Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	1	H 1 1,00795 водород							He 2 4,002602 гелий		
II	2	Li 3 6,9412 литий	Be 4 9,01218 бериллий	B 5 10,812 бор	C 6 12,0108 углерод	N 7 14,0067 азот	O 8 15,9994 кислород	F 9 18,99840 фтор	Ne 10 20,179 неон		
III	3	Na 11 22,98977 натрий	Mg 12 24,305 магний	Al 13 26,98154 алюминий	Si 14 28,086 кремний	P 15 30,97376 фосфор	S 16 32,06 сера	Cl 17 35,453 хлор	Ar 18 39,948 аргон		
IV	4	K 19 39,0983 калий	Ca 20 40,08 кальций	Sc 21 44,9559 скандий	Ti 22 47,90 титан	V 23 50,9415 ванадий	Cr 24 51,996 хром	Mn 25 54,9380 марганец	Fe 26 55,847 железо	Co 27 58,9332 кобальт	Ni 28 58,70 никель
	5	Cu 29 63,546 медь	Zn 30 65,38 цинк	Ga 31 69,72 галлий	Ge 32 72,59 германий	As 33 74,9216 мышьяк	Se 34 78,96 селен	Br 35 79,904 бром	Kr 36 83,80 криптон		
V	6	Rb 37 85,4678 рубидий	Sr 38 87,62 стронций	Y 39 88,9059 иттрий	Zr 40 91,22 цирконий	Nb 41 92,9064 ниобий	Mo 42 95,94 молибден	Tc 43 98,9062 технеций	Ru 44 101,07 рутений	Rh 45 102,9055 родий	Pd 46 106,4 палладий
	7	Ag 47 107,868 серебро	Cd 48 112,41 кадмий	In 49 114,82 индий	Sn 50 118,69 олово	Sb 51 121,75 сурьма	Te 52 127,60 теллур	I 53 126,9045 иод	Xe 54 131,30 ксенон		
VI	8	Cs 55 132,9054 цезий	Ba 56 137,33 барий	La 57 138,9 лантан ×	Hf 72 178,49 гафний	Ta 73 180,9479 тантал	W 74 183,85 вольфрам	Re 75 186,207 рений	Os 76 190,2 осмий	Ir 77 192,22 иридий	Pt 78 195,09 платина
	9	Au 79 196,9665 золото	Hg 80 200,59 ртуть	Tl 81 204,37 таллий	Pb 82 207,2 свинец	Bi 83 208,9 висмут	Po 84 [209] полоний	At 85 [210] астат	Rn 86 [222] радон		
VII	10	Fr 87 [223] франций	Ra 88 [226] радий	Ac 89 [227] актиний ××	Rf 104 [261] резерфордий	Db 105 [262] дубний	Sg 106 [266] сиборгий	Bh 107 [269] борий	Hs 108 [269] хассий	Mt 109 [268] мейтнерий	Ds 110 [271] дармштадтий
	11	Rg 111 [272] рентгений	Cn 112 [285] коперниций	113	Fl 114 [289] флеровий	115	Lv 116 [293] ливерморий	117	118		

× лантаноиды

Ce 58 140,1 церий	Pr 59 140,9 празеодим	Nd 60 144,2 неодим	Pm 61 [145] прометий	Sm 62 150,4 Самарий	Eu 63 151,9 европий	Gd 64 157,3 гадолиний	Tb 65 158,9 тербий	Dy 66 162,5 диспрозий	Ho 67 164,9 гольмий	Er 68 167,3 эрбий	Tm 69 168,9 тулий	Yb 70 173,0 иттербий	Lu 71 174,9 лютеций

×× актиноиды

Th 90 232,0 торий	Pa 91 231,0 протактиний	U 92 238,0 уран	Np 93 [237] нептуний	Pu 94 [244] плутоний	Am 95 [243] америций	Cm 96 [247] кюрий	Bk 97 [247] берклий	Cf 98 [251] калифорний	Es 99 [252] эйнштейний	Fm100 [257] фермий	Md 101 [258] менделевий	No 102 [259] нобелий	Lr 103 [262] лоуренсий

