

Десятый класс

Задача 10-1

В начале 18 века красильный мастер Дизбах получил от торговца весьма необычный «поташ», растворы которого с солями железа давали синее окрашивание (соль **A**). Попытка использовать полученное вещество для окрашивания тканей оказалась удачной. Краска была дешёвой, неядовитой, устойчивой к слабым кислотам. Её использовали в красильном и печатном деле, для приготовления синих чернил и акварельных красок. Но способ получения такой краски держали в секрете.

Этот секрет был раскрыт спустя два десятилетия англичанином Д. Вудвордом. Теперь краску мог получить каждый желающий, для этого нагревали вместе смесь карбоната калия и животных останков (уже тогда было известно, что остатки живых организмов содержат азот). После чего, в больших чугунных сосудах прокаливали железо с серой, добавляли полученный цианид калия (реакции 1, 2) и обрабатывали плав водой. При добавлении образовавшегося раствора соли **B** ($\omega(K) = 42,46\%$) к подкисленному раствору железного купороса наблюдалось выпадение быстро синеющего в присутствии кислорода осадка краски **A** (реакция 3).

Однако со временем выяснилось, что «лазури» на основе **A** не так уж хороши, как казались вначале: они светочувствительны и очень неустойчивы по отношению к щелочам (реакция 4), поэтому сегодня этот пигмент имеет ограниченное применение.

Вопросы:

1. Определите формулы солей **A** и **B**. Ответ подтвердите расчётом. Дайте их тривиальные названия.
2. Напишите уравнения происходивших в ходе синтеза реакций 1 – 3 и уравнение реакции 4.
3. Предложите способ получения цианида калия в промышленности. Приведите уравнение реакции с указанием условия её проведения.

Водный раствор соли **B** при обработке хлором окисляется с образованием соли **C** (реакция 5), которая при выпаривании растворителя выделяется в виде тёмно-красных кристаллов. Если же обработать соль **B** концентрированной азотной кислотой (реакция 6), то образуется соль **D**, также выделяющаяся в виде тёмно-красных кристаллов, но содержащая 28,57 % азота и 5,44 % кислорода по массе.

4. Определите соли **C** и **D** и дайте их тривиальные названия. Ответ подтвердите расчётом.
5. Напишите уравнения реакций 5 – 6.

Задача 10-2

Соединения **А** и **Б** являются натриевыми солями неустойчивых кислот **В** и **Г**, соответственно. Обычными лабораторными методами их получения являются продолжительное нагревание концентрированных растворов натриевых солей **Д** (для соли **А**) или **Е** (для соли **Б**) со стехиометрическими количествами тонкорастёртого жёлтого порошка простого вещества **Ж**, при этом на каждые 8 г безводных солей **Д** или **Е** берут, соответственно, ~2 г или ~10 г **Ж**; (реакции 1, 2). Данные о содержании натрия и элемента, образующего простое вещество **Ж**, в безводных солях **Д** и **Е** приведены в таблице справа.

Безводная соль	Содержание элементов (% по массе)	
	Na	Ж
Д	36,48	25,44
Е	58,92	41,08

Попытки получить крайне нестабильную кислоту **В** подкислением соляной кислотой водного раствора соли **А** безуспешны и приводят к образованию осадка **Ж** и выделению газа **З** с резким запахом (реакция 3), поэтому для получения **В** используют безводные среды и низкую температуру.

При добавлении к водному раствору **Б** избытка соляной кислоты на холоду (~ -10 °С) удаётся получить **Г** в виде маслянистой жёлто-оранжевой жидкости (реакция 4), которая, однако, довольно быстро разлагается (реакция 5): она мутнеет и наблюдается выделение отвратительно пахнущего ядовитого газа **И** с плотностью по аммиаку 2,0.

1. Определите вещества **А – И**. Приведите их названия.
2. Напишите уравнения описанных в задаче реакций 1–5.
3. Раствор соли **А** широко используется в аналитической химии в количественном анализе (иодометрическое титрование). Запишите уравнение реакции, лежащей в основе этого метода (взаимодействие с иодом). Как изменится состав продуктов реакции при замене иода на хлор (приведите уравнение реакции)?
4. Напишите уравнения реакций, происходящих при добавлении избытка раствора 1) соли **Б**; 2) соли **Е** к растворам: а) хлорида железа(III); б) хлорида сурьмы(III) (реакции 6–9).

