



Σ = 68

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

Заключительный этап

ХИМИЯ (10 КЛАСС)

Предмет (комплексе предметов) Олимпиады

Город, в котором проводится Олимпиада

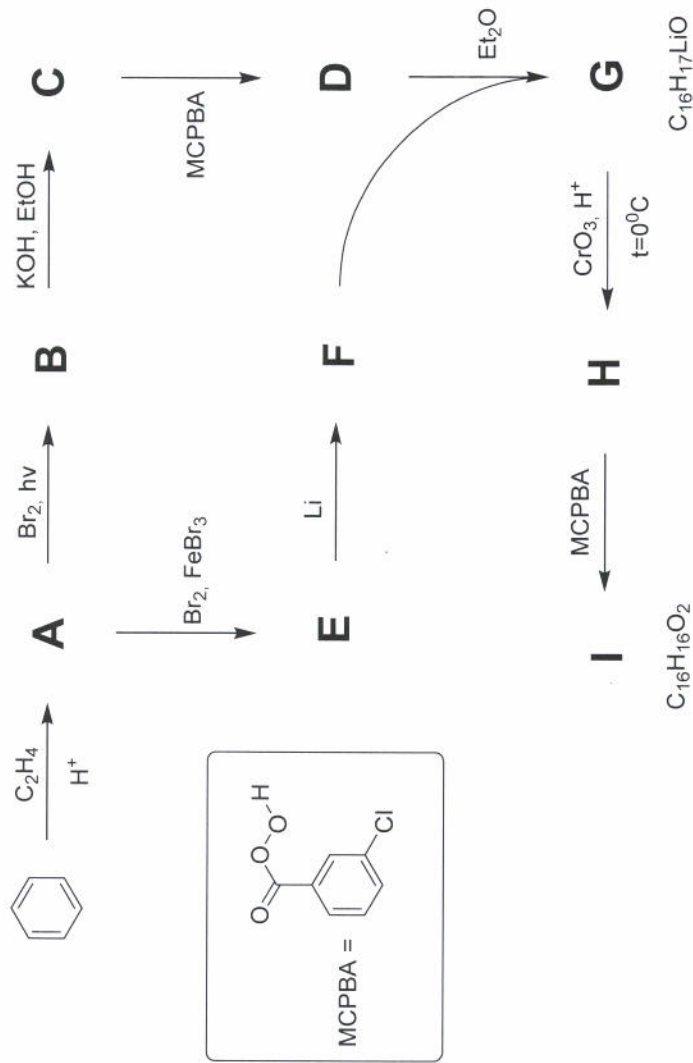
Дата

Вариант 3

Дорогие десятиклассники! Перед Вами набор из шести задач. Вы можете решать любые их 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 бальзамическим 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														
1	H	1,00795	2	He	4,002602	3	Li	6,9412	4	Be	9,01218	5	B	10,812	6	C	12,0108	7	N	14,0067	8	O	15,9994	9	F	18,99840	10	Ne	20,179
11	Na	22,98977	12	Mg	24,305	13	Al	26,98154	14	Si	28,086	15	P	30,97376	16	S	32,06	17	Cl	35,453	18	Ar	39,948	19	K	39,0983	20	Ca	40,08
21	Sc	44,9559	22	Ti	47,90	23	V	50,9415	24	Cr	51,996	25	Mn	54,9380	26	Fe	55,847	27	Co	58,9332	28	Ni	58,70	29	Cu	63,546	30	Zn	65,38
31	Ga	69,72	32	Ge	72,59	33	As	74,9216	34	Se	78,96	35	Br	79,904	36	Kr	83,80	37	Rb	85,4678	38	Sr	87,62	39	Y	88,9059	40	Zr	91,22
41	Nb	92,9064	42	Mo	95,94	43	Tc	98,9062	44	Ru	101,07	45	Rh	102,9055	46	Pd	106,4	47	Ag	107,868	48	Cd	112,41	49	In	114,82	50	Sn	118,71
51	Sb	121,75	52	Te	127,60	53	I	126,9045	54	Xe	131,30	55	Cs	132,9054	56	Ba	137,33	57	La	138,9	58	Ce	140,1	59	Pr	140,9	60	Nd	144,2
61	Bi	208,9	62	Po	[209]	63	At	[210]	64	Rn	[222]	65	Tm	168,9	66	Dy	162,5	67	Ho	164,9	68	Er	167,3	69	Tm	168,9	70	Yb	173,0
71	Ta	180,9479	72	Hf	178,49	73	Ta	180,9479	74	W	183,85	75	Os	192,22	76	Ir	192,22	77	Pt	195,09	78	Au	196,9665	79	Hg	200,59	80	Tl	204,37
81	Tl	204,37	82	Pb	207,2	83	Bi	208,9	84	Po	[209]	85	At	[210]	86	Rn	[222]	87	Fr	[223]	88	Ra	[226]	89	Ac	[227]	90	Th	232,0
91	Pa	231,0	92	U	238,0	93	Np	[237]	94	Am	[243]	95	Cm	[247]	96	Bk	[247]	97	Cf	[251]	98	Es	[252]	99	Fm	[257]	100	Md	[258]
101	Lr	[262]	102	La	[262]	103	Ce	[262]	104	Pr	[262]	105	Nd	[262]	106	Pm	[262]	107	Bh	[269]	108	Hs	[269]	109	Mt	[268]	110	Ds	[271]
111	Rg	[272]	112	Cn	[285]	113	Fl	[289]	114	Lv	[293]	115	Lv	[293]	116	Lv	[293]	117	Lv	[293]	118	Lv	[293]	119	Lv	[293]	120	Lv	[293]

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 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 ²⁺	Hg ₂ ²⁺	Fe ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	H	H
