

Задание 1 (200 баллов)

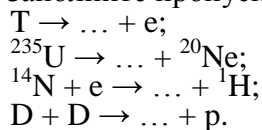
1. а) Укажите количество протонов, нейтронов и электронов в следующих частицах $^{23}\text{Na}^{2+}$, $^{15}\text{ND}_3^+$, $^{80}\text{Se}^{18}\text{O}_4^{2-}$.

б) Запишите символы одноатомных частиц, состоящих из следующего количества протонов, нейтронов и электронов:

Число p	1	23	38
Число n	1	27	50
Число e	2	23	36

в) Напишите определения понятий: *элемент; изотоп; изотон; изобара*. Приведите примеры изотопов и изобар для ^{14}N .

2. Заполните пропуски в приведенных реакциях радиоактивного распада и синтеза:



3. Медь встречается в природе в виде двух стабильных изотопов: ^{63}Cu и ^{65}Cu . Исходя из атомной массы меди в периодической таблице, определите количество атомов ^{63}Cu и ^{65}Cu в 159,1 г природного CuO .

4. а) Запишите в краткой и полной форме электронные конфигурации и определите количество неспаренных электронов для следующих частиц в основном состоянии: O, O⁻, Ni, Ni²⁺, F.

б) Для атома I приведите примеры электронных конфигураций с тремя и семью 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:

- уменьшение по группе ПС снизу вверх;
- увеличение по периоду ПС справа налево.

6. а) Напишите определение понятий: *ковалентность; степень окисления, координационное число; стерическое число; ковалентная связь; σ -связь; π -связь*.

б) Приведите примеры двух частиц, в первой из которых атом S имеет π -связь, а во второй – нет. В которой из них сера – центральный атом?

7. Для частиц AsCl_3 , PH_3 , ClF_3 , SiO_4^{4-} , $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$ определите:

- центральные атомы и их ковалентности, степени окисления, координационные числа, стерические числа;
- геометрию расположения электронных пар, геометрию частиц; изобразите структурные формулы;
- наличие/отсутствие дипольного момента; ответ обосновать.

8. Определите тип кристаллической решетки, виды химических связей и гомо-/гетеродесмичность для следующих веществ в твердом состоянии: алмаз (КЧ = 4), графит (КЧ = 3), K (КЧ = 8), Br_2 (КЧ = 1), NaCl (КЧ = 6), H_2O (лед, КЧ(O) = 4), SiO_2 (кварц, КЧ(Si) = 4). В каких из приведенных веществ нет направленных связей?

Задание 2 (200 баллов)

1. Володя Артамонов решил закалить свой топор новым способом. Для этого он взял лезвие из высоколегированной стали массой 1 кг, накалил его до температуры 723°C и решил резко охладить нетрадиционным способом. Рассчитайте объем а) жидкого фреона-12 (CCl_2F_2), $T_{\text{кип}} = -30^{\circ}\text{C}$ б) жидкого гелия, $T_{\text{кип}} = -269^{\circ}\text{C}$, необходимого для охлаждения лезвия металла до комнатной температуры. При расчетах принять, что теплота испарения жидкого фреона-12 и гелия равна 162 кДж/кг и 20.6 кДж/кг соответственно, теплоемкость высоколегированной стали составляет $480 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$. Плотность жидкого азота и гелия равны 1.49 г/см^3 и $0,13 \text{ г/см}^3$. Объяснить такое большое различие в теплоте испарения.
2. Какое количество тепла выделится при сжигании: а) 32 г серы б) 3 моль серы. Какой объем (в м^3) а) гелия б) ацетилена (C_2H_2) можно нагреть с 298 до 318 градусов с помощью тепла, выделяемого при сжигании 64 г серы? При расчете исходить из того, что сера сгорает полностью до SO_2 , а колебательные степени свободы при данной температуре заморожены.
3. В теплый летний день температура на улице была равна 30°C , а относительная влажность составляла 90%. Выпадет ли роса, если комнату-рефрижератор размером $4 \times 4,5 \times 2,5 \text{ м}$ полностью проветрили и дали охладиться до -25°C ? Сколько росы выпадет в граммах? При расчетах использовать нулевое приближение.
4. На основании цикла Борна-Габера, пользуясь табличными данными для CsCl , CsI , Cl_2 , I_2 рассчитать теплоту испарения твердого цезия и энергию ионизации атом цезия по первой ступени. Нарисовать графики циклов Борна-Габера для CsCl и CsI .
5. Проставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Напишите выражения для констант равновесия K_P и K_C через равновесные концентрации и давления. а) $\text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{H}_{2(\text{г})} + \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{кр})}$; б) $\text{PH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} = \text{PH}_{3(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})}$; в) $\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + \text{SO}_{2(\text{г})} = \text{S}_{(\text{тв})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$; 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) $\text{I}_{2(\text{тв})} = \text{I}_{2(\text{г})}$. 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? Оцените знак энтропии реакции $\Delta_r S^{\circ}$ для данных процессов и обоснуйте свой ответ.
6. Константа равновесия K_P для реакции $\text{A}_{(\text{тв})} + 2\text{B}_{(\text{г})} = \text{AB}_{2(\text{г})}$, протекающей в сосуде объемом 16.4 л при 1000 К оказалась равной 2.7. Рассчитать K_C , $\Delta_r G^{\circ}$ и исходный состав смеси (в моль) при 1000 К, если в равновесии в системе присутствовало только 0.4 моль вещества $\text{A}_{(\text{тв})}$ и 1 моль $\text{B}_{(\text{г})}$. В какую сторону сдвинется равновесие после добавления а) 0.5 моль $\text{A}_{(\text{тв})}$ и б) 1 моль $\text{AB}_{2(\text{г})}$?

