



Пироговская олимпиада для школьников по химии.

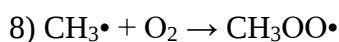
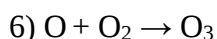
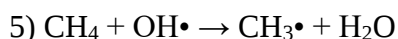
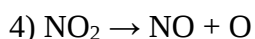
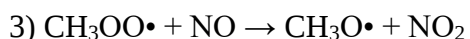
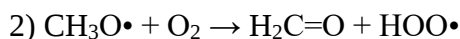
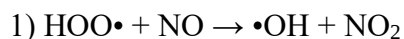
Отборочный этап 2024-2025 г.г.

10 класс

Вопрос 1. Смог, но не «Лондонский» (10 баллов)



В крупных городах в яркую солнечную погоду возможно образование фотохимического смога за счет цепных процессов, в которых оксиды азота играют роль катализаторов. Члены химического кружка получили задание расставить приведенные ниже стадии в нужной последовательности, чтобы получился стройный механизм, и быстро с ним справились.



Попробуйте и вы повторить их успех. Ответ дайте в виде последовательности цифр, соответствующих нужным стадиям.

Ответ:

46758321 или 47658321

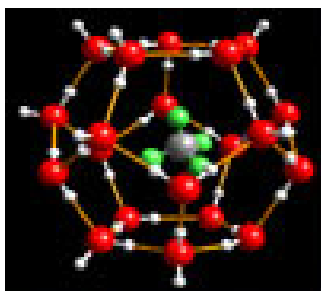
Оксиды азота(II) и азота(IV), являясь молекулами-радикалами, не только устойчивы при обычных условиях, но и активно задействованы в природном и промышленном круговоротах азота. В яркую солнечную погоду легко происходит процесс (4) с образованием атомарного кислорода, который запускает ряд последующих радикальных процессов.

Вопрос 2. Удивительное вещество

10 баллов, за каждый пункт 2 балла

Руководитель химического кружка, желая пробудить интерес школьников к предмету, рассказал им о залежах удивительного твердого вещества на дне океанов. Юный химик представил эту информацию в виде вопроса, который он, снабдив рисунками, предлагает вам.





Легкий газ, состоящий из двух элементов, с полярной жидкостью в одних условиях образует раствор, в котором при комнатной температуре в одном литре воды содержится лишь 20 мг газа. В других условиях с этой жидкостью образует без всякой реакции твердое мутное вещество, которое легко загорается и содержит 13,39% по массе газа.

1. Назовите газ;
2. Назовите твердое вещество;
3. Определите массовую долю газа в растворе (в %);
4. Определите формулу этого вещества;
5. Как называется структура, в которую как в клетку попадает газ?

Ответ:

1, 2. Речь в вопросах идет о *метане* и о *гидрате метана*. Метановые гидраты представляют собой твёрдое вещество, напоминающее спрессованный снег, образуемое при взаимодействии природного газа и воды при определённых температурных условиях и давлении, которое содержит в своей кристаллической решётке много метана. Гидрат метана – один из видов соединений включения, называемых *клатратами*, которые могут образовывать также инертные газы. При этом молекулы газа внедряются в пустоты кристаллических структур, составленных из молекул воды. Огромное количество гидрата метана было найдено под отложениями под океанским дном по всей Земле. Внезапное высвобождение большого количества природного газа из газовых гидратов могло быть причиной прошлых, может быть будущих и нынешних климатических изменений.

3. Расчет массовой доли газа в растворе: $\omega(\text{CH}_4) = 20 \cdot 10^{-3} / (1000 + 0,02) = 2 \cdot 10^{-5}$ (0,002%).

4. Определение формулы вещества: $M(\text{CH}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 16 / 0,1339 = 119,5$ г/моль.

