

Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

возрастной группы (10 класс) муниципального этапа всероссийской
олимпиады школьников по химии

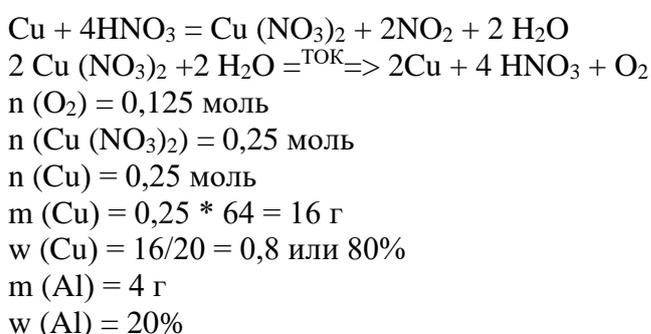
2022-2023 учебный год

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (10 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 50 баллов.

ЗАДАНИЕ 10.1. (Источник – 100 баллов по химии. Полный курс для поступающих в вузы: учебное пособие/ И.Ю. Белавин [и др.]; под ред. В.В. Негребецкого. – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 480 с.)

Сплав меди с алюминием массой 20 г обработали при комнатной температуре концентрированной азотной кислотой. При электролизе образовавшегося раствора на аноде выделилось 2,8 л газа (электролиз проводили до начала выделения газа на катоде). Определите массовые доли металлов в сплаве и объем газа (н. у.), выделившегося при обработке сплава азотной кислотой.

РЕШЕНИЕ (Автор – Попова Е.А.):



Оценка задания.

№	Элементы решения	Баллы
1	Правильно записанное уравнение реакций	2*2=4б
2	Определение $n(\text{O}_2)$	2б
3	Определение $n(\text{Cu})$	1б
4	Расчет массы Cu	1б
5	Расчет массовой доли Cu и Al в исходной смеси	2б
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 10.2. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Байгозин Д.В.)

Коттеджи часто отапливают при помощи котла, в котором сжигают газообразное топливо. Один из его компонентов – бутан (C_4H_{10}), он хранится в жидком состоянии под давлением в баллоне, а перед сжиганием испаряется.

А) Напишите уравнение реакции горения бутана на воздухе.

Б) В баллоне содержится 100 кг бутана (при н.у.). На сколько дней хватит этого количества, если расход газа составляет 224 л/день?

В) Почему зимой рекомендуют переходить на топливо, содержащее больше пропана (C_3H_8), чем бутана?

РЕШЕНИЕ:

А) Уравнение реакции: $2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O$.

Б) Рассчитаем количество вещества бутана и его объём.

Молярная масса бутана: $M(C_4H_{10}) = 12 \cdot 4 + 10 \cdot 1 = 58$ г/моль.

Количество вещества бутана: $\nu(C_4H_{10}) = 100000/58 = 1724$ моль.

Объём бутана: $V(C_4H_{10}) = 1724 \cdot 22,4 = 38618$ л.

Тогда имеющегося бутана хватит на $38618/224 \approx 172$ дня.

В) Пропан является более легколетучим (три атома углерода, $M = 44$ г/моль, температура кипения -42 °С), чем бутан (четыре атома углерода, $M = 58$ г/моль, температура кипения -1 °С), и легче испаряется, что необходимо для использования в котле. В зимний период бутан будет плохо испаряться, поэтому используют смеси с более высоким содержанием легколетучего пропана.

Оценка задания.

1.	Уравнение реакции	3 балла
2.	Количество вещества бутана	2 балла
3.	Объём бутана	2 балла
4.	Количество дней	2 балла
5.	Ответ на последний вопрос	1 балл
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 10.3. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Пошехонов И.С.)

При бромировании на свету неизвестного предельного углеводорода (не содержащего третичных атомов углерода) образовалась смесь моно- и дибромпроизводных. Известно, что массовая доля галогена в одних продуктах бромирования в 1,218 раза больше, чем в других.

А) Определите неизвестный углеводород. Ответ подтвердите расчетом.

Б) Сколько различных моно- и дибромпроизводных может образоваться при галогенировании этого углеводорода? Укажите основной продукт монобромирования.

В) Каким будет основной продукт монохлорирования этого углеводорода, если проводить реакцию на свету и при повышенной температуре? Ваш ответ поясните.