Задание 3 (200 баллов)

1. По данным химической энциклопедии из 1 литра морской или речной воды может быть выделено 10^{13} атомов металлического золота. Полагая, что золото в растворе находится в виде комплексного соединения $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$, рассчитать молярную и массовую концентрации (%) соли. Бассейн Обского водохранилища составляет $8,8 \text{ км}^3$. Рассчитайте количество золота (г.), которое можно извлечь из Обского моря. Предложите один способ извлечения золота из воды.

2. В каких объёмных пропорциях необходимо взять раствор 60% азотной кислоты (плотность 1.36 г/см^3) и дистиллированную воду, чтобы приготовить 2 литра 25% раствора азотной кислоты (плотность 1.15 г/см^3). Рассчитайте изменение объема при смешении исходных растворов.

3. Рассчитайте значение pH и концентрацию всех частиц в растворах сильных электролитов, полученных смешением:

- (а) 2 литров 0.5 М раствора BaCl_2 и 1 литра 2М раствора KCl ;
- (б) 600 мл 0.1 М раствора HBr и 100 мл 0.6 М раствора NaOH ;
- (в) 500 мл 0.1 М раствора HBr и 200 мл 0.3 М раствора KOH ;
- (г) 200 мл 0.2 М раствора H_2SO_4 и 200 мл 0.1 М раствора HNO_3 ;

4. Рассчитайте концентрацию всех частиц и значение pH для следующих растворов слабых электролитов:

- (а) 0.4 М раствор CH_3COONa ($K_a=2 \cdot 10^{-5}$);
 - (б) 0.1 М раствор NH_4Cl ($K_b=2 \cdot 10^{-5}$);
 - (в) раствор HCN со степенью диссоциации кислоты $\alpha=0.02\%$ ($K_a=7 \cdot 10^{-10}$);
 - (г) 0.2 М раствор Na_3PO_4 ($K_{a1}=7 \cdot 10^{-3}$ $K_{a2}=6 \cdot 10^{-8}$ $K_{a3}=4 \cdot 10^{-13}$);
 - (д) буферный раствор, содержащий по 0.3 моль/л кислоты HF ($K_a=6 \cdot 10^{-4}$) и её соли KF ;
- В пункте (г) учитывать диссоциацию только по первой ступени.*

5. Расположите следующие труднорастворимые соединения в порядке возрастания концентрации ионов магния в насыщенном растворе:

- (а) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($\text{PP}=5 \cdot 10^{-12}$); (б) MgCO_3 ($\text{PP}=2 \cdot 10^{-4}$); $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ($\text{PP}=10^{-13}$);
- Рассчитайте, при каком значении pH в насыщенном растворе карбоната магния начнётся выпадение в осадок $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

6. Используя справочные данные, определить возможность выпадения осадка в растворе, полученном смешением:

- (а) 999 мл 0.001 М AgNO_3 и 1 мл 0.001 М NaBr ;
- (б) 200 мл 0.02 М $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 800 мл 0.005 М KF ;
- (в) 500 мл 0.04 М MnSO_4 и 500 мл 0.02 М Na_2CO_3 ;

Для каждого случая, рассчитать массу выпавшего осадка.

7. Используя справочные данные (значения K_a , K_b , PP , K_w), оценить константы равновесия для следующих процессов:

- (а) $\text{HBr} + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaCl}$;
- (б) $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3(\text{тв.}) + 3\text{H}_2\text{S}$;
- (в) $\text{AgCl}(\text{тв.}) + \text{KI} \rightarrow \text{AgI}(\text{тв.}) + \text{KCl}$;
- (г) $\text{NH}_3 + \text{HClO} \rightarrow \text{NH}_4\text{ClO}$;
- (д) $\text{Mn}(\text{OH})_2(\text{тв.}) + \text{NaHS} \rightarrow \text{MnS}(\text{тв.}) + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$;