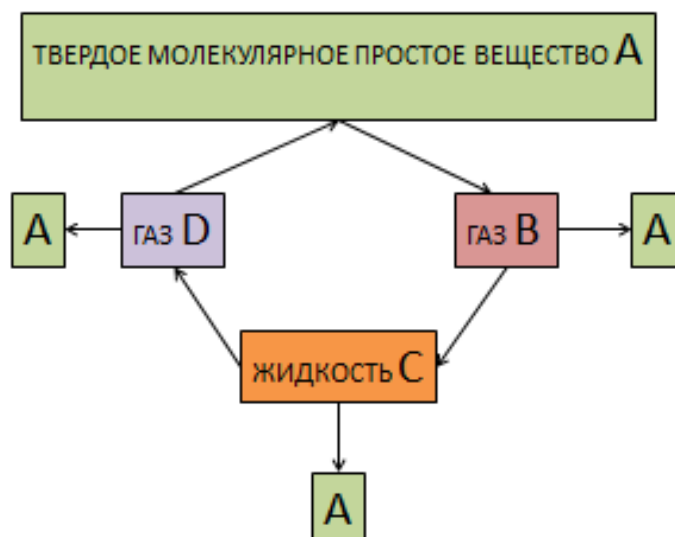
5. $x = (119,5 - 16) / 18 = 5,75$. Следовательно, формула кристаллогидрата $\text{CH}_4 \cdot 5,75\text{H}_2\text{O}$ или $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$.

Вопрос 3. Химический Феникс совсем и не птица

10 баллов, за каждый пункт 2 балла

Юный химик обратил внимание на то, как некоторые элементы, существующие в форме простого вещества, легко могут входить в результате химических реакций в состав сложных веществ, но также легко возрождаться. Он составил для своих друзей по химическому кружку задачу, которую предложил вам.



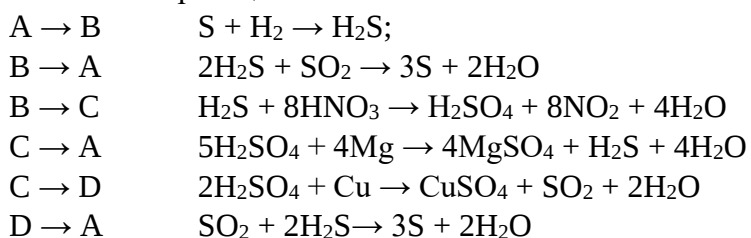


1. Определите соединения A-D, учитывая, что суммарная молярная масса их равна 452. Все превращения должны быть одностадийными.
2. Вещество A может существовать в виде нескольких модификаций. Как называется это явление?

Ответ:

1. Вещество A	S_8
Вещество B	H_2S
Вещество C	H_2SO_4
Вещество D	SO_2

Возможные реакции:



2. Речь в вопросе идет о *сере* и о таком явлении как аллотропия. *Аллотро́пия* — существование двух и более простых веществ одного и того же химического элемента. Явление аллотропии обусловлено либо различным состоянием молекул простого вещества, либо способом размещения атомов или молекул в кристаллической решётке. Сера способна существовать в виде нескольких модификаций: ромбической, моноклинной и пластической. Первые две представляют собой циклические молекулы с формулой S_8 , размещенные в узлах ромбической и моноклинной решеток.





Вопрос 4. Химия в картинках

10 баллов, за каждый пункт 1 балл

На рисунке представлены изменения цвета раствора одного и того же вещества:



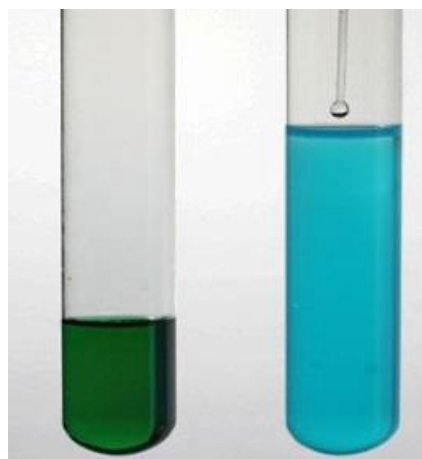
1. К какой группе соединений относится это вещество?

2. Приведите тривиальное название этого соединения.

