

**Министерство образования и науки РТ  
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
школьников по химии 2018–2019 гг.  
Задания**

## Основные требования к проведению

1. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде **лист(ы) с заданиями для своего класса**.
2. Никто из участников не должен получить или видеть **задания другого класса** или решать задания одновременно за несколько классов.
3. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде таблицы Менделеева и растворимости, приведенные в этом файле ниже. **Запрещено** пользоваться принесенной с собой таблицей Менделеева и таблицей растворимости.
4. **Каждый участник** должен иметь при себе калькулятор. Организаторам желательно иметь несколько запасных калькуляторов и предоставлять их на время олимпиады по просьбе участников.
5. Участникам во время олимпиады **запрещается** пользоваться телефонами, компьютерами, наушниками, книгами и тетрадями с записями.
6. На решение задач всем участникам **вне зависимости от времени начала олимпиады** должно быть дано 5 астрономических часов (например, начало в 10.23 – окончание в 15.23). После окончания этого времени участники должны сдать свои работы в течение пяти минут. Любой участник имеет право сдать свою работу и уйти раньше времени.

Раздается каждому участнику

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

## РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

анион катион	ОН <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>
H <sup>+</sup>		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag <sup>+</sup>	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	M
Ba <sup>2+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca <sup>2+</sup>	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Cu <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	–	H	H	P	–	–	H	P
Co <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Hg <sup>2+</sup>	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	H	P
Pb <sup>2+</sup>	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe <sup>3+</sup>	H	P	H	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P
Al <sup>3+</sup>	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	M
Cr <sup>3+</sup>	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P
Sn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	M	H	–	P	–	–	H	P
Mn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	H	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо M – малорастворимо (< 0,1 M) H – нерастворимо (< 10<sup>-4</sup> M) – – не существует или разлагается водой

Раздается каждому участнику

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,008	2 He 4,0026																
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122											5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,9897	12 Mg 24,3050											13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,922	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc 98,9063	44 Ru 101,07	45 Rh 102,9055	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,905	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,9054	56 Ba 137,327	57 La 138,9055	* 72 Hf 178,49	73 Ta 180,9479	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,966	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	** 104 Rf [265]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]							

*	58 Ce 140,116	59 Pr 140,90765	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,92534	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93032	68 Er 167,26	69 Tm 168,93421	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
**	90 Th 232,0381	91 Pa 231,03588	92 U 238,0289	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

Число Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>, заряд электрона  $e = -1,60 \cdot 10^{-19}$  Кл

**8 класс (5 часов, максимум 36 баллов)**

**Задание 1.**

**В тетради нужно указать только номер вопроса и одну букву правильного варианта ответа. Объяснений писать не нужно. На каждый вопрос верен только один вариант ответа, если вы укажете два разных варианта, получите 0 баллов.**

1. Соли каких из перечисленных катионов образуют окрашенные растворы:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ?

- а) только  $\text{Na}^+$
- б) только  $\text{Ni}^{2+}$
- в)  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$
- г) всех этих катионов

2. Навеску серебряной руды массой 1,50 г растворили в воде и осадили всё серебро в виде  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Масса осадка составила 0,124 г. Какова массовая доля серебра в руде?

- а) 6,41%
- б) 8,27%
- в) 7,20%
- г) 10,8%

3. Какова электронная конфигурация иона  $\text{Mg}^{2+}$ ?

- а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- в)  $1s^2 2s^2 2p^6$
- г)  $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2$

4. Сколько химических элементов было впервые выделено в чистом виде Д.И. Менделеевым?

- а) 0
- б) 2
- в) 5
- г) 63

5. Какое твердое вещество реагирует с разбавленным раствором соляной кислоты при  $25^\circ\text{C}$  с выделением газа тяжелее воздуха?

- а)  $\text{Zn}$
- б)  $\text{NaBr}$
- в)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- г)  $\text{NaHCO}_3$

6. Некоторое соединение содержит по массе 52,2% углерода, 3,7% водорода и 44,1% хлора. Какое минимальное количество атомов углерода может быть в этом соединении?

- а) 7
- б) 6
- в) 4
- г) 3

7. Какое лабораторное оборудование обычно изготавливают из фарфора?

- а) мензурка
- б) пробирка
- в) ступка
- г) пипетка

8. Фториды ксенона имеют общий вид  $\text{XeF}_n$ , где  $n$  – целое число. Каково значение  $n$ , если  $9,03 \cdot 10^{20}$  молекул некоторого фторида ксенона имеют массу 0,311 г?

- а) 6
- б) 4
- в) 3
- г) 2

9. Атомная масса хлора 35,5. Какова стала бы атомная масса хлора, если бы на Земле полностью исчез изотоп хлор-35?

- а) 35
- б) 35,5
- в) 36
- г) 37

10. 12,3 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  растворили в 87,7 г воды. Плотность раствора 1,06 г/мл. Чему равна концентрация раствора в моль/л?

