

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ОБЩЕЙ ХИМИИ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ 1 И 2 КУРСОВ

10 июня 2020 г.

Вариант А

Задача №1

Датировку наиболее древних пород Земли производят уран-свинцовым методом, в котором используется многостадийный переход $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ с периодом полураспада $\tau_{1/2} = 4,51 \cdot 10^9$ лет. При анализе образца минерала установлено, что соотношение числа нуклидов $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ в нем составляет 0,113. Оцените возраст минерала. (20 баллов)

Задача №2

В начале XX века (1913 г.) был предложен способ измерения заряда ядра атома для разных химических элементов по спектрам характеристического рентгеновского излучения. Зная, что длина волны наиболее интенсивного максимума в спектре рентгеновского излучения хрома (K_α) составляет 2,33 Å, определите порядковый номер и укажите химический элемент, для которого длина волны рентгеновского излучения (K_α) составляет 2,8 Å.

Определите число нейтронов наиболее распространенного изотопа данного элемента, а также запишите электронную конфигурацию атома данного химического элемента в основном состоянии.

Известно, что данный элемент образует как бесцветные, так и окрашенные октаэдрические комплексные соединения в зависимости от заряда центрального иона комплексообразователя. Рассчитайте длины волн поглощаемого света и предположите окраску комплексов этого элемента $[\text{Э}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{ЭF}_6]^{3-}$, $[\text{ЭCl}_6]^{3-}$, если значения параметра расщеплением кристаллическим полем для данных комплексов составляют 239,3; 203 и 152,3 кДж/моль соответственно. Объясните, чем обусловлено смещение длины волны для данных комплексов и различная их окраска. (20 баллов)

Задача №3

Ионное произведение воды при 22°C равно 10^{-14} , а при температуре 5°C равно $2,1 \cdot 10^{-15}$.

Вычислите: а) рН воды при температуре 5°C; б) разность значений рН при 22 и 5°C для $5 \cdot 10^{-7}$ М раствора HNO_3 . (15 баллов)

Задача №4

Для процесса взаимодействия сульфата церия(IV) с сульфатом железа(II) в подкисленном водном растворе запишите уравнения: 1) электродных полуреакций, 2) суммарной окислительно-восстановительной реакции в молекулярно-ионной форме, 3) суммарной окислительно-восстановительной реакции в молекулярной форме. Используя значения стандартных равновесных электродных потенциалов $E^{\circ}\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+} = 1.72 \text{ В}$ и $E^{\circ}\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0.77 \text{ В}$, 1) вычислите равновесный электродный потенциал системы для случая взаимодействия стехиометрических количеств реагентов, 2) определите степень превращения и константу равновесия реакции (указать, для какой реакции приведена константа). Разницей между формальным и стандартным потенциалами можно пренебречь. (15 баллов)

Задача №5

К 50 мл 0,01 М раствора перманганата калия прибавляют 10 мл 2н серной кислоты, раствор нагревают до 40 °С. Добавляют 20 мл раствора нитрита натрия, неизвестной концентрации, и оставляют смесь на 15 минут. Затем добавляют избыток 10% раствора иодида калия, накрывают колбу стеклом и оставляют смесь на 5 минут в темном месте. К образовавшейся смеси из бюретки на 25 мл добавляют 20 мл 0,005 М раствора тиосульфата натрия. Окраска раствора становится слабо желтой. Добавляют 10 капель 2% раствора крахмала, раствор окрашивается в синий цвет. После добавления 1,75 мл раствора тиосульфата натрия окраска раствора из синей резко переходит в бесцветную. Напишите все происходящие в растворе реакции, расставьте коэффициенты, для окислительно-восстановительных реакций напишите электронно-ионный баланс (метод полуреакций). Напишите выражение для закона эквивалентов. Определите молярную концентрацию раствора нитрита натрия. Ответ округлите до трех значащих цифр.

