

Σ = 57

1 583

ШИШЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

2016-2017

заключительный этап

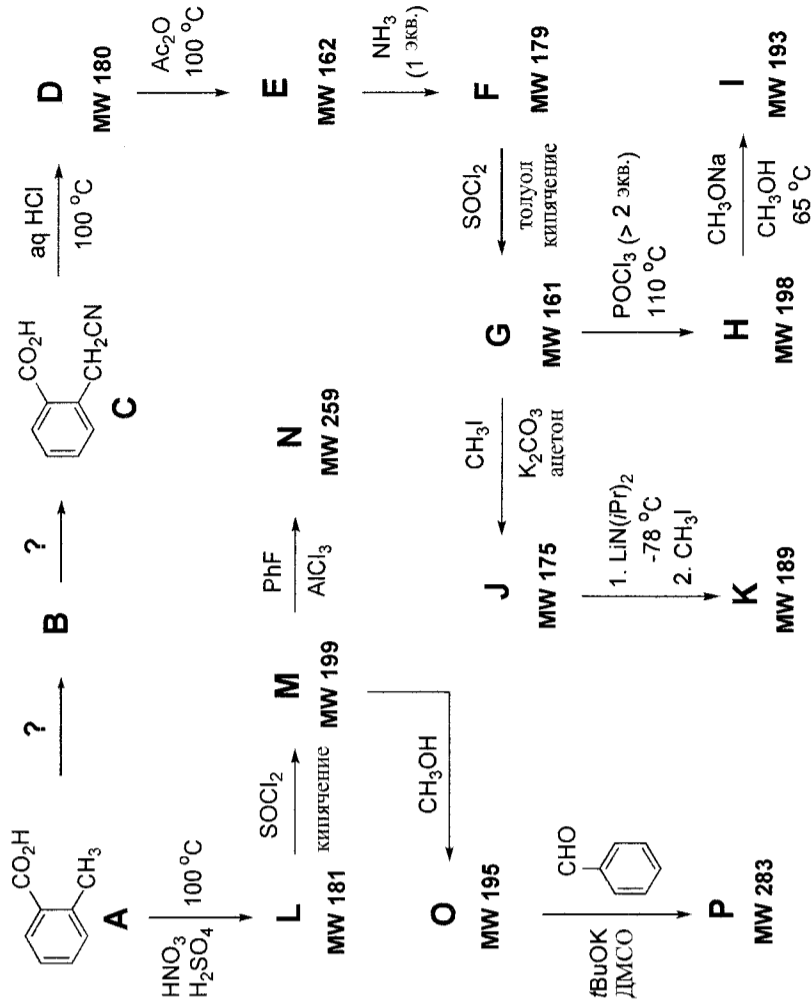
Предмет (комплексе предметов) Олимпиады ХИМИЯ (11 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада Красноярск

Дата 24.03.2017

Вариант 02

1. Предложите двухстадийный метод получения нитрила **C** из орто-толуиловой кислоты (**A**): укажите реагенты и условия реакций, а также структуру промежуточного соединения **B**. Расшифруйте цепочки превращений (укажите структурные формулы соединений, скрывающихся под латинскими буквами **D-P**).



2. Для описания электронного строения атома в современной науке широко используются такие параметры, как квантовые числа. **Квантовые числа** - энергетические параметры, определяющие состояние электрона и тип атомной орбитали, на которой он находится. Главное квантовое число **n** определяет общую энергию электрона и степень его удаления от ядра (номер энергетического уровня); оно принимает любые целочисленные значения, начиная с 1 ($n = 1, 2, 3, \dots$).

1. Орбитальное (побочное или азимутальное) квантовое число **l** определяет форму атомной орбитали. Оно может принимать целочисленные значения от 0 до $n-1$ ($l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$). Каждому значению **l** соответствует орбиталь особой формы. Орбитали с $l = 0$ называются s-орбиталями, $l = 1$ - p-орбиталями (3 типа, отличающихся магнитным квантовым числом **m**), $l = 2$ - d-орбиталями (5 типов), $l = 3$ - f-орбиталями (7 типов).

