

**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2016/2017 уч. г.
10 класс**

1. Важным компонентом топлива для осветительных ламп, используемых в шахтах, является вещество **A**. Это бинарное соединение углерода с металлом, содержание углерода в котором по массе равно 37,5%. Из вещества **A** получается вещество **B**, при горении которого излучается свет.

- a)** Напишите уравнения реакций: **i)** получения **A** из простых веществ; **ii)** промышленного производства **A** из оксида металла; **iii)** $A \rightarrow B$; **iv)** полного горения **B**. (8)
b) Напишите тривиальное названия **B**. (1)
c) Обоснуйте, какая из реакций (**i–iv**) из пункта **a)** является реакцией диспропорционирования. (1) **10 б**

2. Иодоводород (температура кипения $-35,4^\circ\text{C}$) получают при реакции водорода и иода (температура кипения 185°C). В ходе реакции устанавливается равновесие между исходными веществами и продуктами. Предположите, что газообразные вещества ведут себя как идеальные газы. $R = 0,0831 \text{ дм}^3 \cdot \text{бар}/(\text{К} \cdot \text{моль})$.

При температуре 460°C в реактор объёмом $30,0 \text{ дм}^3$ добавили $3,36 \text{ моль H}_2$ и $8,52 \text{ моль I}_2$. Константа равновесия реакции разложения **HI** при этой температуре равна $0,0204$.

- a)** Напишите уравнение реакции образования иодоводорода при данной температуре, указывая агрегатные состояния веществ. (1)
b) Рассчитайте константу равновесия реакции образования **HI**. (1)
c) Рассчитайте, сколько молей **HI** в состоянии равновесия в реакторе. (3)
При температуре 500 К константа равновесия реакции образования иодоводорода равна 160 . При данной температуре реактор заполнили смесью H_2 , I_2 и **HI** с парциальными давлениями равными соответственно $4,39 \text{ атм}$, 622 кПа и 567 кПа .
d) Обоснуйте при помощи расчётов, будет ли в реакторе происходить реакция образование или разложение иодоводорода. (2)
e) **i)** Как изменится парциальное давление иода, если увеличить парциальное давление водорода? **ii)** Как изменится константа равновесия, если уменьшить концентрацию водорода? **iii)** Как изменится равновесие реакции, если увеличить суммарное давление путём сжатия? **iv)** Асбест, покрытый платиной, используется в промышленности в качестве катализатора. Как влияет катализатор на константу равновесия? (4) **11 б**

3. В качественном анализе веществ используют легко выполнимые реакции, позволяющие быстро получить представление о примерном составе пробы. Ниже приведены уравнения реакций для распознавания различных катионов и анионов. Добавьте недостающие компоненты и расставьте коэффициенты в уравнениях **i)–ix)**, если известно, что в реакции **i)** образуется жёлтое вещество, а в реакции **viii)** фиолетовые пары.

При необходимости добавьте в уравнения реакций молекулы воды, ионы H^+ и OH^- , чтобы вещества и заряды были уравнены.

- i)** $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{CO}_2 + \dots$
ii) $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{Zn} \rightarrow \text{AsH}_3 + \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ **vi)** $\text{S}^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow \text{S} + \text{I}^-$
iii) $\text{As} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{AsO}_4^{3-} + \text{NH}_4^+$ **vii)** $\text{S} + \text{N}_3^- \rightarrow \text{S}^{2-} + \text{N}_2$
iv) $\text{As}^{3+} + \text{Sn}^{2+} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{As} + [\text{SnCl}_6]^{2-}$ **viii)** $\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} + \dots$
v) $\text{Sn}^{2+} + \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Sn}^{4+} + \text{Cl}^-$ **ix)** $\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO} + \text{Fe}^{3+}$ **11 б**

4. Студент-химик Юхан решил измерить содержание бензойной и лимонной кислот в мультивитаминном соке при помощи жидкостной хроматографии. У Юхана был образец лимонной кислоты, а бензойную кислоту он получил смешав $0,70 \text{ г}$ толуола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) с $3,0 \text{ г}$ перманганата калия (KMnO_4) (**реакция 1**). Полученную суспензию он центрифугировал, чтобы отделить MnO_2 . Затем для нейтрализации щелочной среды и осаждения бензойной кислоты Юхан добавил $2,5 \text{ мл}$ концентрированной соляной кислоты (**реакция 2**) и охладил раствор. С выходом в 78% образовался осадок бензойной кислоты.