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	M	M	M
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	H	H	H
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M
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	H	H	H
SiO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	H	H
PO ₄ ³⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	H	H
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M

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

Задача №2. «1000 советов молодой хозяйке»

(20 баллов)

В литературе приводится много различных советов молодым хозяйкам. Хотя они и выведены эмпирически, опытным путем, большинство из них имеет под собой вполне логичное научное (в ряде случаев – химическое) обоснование. Объясните с точки зрения химика следующие советы:

- 1) В хрустальном графине не следует хранить фруктовые соки, а минеральную воду наливать можно;
- 2) Если потемнели столовые приборы из мельхиора, положите их в оцинкованное ведро и залейте подсолонной водой. Через 3-4 часа они станут совсем светлыми и чистыми.
- 3) «Прабабушкин» способ очистки серебряных украшений: разрежьте картофелину (лучше замороженную) пополам, вложите в разрез потемневшее украшение, поместите в кастрюлю с водой и поставьте на огонь.
- 4) Старые пятна от иода на ткани практически не поддаются удалению. Однако можно попробовать намочить ткань с таким пятном раствором иодида калия (1 чайная ложка на стакан воды) и сразу же промыть водным раствором тиосульфата натрия (2 чайные ложки на стакан воды).
- 5) Предложите еще один совет *молодой хозяйке*, обосновав его с точки зрения химии.

Задача №3. «Лодочка»

(20 баллов)

С некоторой солью, встречающейся в природе в виде минерала, были проделаны следующие опыты. Навеску этого вещества мелко истерали в ступке, а затем в бальнеологической лодочке поместили в трубчатую печь, где прокаливали при 500°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 ₂	H ₂	O ₂	HCl	HCl, Cl ₂
Δm	-38,3%	-52,2%	-31,3%	+9,6%	+9,6%

Определите исходную соль, приведите уравнения протекающих реакций.