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

→

активность металлов уменьшается

Растворимость кислот, солей и оснований в воде

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^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Cr^{3+}
OH^-		Р	Р	Р	–	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н	Н
NO_3^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р
F^-	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Н	Р	Р	М	Р	–	М	М	Н	М	М
Cl^-	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р
Br^-	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	М	Н	Р	Р	Р	Р
I^-	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	–	Н	Н	Р	–	Р	Р
S^{2-}	Р	Р	Р	Р	Н	–	–	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–
SO_3^{2-}	Р	Р	Р	Р	М	М	М	М	Н	М	Н	–	Н	–	–	–	М	–	–	–
SO_4^{2-}	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р
CO_3^{2-}	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	–	–	Н	Н	–	–	–
SiO_3^{2-}	Н	–	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	–	–	–	Н	–	–	–
PO_4^{3-}	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CH_3COO^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р

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

ЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1

1733

Σ = 86
-1 = 85

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ 2016–2017

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады ХИМИЯ **(11 КЛАСС)**

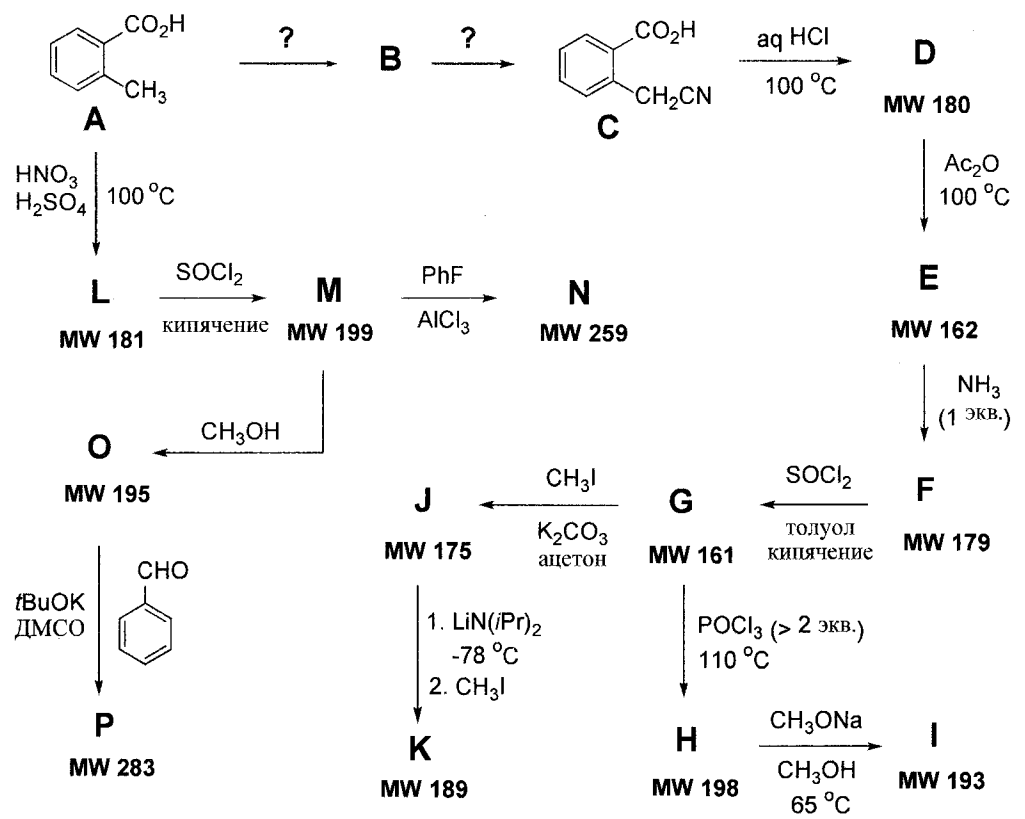
Город, в котором проводится Олимпиада Ст[illegible]

Дата _____

****

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**).



