

Десятый класс

Задача 10-1

Являющийся основой всего живого элемент углерод по распространённости в земной коре (0,087 масс. %) занимает 13 место среди элементов Периодической Системы. В природе углерод представлен двумя стабильными изотопами ^{12}C и ^{13}C и одним радиоактивным ^{14}C , образующимся в верхних слоях атмосферы под действием нейтронов космического излучения на изотоп ^{14}N . Радиоактивный изотоп ^{14}C (его содержание 10^{-12} % от общей массы углерода) является β -излучателем с периодом полураспада 5700 лет.

Углерод в форме простого вещества известен ещё с доисторических времён. Очень рано люди познакомились с такими его ископаемыми минералами, как исключительно твёрдый **A** и горючий **B**. С момента овладения огнём человечество узнало о тончайшем чёрном порошке **B** (до сих пор используемом в качестве пигмента), а также об остающихся на кострище чёрных кусочках **Г**, которые, однако, сгорают при повторном разведении костра на том же месте.

Основная часть углерода находится на нашей планете Земля в окисленном виде, в частности, такие его минералы, как кальцит и доломит слагают целые горные хребты. Есть он и в атмосфере, примерно 0,046 масс % которой составляет углекислый газ. В атмосферном CO_2 , масса которого оценивается в $2,4 \cdot 10^{12}$ т, содержится 0,0027 масс. % от всего углерода на нашей планете.

Тем не менее, признание углерода как элемента состоялось лишь в XVIII веке после проведения целого ряда экспериментов, часть из которых мы представляем Вашему вниманию.

В 1752–1757 гг. шотландский учёный Джозеф Блэк обнаружил, что нагревание белой магнезии или действие на неё разбавленных кислот приводит к образованию газа, который он назвал «фиксируемый воздух», поскольку газ поглощался («фиксировался») известковой водой. Тогда же он показал, что тот же газ образуется при горении **Г** и при дыхании человека и животных.

Английский химик Смитсон Теннант в 1791 г первым получил свободный углерод химическим способом, пропуская пары фосфора над разогретым мелом, в результате чего образовалась смесь углерода с фосфатом кальция. Несколько позже (1796–1797 гг.), окисляя калиевой селитрой одинаковые количества **A**, **Г** и графита, Теннант установил, что они дают одинаковые количества продуктов и, следовательно, имеют одинаковую химическую природу.

Вопросы.

1. Для описанных в задаче форм углерода А–Г приведите их собственные названия, а для минералов кальцита и доломита напишите химические формулы, отражающие их состав.
2. Воспользовавшись приведёнными в задаче данными, оцените массу всего углерода на нашей планете, массу земной коры, а также массу земной атмосферы.
3. Исходя из значения атомной массы углерода и содержания ^{14}C , оцените количество каждого из изотопов углерода в земной коре в штуках.
4. Напишите уравнения ядерных реакций образования изотопа ^{14}C в атмосфере и его радиоактивного распада. Во сколько раз уменьшается содержание ^{14}C в изолированном образце горной породы за 28500 лет?
5. Напишите уравнения реакций, проведённых Блэком и Теннантом. Предложите способ выделения углерода из его смеси с фосфатом кальция.

Задача 10-2

Для приготовления пирофорного нанопорошка металла юный химик использовал твёрдую двухосновную кислоту **А**, содержащую 32 % углерода и бесцветный порошок **Б** (содержит 4,5 % углерода), разлагающийся кислотой с выделением газа, имеющего плотность при н. у. 1,97 г/л. В результате реакции был получен раствор, из которого со временем выделились кристаллы вещества **С**. Они бесцветны, растворимы в воде, а их раствор даёт чёрный осадок под действием сероводорода и коричневый – под действием раствора гипохлорита натрия. Чёрный осадок при действии пероксида водорода становится белым. При нагревании вещества **В** до 400 °С в вакууме был получен нанопорошок металла **Г** с размером частиц 50 нм. На воздухе порошок самораскаляется, постепенно превращаясь в красно-коричневый порошок **Д**, содержащий 7,17 % кислорода.

Вопросы.

1. Назовите неизвестные вещества **А** – **Д** и запишите уравнения реакций.
2. Приведите два примера получения пирофорных порошков других металлов.

Задача 10-3

Однажды химик Юра Б., разбирая в своей лаборатории старый заброшенный сейф, обнаружил в нём неподписанную банку с белым кристаллическим веществом (соль **Х**), окрашивающим пламя в фиолетовый цвет.

«Что же там?» – подумал Юра.

И, взяв с соседней полки концентрированную серную кислоту, прилил её к навеске соли массой 7,35 г (реакция 1). При этом он наблюдал выделение бурого газа с удушающим запахом (газ **A**) с плотностью по водороду 33,75.