Задача №4. «Четыре ампулы»

(20 баллов)

В четыре ампулы одинакового объема 100 см³ 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	27,4 мг BaCO ₃	27,4 мг BaCO ₃	27,4 мг BaCO ₃ + 10 мг графита	55 мг BaCO ₃ + 10 мг графита
Температура, °C	500	700	500	700
Давление, атм	2,14·10 ⁻⁴	6,33·10 ⁻²	1,11·10 ⁻³	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 ампулы объемом 200 см³, содержащим по 100 мг карбоната бария, 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 растворам, полученным после промывания 10 мл воды твердых остатков добавили по 20 мг сульфата натрия. Определите массы образовавшихся осадков. Произведение растворимости, являющееся константой равновесия процесса растворения ионного соединения, для сульфата бария равно $K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

Задача №5. «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
XeF ₂		
SF ₆		
Уксусная кислота		
Диметилсульфоксид		
TiCl ₄		
Формальдегид		

При н.у. два вещества из представленных является газообразными, одно жидким и три твердыми.
Применение: Местное противовоспалительное и обезболивает; Для консервации биологических материалов; Пищевая добавка E260; Изолатор и теплоноситель в высоковольтной технике; Фторирующий агент; Для постановки дымовых завес.

Задача №6. «Дружеская помощь»

(20 баллов)

Юный химик-аналитик Валя разобрала 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.

Проведя 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 Толпенса образуется 4,32 г осадка. Однако этих данных оказалось недостаточно, для решения задачи, и Валя 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.

тестовый

Санкт-Петербургский
государственный
университет

$$m(\text{CO}_2)_{500} = 3,37 \cdot 10^{-7} \cdot \text{ш} \cdot 1000 = 0,0148 \text{ мг}$$

$$m(\text{CO}_2)_{700} = 7,93 \cdot 10^{-5} \cdot \text{ш} \cdot 1000 = 3,489 \text{ мг}$$

$$m(\text{CO})_{500} = 1,75 \cdot 10^{-6} \cdot 28 \cdot 1000 = 0,049 \text{ мг}$$

$$m(\text{CO})_{700} = 3,795 \cdot 10^{-4} \cdot 28 \cdot 1000 = 10,626 \text{ мг}$$

$$m(\text{амн. N}_2) = 27,4 - 0,0148 \approx 27,385 \text{ г}$$

$$m(\text{амн. N}_2) = 27,4 - 3,489 = 23,911 \text{ г}$$

$$m(\text{амн. N}_3) = 37,4 - 0,049 = 37,351 \text{ г}$$

$$m(\text{амн. N}_4) = 65 - 10,626 = 54,374 \text{ г}$$

$$2. \quad PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_{500}^{\text{CO}_2} = \frac{101,325 \cdot 11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,92}{8,314 \cdot 713} = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$$

$$n_{700}^{\text{CO}_2} = \frac{101,325 \cdot 0,303 \cdot 0,2}{8,314 \cdot 973} = 7,55 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$m(\text{граф})_{\text{max } 500} = 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 44 \cdot 1000$$

$$m(\text{граф})_{\text{max } 700} = \frac{7,55 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 28 \cdot 1000 = 10,6 \text{ г}$$

$$m(\text{граф})_{\text{max } 500} = 10 \text{ г}$$

$$4. \quad n(\text{BaSO}_4) = \frac{20}{1000 \cdot 142} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n(\text{Ba}^{2+})_1 = 1,3875 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n(\text{Ba}^{2+})_2 = 5,98 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$$

$$n(\text{Ba}^{2+})_3 = 1,982 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n(\text{Ba}^{2+})_4 = 8,94 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$$

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4]^{2-} = 1,1 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4]^{2-} = 1 \cdot 10^{-5}$$

$$m(\text{BaSO}_4)_1 = 1,277 \cdot 233 \cdot 10^{-4} = 0,02975 \text{ г}$$

$$m(\text{BaSO}_4)_2 = 29,75 \text{ мг}$$

$$3. \quad P = \frac{nRT}{V}$$

из этого уравнения видно, что при увеличении температуры давление \uparrow растет. Т.к. с ростом температуры увеличивается число и скорость столкновений частиц, которые вылетают наружу.

7

