

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
Муниципальный этап. 01 декабря 2022 года

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «Морской бой».

В прошлом году Знайка Зазнайкина играла в крестики нолики с лаборантом Васильком. В этот раз она решила сразиться с ним в игре под названием «Химический морской бой». Кораблями являлись ячейки с формулами химических соединений, которые расположены на поле с буквенно-числовыми координатами.

Знайка зачитывала лаборанту описание вещества. Лаборант в матрице ответов отмечал место расположения кораблей Знайки (в соответствии с координатами), записывал формулу загаданного вещества и получил следующую матрицу.

	А	Б	В	Г
1				CO ₂
2				
3		C ₃ H ₄ O ₂		
4				
5				
6			H ₂ CO ₃	
7				
8	H ₂ O	C ₆ H ₁₂ O ₆		

Построй свою матрицу, используя следующие описания веществ, и узнаешь, удалось ли одержать победу Знайке, а также немало интересных фактов о химии, связанных с миром животных:

а) Корабль с координатами Г1:

Канарейки проявляют высокую чувствительность к запаху этого газа. Известно, что это бинарное соединение, относительная плотность его по воздуху равна 0,552. Эта особенность в прошлом всегда использовалась работниками шахт, которые всегда брали с собой маленьких птичек под землю. В том случае, если канарейки прекращали петь, это означало, что следует немедленно подниматься вверх. Канарейки очень чувствительны к данному газу, все благодаря их небольшому размеру, и особенной дыхательной системе.

б) Корабль с координатами Б3:

В молоке крольчихи содержится низкомолекулярное вещество. Именно оно служит феромоном, который помогает новорожденным крольчатам отыскать сосок матери-крольчихи. Известно, что при сжигании навески данного вещества массой 4,2 г образуется 5,6 л углекислого газа (н.у.) и 3,6 г воды. Феромон относится к классу альдегидов, второй атом углерода в соединении является третичным и находится в sp²-гибридизации.

в) Корабль с координатами В6:

Переваривание пищи у муравьеда, в отличие от большинства млекопитающих, происходит не за счет соляной кислоты, используемой для переваривания в организме других животных, а за счет данного вещества, которое поступает в организм животного вместе с едой.

г) Корабли с координатами А8 и Б8:

Жук бомбардир имеет в себе мини химическую лабораторию. В задней части жука расположены камеры с разными химическими веществами, которые в смеси создают струю, достигающую температуру 100°C.

Два набора химических веществ размещаются в двух железах, каждая из которых разделена на два отсека. Атакующая смесь производится сразу перед выстрелом.

Вначале ферменты (каталаза и пероксидаза) вступают в реакцию с веществом – **А8** в результате чего образуется атомарный кислород. Это очень сильный окислитель, который вступает в реакцию с гидрохиноном, окисляя его до вещества – **Б8**. Реакция у жука идет настолько быстро, что едкая разогретая смесь выстреливается с громким звуком во врага.

Задания:

1. Построй свою матрицу боя, указав формулы и названия веществ. Сравните с матрицей Василька. Определите исход игры.
2. Запишите три способа получения вещества из пункта а.
3. Определите молекулярную, структурную формулу и укажите название вещества из пункта б.
4. Напишите уравнение окисления гидрохинона веществом А8.

Задача 10-2. Желтоватые осадки. Юный химик провел три опыта.

В первом опыте при сливании водных растворов двух газообразных веществ, образованных одним и тем же химическим элементом (вещества **А** и **Б**), выпал желтоватый осадок (осадок **1**, реакция **1**). Юный химик осадок отфильтровал, высушил, а затем сильно нагрел в фарфоровой чашке, накрыв ее опрокинутой стеклянной воронкой.

Во втором опыте к жидкости, окрашивающей лакмус в красный цвет (вещество **В**) юный химик прилил некоторый раствор, слабый, но насыщенный (вещество **Г**). Образовался желтоватый осадок (осадок **2**, реакция **2**), вскоре почерневший (реакция **3**).

В третьем опыте к водному раствору органического вещества, имеющего характерный запах и не содержащего в молекулах кратных связей (вещество **Д**), юный химик добавил купленный в аптеке раствор красно-бурого цвета (вещество **Е**), затем по каплям стал добавлять жидкость, окрашивающую лакмус в синий цвет (вещество **Ж**). Постепенно раствор становился светлее. Юный химик продолжил добавлять по каплям жидкость (вещество **Ж**), и через некоторое время выпал желтоватый осадок (осадок **3**, реакция **4**). Юный химик пробирку с полученной смесью нагрел, раствор стал прозрачным и бесцветным. При охлаждении пробирки в воде вновь появился желтоватый осадок.

Задания:

1. Объясните явления, приводящие к образованию осадков при проведении опытов. Что произошло с осадком **1** при его нагревании в фарфоровой чашке? Почему при нагревании пробирки в третьем опыте осадок исчезает, а при последующем охлаждении вновь появляется?
2. Приведите формулы и названия веществ **А, Б, В, Г, Д, Е, Ж**, осадков **1, 2, 3**. Напишите уравнения реакций **1, 2, 3, 4**.
3. Где применяется процесс, воспроизведенный во втором опыте? Как можно предотвратить излишнее почернение смеси? Приведите уравнение реакции.
4. Как называется купленный в аптеке препарат, содержащий вещество **Е**, и какой состав он имеет?

Задача 10-3. «Заварка».

