



3599

65

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ  
2017–2018**

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады ХИМИЯ (10 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада Санкт-Петербург

Дата 24.03.2018

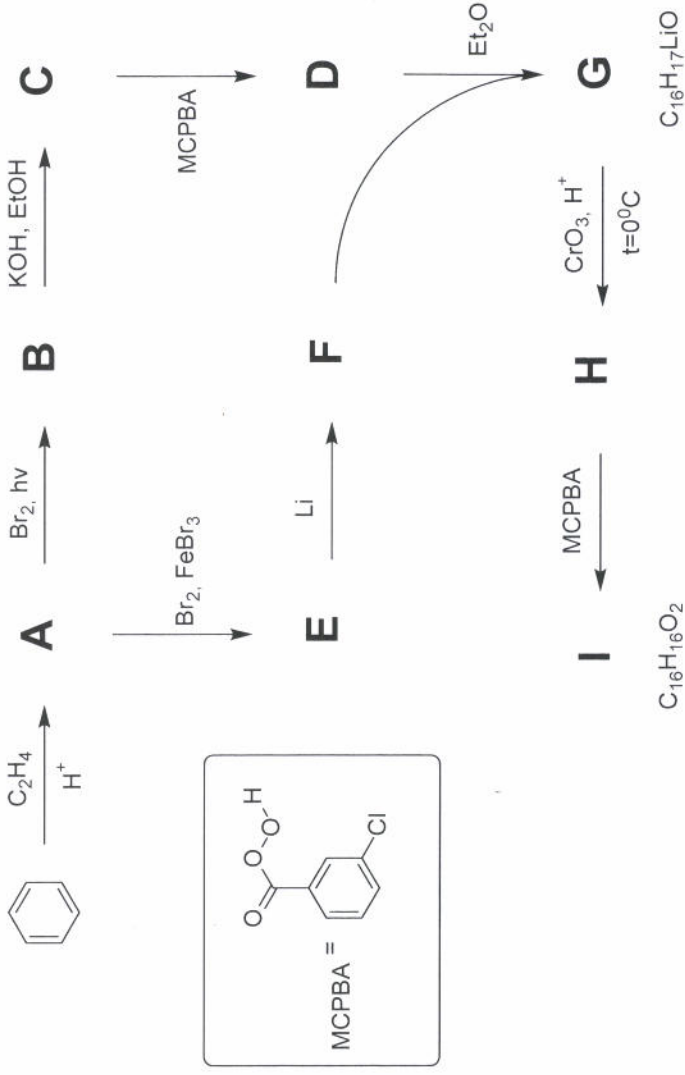
\*\*\*\*\*

**Вариант 11**

**Дорогие десятиклассники! Перед Вами набор из шести задач. Вы можете решать любые из них, но в зачет идут только пять, в которых Вы наберете наибольшее количество баллов. Постарайтесь грамотно расходовать свои силы и время. Желаем успехов!**

**Задача №1. «Душистый антисептик-инсектицид». (20 баллов)**

В результате многостадийного синтеза из бензола получается вещество **I** (см. схему). Гомолог вещества **I** известен тем, что является душистым веществом (обладает слабым балзамическим запахом), а также является фиксатором запаха в парфюмерии. Кроме того, это соединение используется как репеллент от моли и антисептик.



Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
I	1 H 1,00795 водород							2 He 4,002602 гелий	
II	2 Li 6,9412 литий	3 Be 9,01218 бериллий	4 B 10,812 бор	5 C 12,0108 углерод	6 N 14,0067 азот	7 O 15,9994 кислород	8 F 18,99840 фтор	9 Ne 20,179 неон	
III	3 Na 22,98977 натрий	11 Mg 24,305 магний	12 Al 26,98154 алюминий	13 Si 28,086 кремний	14 P 30,97376 фосфор	15 S 32,06 сера	16 Cl 35,453 хлор	17 Ar 39,948 аргон	
IV	4 K 39,0983 калий	19 Ca 40,08 кальций	20 Sc 44,9559 скандий	21 Ti 47,90 титан	22 V 50,9415 ванадий	23 Cr 51,996 хром	24 Mn 54,9380 марганец	25 Fe 55,847 железо	26 Co 58,9332 кобальт
V	5 Cu 63,546 медь	29 Zn 65,38 цинк	30 Ga 69,72 галлий	31 Ge 72,59 германий	32 As 74,9216 мышьяк	33 Se 78,96 селен	34 Br 79,904 бром	35 Kr 83,80 криптон	36 Rb 85,4678 рубидий
VI	6 Sr 87,62 стронций	37 Y 88,9059 иттрий	38 Zr 91,22 цирконий	39 Nb 92,9064 ниобий	40 Mo 95,94 молибден	41 Tc 98,9062 технеций	42 Ru 101,07 рутений	43 Rh 102,9055 родий	44 Pd 106,4 палладий
VII	7 Ag 107,868 серебро	47 Cd 112,41 кадмий	48 In 114,82 индий	49 Sn 118,69 олово	50 Sb 121,75 сурьма	51 Te 127,60 теллур	52 I 126,9045 йод	53 Xe 131,30 ксенон	54 Ba 137,33 барий
	8 Cs 132,9054 цезий	55 La 137,33 лантан	56 Ce 140,9076 церий	57 Pr 140,9076 протактиний	58 Nd 144,242 неодим	59 Pm [145] прометий	60 Sm 150,4 самарий	61 Eu 151,96 европий	62 Gd 157,25 гадолиний
	9 Au 196,9665 золото	79 Hg 200,59 ртуть	80 Tl 204,37 таллий	81 Pb 207,2 свинец	82 Bi 208,98 висмут	83 Po [209] полоний	84 At [210] астат	85 Rn [222] радон	86 Rf [261] резерфордий
	10 Fr [223] франций	87 Ra [226] радий	88 Ac [227] актиний	89 Th [232] торий	90 Pa [231] протактиний	91 U [238] уран	92 Np [237] нептуний	93 Pu [244] плутоний	94 Am [243] амерций
	11 Rg [272] ренгений	111 Cn [285] коперниций	112 Nh [289] флеровий	113 Fl [289] флеровий	114 Lv [293] ливерморий	115 Ts [294] теннессиум	116 Og [294] оганесон	117 Uue [295] юниверсий	118 Uuo [295] юниверсий

xx лантаноиды

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

xx актиноиды

90 Th 232,0 торий	91 Pa 231,0 протактиний	92 U 238,0 уран	93 Pu [244] плутоний	94 Am [243] амерций	95 Cm [247] куриум	96 Bk [247] берклий	97 Cf [251] калifornий	98 Es [252] эйнштейний	99 Fm [257] фермий	100 Md [258] менделеев	101 No [259] нобелий	102 Lr [262] луоренсий
-------------------------	-------------------------------	-----------------------	----------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------

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 ↓

**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

**Растворимость кислот, солей и оснований в воде**

Ионы	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>																		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>																		
F <sup>-</sup>																		
Cl <sup>-</sup>																		
Br <sup>-</sup>																		
I <sup>-</sup>																		
S <sup>2-</sup>																		
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>																		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>																		
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>																		
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>																		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>																		
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>																		

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



**Задача №2. «Лодочка». (20 баллов)**

С некоторой солью, встречающейся в природе в виде минерала, были проделаны следующие опыты. Навеску этого вещества мелко истерли в ступке, а затем в багнетовой лодочке поместили в трубчатую печь, где прокаляли при 450°C в токе различных газов. По окончании опыта печь охлаждали до комнатной температуры, лодочку доставали и взвешивали. Ниже в таблице приведены изменения массы вещества в лодочке в зависимости от газа, в атмосфере которого велось прокалывание.