(20 баллов)

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, . . .)

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,..., ***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).

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, ...

l = 1, 2, 3, ... n

m_l = -l ... l

m_s = -1/2

Пользуясь символами химических элементов нашей Вселенной:

1) постройте первые два периода периодической системы параллельного мира;

2) укажите. что пьют и чем умываются гоминоиды;

3) напишите уравнения реакций, соответствующих в нашем мире горению метана в кислороде и поглощению продуктов гидроксидом лития.

(20 баллов)

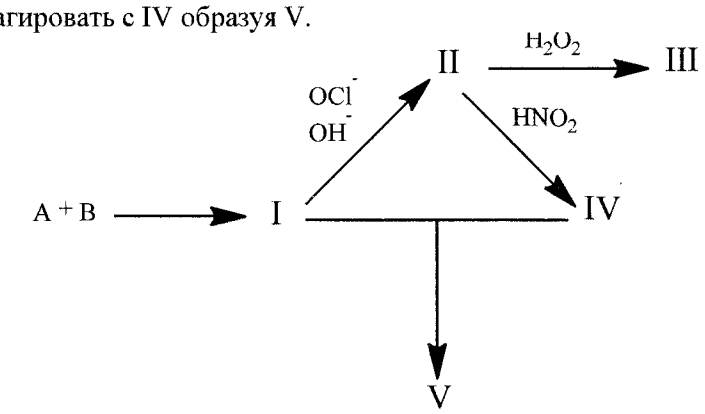
3. Для фотометрического определения фосфора в виде фосфорномолибденового комплекса приготовили стандартный раствор, содержащий 0.2400 г гидрофосфата натрия в 100 мл раствора. Указанные в таблице объемы этого раствора после соответствующей обработки разбавили водой до 25 мл и измерили их оптическую плотность:

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)

4. Элементы, входящие в состав простых веществ A и B, образуют ряд бинарных соединений (I-IV). Однако прямым синтезом можно получить только соединение I. При пропускании I через щелочной раствор гипохлорита образуется II. III существует в виде цис-транс изомеров, его можно получить окислением II пероксидом водорода, а соединение IV - образуется при взаимодействии II с азотистой кислотой. I способно реагировать с IV образуя V.



Некоторые физико-химические характеристики описанных веществ приведены в таблице.

	A	B	I	II	III	IV	V
$\Delta_{ат}H^0$, кДж/моль	218,0	472,7					
$\Delta_f H^0$, кДж/моль		0		-95,3	-222,0		-110,5
$\Delta_{исп}H^0$, кДж/моль			23,33	40,6		29,7	
$\Delta_{сгор}H^0$, 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

$\Delta_{ат}H^0$ – энтальпия образования 1 моль одноатомного газа из простого вещества

$\Delta_f H^0$ – энтальпия образования 1 моль вещества из простых тел

$\Delta_{исп}H^0$ – энтальпия испарения 1 моль вещества

$\Delta_{сгор}H^0$ – энтальпия полного сгорания 1 моль вещества

Известно, что во всех соединениях II-V, кроме связей A-B есть еще связи B-B разной кратности.

1. Определите молекулярные формулы веществ I-V, нарисуйте структурные формулы этих соединений.
2. Напишите описанные в задачи реакции.
3. Оцените энергии связей A-B и B-B в веществах I-V.
4. Какие еще твердые бинарные соединения можно получить из IV, кроме V? Напишите уравнения реакций, изобразите структурные формулы продуктов.
5. Где применяется соединение II?
6. Если элемент, входящий в состав B, заменить на его соседа по группе, то количество аналогичных бинарных соединений резко уменьшается. В частности, аналоги соединений III-V на данный неизвестны. Как это можно объяснить?