Человек, не выпивший чаю, находится в разладе со вселенной
Японская пословица

Приготовление чая – нехитрое дело. Однако и эта ежедневная операция с точки зрения химии представляет интерес. Процесс заваривания чая удобно представить, как процесс экстракции. Для удобства рассмотрения экстракцию компонентов чая представим равновесной схемой:

Компоненты чая в листе \rightleftharpoons Компоненты чая в воде

Как и любое равновесие, экстракционное равновесие характеризуется константой. Такая константа позволяет находить важный параметр для экстракции: степень извлечения вещества (α) – долю вещества, которая перешла из одной фазы в другую.

Вам предлагается описать процесс заваривания чая с точки зрения химии. Для этого ответьте на вопросы и воспользуйтесь справочными данными.

Задания:

1. Дайте определение понятию экстракция?

2. Часто экстракция используется в экспериментальной практике для выделения веществ из реакционной смеси. Для выделения некоторого вещества можно поступить двумя путями: экстрагировать вещество тремя порциями по 10 мл растворителя или одной порцией 30 мл растворителя. Установите, в каком случае удастся выделить больше вещества, если степень извлечения постоянна и равна 0,5? Ответ подтвердите расчетом.

3. В отечественной культуре существует «традиция» использовать заварку несколько раз. Считая степень экстракции постоянной, вычислите, какую массу компонентов чая удастся выделить в процессе второй заварки при температуре 90°C из стандартного чайного пакетика, содержащего 2 г чая.

4. Установите, экзо- или эндотермическим является процесс заваривания чая, если степень экстракции при температуре 90°C равна 37,10%, а при температуре 60°C равна 19,35%. Вычислите тепловой эффект процесса. Ответ подтвердите расчетом.

P.S. Справочные материалы:

Для реакции $aA + bB = cC + dD$ константой равновесия называется отношение равновесных концентраций продуктов к равновесным концентрациям реагентов в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Зависимость константы равновесия от температуры описывается уравнением ($T_1 < T_2$):

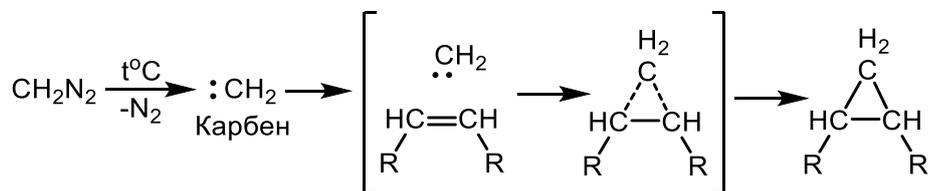
$$\Delta H^\circ = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}}$$

T – абсолютная температура в Кельвинах: $T = 273,15 + t^\circ\text{C}$

R – универсальная газовая постоянная: 8,31 Дж/(моль·К)

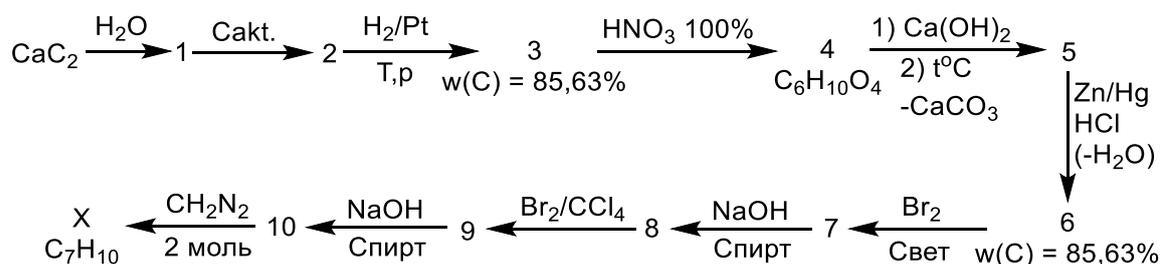
$\Delta_r H^\circ > 0$ для эндотермических реакций, $\Delta_r H^\circ < 0$ для экзотермических реакций

Задача 10-4. «Циклопропан». Циклопропанирование – распространенный метод построения циклопропановых систем. Часто для построения циклопропанового фрагмента используют диазометан (CH_2N_2) и молекулу, содержащую двойную связь. При нагревании или облучении диазометан выделяет азот и образуется чрезвычайно реакционноспособная частица – карбен. Карбен атакует двойную связь и образует циклопропан.



Однако диазометан представляет собой взрывоопасный газ с неприятным запахом. Поэтому чаще для циклопропанирования используют более безопасные и удобные в работе производные вещества **Y**, содержащие тот же структурный фрагмент, что и диазометан. При сжигании на воздухе 2,15 г вещества **Y** образуется 1,12 л углекислого газа (при н.у.), 0,45 г воды и 0,56 л азота (при н.у.). Известно, что при взаимодействии вещества **Y** с содой наблюдается выделение газа.

Ниже представлена схема получения весьма симпатичного трициклического углеводорода **X** с использованием реакции циклопропанирования.



Задания:

1. Приведите структурную формулу диазометана.
2. Предположите, как образуется карбен. Ответ подтвердите структурными формулами промежуточных веществ.
3. Установите структуру вещества **Y**. Ответ подтвердите расчетом.
4. Осуществите цепочку превращений. Приведите структурные формулы соединений 1 – 10, **X**. Ответ представьте в формате «цифра – структура».