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева																				
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII					
1	H	1	He	2																
2	Li	3	Be	4	B	5	C	6	N	7	O	8	F	9	Ne	10				
3	Na	11	Mg	12	Al	13	Si	14	P	15	S	16	Cl	17	Ar	18				
4	K	19	Ca	20	Sc	21	Ti	22	V	23	Cr	24	Mn	25	Fe	26	Co	27	Ni	28
5	Cu	29	Zn	30	Ga	31	Ge	32	As	33	Se	34	Br	35	Kr	36				
6	Rb	37	Sr	38	Y	39	Zr	40	Nb	41	Mo	42	Tc	43	Ru	44	Rh	45	Pd	46
7	Ag	47	Cd	48	In	49	Sn	50	Sb	51	Te	52	I	53	Xe	54				
8	Cs	55	Ba	56	La	57	Hf	72	Ta	73	W	74	Re	75	Os	76				
9	Au	79	Hg	80	Tl	81	Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Rn	86				
10	Hg	80	Tl	81	Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Rn	86						
11	Rg	111	Cn	112	Fl	113	Mc	114	Lv	115	Lv	116	Lv	117	Lv	118				

Ряд активности металлов / электрический ряд напряжений															
Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au															
Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71		
140,1	140,9	144,2	[145]	150,4	151,9	157,3	158,9	162,5	164,9	167,3	168,9	173,0	174,9		
церий	прасеодим	неодим	прометий	самарий	европий	гадолиний	тербий	диспрозий	гольмий	эрбий	тулий	иттербий	лютеций		
Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103		
232,0	231,0	238,0	[237]	[244]	[243]	[247]	[247]	[251]	[252]	[257]	[258]	[259]	[262]		
торий	протактиний	уран	нептуний	плутоний	амерций	курий	берклий	калifornий	эйнштейний	фермий	менделеев	нобелий	лоуренсий		

Растворимость кислот, солей и оснований в воде																					
Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au																					
Ионы	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	
OH ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NO ₃ ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
F ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Cl ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Br ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
I ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
S ²⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SO ₃ ²⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SO ₄ ²⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CO ₃ ²⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SiO ₃ ²⁻			H	-	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
PO ₄ ³⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CH ₃ COO ⁻			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Р — растворимое (больше 10 г на 1000 г воды) M — малорастворимое (от 10 г до 0,01 г на 1000 г воды)
 H — нерастворимое (меньше 0,01 г на 1000 г воды) — — — вещество разлагается водой или не существует

2. Магнитное квантовое число m определяет направление орбитали в пространстве. Его значения изменяются от $+l$ до $-l$, включая 0. Например, при $l = 1$ число m принимает 3 значения: $+1, 0, -1$, поэтому существуют 3 типа p -АО: p_x, p_y, p_z .

3. Спиновое квантовое число s может принимать лишь два возможных значения $+1/2$ и $-1/2$. Они соответствуют двум возможным и противоположным друг другу направлениям собственного магнитного момента электрона.

Представьте себе, что параллельно с нашей существует некоторая другая Вселенная, населенная аналогами людей – гоминоидами. В этой параллельной Вселенной квантовые числа имеют следующие значения:

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$l = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$m_l = -l, \dots, l$$

$$m_s = -1/2$$

Пользуясь символами химических элементов нашей Вселенной:

- 1) постройте первые два периода периодической системы параллельного мира;
- 2) укажите, что пыл и чем умягаются гоминойды;
- 3) напишите уравнения реакций, соответствующих в нашем мире горению метана в кислороде и поглощению продуктов гидроксидом лития.

