

--	--	--	--	--	--	--	--

Задачи регионального тура олимпиады по химии 2024/25 уч.г.

9 класс

Гран-при: Задача 6

Химия золота (20 б)

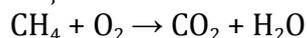
Золото интересовало людей на протяжении тысячелетий. Важнейшей задачей алхимиков было найти философский камень, с помощью которого можно было бы превратить все оставшиеся металлы в золото. Страны тоже раньше оценивались по своим золотым запасам. Химия золота невероятно интересна: это драгоценный металл, который не реагирует с разбавленными кислотами, однако у золота всё равно есть интересные реакции и соединения.

а) Золоту свойственно несколько разных степеней окисления. Определи степень окисления золота в следующих соединениях. (3)

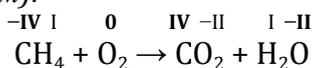
Ионы, написанные в квадратных скобках - это комплексные ионы, где атомы золота связаны с лигандами (ионы в круглых скобках, в некоторых случаях могут быть молекулы или атомы). Степень окисления в комплексных соединениях можно определить так же, как в других соединениях.

CsAu	K[Au(CN)₂]	AuXe₄²⁺	H[AuCl₄]	AuF₆⁻	AuCl₃

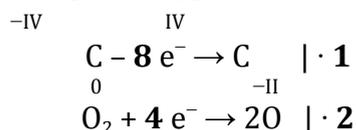
Для уравнивания сложных окислительно-восстановительных реакций нужно для начала определить степени окисления всех элементов, чтобы понять, какие из них меняются в ходе реакции. Далее нужно составить уравнения электронных переходов для окисления и восстановления и уравнять количество переходящих электронов. Для этого нужно умножить все члены уравнения перехода на число, уравнивающее количество переходящих электронов. На основании уравнений электронных переходов можно определить коэффициенты соответствующих соединений в уравнении реакции. Рассмотрим следующую окислительно-восстановительную реакцию:



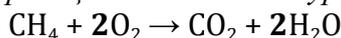
Определим степени окисления всех элементов, участвующих в реакции (меняющиеся степени окисления отмечены тёмным цветом):



Составим уравнения переходов электронов и уравниваем количество переходящих электронов:



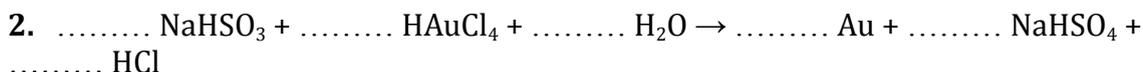
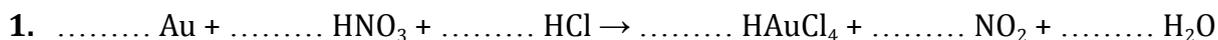
Запишем коэффициенты уравнения реакции на основании уравнений перехода:



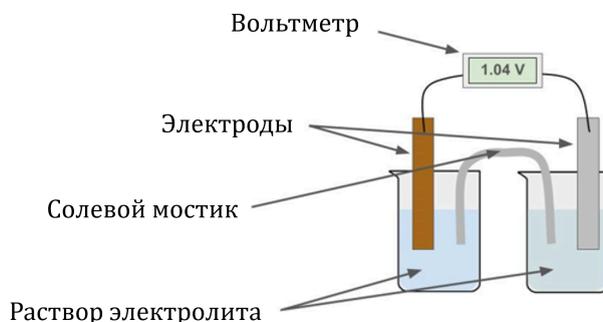
Во времена Второй Мировой Войны многие известные немецкие и датские учёные были против националистического режима правления, в их числе также лауреат Нобелевской премии Нильс Бор. Поскольку был страх конфискации золотых медалей, то для "укрывания" золота использовалась царская водка (смесь соляной и азотной кислоты), которая реагирует с золотом. При дальнейшем осаждении золота из раствора создавались новые награды.

--	--	--	--	--	--	--	--

b) i) Уравняй следующие уравнения реакций, которые описывают процесс “растворения” золота в царской водке и его осаждение. (4)



Многие источники тока, используемые в повседневной жизни, являются химическими источниками тока. Источник состоит из положительного и отрицательного электродов (металлические “палочки”), которые погружены в раствор электролита (раствор соли). Солевой мостик, расположенный между растворами электролитов, позволяет ионам свободно перемещаться между двумя электродами.



Строение гальванического элемента описывает следующая схема:



Анод (тв) и **катод (тв)** это два твёрдых электрода (**тв** значит “твёрдый”). **Анод^{x+} (р-р)** и **катод^{y+} (р-р)** это находящиеся в растворе (**р-р** значит “водная среда”) ионы металла, а **x+** и **y+** это заряды этих ионов металла. В гальваническом элементе происходит две полуреакции: возникновение ионов на аноде (окисление или отдача электронов) и на катоде осаждение простого вещества (восстановление или присоединение электронов).