Ответ:

На рисунке представлены изменения цвета *индикатора лакмуса* – вещества природного происхождения, широко применяемого в школьных лабораториях для определения характера среды. В стаканах представлены среды кислая, нейтральная и щелочная, соответственно.

На рисунке представлен в двух пробирках раствор хлорида одного и того же элемента.



3. Какой элемент входит в состав хлорида?

4. Какое вещество добавляется в пробирку для изменения цвета раствора?

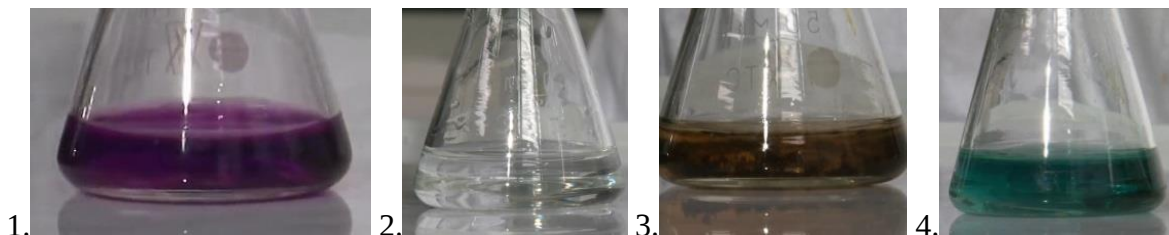
Ответ:

В левой пробирке представлен концентрированный раствор хлорида *меди(II)*, который изменяет свой цвет при разбавлении *водой*. Причиной изменения цвета является изменение количества молекул воды гидратирующих ион меди, $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_x]^{2+}$.





На рисунках представлены колбы с веществами, содержащие один и тот же элемент в различных степенях окисления:



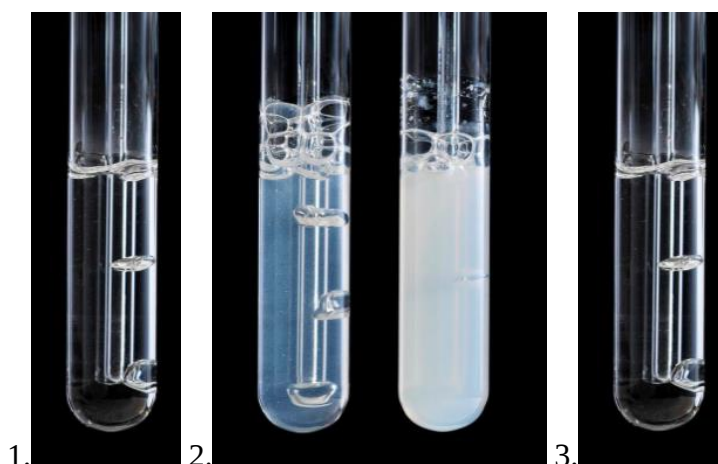
5. какой элемент содержат все эти вещества?

6. расположите номера колб по мере возрастания степени окисления элемента. Ответ дайте в виде последовательности цифр.

Ответ:

Речь идет о соединениях *марганца*, растворы которых имеют различный цвет, в зависимости от степени окисления элемента. Растворы марганца(VII) окрашены в фиолетовый цвет, марганца(VI) – в зеленый, марганца(II) – бесцветны, а нерастворимый оксид марганца(IV) имеет бурый цвет. Поэтому верная последовательность 2341.

На рисунках приведена последовательность стадий качественного определения одного известного газообразного вещества:



7. Приведите тривиальное название раствора в пробирке 1;

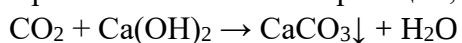
8. Частицы какого вещества вызывают помутнение в пробирках рисунка 2?

9. Какое вещество содержится в растворе в пробирке 3?

Ответ:

Речь идет об известном качественном определении *углекислого газа*: помутнение *известковой воды* за счет образования нерастворимого *карбоната кальция* и последующего образования прозрачного раствора за счет перехода карбоната в растворимый *гидрокарбонат кальция*.