- а) 0,53
- б) 0,62
- в) 0,49
- г) 0,67

## Задание 2.

Разгадайте кроссворд, в котором ответы на все вопросы являются числами. В каждой клетке помещается только одна цифра либо запятая, отделяющая дробную часть числа. **Пример заполнения:**

<sup>24</sup> 1	7	,	<sup>20</sup> 0
1			,
9			2
<sup>25</sup> 1	9	6	4

**Помните о правилах округления!**

**Ответы** приведите в тетради *в виде списка*: шифр вопроса – ответ, например:

А – 17,0; Б – 1964.

**За верный ответ на каждый вопрос (только если все цифры верные) начисляется одинаковое количество баллов.**

						А↓		
				Б↓	В↓			
		Г↓	Д→					
Е→								
		Ж↓						
	З→							
			И↓			Й↓		
К→				Л↓	М→			
		Н→						
		О→						

- А) Порядковый номер элемента, который в древности ассоциировали с Луной.
- Б) Год, в который был открыт периодический закон.
- В) Массовое число самого легкого из стабильных изотопов хлора.
- Г) Степень окисления железа в феррате калия.
- Д) Молярная масса одного из фторидов брома в г/моль.
- Е) Заряд одного моля электронов (число Фарадея).
- Ж) Количество протонов в ядре радиоактивного аналога иода.
- З) Масса цинка, способная прореагировать с 5,35 мл 35%-ного по массе раствора соляной кислоты с плотностью 1,17 г/мл.
- И) Максимальная масса чистого серебра в граммах, которую можно выделить из 547 г бромида серебра.
- Й) Количество электронов в атоме хассия.
- К) Температура плавления льда при атмосферном давлении в К.
- Л) Объем в л серной кислоты с концентрацией 0,1500 моль/л, который необходим для нейтрализации 250 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,6 моль/л.
- М) Количество 4f-электронов в ионе  $\text{Th}^{4+}$ .
- Н) Плотность воды при температуре 277 К и атмосферном давлении в  $\text{кг/м}^3$ .
- О) Теплоемкость жидкой воды при комнатной температуре в Дж/(К·г).

### Задание 3.

Элементы М и L образуют соединения состава  $M_2(LO_4)_3$  и  $M_2(L_2O_7)_3$ . Массовая доля элемента М в первом соединении составляет 40,37%, а массовая доля элемента L во втором – 46,55%.

1. Определите степени окисления всех элементов в каждом из соединений.
2. Определите элементы М и L. Ответ подтвердите расчетами.
3. Напишите уравнение реакции  $M_2(LO_4)_3$  с серной кислотой.

### Задание 4.

К 200 мл водного раствора фруктозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) с массовой долей растворенного вещества 40 % и плотностью  $1,12 \text{ г/см}^3$  добавили еще 500 г фруктозы. После перемешивания раствор отфильтровали, а полученный осадок высушили. Масса сухого осадка составила 85,6 г, а плотность фильтрата –  $1,41 \text{ г/см}^3$ .

Рассчитайте массовую долю и концентрацию в молях на литр фруктозы в насыщенном водном растворе.



**9 класс (5 часов, максимум 47 баллов)**

**Задание 1.**

**В тетради нужно указать только номер вопроса и одну букву правильного варианта ответа. Объяснений писать не нужно. На каждый вопрос верен только один вариант ответа, если вы укажете два разных варианта, получите 0 баллов.**

1. Давление внутри колокола, в который был собран над водой при 22 °С водород, выделившийся в результате реакции, составляет 740 мм рт.ст., а объем газовой фазы – 300 мл. Какое выражение позволяет привести объем выделившегося водорода к атмосферному давлению при той же температуре, если давление насыщенного при 22 °С пара воды 20 мм рт.ст.?

- |  |  |
|--|--|
| а) $300 \text{ мл} \times \frac{720 \text{ мм рт.ст.}}{760 \text{ мм рт.ст.}}$ | в) $300 \text{ мл} \times \frac{740 \text{ мм рт.ст.}}{720 \text{ мм рт.ст.}}$ |
| б) $300 \text{ мл} \times \frac{760 \text{ мм рт.ст.}}{740 \text{ мм рт.ст.}}$ | г) $300 \text{ мл} \times \frac{740 \text{ мм рт.ст.}}{760 \text{ мм рт.ст.}}$ |

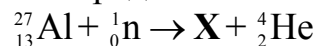
2. Ангидридами серной и азотной кислот являются соответственно:

- а)  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$
- б)  $\text{SO}_3$  и  $\text{N}_2\text{O}_5$
- в)  $\text{SO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$
- г)  $\text{SO}_3$  и  $\text{N}_2\text{O}_3$

3. К раствору, содержащему катионы двух металлов, прилили избыток гидроксида натрия. Выпавший белый осадок, который при стоянии постепенно превращался в коричневый, отфильтровали, и к фильтрату по каплям добавили раствор соляной кислоты. Наблюдалось выпадение белого осадка, который растворялся в избытке кислоты. Какие два катиона могли присутствовать в растворе?