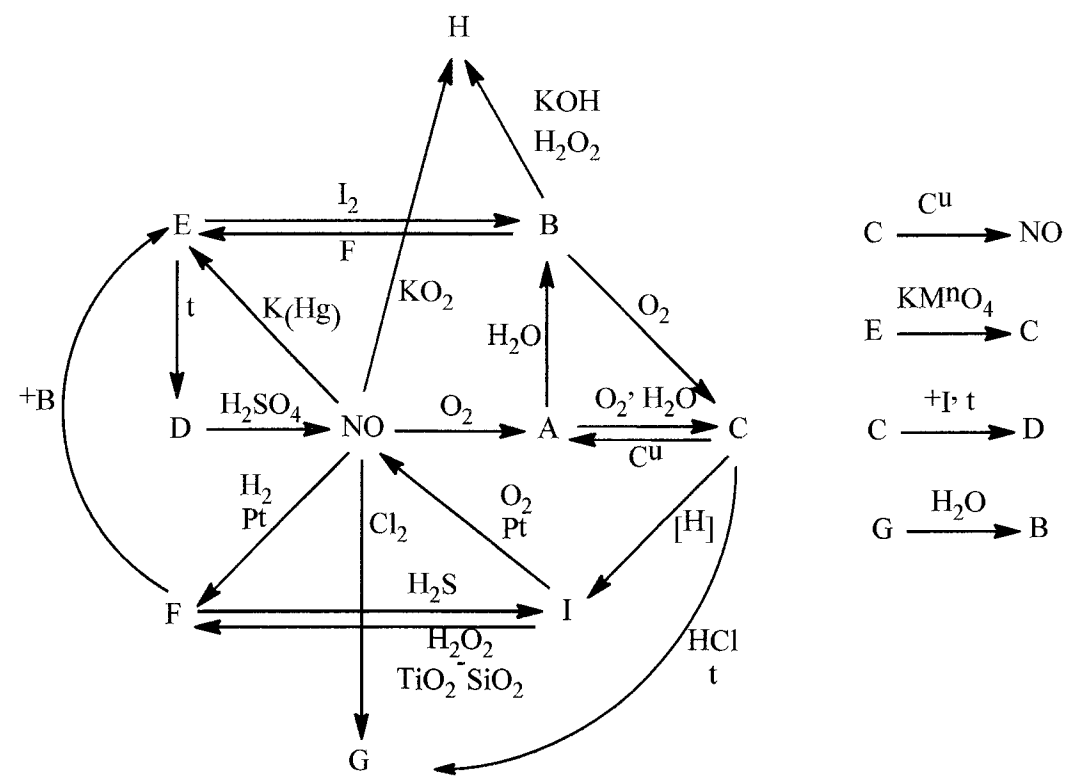
(20 баллов)

5. При окислении монооксида азота кислородом образуется **A**. При взаимодействии **A** с водой без доступа кислорода образуется раствор **B** и **C**, но если при взаимодействии **A** с водой одновременно пропускать через раствор кислород образуется только **C**. Из **C** также можно получить **A** или монооксид азота в зависимости от условий проведения реакции. При взаимодействии **C** с HCl при нагревании можно выделить вещество **G**, которое также образуется при реакции NO и хлора. При взаимодействии **G** с водой образуется **B**. При взаимодействии NO с амальгамой (раствором в ртути) калия образуется соль **E**, которая при нагревании переходит в вещество **D**, использующееся в качестве анестезирующего средства. **D** также может быть получен при взаимодействии веществ **C** и **I** с последующим нагреваним. Вещество **E** образуется и в реакции веществ **B** и **F**. Вещество **B** можно получить путем окисления **E** не сильным восстановителем, например йодом, а при взаимодействии с сильным окислителем (перманганатом калия) **E** переходит в **C**. **B** можно перевести в **E** 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 **C**. Соединение **H** имеющего одинаковую брутто-формулу с **C** можно получить двумя способами: при взаимодействии NO и супероксида калия или при взаимодействии **B** с пероксидом водорода и подщелачивании раствора.

Напишите уравнения описанных реакций. Изобразите графические формулы веществ **B-H.** Укажите разницу в условия превращения **C** в **A** и в NO.