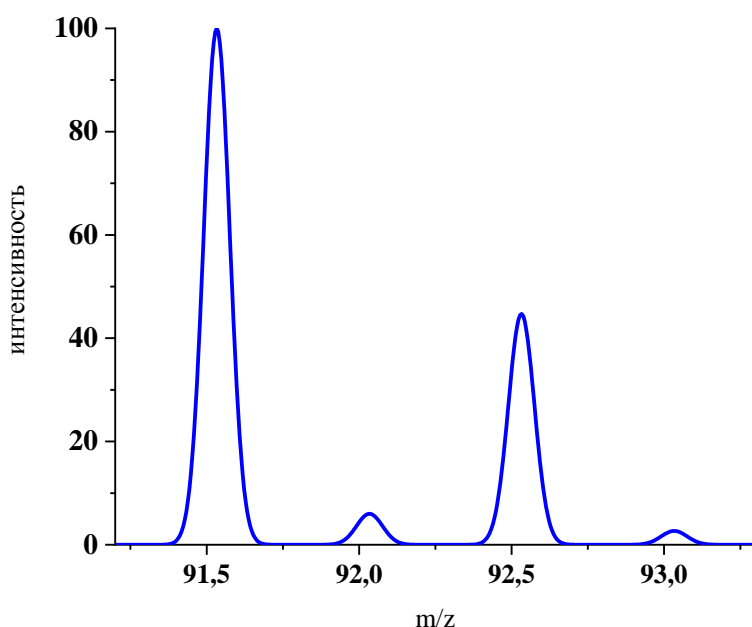
(15 баллов).

Задача №6

Особенностью металла X является высокая коррозионная устойчивость. По этой причине шведские учёные настоятельно рекомендуют осуществлять захоронение особо опасных радиоактивных изотопов в капсулах из этого металла, имеющих толщину стенки 5 см. Сквозная коррозия сможет разрушить такую капсулу через 500-700 тысяч лет!

Этот металл способен образовывать бесцветные комплексные соединения линейного строения и тетраэдрические и октаэдрические окрашенные комплексные соединения. Добавление к окрашенному водному раствору соли этого металла некоторого лиганда приводит к незначительному гипсохромному смещению полосы поглощения. Сам лиганд не имеет полос поглощения в видимой области спектра. Лиганд имеет симметричное строение, при нормальных условиях представляет собой жидкость с

неприятным запахом, хорошо растворимую в воде и в этаноле. Является очень сильным основанием. Согласно результатам элементного анализа $\omega(\text{C})=40\%$, $\omega(\text{N})=46,67\%$, $\omega(\text{H})=13,33\%$. Для синтеза данного комплекса взяли навеску 61,56 г кристаллогидрата хлорида этого металла с неизвестным содержанием воды. После выдерживания этого кристаллогидрата в сушильном шкафу до постоянной массы оказалось, что масса соли уменьшилась на 21,05%. Эту навеску растворили в 50 мл воды и добавили эквивалентное количество лиганда, причём известно, что соотношение катиона металла и лиганда в комплексе=1:2.. Для получения кристаллов комплексного соединения к раствору добавили 10 мл этанола и провели вакуумное фильтрование с использованием колбы Бунзена и воронки Бюхнера. Масс-спектр полученного соединения был зафиксирован в положительной моде и выглядел следующим образом.



Масс-спектрометрия – это физический метод, основанный на измерении отношения массы к заряду m/z ионов, образующихся при ионизации вещества.

На основании данных задачи:

1. Определите металл X, обоснуйте свой ответ.
2. Определите лиганд и установите строение комплексного соединения, его геометрическую форму. Какова дентатность лиганда в зашифрованном комплексе?
3. Приведите примеры линейного, октаэдрического и тетраэдрического комплексов этого металла, определите типы гибридизации катиона металла в этих комплексах.
4. Поясните два сигнала на масс-спектре при значении m/z 91,54 и 92,54.
5. Приведите формулу кристаллогидрата, подтверждая ответ расчётами.

(15 баллов)