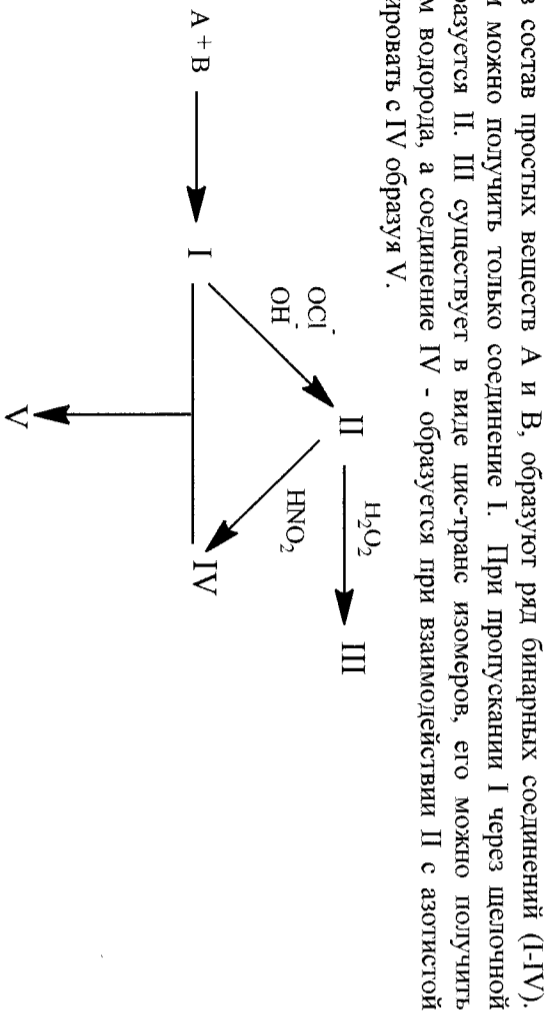
(20 баллов)

3. Для фотометрического определения фосфора в виде фосфорномолибденового комплекса приготовили стандартный раствор, содержащий 0.2400 г гидрофосфата натрия в 100 мл раствора. Указанные в таблице объемы этого раствора после соответствующей обработки разбавили водой до 25 мл и измерили их оптическую плотность:

Объем станд. р-ра, мл	0.10	0.25	0.50	0.75	1.00
Оптическая плотность	0.070	0.100	0.150	0.200	0.250

Навеску полупроводникового фосфида массой 0.0829 г перевели в раствор и после соответствующей обработки получили 1 л окрашенного раствора. Оптическая плотность этого раствора составила 0.192. Определите, какой фосфид был взят.

(20 баллов)



Некоторые физико-химические характеристики описанных веществ приведены в таблице.

	A	B	I	II	III	IV	V
$\Delta_{\text{вп}} \text{H}^0$, кДж/моль	218,0	472,7					
$\Delta_{\text{тп}} \text{H}^0$, кДж/моль		0		-95,3	-222,0		-110,5
$\Delta_{\text{квп}} \text{H}^0$, кДж/моль			23,33	40,6			29,7
$\Delta_{\text{сгор}} \text{H}^0$, кДж/моль	-242,0		-316,8				
Соотношение элементов	-	-	1:3	1:2	1:1	3:1	1:1
Агрегатное состояние	газ	газ	Газ	ж	газ	ж	кр

$\Delta_{\text{вп}} \text{H}^0$ – энтальпия образования 1 моль одноатомного газа из простого вещества
 $\Delta_{\text{тп}} \text{H}^0$ – энтальпия образования 1 моль вещества из простых тел
 $\Delta_{\text{квп}} \text{H}^0$ – энтальпия испарения 1 моль вещества

5. При окислении монооксида азота кислородом образуется А. При взаимодействии А с водой без доступа кислорода образуется раствор В и С, но если при взаимодействии А с водой одновременно пропускать через раствор кислород образуется только С. Из С также можно получить А или монооксид азота в зависимости от условий проведения реакции. При взаимодействии С с HCl при нагревании можно выделить вещество В. При взаимодействии NO с амальгамой (раствором в ртути) калия образуется соль Е, которая при нагревании переходит в вещество Д, использующееся в качестве анестезирующего средства. Д также может быть получен при взаимодействии веществ С и I с последующим нагреванием. Вещество Е образуется и в реакции веществ В и F. Вещество В можно получить путем окисления Е не сильным восстановителем, например йодом, а при взаимодействии с сильным окислителем (перманганатом калия) E переходит в С. В можно перевести в Е при взаимодействии с F. F в свою очередь можно получить как при восстановлении NO водородом на платиновом катализаторе, так и при окислении I пероксидом водорода в присутствии катализатора на основе титаносиликатов кристаллической или аморфной структуры. F можно восстановить до I сероводородом. I также образуется и при действии сильных восстановителей (например атомарного водорода) на С. Соединение N имеет одноатомную брутто-формулу с С можно получить двумя способами: при взаимодействии NO и супероксида калия или при взаимодействии В с пероксидом водорода и подщелачивании раствора. Напишите уравнения описанных реакций. Изобразите графические формулы веществ В-Н. Укажите разницу в условиях превращения С в А и в NO .