Ниже приведены данные элементного анализа некоторых соединений.

Вещество	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**
ω(N), масс. %	16.47%	45.16%	22.05%	13.86%	82.35%



(20 баллов)

3) $4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O - 316{,}8 \cdot 4$ кДж/моль

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O - 242 \cdot 2$ кДж/моль

$6H_2 + 3O_2 \rightarrow 6H_2O - 242 \cdot 6$ кДж/моль

$6H_2O \rightarrow 6H_2 + 3O_2 + 242 \cdot 6$ кДж/моль

$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$

$4NH_3 \rightarrow 6H_2 + 2N_2 - 316{,}8 \cdot 4$ кДж/моль $+ 242 \cdot 6$ кДж/моль

$\Delta H = -316{,}8 \cdot 4 + 242 \cdot 6 = 184{,}8$ кДж/моль

$\Delta H = -2 \cdot \Delta H(N \equiv N) - 6 \cdot \Delta H(H-H) + 12 \cdot \Delta H(N-H)$

$184{,}8 = -2 \cdot 472{,}7 - 6 \cdot 218 + 12 \cdot \Delta H(N-H)$

$\Delta H(N-H) = 203{,}12$ кДж/моль

+/−

$N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4 - 95{,}3$ кДж/моль

$\Delta H = -\Delta H(N-N) - 4 \cdot \Delta H(N-H) + 2 \cdot \Delta H(H-H) + \Delta H(N \equiv N)$

$-95{,}3 = -\Delta H(N-N) - 4 \cdot 203{,}12 + 2 \cdot 218 + 472{,}7$

$\Delta H(N-N) = 191{,}52$ кДж/моль

$N_2 + H_2 \rightarrow N_2H_2 - 222$ кДж/моль

$\Delta H = -\Delta H(N=N) - 2\Delta H(N-H) + \Delta H(N \equiv N) + \Delta H(H-H)$