РЕШЕНИЕ:

1) Общая формула предельного углеводорода – C_nH_{2n+2} . Тогда формулы моно- и дибромпроизводных: $C_nH_{2n+1}Br$ и $C_nH_{2n}Br_2$ соответственно. Массовые доли галогена в них:

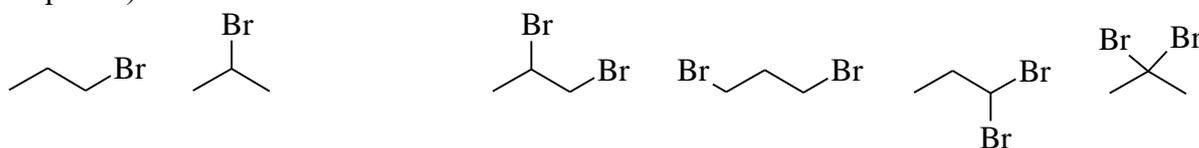
$$\omega_1(Br) = \frac{80}{14n+81} \cdot 100\% \quad \omega_2(Br) = \frac{160}{14n+160} \cdot 100\%$$

По условию в дибромпроизводном массовая доля брома в 1,218 раза больше, следовательно, можно составить уравнение:

$$\frac{160 \cdot (14n+81)}{(14n+160) \cdot 80} = 1,218$$

решая которое, получим, что $n = 3$, т.е. неизвестный углеводород – пропан C_3H_8 .

2) У пропана 2 моно- и 4 дибромпроизводных (основной продукт монобромирования – 2-бромпропан):



3) В пропане два типа неэквивалентных атомов водорода: 6 из них принадлежат двум первичным атомам углерода, а 2 других – вторичному. В условиях повышения температуры и активности галогена селективность снижается, и будет действовать статистический фактор. При повышенной температуре радикальное хлорирование пропана приведет к образованию преимущественно 1-хлорпропана.

Оценка задания.

1.	Молекулярная формула углеводорода	3 балла
2.	Число моно- и дибромпроизводных по 2 балла	4 балла
3.	Основной продукт монобромирования	1 балл
4.	Основной продукт монохлорирования (с обоснованием)	2 балла
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 10.4. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Тойкка Ю.Н.)

Обладающий высокой химической активностью серебристо-белый металл встречается в природе в виде различных оксидных соединений. Его содержание в земной коре по массе составляет $2,5 \cdot 10^{-4} \%$. Используемое в аналитической практике для обнаружения иона натрия соединение этого элемента (**X**) содержит, кроме данного элемента, углерод (12,37 масс. %), кислород (24,74%) и водород (1,55%).

- 1) Определите металл (свой вывод подтвердите расчётами). Какие его изотопы Вам известны? Какой из них наиболее распространён в природе? Какой из изотопов имеет наибольшее практическое применение? Как его можно отделить от других изотопов?
- 2) Предложите способ синтеза высшего галогенида данного элемента из минерального сырья. Какое применение находит этот галогенид?
- 3) Какие степени окисления характерны для данного металла в его соединениях в растворах? Какие химические формы соответствуют этим степеням окисления?
- 4) Приведите структурную формулу соединения **X** и его название. Напишите уравнение реакции взаимодействия реагента **X** с ионом натрия в уксуснокислой среде.

РЕШЕНИЕ:

Массовая доля неизвестного металла в соединении **X** составляет 61,34%. Молярная масса металла может быть вычислена по соотношению:

$M = 12n \cdot 61,34 / 12,37$, где n – число атомов углерода, приходящихся на 1 атом металла.

Получаем

$n = 1$, $M = 59,5$ г/моль – такого металла нет.

$n = 2$, $M = 119$ г/моль – молярная масса близка молярной массе олова (118,7 г/моль).

$n = 3$, $M = 178,5$ г/моль – гафний (он очень редок, а соединения трехвалентного гафния малоустойчивы).

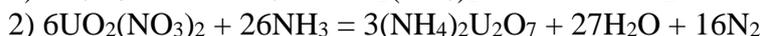
$n = 4$, $M = 238$ г/моль – уран.

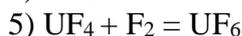
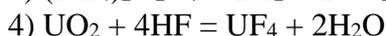
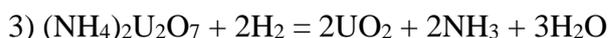
В аналитической практике используются именно соединения урана.