(20 баллов)

Ниже приведены данные элементного анализа некоторых соединений.

Вещество	E	F	G	H	I
$\omega(\text{N})$, масс. %	16,47%	45,16%	22,05%	13,86%	82,35%

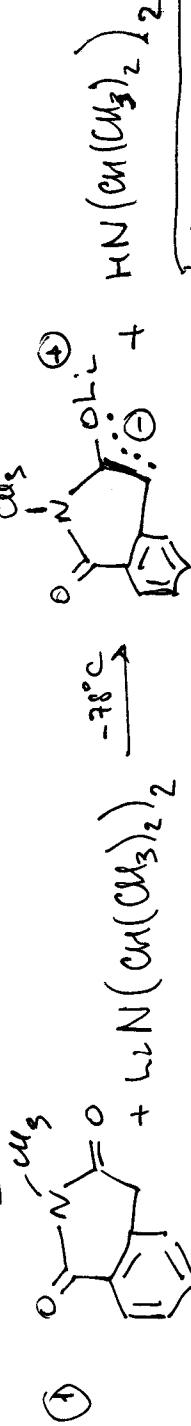
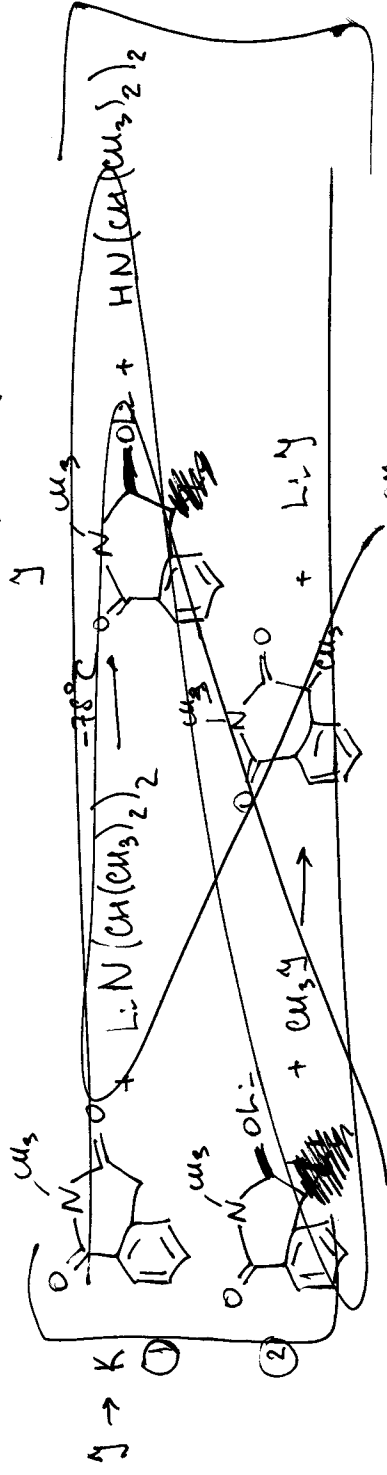
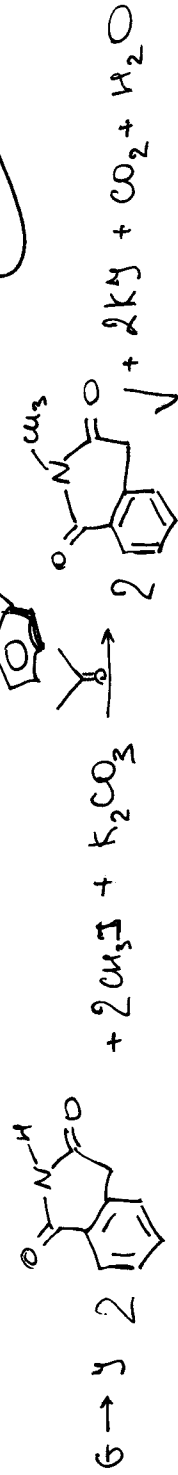
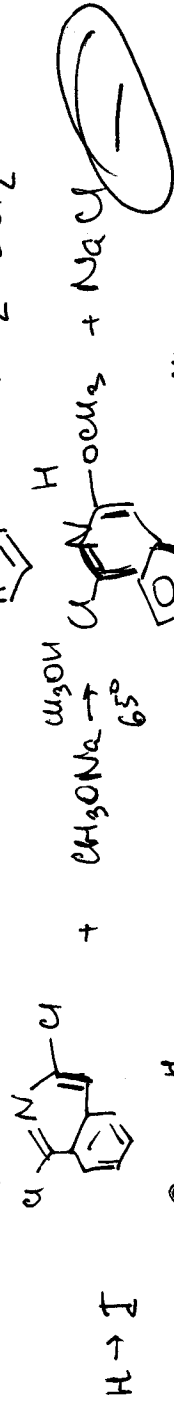