Газ	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	HCl	HCl, Cl <sub>2</sub>
Δm	-37.9%	-51.7%	-33.3%	+9.5%	-100%

Определите исходную соль, приведите уравнения протекающих реакций.

**Задача №3. «Четыре ампулы». (20 баллов)**

В четыре ампулы одинакового объема 50 см<sup>3</sup> поместили навески, вакуумировали и нагрели. Через некоторое время измерили давление, установившееся в ампулах. Данные о составе навесок, температуре и давлении приведены в таблице.

	Ампула №1	Ампула №2	Ампула №3	Ампула №4
Состав навески	1 г CaCO <sub>3</sub>	1 г CaCO <sub>3</sub>	1 г CaCO <sub>3</sub> + 1 г графита	1 г CaCO <sub>3</sub> + 1 г графита
Температура, °C	500	700	500	700
Давление, атм	2,14·10 <sup>-4</sup>	6,33·10 <sup>-2</sup>	1,11·10 <sup>-3</sup>	0,303

Твердую смесь извлекли из ампул, охладили и промыли теплой водой.

1. Определить массы твердых остатков, оставшихся после промывания.
2. Оцените, какую минимальную массу графита нужно поместить в ампулу объемом 100 см<sup>3</sup>, содержащим по 2 г карбоната кальция, чтобы при нагревании до температур 500 и 700°C, давление оказалось таким же, как и в описанном эксперименте?
3. Почему с ростом температуры давление в ампулах растет?
4. К раствором, полученным после промывания 10 мл воды твердых остатков добавили по 10 мг сульфата натрия. Определите массы образовавшихся осадков. Приведение растворимости, являющиеся константой равновесия процесса растворения ионного соединения, для сульфата кальция равно  $K_s(\text{CaSO}_4) = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 3,7 \cdot 10^{-5}$ .

**Задача №4. «Кому все это нужно?» (20 баллов)**

Заполните предлагаемую таблицу, используя подсказки об агрегатных состояниях и областях применения веществ:

Вещество	Агрегатное состояние при н.у.	Применение
SO <sub>3</sub>	жид.	Три окислителя в мл смеси
NF <sub>3</sub>	жид.	Три окислителя в мл смеси
HCN	жид.	Сольват орг. в-во
BCl <sub>3</sub>	жид.	Аморфный осадок
XeF <sub>2</sub>	жид.	Фториды, окислитель
NN <sub>3</sub>	жид.	Взрывчатое в-во

При н.у. одно вещество из представленных является газообразным, три жидкими и два твердыми.

**Применение:** Боевое отравляющее вещество; Фторидующий агент; Флюс для пайки; Производные используются в качестве взрывчатых веществ; При производстве кислот; При травлении кремниевых пластин.

**Задача №5. «Дружеская помощь» (20 баллов)**

Юный химик-аналитик Валя разбирала старую лабораторию и обнаружила колбу с жидкостью. Научный руководитель Валя сказал, что когда-то эта колба использовалась под органический слив, и в ней содержится три изомерных вещества. Он предложил Вале определить количественный и качественный состав смеси.

Провела серию экспериментов, Валя выяснила, что при упаривании этой жидкости не остается твердого остатка. Порция данной смеси массой 2,9 г может обесцветить бромную воду,

содержащую 0.03 моль брома, а обработка полученного при этом раствора гидрокарбонатом натрия приводит к выделению газа. При обработке такого же количества смеси избытком реактива Толлена образуется 4,32 г осадка. Однако этих данных оказалось недостаточно, для решения задачи, и Вале обратилась за помощью к своему другу-органику Коле. Коля смог установить, что при полном гидрировании такой же порции этой смеси в соответствующих условиях, образуется жидкость массой 3,0 г, содержащая по данным хроматографического анализа только два вещества.

Помогите Вале установить качественный и количественный (в массовых долях) состав исходной смеси.