Для урана известны 4 изотопа: U-238, U-235, U-234, U-239. Самый распространённый в природе U-238, полезный для практического применения U-235.

Для разделения изотопов используется гексафторид урана UF_6 . Это единственное стабильное и легколетучее соединение урана, использующееся при разделении его изотопов (газовой диффузии и центрифугировании). Его применение обусловлено тем, что фтор имеет всего один изотоп (это не вносит дополнительной усложняющей разницы в массах) и то, что UF_6 – стехиометрическое соединение.

Получение гексафторида урана:



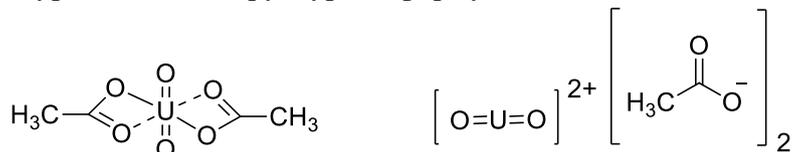


Найдём молярную массу соединения **X**. $M(\text{X}) = 238/0,6134 = 388$ г/моль.

Найдём число атомов кислорода и водорода в **X** по формуле $n = \omega \cdot M(\text{X})/A$.

$n(\text{H}) = 6$, $n(\text{O}) = 6$, отсюда следует, что брутто-формула соединения **X** – $\text{UC}_4\text{O}_6\text{H}_6$.

Так как взаимодействием этого соединения с ионом натрия происходит в уксуснокислой среде, то можно предположить, что и в составе **X** есть ацетат-анион. Тогда соединение **X** – это ацетат уранила. Его структурная формула:



U^{4+} существует в кислой среде, в среде близкой к нейтральной он гидролизуется до UOH^{3+} . Наиболее устойчивая степень окисления – +6. U^{+6} существует в виде оксокатиона UO_2^{2+} (уранил-катион).

Оценка задания.

1.	Определение металла	3 балла
2.	Информация об изотопах	1 балл
3.	Способ синтеза высшего фторида	2 балла
4.	Структурная формула ацетата уранила (если не изображена координация кислорода карбонильной группы к урану: 1 балл)	2 балла
5.	Качественная реакция на ион натрия	1 балл
6.	Формы существования урана в растворе (четырёхвалентного и шестивалентного): по 0,5 баллов	1 балл
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – **10 баллов**.

ЗАДАНИЕ 10.5. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Хлебникова Л.А.)

В четырех пробирках без этикеток находятся бесцветные растворы следующих солей: K_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, BaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Проведите мысленный эксперимент по определению содержимого пробирок.

Теоретические вопросы:

- Предложите ход анализа, с помощью которого можно определить содержимое каждой пробирки с обязательным указанием видимых признаков реакций.
- Напишите уравнения протекающих химических реакций.

РЕШЕНИЕ:

Для проведения мысленного эксперимента необходимо попарно смешать растворы, описывая следующие признаки протекающих реакций (все осадки бесцветные):

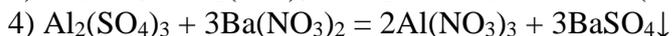
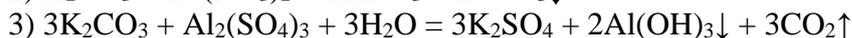
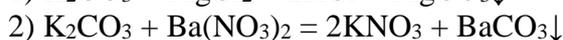
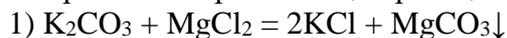
	K_2CO_3	MgCl_2	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
K_2CO_3		↓	↓	↓↑

MgCl ₂	↓			
Ba(NO ₃) ₂	↓			↓
Al ₂ (SO ₄) ₃	↓↑		↓	

Условные обозначения: ↓ - выпадение осадка, ↑ - выделение газа.

На основании проведенных реакций можно определить содержимое каждого стаканчика.

2. Уравнения протекающих реакций:



Оценка задания.

1.	Обоснованный ход анализа, включая: попарное смешивание растворов: 1 балл указание видимых признаков: 1 балл	2 балла
2.	Уравнения реакций: по 2 балла реакция с ошибкой в коэффициентах, в том числе при неправильном использовании формул кристаллогидратов в записи уравнений реакций: 1 балл	8 баллов
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.