«Налью-ка я туда чего-нибудь другого», – решил Юра и добавил к аликвоте соли этой же массы концентрированную соляную кислоту (реакция 2). Каково было удивление химика, когда он обнаружил выделение жёлто-зелёного газа (газ **B**). Плотность газовой смеси по водороду составляла 35,5.

«Как опасно!», – воскликнул Юра и осторожно прибавил к навеске данной соли немного концентрированного раствора щавелевой кислоты (реакция 3). При этом он наблюдал бурное выделение из раствора смеси газов **A** и **C** (плотность смеси по водороду 29,83).

«Теперь мне всё ясно, надо её подальше убрать, а то мало ли что может случиться», – твёрдо сказал химик и спрятал банку с солью подальше в сейф.

Результаты опытов сведены в таблицу.

| Реакция | Мольное соотношение газов | | | Плотность газовой смеси по водороду | Объём раствора KOH ($\rho = 1,092$ г/мл, $\omega = 10\%$), пошедший на полное поглощение газовой смеси ($t = 40^\circ\text{C}$) |
|----------|---------------------------|----------|----------|-------------------------------------|---|
| | A | B | C | | |
| 1 | 1 | – | – | 33,75 | 20,51 мл |
| 2 | – | 1 | – | 35,50 | 184,62 мл |
| 3 | 2 | – | 1 | 29,83 | 61,53 мл |

Вопросы:

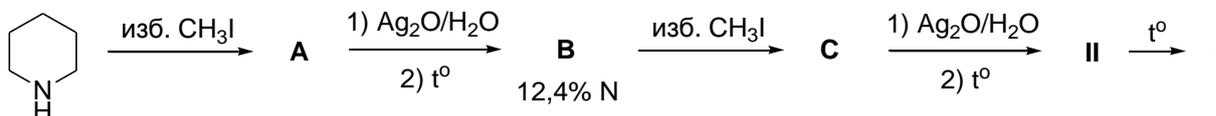
1. Расшифруйте формулы газов **A**, **B**, **C**. Ответ подтвердите расчётами.
2. Напишите уравнения реакций поглощения газов **A**, **B**, **C** раствором KOH.
3. Какую соль обнаружил Юра у себя в сейфе? Приведите необходимые расчёты.
4. Напишите уравнения реакций 1–3.
5. Напишите уравнения разложения соли **X** при 400°C в присутствии катализатора (MnO_2) и без него.
6. Объясните, чего опасался Юра? Где применяется соль **X**? Дайте её тривиальное название.

Задача 10-4

Смесь пентадиена-1,3 (**I**) и пентадиена-1,4 (**II**) полностью прореагировала с 9,6 л (45 °С, 110,2 кПа) H_2 в присутствии Pt с выделением 46,7 кДж тепла. Такая же навеска смеси взаимодействует с 73,5 г 20 %-го раствора малеинового ангидрида в бензоле.

1. Напишите уравнения обсуждаемых реакций.
2. Установите состав смеси в мольных %.
3. Рассчитайте энергии гидрирования **I** и **II** (кДж/моль), если при гидрировании 0,2 моль эквимольной смеси выделяется 48,1 кДж тепла.
4. Определите, насколько изомер **I**, содержащий сопряжённую систему двойных связей, стабильнее, чем изомер **II** с изолированными двойными связями (ΔE , кДж/моль).

Соединения **I** и **II** можно получить из пиперидина, используя превращения, показанные на приведённой ниже схеме. Именно таким путём Гофман впервые установил строение пиперидина.



5. Расшифруйте схему превращений. Напишите структурные формулы соединений **A–C**.

Задача 10-5

Золотой минерал

Самый распространённый сульфидный минерал **X** из-за великолепного золотого блеска нередко путают с золотом (поэтому минерал ещё называют кошачьим золотом или золотом дурака). Минерал состоит из двух элементов, массовая доля серы составляет 53,3 %. При обжиге **X** масса твёрдого вещества уменьшается на треть, а масса газообразного продукта на 60 % больше массы твёрдого остатка.

1. Определите химическую формулу минерала. Как он называется? Какие другие названия минерала или его разновидностей вы знаете?
2. Какой объём воздуха (н. у.), содержащего 20 % кислорода по объёму, требуется для обжига одного моля **X**? Рассчитайте объём (н. у.) и состав образующейся газовой смеси (в объёмных процентах).
3. При обжиге одного моля **X** выделяется 828 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования **X**, если теплоты образования газообразного и твёрдого продуктов его обжига равны 297 и 824 кДж/моль соответственно.