

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель открытой олимпиады  
школьников по химии  
профессор Р.Е. Калинин  
25.03.2021



## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ – 60 БАЛЛОВ

### Задание 1 (7 баллов)

Природный магний представлен смесью трех изотопов:  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{25}\text{Mg}$  и изотоп с неизвестным массовым числом. Относительные атомные массы  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{25}\text{Mg}$  и их содержание в природной смеси равны, соответственно, 23,98504 а.е.м. (мольная доля 78,99%) и 24,985584 а.е.м. (10,00%). Определите массовое число третьего изотопа и рассчитайте его относительную атомную массу.

Чем отличаются изотопы магния? Что такое изотопы?

#### Решение.

В таблице Д.И. Менделеева указана средняя относительная масса магния – 24,305 а.е.м. Она рассчитана исходя из масс и мольных долей изотопов. Найдем мольную долю третьего изотопа с неизвестной относительной атомной массой  $\chi(^x\text{A}_r) = 1 - 0,7899 - 0,10 = 0,1101$

Составляем уравнение:

$$0,1101 \cdot x + 0,1 \cdot 24,985584 + 0,7899 \cdot 23,98504 = 24,305$$

Отсюда находим  $^x\text{A}_r = 25,9824$  а.е.м. – это  $^{26}\text{Mg}$

Изотопы различаются количеством нейтронов в ядре: 12, 13 и 14, соответственно, для магния. Изотопы – разновидности атомов одного химического элемента, сходные по свойствам (структура электронных оболочек), но отличающиеся массой ядер.

**Ответ:**  $^{26}\text{Mg}$ ,  $A_r = 25,9824$  а.е.м.

За расчет мольной доли третьего изотопа 1 балл

За уравнение и его решение 2 балла

За интерпретацию решения – определение массового числа и относительной атомной массы 2 балла.

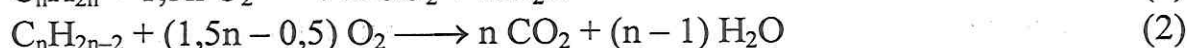
За отличия изотопов магния и определение понятия изотопы по 1 баллу – всего 2 балла

## Задача 2 (14 баллов)

Два нециклических углеводорода содержат одинаковое число атомов углерода. При их гидратации образуются одноатомный спирт и кетон, причем количества вещества спирта в два раза больше количества вещества кетона. Продукты полного сгорания исходной смеси пропустили над безводным сульфатом меди (II), при этом масса продуктов сгорания уменьшилась на 27,27%. Установите строение исходных углеводородов, если известно, что один из них имеет разветвленный углеродный скелет, а при пропускании исходной смеси через аммиачный раствор оксида серебра выпадает осадок. Приведите все уравнения реакций.

### Решение.

Это алкен  $C_nH_{2n}$  и алкин  $C_nH_{2n-2}$



Пусть  $\nu(C_nH_{2n}) = 2$  моль, тогда  $\nu(C_nH_{2n-2}) = 1$  моль

Тогда  $\nu(CO_2) = 2n + n = 3n$  моль, а  $\nu(H_2O) = 2n + (n-1) = 3n - 1$  моль.

$m(CO_2) = 44 \cdot 3n = 132n$  г, а  $m(H_2O) = 18 \cdot 3n - 18 = 54n - 18$  г.

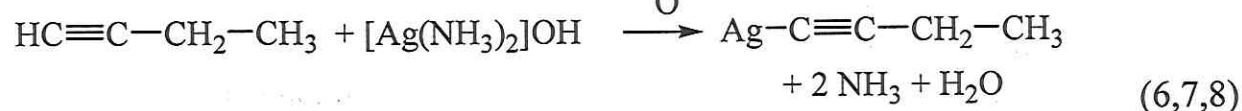
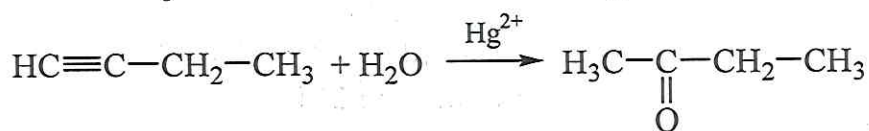
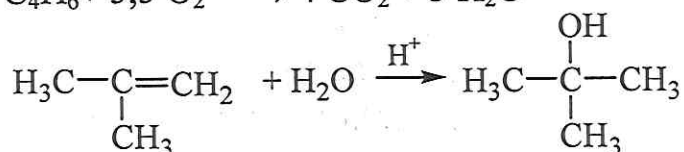
$$\frac{54n - 18}{132n + 54n - 18} = 0,2727$$

Составляем уравнение

$$132n + 54n - 18$$

Решаем и получаем  $n = 4$ .