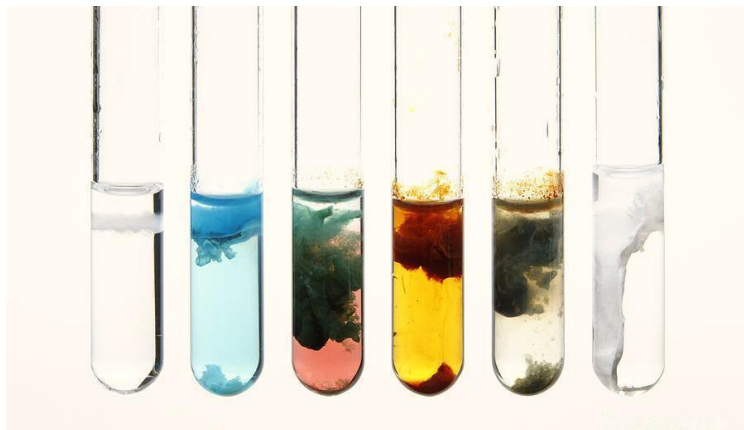
Уравнения химических реакций, проходящих при этом:





На рисунке представлены гидроксиды элементов. Известно, что:

- гидроксиды в первой и шестой пробирках растворяются в растворах щелочей;
- гидроксиды в четвертой и пятой пробирках содержат один и тот же элемент, но в разных степенях окисления;
- гидроксиды во второй, третьей и шестой пробирках растворяются в концентрированном растворе аммиака.



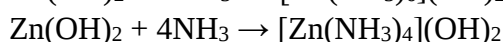
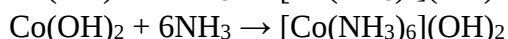
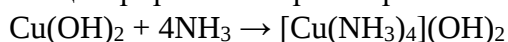
10. Перечислите названия элементов гидроксидов в соответствующей рисунку последовательности с указанием заряда иона.

Ответ:

В первой пробирке находится белый гидроксид алюминия, в шестой – белый гидроксид цинка. Оба гидроксида растворяются в растворах щелочей.



В пробирке 4 находится бурый гидроксид железа(III), в пробирке 5 – зеленоватый буреющий на воздухе гидроксид железа(II). В пробирке 2 находится голубой гидроксид меди(II), в пробирке 3 – гидроксид кобальта(II), который может иметь как розовую, так и синюю (как на рисунке) окраску. Оба гидроксида можно определить также по цвету раствора в пробирках. Гидроксиды во второй, третьей и шестой пробирках растворяются в концентрированном растворе аммиака.



Верный ответ вопроса: алюминий³⁺, медь²⁺, кобальт²⁺, железо³⁺, железо²⁺, цинк²⁺.

Вопрос 5. Дорога в неизвестность

10 баллов, за каждый пункт 2 балла

Дорога из пункта А в пункт В и обратно не всегда приводит в пункт А. Юный химик доказал это экспериментально. Он взял в качестве субстрата соединение, в котором все атомы находились в одной гибридизации. Чтобы опыт был более интересным, он использовал типы реакций, начинающихся на одну букву. Субстрат Х последовательно вступил в два типа реакций. Полученный продукт затем так же, но в обратной последовательности, был подвергнут этим же типам реакций с приставкой де-. Молярная масса конечного соединения Y оказалась меньше молярной массы исходного субстрата, гибридизация атомов осталась одинаковой, но иной, чем в субстрате. Способность вещества Y вступать в один из типов химических реакций обеспечивает ему широкое применение. Юный химик





предлагает вам ответить на несколько вопросов. Все названия вписывать в именительном падеже строчными буквами.