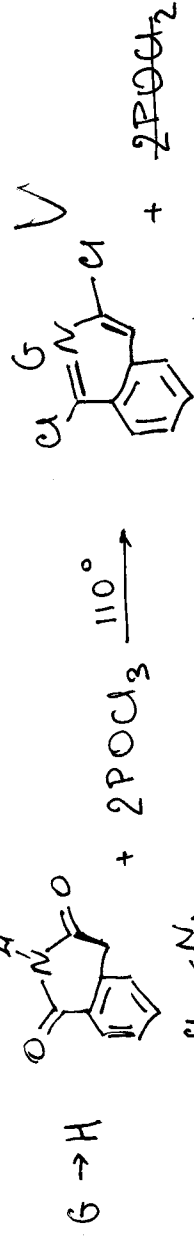
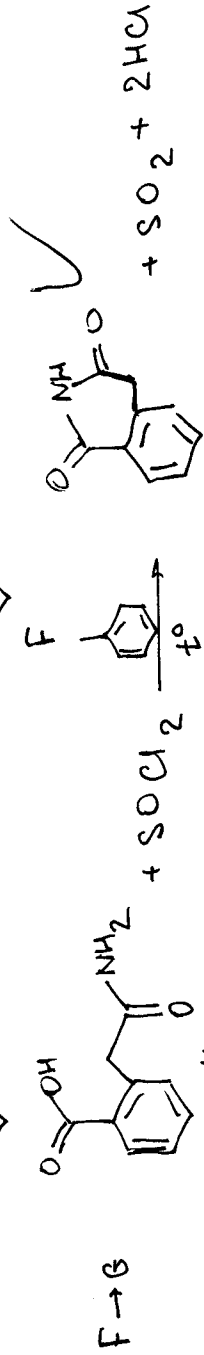
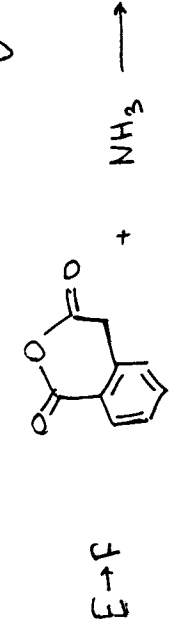
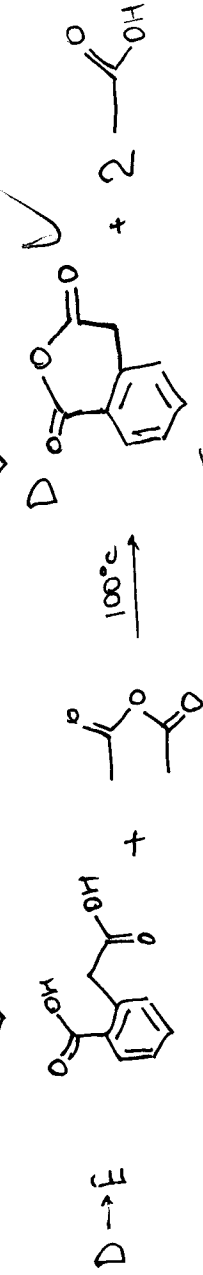
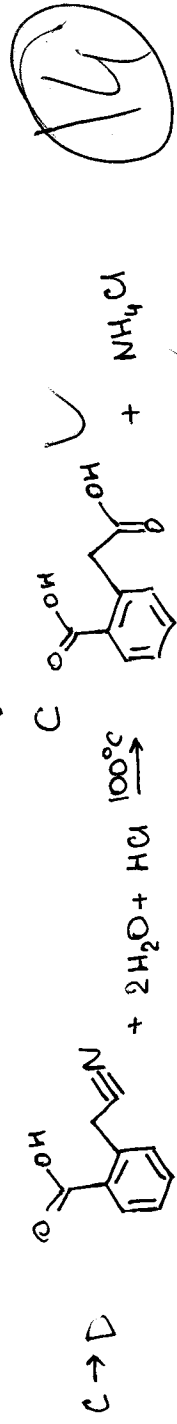
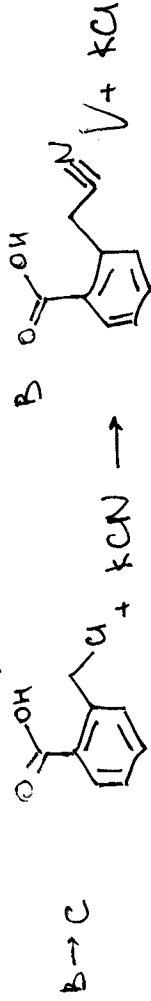
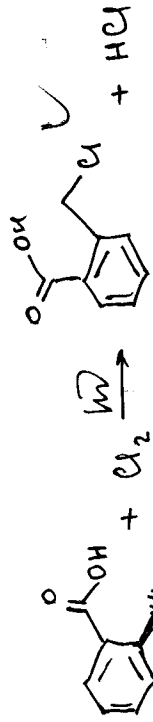
Handwritten chemical structures and formulas for substances E, F, G, H, I:

- E: CH_3NO_2
- F: $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$
- G: N_2O
- H: NO
- I: NO_2

Additional handwritten notes and equations are present, including $\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2$ and $\text{NO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_2$.

(20 баллов)

№1.



истобык

N2. 1) т.к. m_s принимает только 1 значение \Rightarrow на орбитах может находиться только 1 e^- *

т.к. \downarrow начинается с 1 \Rightarrow s-орбитами отступим вниз, есть только "первое" орбитали P.*

* - в условии задано.

H 1p \uparrow ---
 He 1p $\uparrow \uparrow$ -
 Li: 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ в g-орбитали $2p$ будет пробовать с-ва галогенов - электроны окислитель
 Be 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p \uparrow --- d^0
 B 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow$ - d^0
 C 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow \uparrow$ d^0

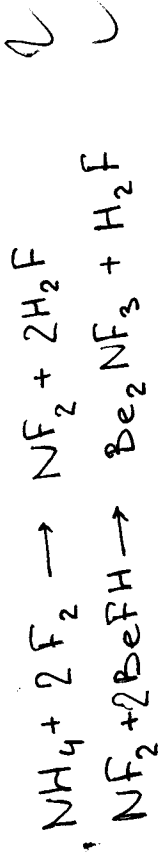
N 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2d \uparrow ---
 O 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2d $\uparrow \uparrow$ ---
 F 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2d $\uparrow \uparrow \uparrow$ ---
 Ne 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2d $\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$ ---
 Na 1p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2p $\uparrow \uparrow \uparrow$ 2d $\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$ вместе

пробовать с-ва галогенов.

	1	2	3	4	5	6	7	8
I	H						He	Li
II	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na

20

2) аналог воды (H_2O) --- H_2F
 3) аналог $CH_4 = NH_4$, $O_2 = F_2$, $LiOH = BeFH$