**Задача №6. «Три простых вещества» (20 баллов)**

Друзья решили подшутить над первокурсником химического факультета Жорой. Они смешали три простых вещества и попросили Жору выяснить, какие именно. Содержимое банки было грязно-серого цвета и ничем не пахло. Хотя на первом курсе еще не проходит аналитическую химию, Жора решил установить состав этой загадочной смеси. Для этого он отобрал несколько одинаковых по массе навесок (14,7 г) этой смеси и проделал с ними следующие эксперименты.

Первую навеску Жора попробовал растворить в воде, но ничего не произошло.

Вторую навеску Жора обработал избытком раствора щелочи, в результате чего выделился газ (Жора на глаз оценил его объем в 10 л) и остался нерастворившийся остаток темного цвета массой 1,8 г. Этот остаток, правда, растворялся в концентрированных серной и азотной кислотах.

Третью, четвертую и пятую навески Жора прокалил без доступа воздуха. Спек, полученный из третьей навески, Жора обработал водой и с удивлением увидел, что смесь растворяется, выделится газ (примерно 20 л) и образуется белый аморфный осадок. Соборанный газ Жора пропустил через раствор щелочи, и оказалось, что поглотилась только половина газа. Осадок толком взвесить не удалось, поэтому Жора просушил его и прокалил в муфельной печи при температуре 500°C. Масса твердого остатка оказалась 15,3 г.

Жора не растерялся, и обработал спек из четвертой навески соляной кислотой. В этот раз не наблюдалось образования осадка, но объем газа оказалась таким же.

В отчаянии Жора обработал последний спек раствором щелочи. На этот раз объем газа составил примерно 10 л, а осадок образовывался только если через полученный раствор пропустить избыток углекислого газа.

Тогда Жора пошел к своему другу-аналитику и попросил помочь. Аналитик забрал часть смеси и через некоторое время сообщил, что в ней содержится по крайней мере один металл с массовой долей примерно 33% и что этой информации Жоре будет достаточно.

Помогите Жоре установить качественный состав смеси и написать уравнения проведенных реакций. И кстати, какая температура была в лаборатории во время Жориних экспериментов?



$n=3$  (hydrophile)

2.) Barytes 1 u2 yaponna podatovye 1 u2  
plavo; barytes 3 -

$$\text{MATE } D(C) = \frac{1}{2} D(OC) = \frac{112.4404 \cdot 100}{1000000 \cdot 8,314 \cdot (1500 + 273,15) \cdot 2} = 8,748 \cdot 10^{-3}$$

$$m(C) = 8,748 \cdot 10^{-3} \cdot 12 = 42081,04846 \cdot 10^{-5} \text{ yr.}$$

3.) Assuming  $n=1$ :

$$m(C) = \frac{30407,445 \cdot 100 \cdot 12}{1000000 \cdot 8,314 \cdot (700 + 273,15) \cdot 2} = 2,2466 \cdot 10^{-3} \text{ yr.}$$

3.) Barytes, do we have ~~to~~  $CaCO_3$  hydrophile,  
Ba-barytes, you have barium  $CO_3$  hydrophile?

4.) ~~There~~ we should know  $CaCO_3$  hydrophile  
1. ~~There~~ no hydrophile  $n$ -normality, calc-ly, at the  
hydrolysis,  $CaSO_4$ -hydrophile,  $CaCO_3$ -hydrophile  
color hydrophile  $CaSO_4 \cdot nH_2O$  (normal)

5. ~~There~~ ~~is~~ ~~no~~ ~~hydrophile~~  $CaBr_2$  hydrophile  
hydrophile  $n$ -normality, a normal  
normal - normal / hydrophile hydrolysis.

6. There is no hydrophile  $n$ -normality

7. Hydrolysis, hydrophile  $n$ -normality  
~~hydrophile~~  $n$ -normality, hydrophile  $n$ -normality  
hydrolysis  $2,94(0,03 + \frac{4,32}{109,2}) = 5,84 \text{ normal} \Rightarrow$

8.  $Ca - NaOH$ ,  $NaOH$ ,  $NaOH$  10