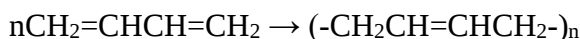
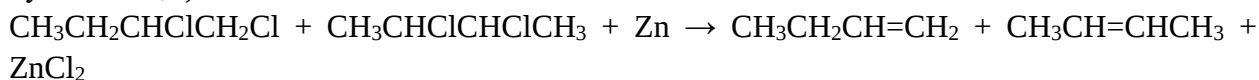
1. Назовите субстрат X по номенклатуре IUPAC;
2. Назовите продукт Y по номенклатуре IUPAC;
3. Назовите последовательность типов реакций для субстрата;
4. Назовите последовательность типов реакций для продукта;
5. О каком типе реакций идет речь?

Ответ:

Субстратом X является *циклобутан*, все атомы которого находятся в одной sp^3 -гибридизации. Он подвергался последовательно реакциям *гидрирования и галогенирования*. В результате чего был получен хлорбутан, который подвергался *дегалогенированию и дегидрированию*. Превращения привели к продукт Y – *бутадиену-1,3*, все атомы которого имеют sp^2 -гибридизацию. Молярная масса бутадиена-1,3 меньше на две единицы молярной массы циклобутана. Бутадиен-1,3 легко вступает в реакции *полимеризации*, в результате чего находит широкое применение. Приведем химические реакции, подтверждающие выше изложенное.



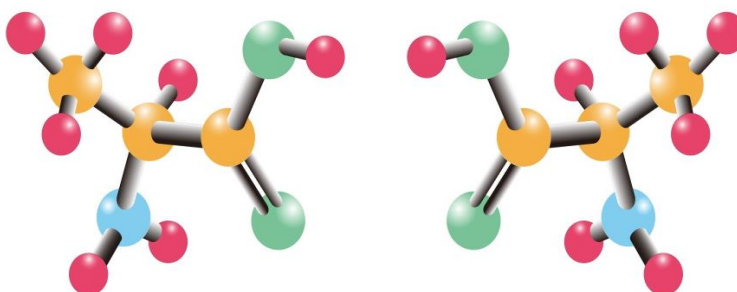
(в реакцию следует ввести двухкратный по отношению к алкану избыток хлора, чтобы среди продуктов получить смесь дихлоропроизводных, из которых можно рассмотреть два, приводящих при дегалогенировании к смеси бутенов, которые, в свою очередь, дадут бутадиен-1,3).



Вопрос 6. В зеркало смотрятся не только химики

10 баллов, по одному за первые 4 вопроса, по 3 балла за каждый ответ задачи

Яркая картинка привлекла внимание начинающего химика. Приглядевшись, он обнаружил, что на рисунке изображены две трехмерные формулы одного и того же вещества, которое интересует не только химиков, но и биологов. Через некоторое время он знал об этом веществе многое, а вы?



1. Как называется это вещество?
2. Чем являются эти формы по отношению друг другу?
3. Сколько асимметрических атомов в одной молекуле?
4. Составной частью какого биологически важного соединения является это вещество?





5. В герметичный сосуд объемом 560 мл при 0 °С поместили некоторое количество вышеупомянутого вещества, сосуд вакуумировали и заполнили под давлением избытком кислорода. Органическое вещество подожгли. После полного сгорания вещества сосуд охладили до 0 °С. Давление в сосуде оказалось на 2,5% меньше исходного, а после открытия сосуда при нормальных условиях из него вышло 3,808 л газа.

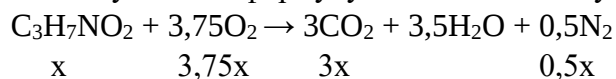
Определите объем взятого кислорода (н.у.) (в л с точностью до сотых).

Определите массу сожженного вещества (в г с точностью до сотых).

Ответ:

На рисунке представлены два энантиомера (зеркальных антипода) аминокислоты аланина или α -аланина, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, которая входит в состав белков. В каждой молекуле аланина один асимметрический атом углерода, что и определяет оптическую изомерию.