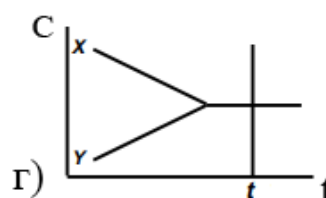
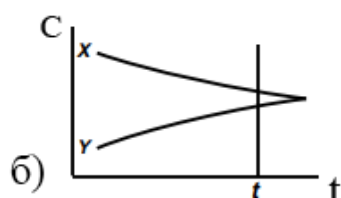
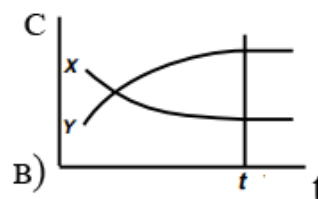
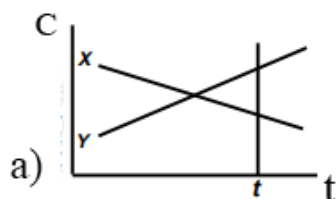
- а)  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$
- б)  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$
- в)  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$
- г)  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$

4. Определите X в ядерной реакции:



- а)  ${}_{11}^{23}\text{Mg}$
- б)  ${}_{10}^{24}\text{Ne}$
- в)  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$
- г)  ${}_{11}^{24}\text{Na}$

5. Какая диаграмма описывает зависимость концентраций веществ X и Y в обратимой реакции  $X \rightleftharpoons Y$  от времени, если в момент времени  $t$  равновесие можно считать установившимся?



6. При восстановлении 4,50 г  $Fe_2O_3$  водородом выделилось 2,60 г железа. Чему равен выход этой реакции?

- а) 31,5 %
- б) 70,0%
- в) 82,6%
- г) 57,8%

7. Сколько граммов меди выделится на катоде при пропускании тока силой 3А в течение 25 минут через раствор сульфата меди?

- а) 0,74
- б) 1,48
- в) 0,025
- г) 1,00

8. Все нижеперечисленные элементы существуют в различных аллотропных модификациях, кроме:

- а) С
- б) Кг
- в) О
- г) S

9. Продуктами реакции гидрида кальция с водой являются:

- а)  $Ca(OH)_2$  и  $H_2$
- б)  $Ca(OH)_2$  и  $H_2O_2$
- в)  $Ca(OH)_2$  и  $O_2$
- г)  $CaO$  и  $H_2$

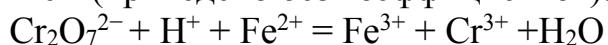
10. Уравнение некоторой реакции записывается как  $x\mathbf{A} + y\mathbf{B} \rightarrow \text{продукты}$ .

1 моль **A** и 2 моль **B** смешали в сосуде объемом 1 л. Через некоторое время концентрация **A** составляла 0,875 М, а концентрация **B** – 1,81 М. Чему равно отношение  $x/y$ ?

- а) 1,5
- б) 0,5
- в) 0,48
- г) 0,67

## Задание 2.

Навеску кристаллов безводного сульфата железа (II) массой 48,81 г растворили в 100 г воды при 50°C. Затем полученный раствор охладили до 0°C, при этом в осадок выпало 79,87 г кристаллогидрата сульфата железа (II). Из насыщенного раствора над осадком отобрали пробу массой 2,00 г и оттитровали раствором дихромата калия в присутствии серной кислоты. При этом происходит процесс окисления железа (II) до железа (III), который описывается уравнением (приведено без коэффициентов):



На полное окисление железа ушло 5,94 мл 0,0275 М раствора дихромата калия.

1. Расставьте коэффициенты в приведенном уравнении.
2. Запишите это уравнение в молекулярной форме.
3. Рассчитайте концентрацию сульфата железа в насыщенном растворе в % по массе.
4. Определите формулу кристаллогидрата. Ответ подтвердите расчетами.
5. Чему равна растворимость (в граммах на 100 г воды) кристаллогидрата сульфата железа при 0 °C?

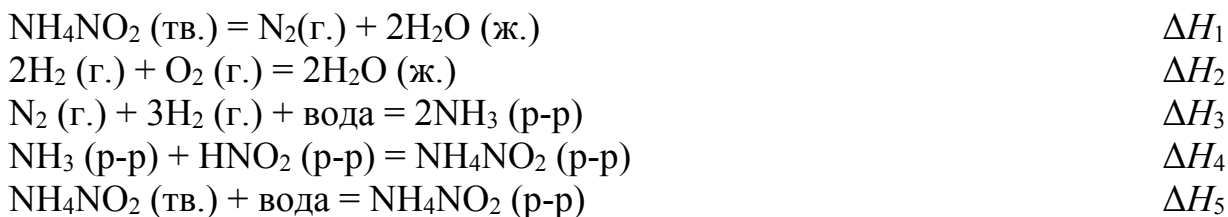
## Задание 3.

