

РЕШЕНИЯ

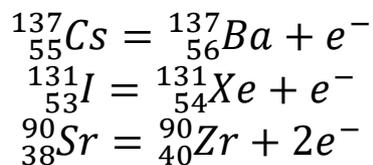
муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников
ПО ХИМИИ

в Кировской области
в 2024/2025 учебном году

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11 – 1. «Атом». Рекомендации к решению и оценке:

1) Установим составы пропущенных нуклидов. Для этого вспомним, что при β^- распаде (образуется электрон) порядковый номер увеличивается на 1 единицу, а масса при этом не меняется:



2) Для защиты от β^- -излучения традиционно используют экраны из стекла или алюминия.

3) Раньше всех распадётся изотоп иода, т.к. имеет самый маленький период полураспада, а распад приводит сразу к устойчивому изотопу.

4) Сравнивая величину периода полураспада со временем наблюдения не трудно заметить, что фактически прошёл всего один период полураспада.

Исходное содержание радиоизотопа равно 100% после выброса. После 1 периода полураспада осталось 50% ^{137}Cs и 50% ^{90}Sr .

Для ^{131}I с периодом полураспада 8 дней можно с уверенностью сказать, что содержание этого изотопа 0 % - за такой большой промежуток времени он полностью распался.

5) Прилегающие территории окажутся пригодными для жизни тогда, когда изотоп с самым большим периодом полураспада претерпит 10 периодов полураспада. В нашем случае, самый большой период полураспада из указанных изотопов – 30 лет для ^{137}Cs . Таким образом, через 300 лет территории окажутся совершенно безопасными, как до аварии.

Чтобы установить содержание (в %) оставшихся изотопов воспользуемся определением периода полураспада – после каждого периода полураспада остаётся половина от предыдущего количества вещества:

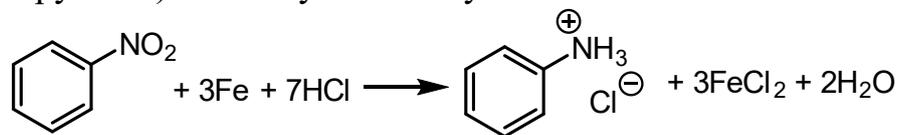
Время наблюдения, лет	Число периодов полураспада	Содержание изотопа, %	
		^{137}Cs	^{90}Sr
0	0	100	100
30	1	50	50
60	2	25	25
90	3	12,5	12,5
120	4	6,25	6,25
150	5	3,125	3,125
180	6	1,5625	1,5625
210	7	0,7813	0,7813
240	8	0,3906	0,3906
270	9	0,1953	0,1953
300	10	0,0977	0,0977

Как видно из таблицы, предположение о том, что после 10 периодов полураспада вещества практически не остаётся, совершенно справедливо.

<i>Массовое и зарядовое число нуклида: 2*3</i>	– 6 баллов
<i>Предложено любое разумное средство защиты</i>	– 1 балл
<i>Указан изотоп</i>	– 2 балла
<i>Указан изотоп без объяснения</i>	– 0 баллов
<i>Содержание каждого изотопа: 3*3</i>	– 9 баллов
<i>Вычислено время, после которого территории станут безопасными</i>	– 1 балл
<i>Вычислено содержание изотопа цезия и стронция: 2*3</i>	– 6 баллов
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 11 – 2. «Зинин». Рекомендации к решению и оценке:

1) Исторически Н.Н. Зинин предложил получать ароматические амины восстановлением нитрогруппы с использованием сульфида аммония. Однако позднее сам же модифицировал этот метод, заменив сульфид аммония на железо («чугунные стружки») и соляную кислоту:



В этой реакции важно помнить об основных свойствах анилина – продукт реакции хлорид фениламмония.

2) Установим формулу вещества А. Для этого найдем количества веществ продуктов сгорания и сделаем проверку на наличие кислорода в исходной молекуле.

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_N = 1,568 / 22,4 = 0,07 \text{ моль} = n(\text{C})$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = \rho * V / M(\text{H}_2\text{O}) = 1 * 0,45 / 18 = 0,025 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2 * n(\text{H}_2\text{O}) = 2 * 0,025 = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) = V(\text{N}_2) / V_N = 0,112 / 22,4 = 0,005 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}) = 2 * n(\text{N}_2) = 2 * 0,005 = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{A}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{N}) = 1,67 - 0,07 * 12 - 0,05 * 1 - 0,01 * 14 = 0,64 \text{ г}$$

Таким образом, в составе молекулы есть кислород. Найдем его количество и установим формулу: $n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 0,64 / 16 = 0,04 \text{ моль}$