Алкен – это изобутен (метилпропен). Алкин – это бутин-1.



**Ответ:** изобутен и бутин-1

За предположение об алкене и алкине по 1 баллу – итого 2 балла

За уравнения реакций по 1 баллу – всего 8 баллов

За алгебраическое уравнение и его решение 2 балла

За интерпретацию углеводородов по 1 баллу – всего 2 балла.

### Задание 3 (16 баллов)

Электролиз 500 г 10% раствора сульфата меди (II) проводили в течение 15 часов при силе тока 2 А. Определите массы веществ, выделившихся на электродах. Каков качественный состав раствора после электролиза? Приведите все уравнения химических реакций.

Для справки: постоянная Фарадея  $F = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$ .

**Решение.**



$$Q = 15 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с} \cdot 2 \text{ А} = 108000 \text{ Кл}$$

$$\nu (\text{электронов}) = 108000 \text{ Кл} / 96485 \text{ Кл/моль} = 1,12 \text{ моль}$$

$$\nu (\text{CuSO}_4) = 500 \cdot 0,1 / 160 = 0,3125 \text{ моль}$$

$$m (\text{Cu}) = 0,3125 \cdot 64 = 20 \text{ г}$$

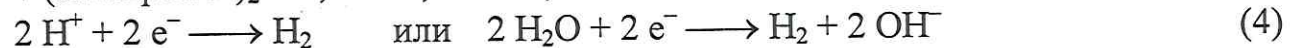
$$\nu (\text{O}_2)_1 = 0,3125 / 2 = 0,1563 \text{ моль}$$

$$m (\text{O}_2)_1 = 0,1563 \cdot 32 = 5 \text{ г}$$



$$\nu (\text{электронов})_1 = 0,3125 \cdot 2 = 0,625 \text{ моль}$$

$$\nu (\text{электронов})_2 = 1,12 - 0,625 = 0,495 \text{ моль}$$



$$\nu (\text{H}_2) = 0,495 / 2 = 0,2475 \text{ моль}$$

$$m (\text{H}_2) = 0,2475 \cdot 2 = 0,495 \text{ г}$$

$$\nu (\text{O}_2)_2 = 0,2475 / 2 = 0,1238 \text{ моль}$$

$$m (\text{O}_2)_2 = 0,1238 \cdot 32 = 3,96 \text{ г}$$

$$m (\text{O}_2)_{\text{общ}} = 5 + 3,96 = 8,96 \text{ г}$$

В конечном растворе после электролиза содержится серная кислота

**Ответ:** 20 г Cu, 0,495 г H<sub>2</sub>, 8,96 г O<sub>2</sub>, раствор серной кислоты.

За уравнения по 2 балла – всего 8 баллов

За расчет числа моль электронов 2 балла

За расчет масс продуктов в (1) 1 балл

За расчет молей электронов в (1) и (2) по 1 баллу – итого 2 балла

За расчет массы продуктов в (2) 1 балл

За суммирование масс кислорода 1 балл

За определение состава конечного раствора 1 балл



#### Задание 4 (11 баллов)

Сплав двух металлов массой 50 граммов обработали избытком водного раствора щелочи и получили 43,5 л (н.у.) водорода. При растворении остатка сплава в избытке соляной кислоты выделилось еще 5,74 л (н.у.) водорода и образовался зеленый раствор. Определите качественный состав сплава, приведите расчеты, напишите все реакции.

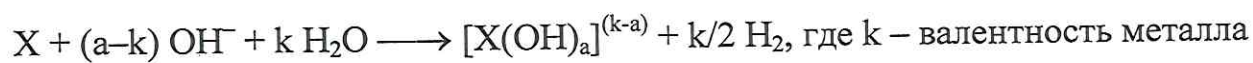
Как называется остаток, полученный при растворении сплава в щелочи, и для чего он используется в химической промышленности?

#### Решение.

Один из металлов X амфотерен, другой – нет. Неамфотерный металл образует раствор соли зеленого цвета. Предположим, что это никель.