$-222 = -\Delta H(N=N) - 2 \cdot 203{,}12 + 472{,}7 + 218$

$\Delta H(N=N) = 506{,}46$ кДж/моль

$E(N-H) = 203{,}2$ кДж/моль

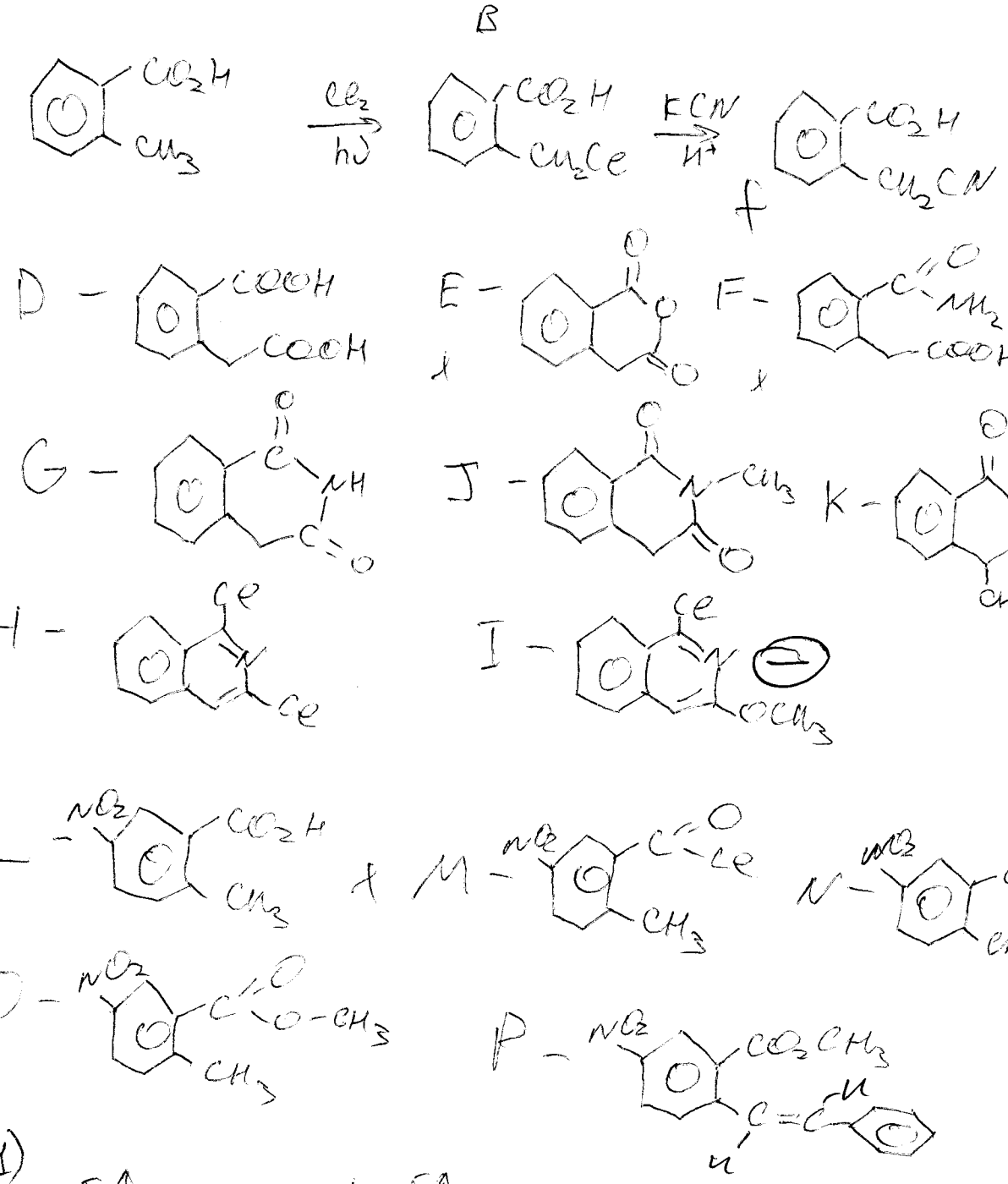
$E(N=N) = 506{,}46$ кДж/моль

$E(N-N) = 191{,}52$ кДж/моль

$E(N \equiv N) = 472{,}7$ кДж/моль

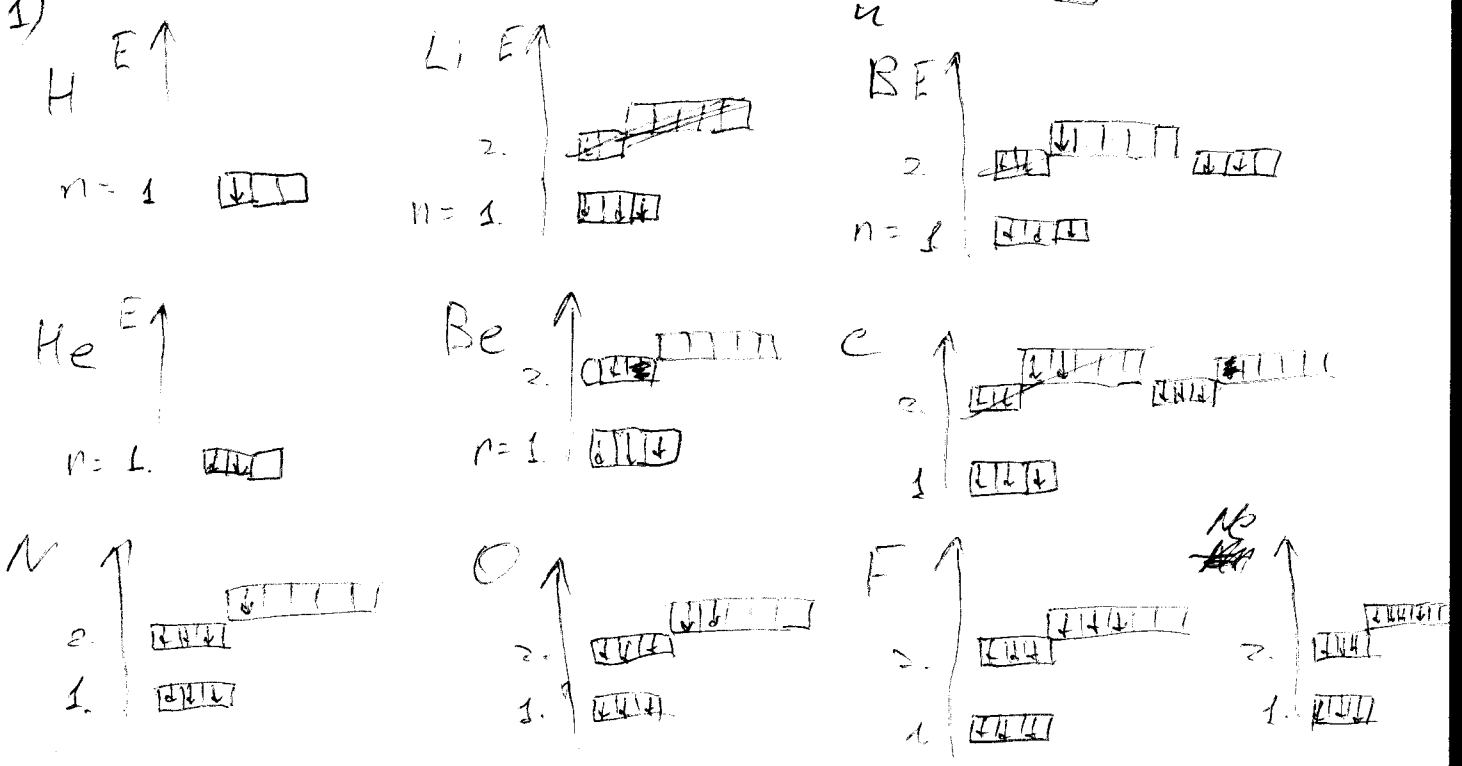
Санкт-Петербургский государственный университет

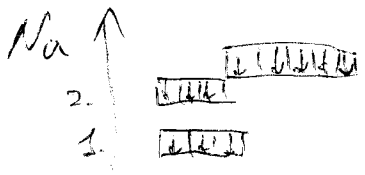
Зад. 1.



+1 = 19

Зад. 2. 1)





2) Гаммиды щёлочи и щёлочноземельные H_2F +

3) $NH_4 + 2F_2 \rightarrow NF_2 + 2H_2F$

$NF_2 + 2BeFH \rightarrow Be_2NF_3 + H_2F$ +

10

Зад.3. $n(Na_2HPO_4) = \frac{0,24}{142} = 0,001690$ моль

$C(Na_2HPO_4)_{р-ра} = \frac{0,001690 \text{ моль}}{0,1 \text{ л}} = 0,0169$ моль/л

$C(Na_2HPO_4) = C(P)$.

При разбавлении р-ров концентрация падает.

Так как оптическая плотность р-ра фосфида лежит в пределах $0,150 < 0,192 < 0,2$ то найдем концентрации разбавленных растворов с опт. плотностью 0,150 и 0,2.

$C = \frac{n}{V}$; $n = CV$

$n(0,150) = 0,0169 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 8,45 \cdot 10^{-6}$

$C(0,150) = \frac{8,45 \cdot 10^{-6}}{0,025} = 0,000338$ М

$C(0,2) = \frac{0,0169 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3}}{0,025} = 0,000507$ М.

Тогда концентрация раствора лежит в пределах

$0,000338 < x < 0,000507$

$M(\text{фосфида}) = \frac{m}{C \cdot V}$

$M_{мин} = \frac{0,0829}{0,000507 \cdot 1} = 163,5$ г/моль

$M_{макс} = \frac{0,0829}{0,000338 \cdot 1} = 245,26$ г/моль

При условии, что в молекулу фосфида входит 1 атом фосфора.