Два простых вещества **А** и **Б**, одно из которых газообразное, реагируют друг с другом. Продукт реакции – газообразное вещество **В**, плотность которого при одинаковых условиях в два раза больше плотности **Б**. В присутствии катализатора – газа **Г** (молярная масса которого на 6,25% меньше молярной массы **Б**) – газ **В** реагирует с газом **Б**, образуя бесцветную жидкость **Ж**, плотность паров которой в 1,25 раза больше, чем плотность **В**. При реакции **Ж** с кислотой **К** образуется кислота **К**<sub>1</sub> массой в 1,82 раза больше массы **К**.

1. Определите вещества **А-Г**, **Ж**, **К** и **К**<sub>1</sub>.
2. Напишите уравнения всех реакций.
3. Объясните механизм каталитического действия газа **Г**. Приведите уравнения реакций.
4. Нарисуйте структурные формулы кислот **К** и **К**<sub>1</sub>.

#### Задание 4.

Азотистая кислота  $\text{HNO}_2$  не существует в чистом виде и не может быть получена прямым взаимодействием элементов. Поэтому значение стандартной энтальпии образования можно определить лишь для ее раствора, при этом придется измерить энтальпии ряда других реакций с участием азотистой кислоты и исходных элементов. Например, можно измерить стандартные энтальпии  $\Delta H_1 - \Delta H_5$  следующих процессов (обозначения г. – газ, ж. – жидкость, р-р – раствор):



1. Запишите уравнение гипотетической реакции образования  $\text{HNO}_2$  из простых веществ.
2. Запишите уравнение разложения азотистой кислоты в концентрированном растворе.
3. Выразите стандартную энтальпию образования раствора 1 моля  $\text{HNO}_2$  из простых веществ и растворителя (воды) через энтальпии пяти вышеприведенных реакций  $\Delta H_1 - \Delta H_5$ .
4. Рассчитайте стандартную энтальпию образования раствора 1 моля  $\text{HNO}_2$  по приведенным ниже экспериментальным данным (в  $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ).

$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_3$	$\Delta H_4$	$\Delta H_5$
-307,4	-571,7	-161,7	-38,1	25,1

#### Задание 5.

Разгадайте кроссворд, в котором ответы на все вопросы являются числами. В каждой клетке помещается только одна цифра либо запятая, отделяющая дробную часть числа. **Пример заполнения:**

21	7	,	20
1			,
9			2
21	9	6	4

**Помните о правилах округления!**

**Ответы** приведите в тетради *в виде списка*: шифр вопроса – ответ, например:

А – 17,0; Б – 1964.

**За верный ответ на каждый вопрос (только если все цифры верные) начисляется одинаковое количество баллов.**

						А↓		
				Б↓	В↓			
		Г↓	Д→					
Е→								
		Ж↓						
	З→							
			И↓			Й↓		
К→				Л↓	М→			
		Н→						
		О→						

- А) Порядковый номер элемента, который в древности ассоциировали с Луной.
- Б) Год, в который был открыт периодический закон.
- В) Массовое число самого легкого из стабильных изотопов хлора.
- Г) Степень окисления железа в феррате калия.
- Д) Молярная масса одного из фторидов брома в г/моль.
- Е) Заряд одного моля электронов (число Фарадея).
- Ж) Количество протонов в ядре радиоактивного аналога иода.
- З) Масса цинка, способная прореагировать с 5,35 мл 35%-ного по массе раствора соляной кислоты с плотностью 1,17 г/мл.
- И) Максимальная масса чистого серебра в граммах, которую можно выделить из 547 г бромида серебра.
- Й) Количество электронов в атоме хассия.
- К) Температура плавления льда при атмосферном давлении в К.
- Л) Объем в л серной кислоты с концентрацией 0,1500 моль/л, который необходим для нейтрализации 250 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,6 моль/л.
- М) Количество 4f-электронов в ионе  $\text{Th}^{4+}$ .
- Н) Плотность воды при температуре 277 К и атмосферном давлении в  $\text{кг/м}^3$ .
- О) Теплоемкость жидкой воды при комнатной температуре в Дж/(К·г).

**10 класс (5 часов, максимум 47 баллов)**

**Задание 1.**

**В тетради нужно указать только номер вопроса и одну букву правильного варианта ответа. Объяснений писать не нужно. На каждый вопрос верен только один вариант ответа, если вы укажете два разных варианта, получите 0 баллов.**

1. В каком соединении ванадий имеет степень окисления +4?

- а)  $\text{NH}_4\text{VO}_2$
- б)  $\text{K}_4[\text{V}(\text{CN})_6]$
- в)  $\text{VSO}_4$
- г)  $\text{VOSO}_4$

2. Какие вещества из списка проявляют амфотерные свойства?