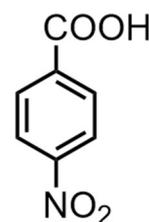
$$\text{C} : \text{H} : \text{N} : \text{O}$$

$$0,07 : 0,05 : 0,01 : 0,04 \quad | : 0,01$$

$$7 : 5 : 1 : 4$$

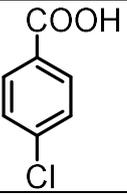
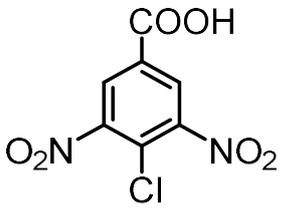
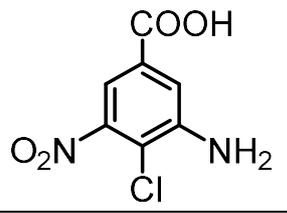
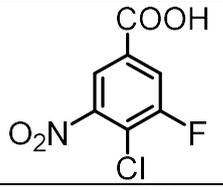
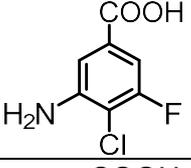
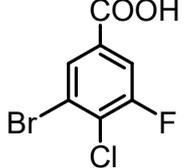
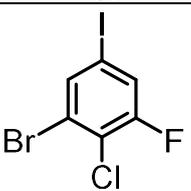


Установим структуру вещества А. Вещество А окрашивает лакмус в красный цвет, что говорит о наличии в составе вещества карбоксильной группы. Вещество А содержит достаточно мало водорода, можно предположить наличие ароматического ядра в структуре, что подтверждается открытой структурой промежуточного вещества в цепочке превращений. Наконец, остается увидеть наличие нитрогруппы, т.к. вещество на первой же стадии в цепочке превращений вводит в реакцию Зинина, в которую вступают нитросоединения. О структуре вещества А сказано, что функциональные группы в нем расположены друг напротив друга, следовательно, речь идет о пара-изомере – пара-нитробензойной кислоте:



3) Вещества на схеме:

№	Вещество	Комментарий
1		Продукт восстановления пара-нитробензойной кислоты.
2		Продукт диазотирования аминогруппы согласно схеме реакции в условии.

3		Продукт замещения диазогруппы на атом хлора согласно схеме реакции в условии.
4		Судя по приведенной в условии формуле вещества, в составе молекулы оказывается сразу две нитрогруппы, т.к. азот в составе вещества на этом этапе может появиться только при нитровании. Открытая структура в цепочке позволяет сделать вывод об образовании симметричного продукта нитрования, что соотносится с ориентацией заместителей в составе молекулы.
5		На этой стадии восстанавливается только одна нитрогруппа, которая затем диазотируется и замещается на атом хлора, о чем свидетельствует приведенная далее в условии формула вещества «б». Засчитывается вариант и с написанием аминогруппы в форме соли.
6		Представленная в условии формула указывает на замену аминогруппы на атом фтора после предварительного диазотирования.
7		Продукт восстановления нитрогруппы по реакции Зинина.
8		Продукт замещения диазогруппы на атом брома после предварительного диазотирования.
X		Продукт замещения диазогруппы на атом иода после предварительного диазотирования.

Уравнение реакции Зинина (в продуктах хлорид фениламмония)	– 2 балла
Уравнение реакции Зинина (в продуктах реакции анилин)	– 1 балл
Реакция Зинина без коэффициентов с любым продуктом	– 0 баллов
Найдены количества веществ: 3*1	– 3 балла
Сделана проверка на наличие кислорода	– 1 балл
Найдено количество кислорода	– 1 балл
Установлена конечная формула вещества А	– 1 балл
Установлена структура вещества А	– 2 балла
Вещества 1-8: 1,5*8	– 12 баллов
Вещество X	– 2 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Задача 11 – 3. «Шафран». Рекомендации к решению и оценке:

1) Чтобы установить состав минерала **A** необходимо для начала определить элементы **X** и **Y**. Образование нерастворимых солей с хлоридами и карбонатами позволяет существенно сузить круг кандидатов на роль **Y** – это может быть либо свинец, либо серебро. Вариант с серебром не подходит, т.к. карбонат серебра желтый.

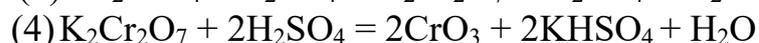
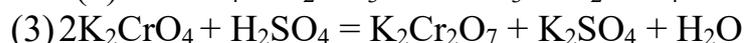
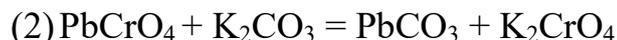
Элемент **X** практически однозначно определяется из описания превращения **D** - **E**, свойственного хромат и дихромат-анионам. Кроме того, из текста следует, что перед получением **E** минерал не подвергался действию окислителей, из чего следует, что в состав **A** хром входит в высшей степени окисления +6. Таким образом, **X** – Cr, **Y** – Pb.

