

**Модульные задания по общей и неорганической химии.  
ГГФ.  
2018 – 2019 учебный год**

**Задание 1 (200 баллов)**

1. а) Укажите количество протонов, нейтронов и электронов в следующих частицах:  $^{10}\text{Be}^{3+}$ ,  $^{14}\text{CD}_4$ ,  $^{37}\text{Cl}^{18}\text{O}_4^-$ .
- б) Запишите символы одноатомных частиц, состоящих из следующего количества протонов, нейтронов и электронов:

Число p	7	21	62
Число n	8	24	88
Число e	10	17	59
- в) Напишите определения понятий: *элемент*; *изотоп*; *изобара*. Приведите примеры изотопов и изобар для  $^{14}\text{O}$ .
2. Заполните пропуски в приведенных реакциях радиоактивного распада и синтеза:  
 $^{234}\text{Th} \rightarrow \dots + \beta^-$ ;  
 $^{210}\text{Po} \rightarrow \dots + \alpha$ ;  
 $^{14}\text{N} + \alpha = p + \dots$ ;  
 $^{98}\text{Mo} + D = n + \dots$ .
3. Хлор встречается в природе в виде двух стабильных изотопов  $^{35}\text{Cl}$  и  $^{37}\text{Cl}$ . Исходя из атомной массы хлора в периодической таблице, рассчитайте долю и количество атомов  $^{35}\text{Cl}$  и  $^{37}\text{Cl}$  в 116,88 г природного галита NaCl.
4. Запишите в краткой и полной форме электронные конфигурации и определите количество неспаренных электронов для следующих частиц в основном состоянии: C,  $\text{C}^{2-}$ , Mn,  $\text{Mn}^{2+}$ , Cl. Для атома Cl приведите примеры электронных конфигураций с 5-ю и 7-ю неспаренными электронами.
5. Напишите определение понятий: *потенциал (энергия) ионизации*, *сродство к электрону*, *орбитальный радиус*. По каким причинам (указать кратко и четко) наблюдаются следующие закономерные изменения орбитального радиуса:
  - а) увеличение по группе ПС сверху вниз;
  - б) уменьшение по периоду ПС слева направо.
6. Напишите определение понятий: *ковалентность*; *степень окисления*, *координационное число*; *стерическое число*; *ковалентная связь*;  $\sigma$ -связь;  $\pi$ -связь. Приведите примеры частиц, в первой из которых атом O имеет  $\pi$ -связь, а во второй – нет. В которой из них кислород – центральный атом?
7. Для частиц  $\text{BF}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ClF}_5$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_7^{2-}$  определите:
  - а) центральные атомы и их ковалентности, степени окисления, координационные числа, стерические числа;
  - б) геометрию расположения электронных пар, геометрию частиц, изобразите структурные формулы;
  - в) наличие/отсутствие дипольного момента, ответ обосновать.
8. Определите тип кристаллической решетки, виды химических связей и гомо-/гетеродесмичность для следующих веществ в твердом состоянии: кремний (КЧ = 4), графит (КЧ = 3), Cu (КЧ = 12),  $\text{N}_2$  (КЧ = 1), CsCl (КЧ = 8),  $\text{H}_2\text{O}$  (лед, КЧ(O) = 4),  $\text{SiO}_2$  (кварц, КЧ(Si) = 4). В каких из приведенных веществ нет направленных связей?