Задача 10-3

Газовые смеси **А** и **В** имеют плотность по водороду 18 и содержат в своём составе по два компонента в равных мольных соотношениях. При поджигании смеси **А** электрическим разрядом образуется такой же объём смеси **В** (реакция 1). При пропускании **А** и **В** над раскалённым углём плотность обеих смесей по водороду уменьшается до 14, а объём

увеличивается в 1,5 раза (реакции 2, 3). Известно, что один из компонентов газовой смеси **A** взаимодействует с оксидом иода(V) (реакция 4), а в смеси **B** присутствует газ, вызывающий помутнение известковой воды (реакция 5), но не обесцвечивающий раствор перманганата калия.

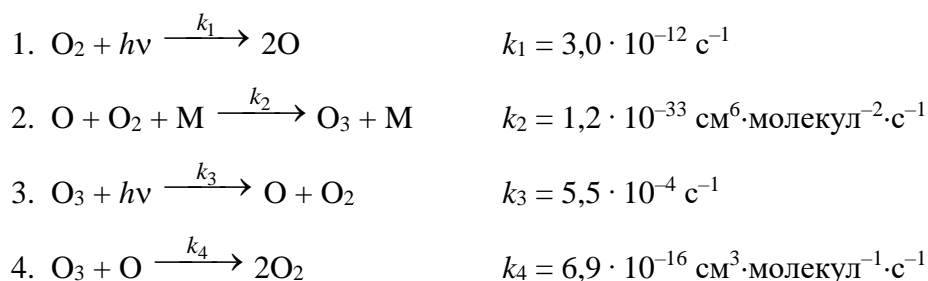
1. Определите составы смесей **A** и **B**, напишите уравнения всех описанных реакций (1–5).
2. Изобразите структурные формулы молекул компонентов газовых смесей **A** и **B**.
3. Как можно получить каждый компонент смесей **A** и **B** в лаборатории? Приведите уравнения соответствующих реакций (по одному способу для каждого из компонентов с указанием условий их проведения).
4. Напишите уравнения реакций (с указанием условий их проведения), происходящих при взаимодействии более лёгкого компонента смеси **A** с гидроксидом натрия (реакция 6) и более тяжёлого компонента этой смеси с амидом натрия (реакция 7).
5. Напишите уравнения реакций, происходящих при сжигании магниевой ленты в атмосфере смеси **B** (реакции 8, 9)

Задача 10-4

Озоновый слой в атмосфере Земли

Озоновый слой в атмосфере Земли представляет собой естественный ультрафиолетовый фильтр, который поглощает опасное ультрафиолетовое излучение Солнца до того, как оно достигнет поверхности Земли. Уменьшение содержания озона в атмосфере может привести к опасным последствиям для жизни на Земле. Озон содержится в основном в стратосфере на высоте от 15 до 50 км с максимальной концентрацией на высоте около 25 км.

В 1930 г английский учёный С. Чепмен предложил механизм образования атмосферного озона, состоящий из четырёх реакций (так называемый цикл Чепмена):



Поглощением ультрафиолетового излучения в реакции 3 объясняются защитные свойства озонового слоя. Молекула **M** может быть любой молекулой, находящейся в атмосфере (чаще всего N_2).

В результате протекания этих реакций устанавливается стационарное состояние, и концентрация озона в атмосфере поддерживается приблизительно постоянной. Содержание озона в стратосфере изменяется в зависимости от географической широты и времени года, но в среднем не превышает нескольких частей на миллион (ppm). Хотя такая концентрация кажется малой, она достаточна для того, чтобы задерживать 95–98 % ультрафиолетового излучения Солнца.

Справочные данные:

Энергия света равна $E = \frac{hc}{\lambda}$ ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

Концентрация [М] на высоте 25 км составляет приблизительно 10^{18} молекул·см⁻³.

Значения констант скорости на этой высоте приведены рядом с реакциями.