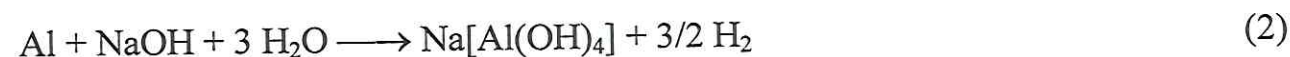
$$\nu(\text{H}_2) = 5,74 / 22,4 = 0,2563 \text{ моль} = \nu(\text{Ni}), m(\text{Ni}) = 0,2563 * 59 = 15 \text{ г}$$
$$m(\text{X}) = 50 - 15 = 35 \text{ г}, \nu(\text{H}_2) = 43,5 / 22,4 = 1,94 \text{ моль}$$



Предположим, что  $k = 1$ , тогда  $\nu(\text{X}) = 1,94 * 2 = 3,88$  моль и  $M(\text{X}) = 35 / 3,88 = 9$  г/моль. Такого металла нет (бериллий проявляет валентность 2)

Предположим, что  $k = 2$ , тогда  $\nu(\text{X}) = 1,94$  моль и  $M(\text{X}) = 35 / 1,94 = 18$  г/моль. Такого металла нет

Предположим, что  $k = 3$ , тогда  $\nu(\text{X}) = 1,3$  моль и  $M(\text{X}) = 35 / 1,3 = 27$  г/моль. Это алюминий



Состав сплава Ni + Al

Остаток, полученный при растворении сплава в щелочи, называется никель Ре-  
нея. Он используется как катализатор при гидрировании бензола.

Ответ: Ni + Al

За предположение об амфотерности и неамфотерности металлов 1 балл

За предположение о никеле 2 балла

За расчет масс металлов 1 балл

За расчет алюминия 3 балла

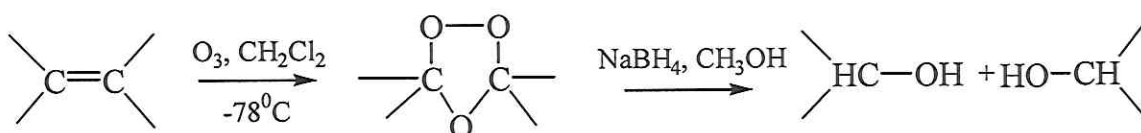
За химические реакции по 1 баллу – итого 2 балла

За название остатка и его применение по 1 баллу – итого 2 балла

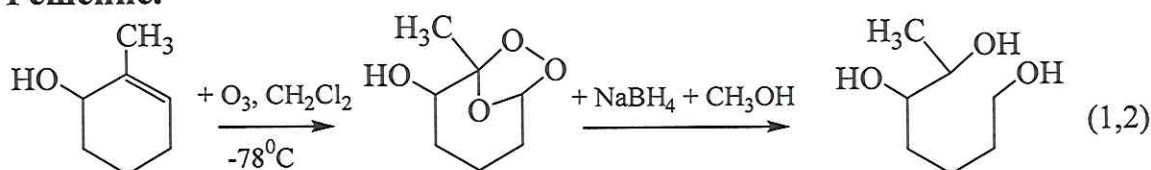
### Задание 5 (12 баллов)

Восстановительный озонлиз непредельного спирта, содержащего шестичленный цикл, дает единственный продукт – гептантриол-1,5,6. Определите структуру исходного спирта и назовите его. Какое соединение образуется при окислении исходного спирта перманганатом калия в щелочной среде? Назовите его. Приведите все химические реакции.

*Для справки:* восстановительный озонлиз – метод определения структуры органического соединения, заключающийся в обработке вещества озоном с последующим гидролизом образовавшегося озонида в присутствии восстановителя.

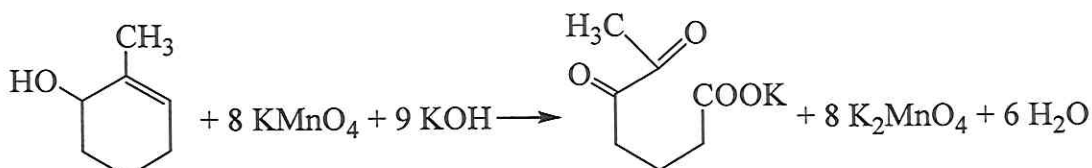
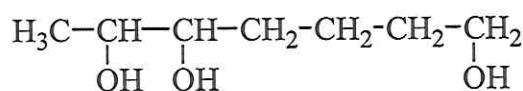


**Решение.**



2-метилциклогексен-2-ол-1

или



5,6-диоксогептаноат калия

(3)

**Ответ:** 2-метилциклогексен-2-ол-1

За структуру исходного спирта 4 балла, за название 1 балл – итого 5 баллов.

За каждую реакцию по 2 балла – итого 6 баллов

За название продукта окисления 1 балл