## Задание 2 (200 баллов)

1. Володя Артамонов решил закалить свою новую трофейную саблю. Для этого он взял лезвие из высоколегированной стали массой 500 г, нагрел его до температуры 1027°C и решил резко охладить нетрадиционным способом. Рассчитайте объем, а) жидкого фреона-12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ),  $T_{\text{кип}} = -30^\circ\text{C}$  б) жидкого водорода,  $T_{\text{кип}} = -253^\circ\text{C}$ , необходимого для охлаждения лезвия металла до комнатной температуры (27°C). При расчетах принять, что теплота испарения жидкого фреона-12 и водорода равна 162 кДж/кг и 108 кДж/кг соответственно, а теплоемкость высоколегированной стали составляет 480 Дж/(кг·К). Плотность жидкого фреона-12 и водорода равны 1.49 г/см<sup>3</sup> и 0.0713 г/см<sup>3</sup>, соответственно. Что удобнее использовать для охлаждения? Объясните различие в теплоте испарения.
2. Какое количество тепла выделится при сжигании: а) 31 г фосфора б) 2 моль фосфора. Какой объем при 298К и давлении 1 бар (в м<sup>3</sup>) а) гелия б) углекислого газа можно нагреть с 298 до 318К с помощью тепла, выделяемого при сжигании 62 г фосфора? Сравните рассчитанные объемы газов, почему они отличаются? При расчете исходить из того, что фосфор сгорает полностью до  $\text{P}_2\text{O}_5$ , а колебательные степени свободы при данной температуре заморожены.
3. В холодный зимний день температура на улице была равна  $-50^\circ\text{C}$ , а относительная влажность составляла 90%. Обычную комнату размером 4×4×3м полностью проветрили до температуры  $-50^\circ\text{C}$  и при этом туда из окна налетело 180 г снега. Какая будет влажность сразу после нагрева? Высохнет ли вода из растаявшего снега полностью, если комнату потом нагрели до 25°C, какая будет влажность после этого? При расчетах использовать нулевое приближение, данные по энтальпии и энтропии испарения воды возьмите из справочника.
4. На основании цикла Борна-Габера, пользуясь следующими данными ( $\Delta_f H_{298}^\circ(\text{NaCl}_{\text{тв}}) = -411$ ;  $\Delta_f H_{298}^\circ(\text{NaF}_{\text{тв}}) = -573$ ;  $I(\text{Na}) = 495$ ;  $E(\text{Cl}) = -349$ ;  $E(\text{F}) = -333$ ;  $D(\text{F}_2) = 160$ ;  $E_{\text{реш}}(\text{NaCl}) = 788$ ;  $E_{\text{реш}}(\text{NaF}) = 926$ ; все значения в кДж/моль) рассчитайте теплоту сублимации твердого натрия ( $\Delta H_{\text{субл}}$ ) и энергию диссоциации хлора ( $D(\text{Cl}_2)$ ). Нарисуйте графики циклов Борна-Габера.
5. Проставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Напишите выражения для констант равновесия  $K_p$  и  $K_c$  через равновесные концентрации и давления. а)  $\text{Na}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{H}_{2(\text{г})} + \text{NaOH}_{(\text{кр})}$ ; б)  $\text{PH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} + \text{NaOH}_{(\text{водн})} = \text{PH}_3_{(\text{г})} + \text{NaCl}_{(\text{водн})}$ ; в)  $\text{CH}_4_{(\text{г})} + \text{O}_2_{(\text{г})} = \text{C}_{(\text{тв})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ ; г)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7_{(\text{тв})} = \text{N}_2_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + \text{Cr}_2\text{O}_3_{(\text{тв})}$ ; д)  $\text{I}_2_{(\text{г})} = 2\text{I}_{(\text{г})}$ . Указать, как соотносятся между собой  $K_p$  и  $K_c$  в каждом случае. Как изменятся  $\Delta_r G^\circ$  и константы равновесия при уменьшении всех стехиометрических коэффициентов вдвое?
6. Константа равновесия  $K_p$  для реакции  $\text{C}_{(\text{тв})} + 2\text{A}_{(\text{г})} + 2\text{B}_{(\text{г})} = \text{CA}_2\text{B}_2_{(\text{г})}$ , протекающей в сосуде объемом 16.4 л при 1000К оказалась равной  $10^{-5}$ . Рассчитать  $K_c$ ,  $\Delta_r G^\circ$  и состав реакционной смеси (в моль) при 1000К, если изначально в системе присутствовало 0.2 моль вещества  $\text{A}_{(\text{г})}$  и 0.4 моль  $\text{B}_{(\text{г})}$ . В какую сторону сдвинется равновесие после добавления (а) 0.5 моль  $\text{C}_{(\text{тв})}$  и (б) 1 моль  $\text{CA}_2\text{B}_2_{(\text{г})}$ ?

