

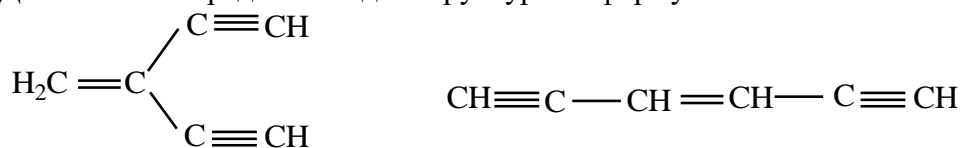
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 КЛАСС
РЕШЕНИЯ

Задача 1.

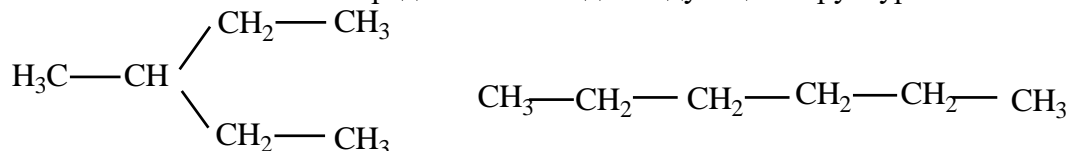
Так как **В** – насыщенный углеводород с простейшей формулой C_3H_7 , то ему однозначно соответствует молекулярная формула алкана C_6H_{14} , т.е. **В** – один из изомерных гексанов.

В процессе гидрирования не происходит изменения числа атомов углерода в молекуле. Следовательно, углеводород **А** имеет молекулярную формулу C_6H_4 ($M = 76$ г/моль). Взаимодействие **А** с металлическим натрием указывает на наличие в нем по крайней мере одной ацетиленовой группировки. По условию задачи 0.19 г **А** ($0.19:76 = 2.5 \cdot 10^{-3}$ моль **А**) реагирует с 0.115 г Na ($0.115:23 = 5 \cdot 10^{-3}$ моль Na), т.е. $v(Na) = 2v(A)$. Это означает, что молекула **А** содержит две концевые группировки – $C \equiv CH$.

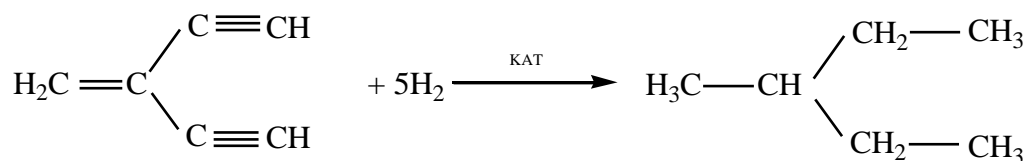
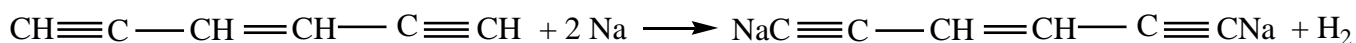
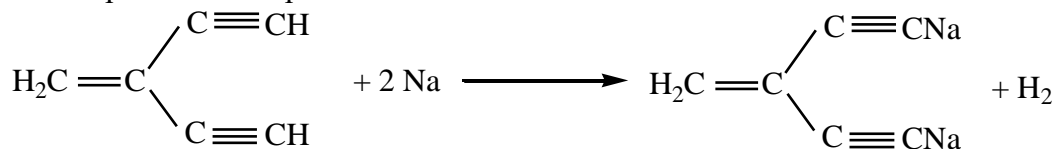
Для **А** можно предложить две структурные формулы:



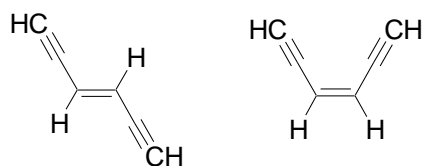
Соответственно **В** можно представить в виде следующих структур:



Уравнения протекающих реакций:



Пространственная изомерия характерна только для следующего вещества:



Задача 2

Запишем уравнение протекающей реакции: $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{КАТ}} \text{C}_3\text{H}_8$

Пусть сумма количеств веществ компонентов в исходной смеси равна 1 моль:

$$\nu_{\text{исх}}(\text{C}_3\text{H}_6) + \nu_{\text{исх}}(\text{H}_2) = 1 \text{ моль}$$

Пусть $\nu_{\text{исх}}(\text{C}_3\text{H}_6) = x$ моль, тогда $\nu_{\text{исх}}(\text{H}_2) = (1 - x)$ моль. Количество вещества пропана по реакции: $\nu_{\text{конечн}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 0.9x$ моль. Значит на реакцию пошло $0.9x$ моль пропена и $0.9x$ моль водорода.