Желто-оранжевая окраска растворов свидетельствует о наличии хромат-ионов в составе исходного минерала. Следовательно, минерал **A** можно представить веществом состава $PbCrO_4$ – минерал крокоит, название которого происходит от греческого слова *κρόκος* – шафран, которое получил минерал за внешнее сходство с растением.

2) Формулы веществ:

X	Y	B	C	D	E	F
Cr	Pb	$CrCl_3$	Cl_2	K_2CrO_4	$K_2Cr_2O_7$	CrO_3

3) Уравнения реакций:



Формула минерала **A**

– 3 балла

Название минерала

– 1,5 балла

Формулы веществ **B-F**, **X** и **Y**: 7*1,5

– 10,5 баллов

Уравнения реакций: 5*2

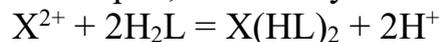
– 10 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 25 баллов

Задача 11 – 4. «Хелат». Рекомендации к решению и оценке:

1) Чтобы ответить на первый вопрос, воспользуемся схемой реакции в условии:



С ее помощью можно заметить, что в составе соединения окажется 4 атома азота – каждая молекула диметилглиоксима содержит 2 атома азота, а в составе продукта реакции 2 молекулы. Зная массу 4 атомов азота и их массовую долю, можем вычислить молярную массу соединения:

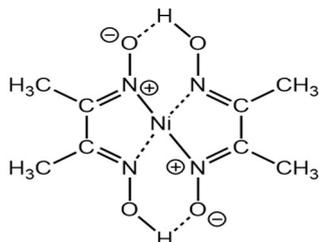
$$M = \frac{4 * M(N)}{w(N)} = \frac{4 * 14}{0.194} = 288.66 \text{ г/моль}$$

Теперь зная молярную массу продукта реакции, можем вычесть молярную массу остатка диметилглиоксима и получим значение молярной массы металла:

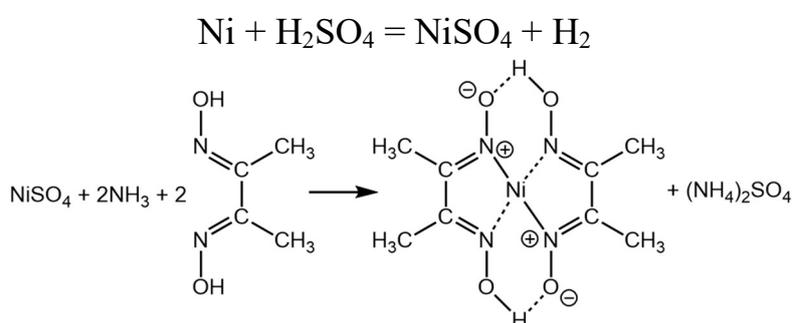
$$\begin{aligned} M(X) &= M(X(HL)_2) - 2 * M(HL) = M(X(HL)_2) - 2 * M(C_4H_7N_2O_2) = 288,66 - 2 * 115 = \\ &= 58,66 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = M(Ni) \end{aligned}$$

Таким образом, металл **X** – это никель.

2) С использованием схемы реакции можем заметить, что не все атомы водорода в составе гидроксогрупп отщепляются. Из схемы реакции так же видно, что на 1 ион никеля приходится 2 молекулы реактива Чугаева. С учетом этих соображений, изобразим структуру:



3) Для вычисления массовой доли никеля в составе образца сплава, найдем массу никеля. Для этого запишем уравнения реакций и найдем количество вещества металла:



Из записанных реакций видно, что количество вещества никеля равно количеству вещества осадка:

$$n(\text{Ni}) = n(\text{Ni}(\text{HL})_2) = \frac{m(\text{Ni}(\text{HL})_2)}{M(\text{Ni}(\text{HL})_2)} = \frac{0,288}{288} = 0,001 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ni}) = n(\text{Ni}) * M(\text{Ni}) = 0,001 * 58,7 = 0,0587 \text{ г}$$

$$w(\text{Ni}) = \frac{m(\text{Ni})}{m(\text{сплав})} = \frac{0,0587}{1} = 5,87\%$$

4) «Хелат» (от греч. «chele» – клешня) – комплексное соединение металла с органическим веществом (лигандом), в котором лиганд образует несколько химических связей с центральным атомом. Лиганд при этом как бы захватывает ион металла, как краб хватается клешней добычу.

Установлен металл	– 5 баллов
Предложена структура вещества	– 5 баллов
Уравнение реакции растворения никеля	– 2 балла
Уравнение реакции образования комплексного соединения	– 4 балла
Вычислено количество вещества никеля	– 4 балла
Вычислена массовая доля никеля	– 2 балла
Расшифровка названия задачи	– 3 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 100 баллов