### Задание 3 (200 баллов)

1. Произведение растворимости сульфида висмута  $K_L (\text{Bi}_2\text{S}_3) = 10^{-105}$ . Оцените предельно возможную концентрацию (молярную и массовую) соли и ионов  $\text{Bi}^{3+}$ . Сколько килограмм висмута можно было бы добыть из Обского моря, если бы оно представляло собой насыщенный раствор сульфида висмута? Объем Обского водохранилища составляет  $8,8 \text{ км}^3$ . Предположить, что никаких других источников ионов  $\text{Bi}^{3+}$  и  $\text{S}^{2-}$  в Обском водохранилище нет (что, конечно же, неверно).

2. Для перечисленных соединений пересчитать концентрации из одной в другую ( $\omega$  – весовая доля,  $M$  – молярная концентрация,  $X$  – мольная доля) и заполнить таблицу. Написать уравнения диссоциации указанных соединений в водном растворе. Рассчитать суммарную концентрацию всех ионов в растворе ( $\nu(\text{общ})/\text{литр}$ , диссоциацией воды пренебречь).

	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{HCl}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_3$	$\text{AlBr}_3$
$\rho \text{ (г/см}^3\text{)}$	1,049	1,150	1,025	0,976	1,115
$\omega \text{ (}\%\text{)}$	40,00		4,00		14,00
$M \text{ (моль/л)}$		9,51		3,01	
$X$					
$M_r$					
$\nu(\text{общ})/\text{литр}$					

3. Для указанных растворов записать уравнения протекающих реакций и рассчитать конечный pH:

- 3.1. 1 л 0,1М раствор  $\text{HCl}$  + 0,4 г твердого  $\text{NaOH}$
- 3.2. 1 л 0,1М раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 0,4 г твердого  $\text{NaOH}$
- 3.3. 1 л 0,1М раствор  $\text{HClO}$  + 0,4 г твердого  $\text{NaOH}$
- 3.4. 1 л 0,2М раствор  $\text{HClO}$  + 0,4 г твердого  $\text{NaOH}$
- 3.5. 1 л 0,1М раствор  $\text{HCl}$  + 2.24 л газообразного (н.у.)  $\text{NH}_3$

4. Составить систему уравнений для расчета концентраций всех частиц в насыщенном растворе плохорастворимого осадка  $\text{BaCO}_3$ . Учесть гидролиз по аниону.

5. Используя справочные данные (значения  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $\text{PP}$ ,  $K_w$ ), оценить константы равновесия для следующих процессов:

- 5.1.  $\text{HCl (p-p)} + \text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ (p-p)} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaCl}$ ;
- 5.2.  $\text{Al}_2\text{S}_3 \text{ (тв.)} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al(OH)}_3 \text{ (тв.)} + 3\text{H}_2\text{S}$ ;
- 5.3.  $\text{Ag}_2\text{SO}_4 \text{ (тв.)} + \text{KI (p-p)} \rightarrow \text{AgI (тв.)} + \text{KCl (p-p)}$ ;
- 5.4.  $\text{NH}_3 \text{ (p-p)} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 \text{ (p-p)}$ ;
- 5.5.  $\text{Cr}_2\text{S}_3 \text{ (тв.)} + \text{NaOH (p-p)} \rightarrow \text{Cr(OH)}_3 \text{ (тв.)} + \text{Na}_2\text{S}$ ;

6. Расположите следующие труднорастворимые соединения в порядке возрастания концентрации ионов серебра в насыщенном растворе:

(а)  $\text{AgCl}$  ( $\text{PP}=1.8 \cdot 10^{-12}$ ); (б)  $\text{Ag}_2\text{SeO}_3$  ( $\text{PP}=3.1 \cdot 10^{-16}$ );  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4$  ( $\text{PP}=1 \cdot 10^{-22}$ );

Рассчитайте, какое количество (в граммах) твердого хлорида натрия надо добавить в 1 л насыщенного раствора  $\text{AgCl}$ , чтобы концентрация ионов серебра составила  $1.0 \cdot 10^{-12}$  моль/л.