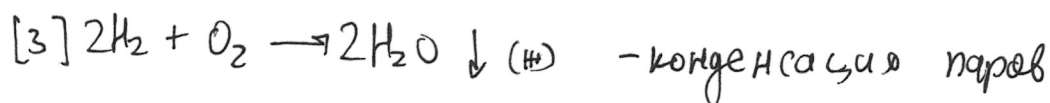
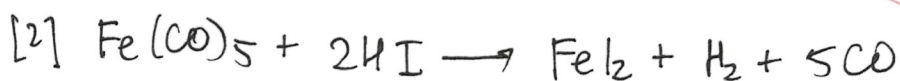
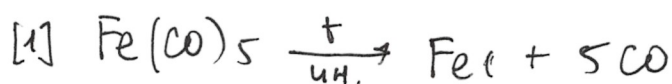
По правилу Сигн-Вика, если у X a электронов,

то $a + 2 \cdot 5 = 18 \rightarrow a = 8 \rightarrow Me = Fe$.

То есть, металл образующий комплекс $Me(CO)_5$ в с.о. \emptyset может быть лишь железо Fe , только тогда комплекс устойчив с 18 электронами.

Классно также то, что под действием мягких окислителей железо реально переходит в Fe^{+2} .

Ответы: 1) $X = Fe(CO)_5$. Валентность железа 5, степень окисления \emptyset .



н1.

Чисто вик

I_{\max} max в начале:

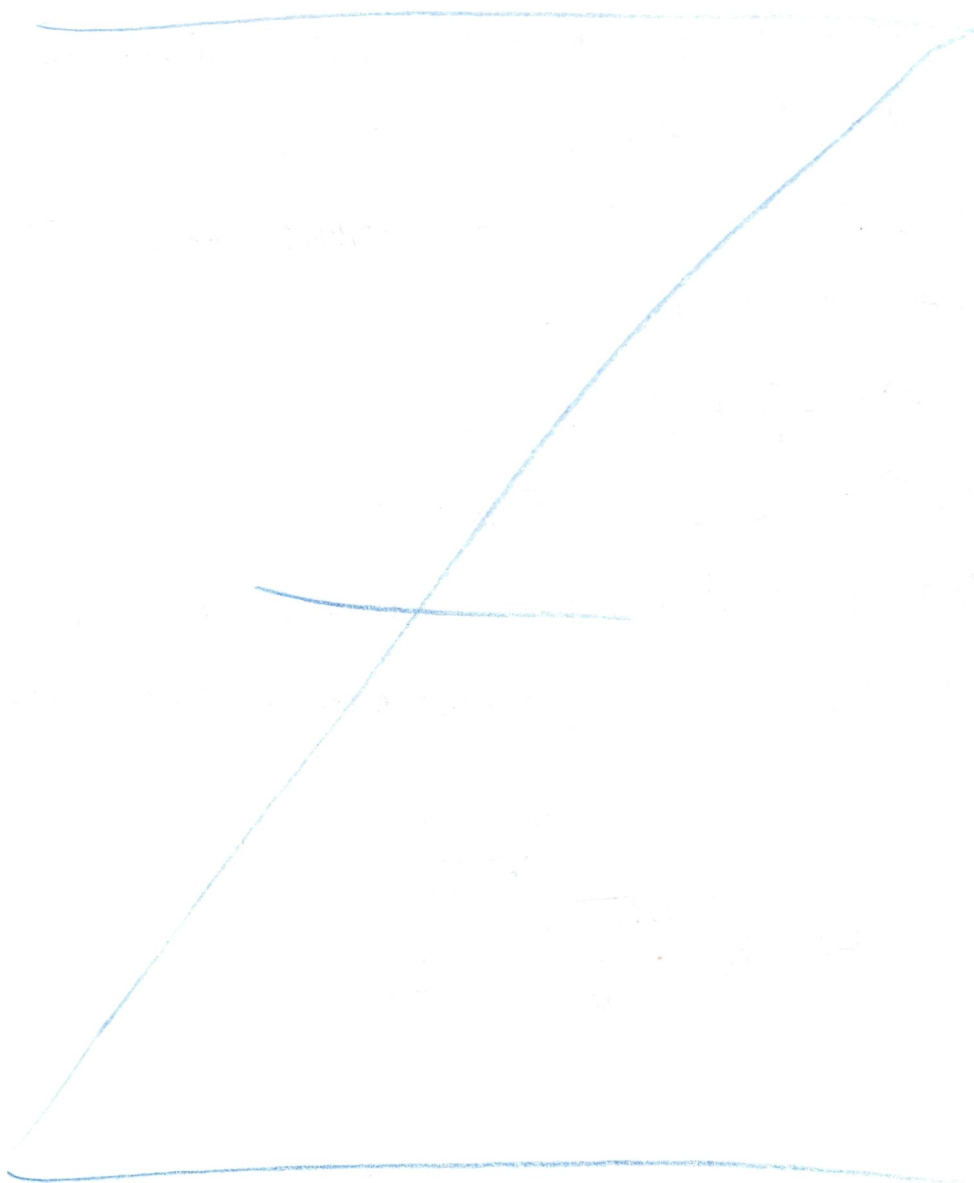
$\mathcal{N} = UI$, а ΔE макс в начале т.к.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$\mathcal{P} = \frac{d \frac{mv^2}{2}}{dt} - \text{макс. знач в самом начале.}$$

1) В $t=0$ - самое начало торможения.

2)



$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot 0,9 = \frac{\pi d^2}{4}$$

~~1 3 4 6 7~~

Черно вк



Задачи

1 ~~2~~ 3 ~~4~~ ~~5~~ 6 ~~7~~ ~~8~~

$$\frac{D^2 \cdot 0,9}{4} = \frac{d^2}{4}$$

$$D^2 \cdot 0,9 = d^2 N$$

$$MM = 10^{-3} \text{ м}$$

$$MKM = 10^{-6} \text{ м}$$

$$a = ? \quad v = \omega R^2 \Rightarrow a = \omega R$$

$$180 \frac{\text{км}}{\text{ч}} =$$

~~0,9 \cdot 10^{-7}~~

$$0,9 \cdot (10^{-3} \text{ м})^2 = (10,5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 15791$$

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

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{2v^2}{D}$$

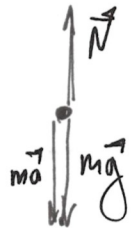
$$180000 \frac{\text{м}}{\text{ч}} =$$

$$9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

$$1,74 \cdot 10^{-6}$$

$$cm = 10^{-2} \text{ м} \quad 180 \frac{1000}{3600} \text{ м/с}$$

$$cm^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$$



$$N = m\vec{a} + m\vec{g}$$

$$N_0 = m\vec{a} + m\vec{g} = m(g + a) =$$

50 м/с

$$= m(g + \frac{2v^2}{D})$$

$$+ \frac{250}{480} = 730$$

$$m(g + \frac{2v^2}{D}) = (M + nm)(g + \frac{2v^2}{d}) = N$$

$$P = \frac{(M + nm)(g + \frac{2v^2}{d})}{S} = \frac{(250 + 4 \cdot 120) \text{ кг} \cdot (10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} + \frac{2 \cdot (\frac{180}{3,6})^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \text{ м}})}{12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} =$$

$$= \frac{730 \cdot 510}{12} \cdot 10^4 = 310,25 \text{ МПа}$$