- a)** Напишите уравнения реакций **1** и **2**. (4)
b) Посчитайте массу осадка бензойной кислоты. (2)

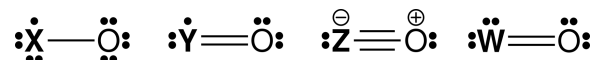
Из полученной бензойной кислоты Юхан приготовил калибровочные растворы, при анализе которых получил уравнение калибровочной прямой: $y = 22,5 \text{ мл/мкг} \cdot x + 31,6$, где y обозначает измеряемый сигнал и x обозначает концентрацию бензойной кислоты (мкг/мл). Для лимонной кислоты (2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота) Юхан получил уравнение калибровочной прямой: $y = 358,5 \text{ мл/мкг} \cdot x + 15,7$, где x обозначает концентрацию лимонной кислоты (мкг/мл). Затем Юхан добавил $10,0 \text{ г}$ мультивитаминного сока в $50,0 \text{ мл}$ колбу и долил воды до метки. Полученный раствор он анализировал при тех же условиях, что и калибровочные пробы, для каждого вещества по отдельности. Сигналы бензойной и лимонной кислот в пробе мультивитаминного сока равнялись соответственно 4481 и 6450 .

- c)** Нарисуйте структурную формулу лимонной кислоты. (1)
d) Рассчитайте содержания (% по массе) кислот в соке. (4) **11 б**

5. Твёрдое простое вещество **A** реагирует с жёлто-зелёным газом **B**, образуя соединение **C** (содержание **X** по массе $\omega_X = 35,77\%$). При гидролизе соединения **C** образуется смесь кислот **D** ($\omega_X = 61,23\%$) и **E**. В реакции **A** с раствором азотной кислоты также образуется кислота **D** и бинарный двухатомный газ **F**. При окислении кислоты **D** получают кислоту **G**. Концентрированная кислота **G** является сильным окислителем и в горячем виде реагирует даже с золотом, образуя соль **H** ($\omega_X = 28,79\%$).

- a)** Напишите уравнения реакций:
i) $A + B \rightarrow C$; **ii)** $C + \text{H}_2\text{O} \rightarrow D + E$;
iii) $A + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow D + F$; **iv)** $G + \text{Au} \rightarrow H + D + \text{H}_2\text{O}$. (8)
b) Обоснуйте, какая кислота сильнее: **D** или **G**. (1) **9 б**

6. **X**, **Y**, **Z** и **W** расположены в периодической таблице химических элементов в одном периоде. Эти элементы образуют с кислородом двухатомные молекулы:



Их волновые числа (в случайном порядке) равны 1053, 1580, 1904 и 2170 см⁻¹. В атмосфере можно найти **XO**, **YO**, **ZO** в *незначительных* количествах. Вибрация двухатомных молекул описывается при помощи модели гармонического осциллятора, согласно которой волновое число определяется как $\nu = \sqrt{k/\mu}/(2\pi c)$, где $\mu = M_1 \cdot M_2 / [N_A \cdot (M_1 + M_2)]$, M_1 и M_2 обозначают молярные массы соответствующих атомов, k – коэффициент упругости, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, $c = 2,9979 \cdot 10^{10}$ см/с.

Значение коэффициента упругости k для **XO** равно 567 кг/с².

- Рассчитайте значения приведённых масс соответствующих **XO** для каждого данного волнового числа. Определите элемент **X**. (3)
- Определите элемент **W**, если известно, что **WO** не поглощает инфракрасного излучения. (1)
- Опишите качественную связь между волновым числом и энергией связи. Обоснуйте, почему волновое число **WO** ниже, чем у **YO**. (2)
- Укажите соответствующие **YO**, **ZO** и **WO** волновые числа. (2) **8 6**