Окислительно-восстановительный потенциал характеризует возможность окислителя присоединять электроны и восстанавливаться посредством этого. Чем положительнее потенциал окислителя, тем более сильным окислителем он является и тем проще он присоединяет электроны. Результатом присоединения электронов всегда является восстановитель, способный отдать электроны (то есть участвовать в противоположной полуреакции). Чем положительнее потенциал, тем слабее восстановитель, образовавшийся в ходе присоединения электронов и тем хуже этот восстановитель отдаёт электроны (тем хуже проходит полуреакция справа налево). В зависимости от значений окислительно-восстановительных потенциалов, гальванический элемент всегда работает так, что более сильный окислитель в паре окислителей присоединяет электроны, а более сильный восстановитель в паре восстановителей отдаёт электроны. Окислительно-восстановительный потенциал гальванического элемента $E^{\circ}_{\text{ячейка}}$ показывает максимальное напряжение, которое способен дать гальванический элемент и выражается следующей формулой:

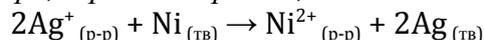
$$E^{\circ}_{\text{ячейка}} = E_{\text{катод}} - E_{\text{анод}}$$

Окислительно-восстановительные потенциалы некоторых полуреакций:

--	--	--	--	--	--	--	--



Реакции, происходящие в гальваническом элементе, часто описывают через ионные уравнения, в которых ионы растворённых веществ изображены в ионном виде. В ионном уравнении заряды должны быть равны в правой и левой части уравнения. Пример ионного уравнения (поскольку заряд Ni равен 2+, значит серебра, заряд которого +, должно быть 2):



Свободная энергия электрохимической реакции показывает, в каком направлении протекает реакция (в случае отрицательного знака энергии реакция протекает в прямом направлении, то есть слева направо, как показано в уравнении реакции), и максимальную полезную работу, совершаемую гальваническим элементом. Свободную энергию электрохимической реакции можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta G^0 = -nFE^0,$$

где ΔG^0 - свободная энергия реакции (Дж/моль), n - количество участвующих в реакции электронов (количество переходящих электронов в уравненном ионном уравнении, в прошлом примере равное 2) и F - константа Фарадея ($F = 96485 \text{ Кл/моль}$).

- с) Учёный Дима хотел использовать золото в гальваническом элементе. Для этого он приготовил два раствора: раствор, содержащий ионы Au^{3+} и раствор, содержащий ионы Ni^{2+} . В качестве электродов Дима использовал кусочек золота и кусочек никеля, которые поместил соответственно в раствор, содержащий ионы Au^{3+} и раствор, содержащий ионы Ni^{2+} . Окислительно-восстановительные потенциалы полуреакций:



- i) Напиши, какой из металлов (золото или никель) является анодом, а какой является катодом в этой реакции. (1)

Анод:	Катод:

- ii) Составь схему гальванического элемента, сделанного Димой. (2)

- iii) Напиши суммарное ионное уравнение и расставь коэффициенты. (1)

- iv) Рассчитай окислительно-восстановительный потенциал гальванического элемента (разность потенциалов суммарной реакции) $E^0_{\text{ячейка}}$. (0,5)

--	--	--	--	--	--	--	--

$$E_{\text{ячейка}}^{\circ} = \dots\dots\dots \text{ В}$$

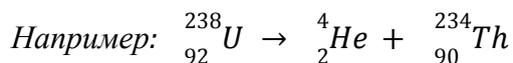
v) Рассчитай свободную энергию суммарной реакции ΔG° . (1)

$$\Delta G^{\circ} = \dots\dots\dots \text{ кДж/моль}$$

Одним из самых главных желаний алхимиков было создавать золото из других металлов. В прошлом веке были открыты ядерные реакции, которые сделали это желание почти возможным:

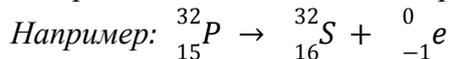
В ядерных реакциях обозначается как массовое число элемента, так и заряд ядра: например запись вида ${}_{92}^{238}\text{U}$ показывает, что массовое число элемента равно 238 и заряд ядра равен 92. В ядерных реакциях, как и во всех других реакциях, действует закон сохранения массы и зарядов: сумма массовых чисел и зарядов должна быть одинаковой в обеих частях уравнения. Есть разные виды ядерных реакций, рассмотрим два из них: α -распад и β -распад.

α -распад: ядро атома элемента распадается на более лёгкое ядро атома и α -частицу, то есть ядро атома гелия.



Обрати внимание, что сумма зарядов ядер и сумма массовых чисел равна в обеих частях уравнения, символ образующегося в правой части более лёгкого элемента определяют заряд ядра изначального элемента и число протонов в ядре атома выделившегося гелия.

β -распад: нейтрон превращается в протон и выделяется электрон.



Обрати внимание, что сумма зарядов и сумма массовых чисел равна, символ образующегося в правой части элемента определяет заряд ядра изначального элемента.

d) i) Атом золота с массовым числом 197 может образоваться при столкновении атома водорода с атомом ртути, происходит α -распад. Напиши уравнение этой ядерной реакции. (1)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--

ii) У Димы ровно 1 кг ртути. Рассчитай, сколько грамм золота он мог бы получить в ходе ядерной реакции, если 99,3% ртути не реагирует. (2)

<p>Ответ: г</p>

iii) Золото с массовым числом 198 подвергается β -распаду. Напиши уравнение этой ядерной реакции. (0,5)

--

У золота есть много необычных соединений. Например золото реагирует при 370 °С с газообразными простыми веществами **A** и **B**, образуя соль **C**. Для реагирования 1,000 г золота нужно 0,162 г простого вещества **A** и 0,579 г простого вещества **B**. Катион соли **C** состоит из элемента, содержащегося в простом веществе **A**. Соль **C** разлагается при 180 °С, образуя бинарное соединение **D** (содержание золота по массе 67,47%) и простые вещества **A** и **B**. Плотность газообразного простого вещества **B** в 1,19 раз больше, чем плотность газообразного вещества **A** при одинаковых условиях.

e) Напиши формулы соединений **A–D**. (4)

A	B
C	D