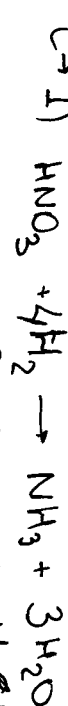
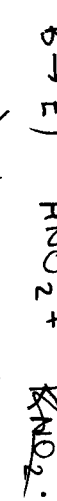
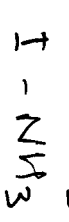
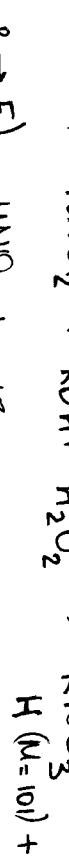
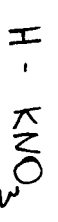
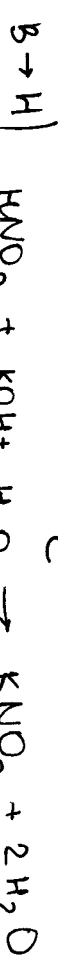
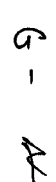
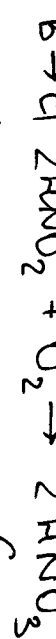
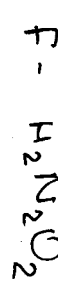
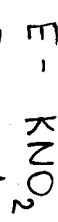
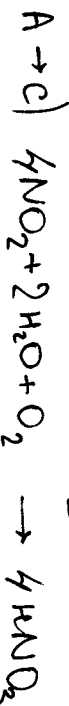
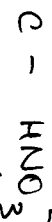
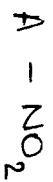
N5 $w_3 = \frac{n \cdot N_2 \cdot 100}{Mg} \Rightarrow M(E) = \frac{14n}{0,1647} = 85n$, $n \in Z = n(N)$; $M(F) = \frac{14x}{0,4516} = 31x$

$M(G) = \frac{14z}{0,2205} = 63,5z$; $M(H) = \frac{14x}{0,1386} = 101x$; $M(I) = \frac{14a}{0,8235} = 17a$

$n, x, z, a \in Z$, могут принимать одно значение.

смпз из 5

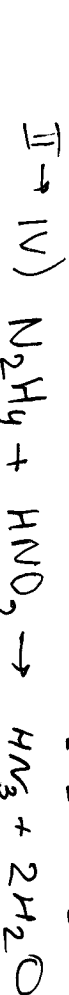
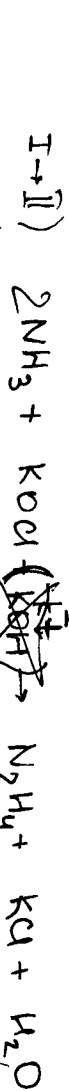
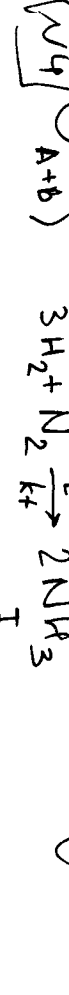
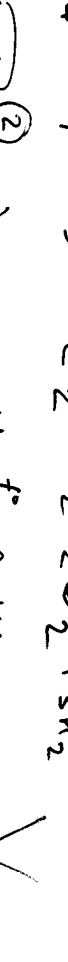
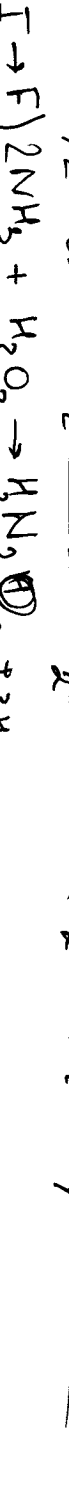
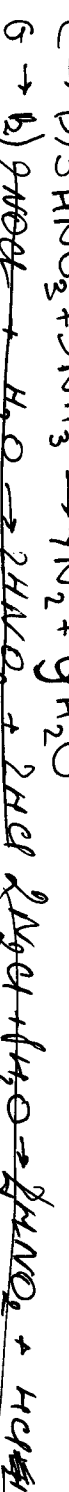
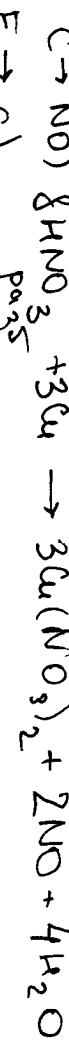
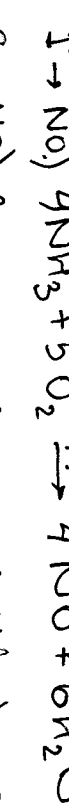
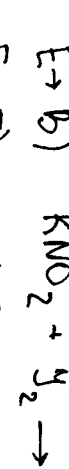
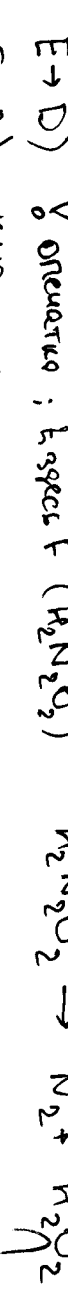
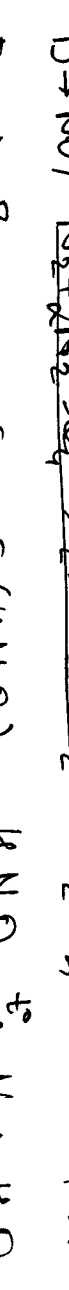
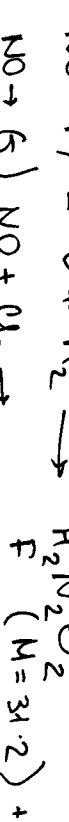
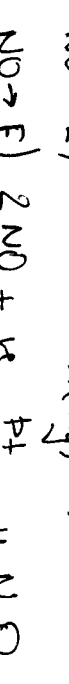
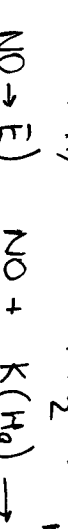
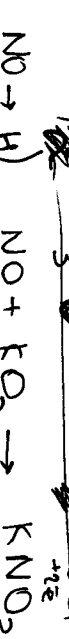
варианта