Решение задачи: для удобства формулу аминокислоты лучше представить в молекулярном виде



Примем количество кислоты за x моль. Давление в сосуде прямо пропорционально количеству газа в нем. Изменение количества газов составило $3,75x - 3x - 0,5x = 0,25x$, что позволяет выразить количество газа в сосуде до реакции: $0,25x / 0,025 = 10x$. До реакции в сосуде был только кислород. Количество газа после реакции $(3,808 + 0,56) / 22,4 = 0,195$ моль. Количество газа после реакции $(10x - 3,75x) + 3x + 0,5x = 9,75x$. Следовательно, $9,75x = 0,195$ $x = 0,02$

Объем исходного кислорода $10 \times 0,02 \times 22,4 = 4,48$ л

Масса сгоревшего аланина $89 \times 0,02 = 1,78$ г

Вопрос 7. Почти по Конан Дойлю

10 баллов, за каждый пункт 2 балла

Юный химик, воодушевленный рассказами Конан Дойля, составил для своих друзей по химическому кружку зашифрованное послание об одном очень интересном веществе, которое очень широко используется в промышленности. Присоединяйтесь и вы к его расшифровке. Каждая строчка, это схема химической реакции (коэффициенты не указаны), а каждая черта предусматривает буквенный или цифровой символ. Формулы нужно вводить в формате $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$.

1. $\text{CH_C_}__\text{H} = \text{C_2} = \text{C_C_}__\text{H} + \text{H_} + __\text{2}$
2. $\text{C_2} = \text{C_C_}__\text{H} + \text{C_2} = \text{CH_C_}__\text{CH} = __\text{HC_2_1}$
3. $\text{C_2} = \text{C_C_}__\text{H} + \text{HC_}__\text{H} = \text{CH_CH} = __\text{HC_2_1}$
4. $\text{C_2} = \text{C_C_}__\text{H} + __\text{2} = \text{CH_CH} = __\text{HC_3}$
5. $\text{C_2} = \text{C_C_}__\text{H} + \text{H_r} = \text{CH_CH} = __\text{HC_2B_}$

Ответ:

Речь в вопросе идет о синтезе и реакциях бутадиена-1,3. В ответе специально оставлено представление формул как в задании, лишь для облегчения просмотра внесены интервалы. Приведены формулы основных продуктов реакций.

1. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = \text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_2\text{ClCH}=\text{CHCH}_2\text{Cl}$
3. $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2 + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{Cl}$
4. $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 = \text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$
5. $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} = \text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{Br}$





Билет 8. Необычные гомологические ряды

10 баллов, за каждый пункт 2 балла

Участники химического кружка, рассматривая таблицу гомологических рядов известных классов углеводов, неожиданно получили от руководителя задание составить гомологические ряды для несколько необычных классов, а также вывести формулу для расчета числа связей в каждом классе.

1. Представитель первого класса содержал в молекуле две двойных связи, три тройных и один пятичленный цикл. Формулы гомологических рядов приводить в формате C_nH_{2n+2} .

а) формула гомологического ряда

б) число связей

2. Представитель второго класса содержал три тройных связи и два бензольных кольца.

а) формула гомологического ряда

б) число связей

3. Определите минимальное число атомов в каждом гомологическом ряду соответственно и приведите в виде двух чисел через запятую без пробела.

Ответ:

Каждая кратная связь или образование цикла уменьшают количество атомов водорода на два. Число связей рассчитывается по формуле:

(число атомов углерода $\times 4$ + число атомов водорода)/2.

1. Первый гомологический ряд: $C_nH_{2n+2-2\cdot 2-3\cdot 4-2}$ или C_nH_{2n-16}

Число связей равно $(4n + 2n - 16)/2 = 3n - 8$

Структуру с заданными параметрами можно создать только из 11 атомов углерода.

2. Второй гомологический ряд: $C_nH_{2n+2-3\cdot 4-8\cdot 2}$ или C_nH_{2n-26}

Число связей равно $(4n + 2n - 26)/2 = 3n - 13$

Структуру с заданными параметрами можно создать только из 18 атомов углерода.