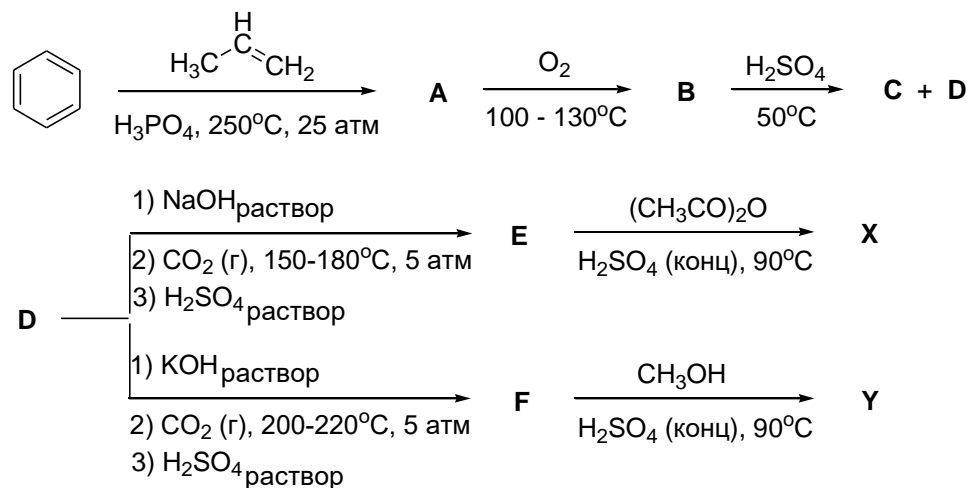
Экспериментально установленное значение $[O_3] / [O_2]$ составляет около 10 ppm.

Вопросы:

1. Рассчитайте максимальную длину волны солнечного света, способного вызывать диссоциацию молекул кислорода по реакции 1, если энергия связи в молекуле кислорода равна 498 кДж/моль.
2. Используя приведённый выше механизм, объясните (качественно), почему концентрация озона изменяется по высоте немонокотонно и проходит через максимум.
3. Объясните, для чего в реакции 2 необходимо присутствие молекулы М.
4. Известно, что температура в стратосфере выше, чем в тропосфере. Температура в стратосфере увеличивается от приблизительно -60°C на нижней границе до приблизительно 0°C на верхней границе. Объясните, почему цикл Чепмена приводит к повышению температуры стратосферы. Какие реакции играют в этом главную роль? Почему?
5. Используя кинетический закон действующих масс, запишите выражения для скорости каждой реакции в цикле Чепмена. Считая концентрации О и О₃ стационарными (то есть полагая, что для каждого из них скорость образования равна скорости распада), выведите выражение для отношения $[O_3] / [O_2]$.
6. Используя выведенное выражение, рассчитайте отношение $[O_3] / [O_2]$ на высоте 25 км над поверхностью Земли. Сравните рассчитанное значение $[O_3] / [O_2]$ с экспериментально установленной величиной. Объясните, почему они различаются.

Задача 10-5

Из школьного курса химии хорошо известно, что близость химических свойств щелочных металлов обусловлена сходством электронного строения их атомов. Поэтому если в какой-нибудь химической реакции в качестве одного из реагентов требуется использовать, например, раствор щёлочи, мы обычно не задумываемся над тем, будет ли это гидроксид натрия или калия. Тем не менее, есть примеры реакций, направление которых существенным образом зависит от того, какой именно катион (натрий или калий) будет входить в состав исходного реагента. Одним из таких примеров является реакция Кольбе–Шмидта, широко используемая в промышленности для синтеза самых разных соединений. Ниже Вашему вниманию предлагается схема получения известного лекарственного препарата (соединение **X**) и консерванта (соединение **Y**).



Дополнительно известно:

- Соединение **B** является неустойчивым промежуточным продуктом;
- **C** является ценным растворителем, используется для хранения и транспортировки ацетилена (в 1 л **C** растворяется до 250 л ацетилена), молекулярная масса **C** меньше, чем **D**;
- Соединения **E** и **F** являются изомерами, причём в молекуле **E** образуется внутримолекулярная водородная связь, а в молекуле **F** – нет.

Приведите структурные формулы соединений **A–F**, **X** и **Y**.