I.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  II.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  III.  $\text{NaOH}$  IV.  $\text{Zn}(\text{OH})_2$

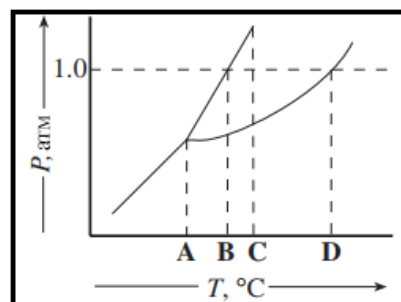
- а) только I
- б) только II
- в) I и IV
- г) I, II и IV

3. Каково давление в сосуде объемом 2 л, в котором находятся 1 г He, 14 г  $\text{CO}_2$  и 10 г NO при 27 °C?

- а) 21,6 атм
- б) 11,1 атм
- в) 1,24 атм
- г) 0,31 атм

4. Какая точка на диаграмме состояния соответствует одновременному равновесию между тремя состояниями: твердым, жидким и газообразным?

- а) A
- б) B
- в) C
- г) D



5. Углеводород, выделенный из нефти, имеет формулу  $\text{C}_7\text{H}_{14}$ . Какое утверждение заведомо верно?

- а) этот углеводород твердый при комнатной температуре
- б) у этого углеводорода разветвленная углеродная цепь
- в) этот углеводород или алкен, или циклоалкан
- г) углеводород представляет собой линейный алкен

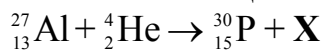
6. Стандартные энтальпии образования диоксида углерода и муравьиной кислоты равны соответственно  $-393,7 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$  и  $-409,2 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ . Рассчитайте стандартное изменение энтальпии реакции (в  $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ):  
 $\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{HCOOH}$

- а)  $-15,5$
- б)  $15,5$
- в)  $-414,7$
- г)  $-802,9$

7. Какое из этих веществ может выступать одновременно в роли окислителя и индикатора в окислительно-восстановительном титровании?

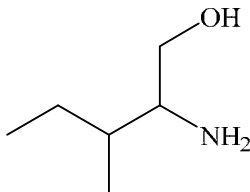
- а)  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$
- б)  $\text{KMnO}_4$
- в)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- г)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

8. Какая частица **X** образуется в ядерной реакции:



- а) нейтрон
- б)  $\beta$ -частица
- в) протон
- г) фотон

9. Назовите нижеприведенное соединение по номенклатуре ИЮПАК.



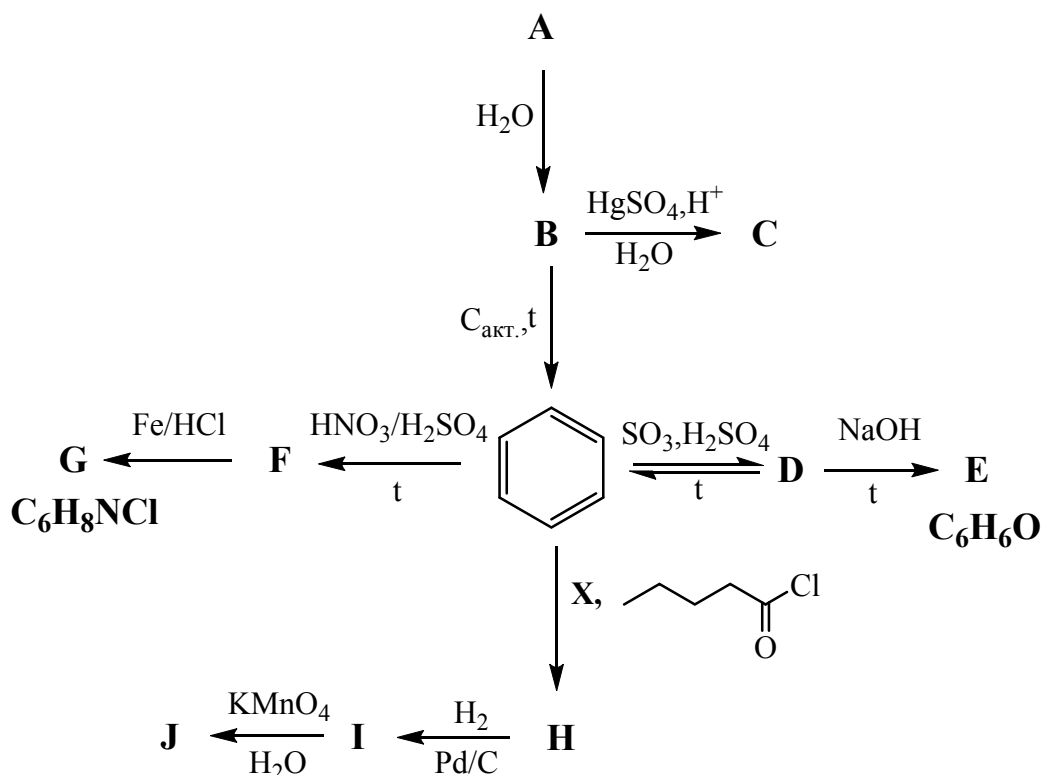
- а) 2-амино-3-метилпентан-1-ол
- б) 3-амино-4-метилпентан-1-ол
- в) 3-амино-2-этилбутан-4-ол
- г) 2-этил-3-аминобутан-4-ол

10. Для какого элемента характерны степени окисления  $+1$  и  $+3$ ?