При 1 атоме фосфора в молекуле ~~нет решений~~ искомым фосфидом может быть Ti_3P, но Ti^+ ~~весьма~~ не существует.

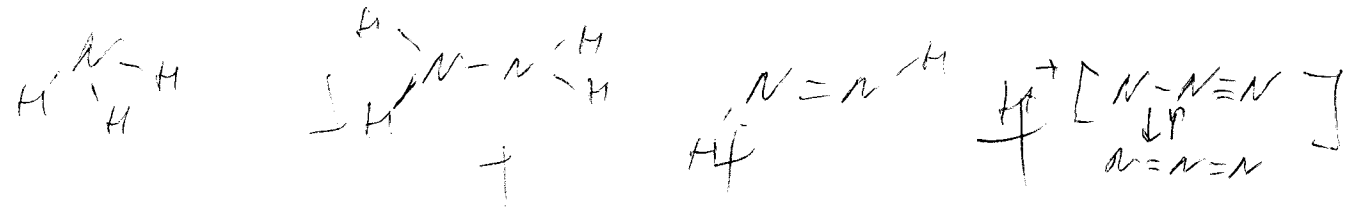
10

при 2 атомах фосфора условию соответствует Zr_3P_2.

Ответ: Zr_3P_2

Зад.4. 1) ~~$A - N_2$~~ $A - H_2$; $B - N_2$.

I – NH_3 II – N_2H_4 III – N_2H_2 IV – HN_3



V – NH_4N_3

$NH_4^+ [N-N\equiv N \rightleftarrows N=N=N]^-$

16

2) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

~~$NH_3 + NaOCl + NaOH \rightarrow$~~

$2NH_3 + NaOCl \rightarrow N_2H_4 + NaCl + H_2O$

$N_2H_4 + H_2O_2 \rightarrow N_2H_2 + 2H_2O$

$N_2H_4 + HNO_2 \rightarrow HN_3 + 2H_2O$

$HN_3 + NH_3 \rightarrow NH_4N_3$

Санкт-Петербургский государственный университет

задача 4 (продолжение)

4) $HN_3 + Pb(NO_3)_2 \rightarrow Pb(N_3)_2\downarrow + 2HNO_3$

5) N_2H_4 - гидразин, применяется как ракетное топливо а также как восстановитель. +

6) Для фосфора энергия 3-х одинарных связей P-P ниже, чем энергия кратных связей, поэтому фосфор не склонен к образованию соединений содержащих двойные и тройные P-P связи.

Зад. 5

1) $2NO + O_2 \rightleftarrows 2NO_2$

2) $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$

3) $4NO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4HNO_3$

4) $2NO + 2K(Hg) \rightarrow K_2N_2O_2$

5) $K_2N_2O_2 \rightarrow K_2O + N_2O\uparrow$

6) $HNO_3 + NH_3 \rightarrow N_2O\uparrow + 2H_2O$

7) $2K_2N_2O_2 + I_2 \rightarrow 2KNO_2 + N_2O\uparrow + 2KI$

8) $5K_2N_2O_2 + 8KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow 10HNO_3 + 8K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O$

9) $KO_2 + NO \rightarrow KNO_3$

10) $KNO_2 + H_2O_2 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

11) $2NO + H_2 \xrightarrow{Pt} HNO$

12) $HNO + HNO_2 \rightarrow H_2N_2O_2$

13) $8HNO_3 + 3Cu \rightarrow 2NO + 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O$

14) $NOCl + H_2O \rightarrow HCl + HNO_2$

15) $HNO_3 + 3HCl \rightarrow NOCl + Cl_2 + 2H_2O$

A – H–O–N=O

C – H–O–N(=O)–O

D – N≡N=O ⇌ N=N

E – [O–N=N–O]$^{-2}$ $2K^+$

F – H–N=O

G – Cl–N=O

H – H–O–O–N=O