и загарува х



операция в таблица
в-о х F / E ,
перевести в .

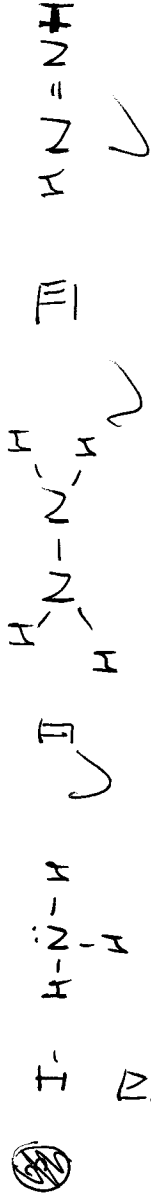
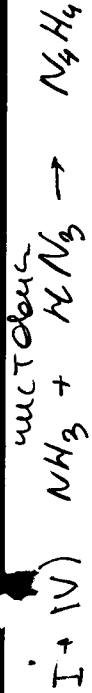


15

Ср-р

A - H₂
B - N₂
I - NH₃
II - N₂H₄
III - N₂H₂
IV - HN₃
V - N₄H₄

ампу
5



(3) 8

(5) N_2H_4 - углеродный элемент в кр. бе. масса, в атомном торнике, в торнике. ✓

(6)

N3 $\mathcal{D}(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{0,24}{142} = 0,00169 \text{ моль}$
 $[\text{Na}_2\text{HPO}_4]_{100 \text{ мм}} = \frac{\mathcal{D}}{V} = 0,0169 \text{ M}$

$\mathcal{D}(\text{X}_3\text{P}) = \frac{0,0829}{M(\text{X}_3\text{P}_n)}$ заборное с мб D(V) моль/л
 $\text{A} = \text{e} \cdot \text{c}$ 0,00169 моль — 1000 мм
 \times — 0,75 мм

$x = 1,267 \cdot 10^{-6}$ $\text{моль} = \mathcal{D}(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \mathcal{D}(\text{P})_{0,75 \text{ мм}}$
 $\mathcal{D}(\text{P})$ D — 0,2
 $1,267 \cdot 10^{-6}$ — 0,192
 y $y = \mathcal{D}(\text{P})_{\text{X}_3\text{P}_n} = \frac{1,267 \cdot 10^{-6}}{0,192} = 6,6 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$

нпу X_3P $M(\text{X}_3\text{P}) = \frac{0,0829}{y} =$ 8

~~A = e \cdot c~~ ~~e \cdot c~~

$A = e \cdot c$ $e \cdot c_{\text{P}} = 0,097 + 0,11 + 0,15 + 0,2 + 0,25 = 0,807$

$0,192 = \frac{e \cdot c_{\text{P}}}{[\text{P}]}$ $e \cdot c_{\text{P}} = \frac{0,107}{0,0169 \cdot 0,0001} + \frac{0,11}{0,0169 \cdot 0,00025} + \dots =$

5 мп 5 нз 5