- а) Al
- б) Sn
- в) Sc
- г) Tl

## Задание 2.

Определите вещества **A–J** в нижеприведенной схеме превращений. Известно, что массовые доли элементов, образующих вещество **A**, одинаковы.



### Задание 3.

Порошок **A** с металлическим блеском при сгорании на воздухе превращается в черный порошок **B** (массовая доля кислорода 27,64%), который при растворении в разбавленной соляной кислоте дает смесь веществ **B** и **Г**. **B** кристаллизуется из раствора в виде темно-желтых кристаллов (массовая доля кислорода 35,52%), а **Г** – в виде ярко-зеленых кристаллов (массовая доля кислорода 32,19%).

Под действием разбавленного раствора гидроксида аммония на водные растворы **B** и **Г** получают соответственно вещества **Д** и **Е**. При прокаливании вещества **Д** на воздухе образуется красный порошок **Ж** (массовая доля кислорода 30,06%), а при прокаливании **Е** – вещество **Б**.

1. Напишите формулы веществ **A** – **Ж**.
2. Установите состав кристаллов, образованных **B** и **Г**, ответ подтвердите расчетами.
3. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

### Задание 4.

Сера может образовывать различные аллотропные модификации, молекулы которых представляют собой циклы разных размеров. В твердом состоянии наиболее стабильными являются восьмичленные циклы ( $\text{S}_8$ ). В газовой фазе или растворе могут сосуществовать в равновесии молекулы от  $\text{S}_3$  до  $\text{S}_{12}$ .



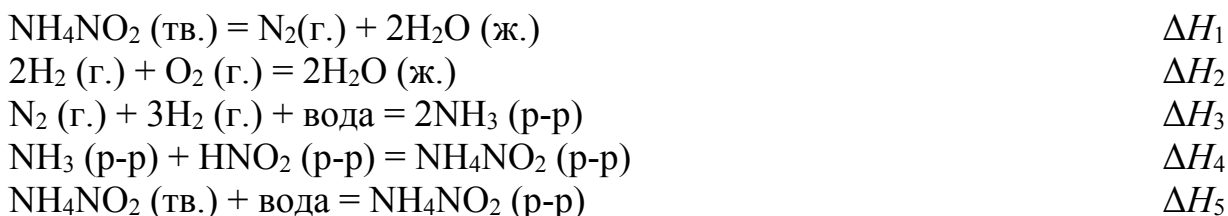
В 1 л некоторого органического растворителя растворили 1 г серы. Анализ показал, что содержание  $S_6$ ,  $S_7$  и  $S_8$  после установления равновесия при 298 К составляет соответственно 0,32%, 0,76% и 98,92% по массе.

1. Рассчитайте энтальпию перехода 1 моль  $S_7$  в  $S_8$ , если известно, что энергия связи S-S в  $S_7$  равна  $260,0 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ , а в  $S_8$   $263,3 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ .
2. Рассчитайте молярные концентрации  $S_7$  и  $S_8$  в состоянии равновесия.
3. Запишите выражение для константы равновесия этого процесса и рассчитайте значение этой константы при 298 К.
4. Рассчитайте значения энергии Гиббса и энтропии перехода 1 моль  $S_7$  в  $S_8$  при 298 К.

*Изменение энергии Гиббса  $\Delta G^\circ$  в ходе любого процесса связано с константой равновесия этого процесса  $K$  соотношением  $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ . Изменения энтропии, энтальпии и энергии Гиббса связаны соотношением  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ .*

### Задание 5.

Азотистая кислота  $\text{HNO}_2$  не существует в чистом виде и не может быть получена прямым взаимодействием элементов. Поэтому значение стандартной энтальпии образования можно определить лишь для ее раствора, при этом придется измерить энтальпии ряда других реакций с участием азотистой кислоты и исходных элементов. Например, можно измерить стандартные энтальпии  $\Delta H_1 - \Delta H_5$  следующих процессов (обозначения г. – газ, ж. – жидкость, р-р – раствор):



1. Запишите уравнение гипотетической реакции образования  $\text{HNO}_2$  из простых веществ.
2. Запишите уравнение разложения азотистой кислоты в концентрированном растворе.
3. Выразите стандартную энтальпию образования раствора 1 моля  $\text{HNO}_2$  из простых веществ и растворителя (воды) через энтальпии пяти вышеприведенных реакций  $\Delta H_1 - \Delta H_5$ .
4. Рассчитайте стандартную энтальпию образования раствора 1 моля  $\text{HNO}_2$  по приведенным ниже экспериментальным данным (в  $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ).

$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_3$	$\Delta H_4$	$\Delta H_5$
-307,4	-571,7	-161,7	-38,1	25,1

## 11 класс (5 часов, максимум 45 баллов)

### Задание 1.

**В тетради нужно указать только номер вопроса и одну букву правильного варианта ответа. Объяснений писать не нужно. На каждый вопрос верен только один вариант ответа, если вы укажете два разных варианта, получите 0 баллов.**

1. Метил-трет-бутиловый эфир,  $C_5H_{12}O$ , добавляют в топливо для повышения октанового числа. Сколько молей кислорода расходуется на полное сгорание 1 моля этого вещества?

