

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ОБЩЕЙ ХИМИИ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ 1 И 2 КУРСОВ

10 июня 2020 г.

Вариант В

Задача №1

Препараты на основе коллоидного золота  $^{198}\text{Au}$  используют для диагностики и лучевой терапии злокачественных опухолей. В 4 часа дня 22 мая фармацевту необходимо приготовить препарат, содержащий  $^{198}\text{Au}$  ( $\tau_{1/2} = 2,70$  сут), который в 8 ч утра 23 мая имел бы активность  $0,50$  мкКи\*/г. В 12 ч дня 21 мая, когда материал был доставлен от производителя, он имел активность  $3,00$  мкКи/г. Сколько нерадиоактивного вещества (растворителя) должен был использовать фармацевт в расчете на  $1$  г  $^{198}\text{Au}$ , поставленного изготовителем? (20 баллов)

\*1 мкКи (микрокюри) соответствует 37000 распадам в секунду на 1 г вещества.

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 рентгеновского  $K_{\alpha}$  излучения меди составляет  $1,541$  Å, определить порядковый номер элемента с длиной волны  $K_{\alpha}$  рентгеновского излучения  $1,931$  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 окрашенные октаэдрические комплексные соединения. Карбонильный комплекс данного элемента  $[\text{Э}(\text{CO})_x]$  представляет собой светло-жёлтую жидкость, не растворимую в воде. Рассмотрите строение данного комплексного соединения искомого элемента по методу валентных связей (указывая, за счёт каких орбиталей центрального атома происходит образование связей), определите тип гибридизации центрального атома и геометрию комплексной частицы. Объясните, чем обусловлена устойчивость карбонильных комплексных соединений. (20 баллов)

Задача №3

Ионное произведение воды при  $22^{\circ}\text{C}$  равно  $10^{-14}$ , а при температуре  $60^{\circ}\text{C}$  равно  $1,3 \cdot 10^{-13}$ . Вычислите: а) рН воды при температуре  $60^{\circ}\text{C}$ ; б) разность значений рН при  $22$  и  $60^{\circ}\text{C}$  для  $5 \cdot 10^{-7}$  М раствора  $\text{HCl}$ . (15 баллов)

#### Задача №4

Для процесса взаимодействия хлорида олова(II) с сульфатом железа(III) 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; 4) суммарной окислительно-восстановительной реакции в эквивалентной форме. Используя значения стандартных равновесных электродных потенциалов  $E^{\circ}\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+} = 0.15 \text{ В}$  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 константу равновесия реакции (указать, для какой реакции приведена константа). Разницей между формальным и стандартным потенциалами можно пренебречь. *(15 баллов)*

#### Задача №5

К 30 мл раствора, содержащего резорцин, прибавляют 20 мл 0,1н раствора бромата калия, что составляет заведомый избыток. Также добавляют избыток раствора бромида калия, серную кислоту (50%-ную). Смесь перемешивают и оставляют на 15 минут. Затем добавляют избыток раствора иодида калия и оставляют на 10 минут. Затем добавляют небольшое количество хлороформа, слой которого окрашивается в фиолетовый цвет. Добавляют из бюретки 17,65 мл 0.05 М раствора тиосульфата натрия, при энергичном встряхивании слой хлороформа обесцвечивается. Напишите все происходящие в растворе реакции, расставьте коэффициенты, для окислительно-восстановительных реакций напишите электронно-ионный баланс (метод полуреакций). Напишите выражение для закона эквивалентов. Определите массу резорцина в пробе. Ответ округлите до трех значащих цифр. *(15 баллов)*

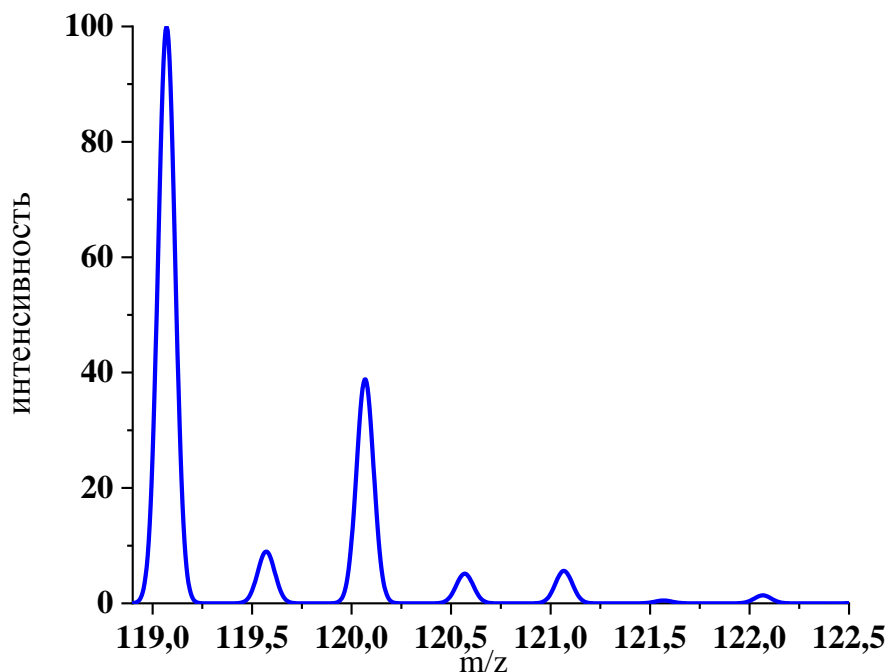
#### Задача №6

Некоторый металл способен образовывать комплексные соединения с большим количеством различных по типу лигандов. В зависимости от силы поля лигандов они могут быть как бесцветными, так и окрашенными в жёлтый, красный, синий, зелёный и другие цвета. Также известно, что для этого металла преимущественно образуются октаэдрические комплексные соединения, но известны также и тетраэдрические, и плоскоквадратные комплексы. При полном растворении 1,761 г этого металла в избытке раствора соляной кислоты массой 100 г, масса раствора изменилась на 1,7%. Добавление к этому раствору эквивалентного количества лиганда, имеющего симметричное строение, приводит к гипсохромному смещению полосы поглощения. Известно, что этот лиганд – органическое соединение, представляющее собой жидкость с характерным запахом, хорошо растворимую в воде и не имеющую в видимой области спектра полос поглощения.

Сам комплекс представляет собой вещество, хорошо растворимое в воде, но нерастворимое в этаноле и эфире.

По данным элементного анализа:  $\omega(\text{C})=23,25\%$ ,  $\omega(\text{H})=7,75\%$ ,  $\omega(\text{N})=27,12\%$ .

Масс-спектр, зарегистрированный в положительной развёртке, представлен на рисунке.



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, о каком металле идёт речь, обоснуйте ответ.
2. Определите, какой лиганд был использован, и установите состав комплексного соединения.
3. Объясните, почему добавление раствора лиганда к водному раствору хлорида металла приводит к гипсохромному сдвигу полосы поглощения?
4. Проанализируйте масс-спектр и сделайте отнесение двух самых интенсивных сигналов. (15 баллов)