В конечной смеси: $\nu_{\text{конечн}}(\text{C}_3\text{H}_6) = 0.1x$ моль; $\nu_{\text{конечн}}(\text{H}_2) = (1 - x) - 0.9x$ моль; $\nu_{\text{конечн}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 0.9x$ моль.

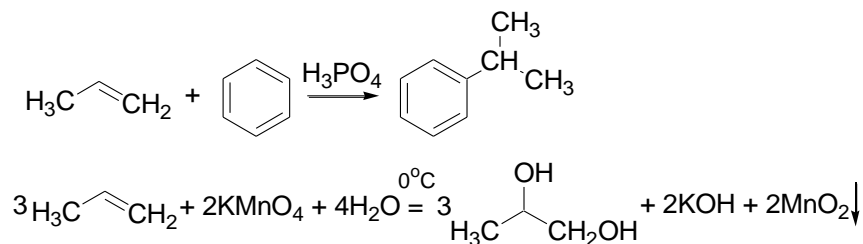
Найдем x : $[0.1x + 1 - 1.9x + 0.9x] \cdot 0.25 = 1 - 1.9x$

$$x = 0.45 \text{ моль}$$

Отсюда мольная доля пропена $\chi_{\text{исх}}(\text{C}_3\text{H}_6) = 0.45$.

Найдем массовую долю водорода в исходной смеси: $\omega(\text{H}_2) = [2 \cdot (1 - 0.45)] \cdot 100\% / [2 \cdot (1 - 0.45) + 42 \cdot 0.45] = 5.5\%$

Запишем уравнения взаимодействия пропена с бензолом и водным раствором перманганата калия:



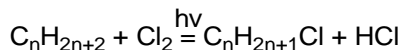
Задача 3.

Зная, что **A** – натриевая соль карбоновой кислоты, запишем в общем виде уравнение реакции 1:

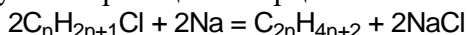


Найдем количество вещества алкана **B**:

$\nu(\text{B}) = 3.36 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.15 \text{ моль}$. Так как **B** реагирует с хлором в соотношении 1 к 1, то общий вид реакции 2:



Полученное вещество **C** вступает в реакцию Вюрца:



Основываясь на уравнении реакции, количество вещества **D** составляет 0.075 моль. Зная $\nu(\text{D})$ и $m(\text{D})$, найдем $M(\text{D})$.

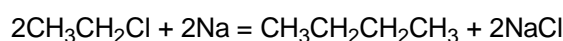
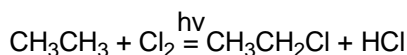
$$M(\text{D}) = 4.35 \text{ г} / 0.075 \text{ моль} = 58 \text{ г/моль}.$$

Установим формулу вещества **D**:

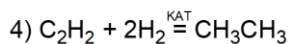
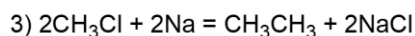
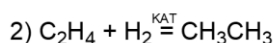
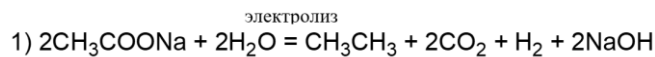
$$12 \cdot 2n + 4n + 2 = 58, \text{ откуда } n = 2. \text{ Значит } \text{D} - \text{C}_4\text{H}_{10}.$$

Так как в реакции Вюрца происходит удвоение числа углеродов, то **C** – хлорэтан, а **D** – н-бутан. Хлорэтан получается по реакции алкана с хлором, следовательно, **B** – этан, а вещество **A** – натриевая соль пропионовой кислоты.

Запишем уравнения реакций 1 – 3:



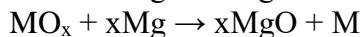
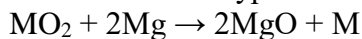
Способы получения этана:



Допускаются и другие способы получения.