- а) 4,5
- б) 6,0
- в) 7,5
- г) 8,0

2. Раствор, содержащий 0,200 г бензойной кислоты, оттитровали 0,120 М раствором  $Ba(OH)_2$ . Чему равен объем добавленного титранта?

- а) 6,82 мл
- б) 13,6 мл
- в) 7,5 мл
- г) 3,41 мл

3. Навеску некоторого вещества массой 2,5 г растворили в 34,0 г бензола. Оказалось, что такой раствор кипит при температуре на 1,38 °C выше, чем чистый бензол. С помощью какого выражения можно рассчитать молярную массу неизвестного вещества, если известно, что эбулиоскопическая константа бензола равна 2,53 °C·кг·моль<sup>-1</sup>?

- а)  $2,5 \cdot \frac{2,53}{1,38}$
- б)  $1,38 \cdot \frac{34}{2,53}$
- в)  $2,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{2,53}{34,0} \cdot \frac{1}{1,38}$
- г)  $2,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,38}{34,0} \cdot 2,53$

4. Сколько изомерных кислот и сложных эфиров имеют формулу  $C_4H_8O_2$ ?

- а) 5
- б) 6
- в) 4
- г) 2

5. Назовите вещество  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$  по номенклатуре ИЮПАК :

- а) пентан-3-ол
- б) 2-этилпропан-2-ол
- в) 1,1-диметилпропан-1-ол
- г) 2-метилбутан-2-ол

6. Известны стандартные энтальпии двух реакций:



Определите стандартную энтальпию реакции  $3\text{C} + \text{Cr}_2\text{O}_3 = 2\text{Cr} + 3\text{CO}$  (в кДж·моль<sup>-1</sup>)

- а) -1460
- б) 1460
- в) -800
- г) 800

7. Катализатор увеличивает скорость реакции за счет:

- а) повышения энергии активации реакции
- б) уменьшения разницы между энергиями реагентов и продуктов
- в) увеличения концентрации одного или нескольких продуктов
- г) изменения механизма реакции

8. Рацемическая смесь – это смесь:

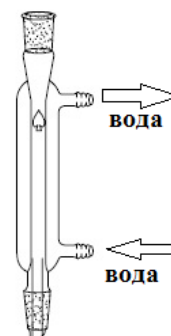
- а) алканов и алкенов
- б) энантиомеров
- в) изомеров по функциональной группе
- г) цис- и транс-изомеров

9. Какова растворимость гидроксида кальция в М, если произведение растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  равно  $4,0 \cdot 10^{-6}$ ?

- а)  $1,0 \cdot 10^{-2}$
- б)  $2,0 \cdot 10^{-2}$
- в)  $1,0 \cdot 10^{-3}$
- г)  $2,0 \cdot 10^{-3}$

10. Для чего необходимо это приспособление?

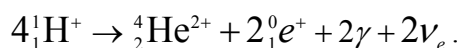
- а) фильтрование
- б) титрование
- в) тонкослойная хроматография
- г) перегонка



## Задание 2.

Солнце имеет диаметр  $1,392 \cdot 10^6$  км и среднюю плотность  $1,408 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Водород составляет 73,46% его массы. Энергия, излучаемая Солнцем, в

основном вырабатывается в ходе ядерной реакции превращения четырех ядер водорода в одно ядро гелия по схеме:



При этом выделяется 26,72 МэВ энергии на каждое образовавшееся ядро гелия. Общая мощность излучения Солнца составляет  $3,846 \cdot 10^{26}$  Вт.

1. Напишите названия частиц, которые образуются в результате упомянутой ядерной реакции.
2. Рассчитайте массу Солнца.
3. Оцените массу водорода, которая распадается за одну секунду.
4. Сколько еще лет сможет светить Солнце, если считать мощность излучения постоянной?
5. Среднее расстояние между Солнцем и Землей составляет  $1,496 \cdot 10^8$  км. Рассчитайте значение средней мощности излучения, попадающего на  $1 \text{ м}^2$  площади Земли (усреднение ведется по всей земной поверхности и временам суток). Примите, что все излучение Солнца достигает земной орбиты.

Примечание: объем шара вычисляется по формуле  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ , а площадь его поверхности – по формуле  $S = 4\pi r^2$ , где  $r$  – радиус шара.  $1\text{эВ} = 1,60 \cdot 10^{-19}$  Дж.

### Задание 3.

Ортоклаз – широко распространённый минерал из класса силикатов, одна из разновидностей полевых шпатов. Его химическую формулу можно записать как  $x\text{K}_2\text{O} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$ .