3. 11,18

Вопрос 9. Занимательные истории из жизни ученых

10 баллов, по 5 баллов за каждый вопрос

Однажды М.Г. Воронков, работая в лаборатории химического факультета, дегидратировал этиленхлоргидрин фосфорной кислотой. Этикетка на склянке, выданной на складе реактивов, была частично оторвана, на ней лишь значилось «...орная кислота». Когда экспериментатор, к счастью, отошел от рабочего стола, произошел страшный взрыв. Всё находившееся в вытяжном шкафу разлетелось в пыль, а висевший рядом огнетушитель вылетел в окно. Учтите, насколько важно использовать только известные реактивы! и ответьте на два вопроса:

1. Какая кислота была в склянке?

2. Написав уравнение прошедшей реакции, приведите в ответе сумму коэффициентов.

Ответ:

1. В склянке была хлорная кислота, являющаяся не только сильной кислотой, но и сильным окислителем.



2. Сумма коэффициентов 64

Вопрос 10. История открытия сахараина или о том, как полезно иногда не мыть руки

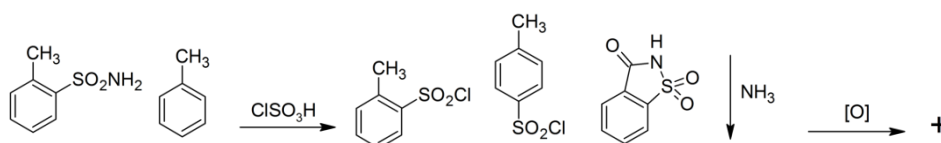
10 баллов: первый вопрос - 3 балла; второй – 2 балла; третий – 5 баллов





Молодой ученый Константин Фальберг в 1878 году занимался изучением толуолсульфамидов и их производных. Однажды перед обедом он не вымыл руки, и неожиданно все блюда показались ему сладкими. Вернувшись в лабораторию, он начал проверять на вкус все реагенты и продукты, с которыми он работал в этот день. Так было установлено вещество, которое называли сахарин, но еще долго называли «сахарином Фальберга». (В те времена было привычным пробовать на вкус полученные вещества, и немало химиков поплатилось за это жизнью). Никогда не повторяйте их привычку!!!

1. Из приведенных ниже фрагментов составьте схему синтеза сахарина, расставив их в правильной последовательности. На одной из стадий возможно образование изомерных соединений. На первое место в ответе поставьте необходимый для синтеза изомер.

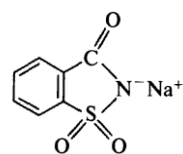
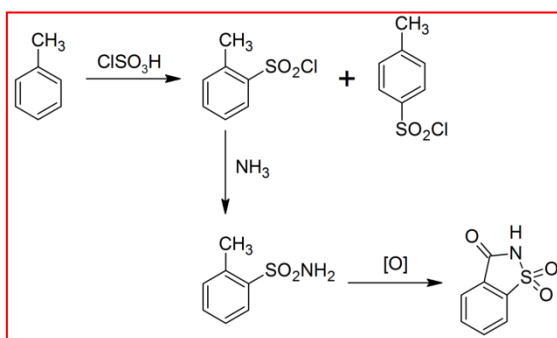


2. Сахарин используют в виде натриевой соли. Какое его свойство, важное для применения, изменяется при этом?

3. Определите, какая масса сахарина была получена из 18,4 г исходного вещества, если принять, что изомеры получаются в соотношении 1:2 (орто:пара), а выход на каждой стадии процесса 90%. Ответ приведите в г с точностью до десятых.

Ответ:

Схема синтеза сахарина



Используют сахарин в виде натриевой соли, что повышает его растворимость.

$n(\text{толуола}) = 18,4/92 = 0,2$ моль; с учетом выхода $n(\text{изомеров}) = 0,2 \cdot 0,9 = 0,18$ моль;

$n(\text{орто-изомера}) = 0,06$ моль; $n(\text{сахарина с учетом двух последующих стадий}) = 0,06 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,0486$ моль; $m(\text{сахарина}) = 0,0486 \cdot 183 = 8,9$ г