Задача 4.

Запишем уравнения реакций восстановления обоих оксидов:



=> На получение 1 моль М из MO_x требуется $2 \cdot 1,333 = 2,666$ моль магния. Дробное число говорит о том, что коэффициент при ионе металла не равен 1.

Запишем уравнение, связывающее массовые доли металла в оксидах, приняв $M(\text{M}) = M$.

$M : (M + 32) = M : (M + 16 \cdot 2,666) + 0,0335$ (поскольку логично, что на восстановление оксида с большей СО металла потребуется больше магния, и массовая доля металла в этом оксиде ниже).

$$(M^2 + 42,656M - M^2 - 32M) = 0,0335 \cdot ((M + 32) \cdot (M + 42,656))$$

$$10,656M = 0,0335 \cdot (M^2 + 42,656M + 32M + 1364,992)$$

$$318,090M = M^2 + 74,656M + 1364,992$$

$$M^2 - 243,434M + 1364,992 = 0$$

$$D = 53800,144$$

$$M_1 = (243,434 + (53800,144)^{1/2}) : 2 = 237,7 - \text{уран (238 с учетом округления)}.$$

$$M_2 = (243,434 - (53800,144)^{1/2}) : 2 = 5,7 - \text{между литием и берилием, не подходит}.$$

Таким образом, искомый элемент – уран. Первый оксид – UO_2 , значит второй имеет формулу $\text{UO}_{2,666}$. Как было отмечено ранее, дробный коэффициент говорит о том, что коэффициент при металле в оксиде отличается от единицы. Наименьшее число формульных единиц, дающих целые коэффициенты, составляет 3 – U_3O_8 (с учетом округления). Дробная СО урана говорит о том, что оксид смешанный, его можно представить как смесь оксидов UO_2 и UO_3 в соотношении 1 : 2.

Задача 5:

Запишем закон Фарадея:

$$m = (Q \cdot M) : (F \cdot z)$$

Выразим Q:

$$Q = m \cdot F \cdot z : M$$

Т.к. ток через обе ячейки протекал одинаковый и значит было одинаковым количество электричества Q, тогда:

$$(m(\text{Cu}) \cdot F \cdot 2) / M(\text{Cu}) = (m(\text{M}) \cdot F \cdot z(\text{M})) / (M(\text{M}) \cdot \eta(\text{M}))$$

$$M(\text{M}) = (M(\text{Cu}) \cdot m(\text{M}) \cdot z(\text{M})) : (m(\text{Cu}) \cdot 2 \cdot \eta(\text{M}))$$

Мы выразили неизвестную нам молярную массу, однако нам остается неизвестно количество электронов, принимаемым ионом M^{z+} . Решим перебором.

$$z = 1: M(\text{M}) = 32,5 \text{ г/моль} - \text{хлор. Не подходит}$$

$$z = 2: M(\text{M}) = 65,0 \text{ г/моль} - \text{цинк. Подходит}$$

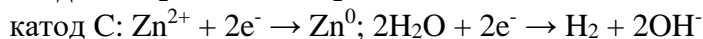
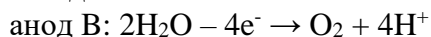
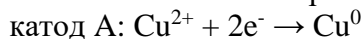
$$z = 3: M(\text{M}) = 97,5 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет (между молибденом и технецием)}$$

$$z = 4: M(\text{M}) = 130 \text{ г/моль} - \text{такого металла нет (между иодом и ксеноном)}$$

$$z = 5: M(\text{M}) = 162,5 \text{ г/моль} - \text{диспрозий. Не подходит - выделить его электролизом из водного раствора невозможно.}$$

Как видно, условиям удовлетворяет только цинк. Поскольку при электролизе восстановление идет на катоде, то медь выделится на электроде А, а цинк – на электроде С.

Запишем электрохимические уравнения:



анод D: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ (анион соли неизвестен, поэтому его поведение при электролизе предсказать не можем).

Как видно, восстановление цинка сопровождается также восстановлением воды и выделением водорода, поскольку цинк в ряду напряжений стоит левее водорода (в отличие от меди). Таким образом, часть электричества расходуется на процесс восстановления воды, обуславливая выход по току меньше 100%.