Для определения  $x$ ,  $y$  и  $z$  навеску ортоклаза массой 0,910 г проанализировали по следующей схеме:

I) К минералу прилили избытки растворов плавиковой и серной кислот и долго нагревали, при этом кремний был полностью отогнан в виде газообразного тетрафторида вместе с избытком плавиковой кислоты, а калий и алюминий остались в растворе в виде сульфатов.

II) После полного отделения тетрафторида кремния и плавиковой кислоты, раствор охладили и добавили большой избыток раствора аммиака. Наблюдалось выпадение белого осадка гидроксида алюминия, который отфильтровали и прокалили при температуре более  $1000^\circ\text{C}$ . После прокаливания масса остатка составила 0,167 г.

III) Фильтрат упарили, масса сухого остатка составила 1,136 г. Этот остаток растворили в воде и добавили избыток 1М раствора гидроксида натрия при нагревании. Выделившийся аммиак пропустили через 0,100 М раствор соляной кислоты объемом 150,0 мл.

IV) После того, как прореагировал весь аммиак, избыток соляной кислоты оттитровали 20,0 мл 0,106 М раствора гидроксида натрия.

1. Запишите уравнения всех упомянутых реакций.

2. Рассчитайте массовые доли оксидов кремния, калия и алюминия в ортоклазе.
3. Определите формулу ортоклаза.

#### Задание 4.

Термическое разложение ацетатов кальция, стронция и лития приводит к образованию соответствующих карбонатов и бесцветной жидкости **А**, широко используемой в качестве растворителя и реагента для органического синтеза. Один из промышленных методов синтеза вещества **А** – окисление пропена кислородом в жидкой фазе в присутствии  $\text{PdCl}_2$  и хлорида меди или железа при температуре 50–130 °С и повышенном давлении.

Вещество **А** способно вступать в реакцию альдольной конденсации в щелочном растворе с образованием вещества **Б**. Под действием сильных кислот **А** вступает в реакцию кротоновой конденсации, при этом в зависимости от условий могут образоваться такие продукты, как окись мезитила (**В**), форон (**Г**) и мезитилен (**Д**).

При обработке концентрированной серной кислотой **Б** превращается в **В**. Дальнейшее действие концентрированной серной кислоты на **В** приводит к образованию **Д**, в то время как под действием разбавленной серной кислоты **В** вновь превращается в **А**. Среди продуктов воздействия разбавленной серной кислоты на **Г** можно обнаружить вещество **В**, а концентрированной серной кислоты – **Д**.

Вещество	Массовое содержание, %			Физические свойства
	С	Н	О	
А	62,04	10,41	27,55	Бесцветная жидкость, $T_{\text{пл}} = -95\text{ °C}$ , $T_{\text{кип}} = 56,1\text{ °C}$
Б	62,04	10,41	27,55	Бесцветная жидкость, $T_{\text{кип}} = 166\text{ °C}$
В	73,43	10,27	16,30	Бесцветная жидкость с медовым запахом, $T_{\text{пл}} = -52,8\text{ °C}$ , $T_{\text{кип}} = 129,8\text{ °C}$
Г	78,21	10,21	11,58	Кристаллы зелено-желтого цвета, $T_{\text{пл}} = 28\text{ °C}$ , $T_{\text{кип}} = 197\text{ °C}$ . Не дает галоформной реакции.
Д	89,94	10,06	0	Бесцветная жидкость, $T_{\text{пл}} = -44,72\text{ °C}$ , $T_{\text{кип}} = 164,72\text{ °C}$

1. Используя таблицу с информацией о зашифрованных веществах, приведите их брутто-формулы, структурные формулы и названия по номенклатуре ИЮПАК.
2. В другом промышленном методе получения вещества **А** исходным соединением является еще один изомер соединения **Д**. Запишите его структурную формулу и схему этого процесса.
3. Каким образом хлорид меди может помочь окислению пропена? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

### Задание 5.

Ученик 11 класса Паша решал задачу по химии из школьного учебника, в которой шла речь о растворении некоторой соли в известном объеме воды. После недолгих раздумий он написал ответ: 2,267 М. Подумав еще немного, он зачеркнул свое решение и написал новое. В этот раз его ответ был 1 М. "Нет, в таком случае изменится и знаменатель тоже, теперь делить надо будет на 1,77" – подумал через некоторое время Паша, зачеркнул предыдущее решение и получил новый ответ – 0,8475 М. Через некоторое время он заметил, что забыл использовать еще одно численное значение из условия. "Значит, надо найти суммарную массу и вычислить из нее суммарный объем" – подумал Паша и исправил решение, получив в ответе 0,8245 М, и сдал работу с этим ответом. В результате оказалось, что концентрацию соли он определил верно, но невнимательно прочитал формулировку задачи и поэтому забыл умножить свой ответ на 2.

1. Определите формулу соли, о которой шла речь в задаче. Дополнительно известно, что эта соль дает белый осадок с солями бария, не растворимый в кислотах и щелочах.
2. Какую величину Паша не заметил сразу? Чему она равна в условии?
3. Какую величину нужно было найти в задаче?