

Задача 1.

Решение

Расчет брутто-формулы углеводорода:

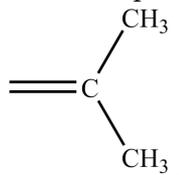
Углеводород с двумя двойными связями имеет общую формулу C_nH_{2n-2} и присоединяет две молекулы Br_2 .

Таким образом, C_nH_{2n-2} присоединяет 320 г брома

1,24 г — 3,2 г брома

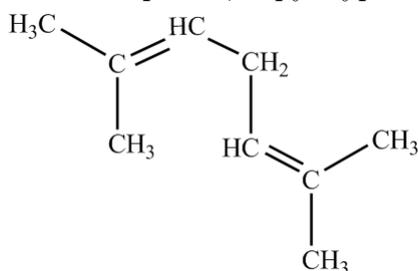
Отсюда $14n - 2 = 124$, $n = 9$, C_9H_{16}

В реакции Кучерова пропин образует ацетон. Неизвестный углеводород при разрыве цепи дает два продукта, один из которых ацетон, следовательно, углеводород симметричный и имеет с обеих



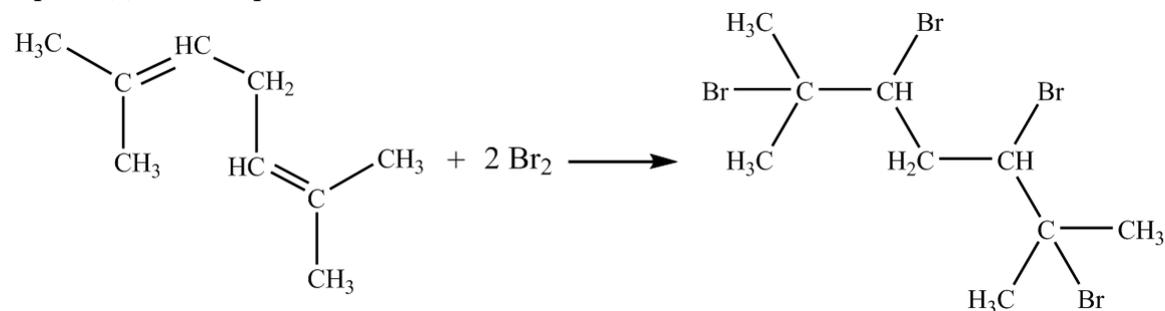
сторон фрагмент

Таким образом, структурная формула углеводорода:

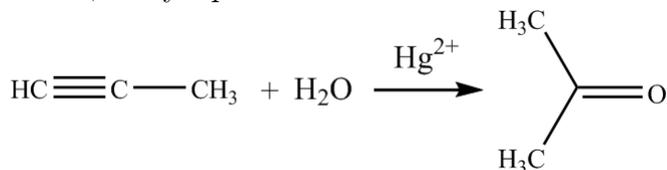


Реакции:

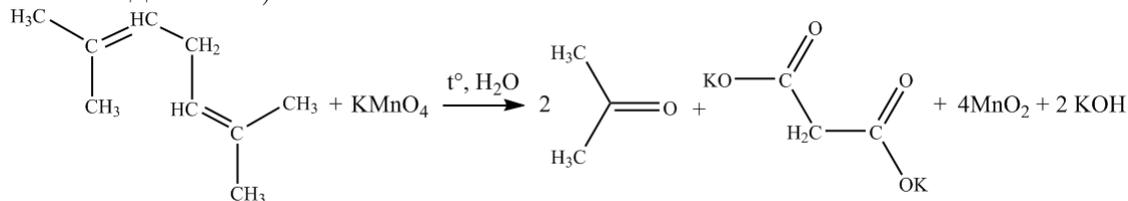
Присоединение брома:



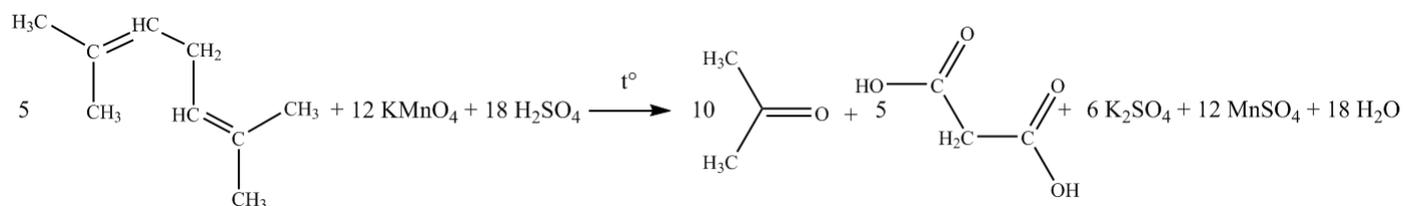
Реакция Кучерова:



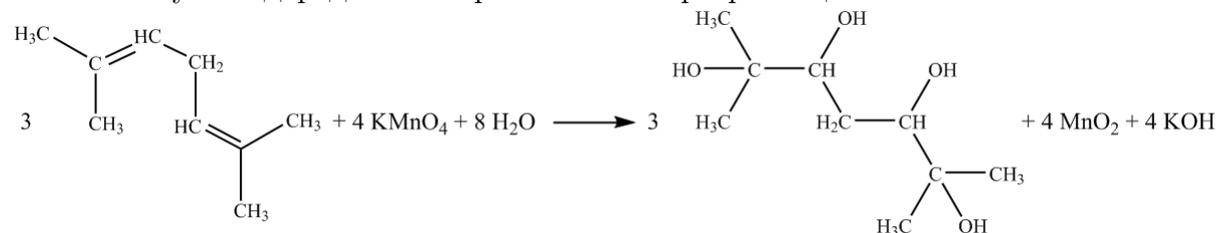
Окисление углеводорода с разрывом цепи (реакции в нейтральной среде и в кислой среде оценивались одинаково):



ИЛИ



Окисление углеводорода без нагревания и без разрыва цепи:



Критерии оценки

1. Расчет брутто-формулы **3 балла**
2. Ацетон + реакция Кучерова **2 балла**
3. Структурная формула при наличии пояснения **4 балла**
4. Реакция с бромом **1 балл**
5. Реакция с KMnO_4 с разрывом цепи **2 балла**
6. Реакция с KMnO_4 без разрыва цепи **2 балла**

Сумма 14 баллов

Задача 2.

Решение

Масса бензола составляет 899 г, т.е. 0,879 кг.

Формула для расчета: $\Delta t = KC_{\text{мол}}$

Обозначим молярную массу неизвестного вещества за x , тогда число моль вещества в растворе составит $5,96/x$, а его молярная концентрация $C_{\text{мол}} = \frac{5,96}{0,879x}$.

Подставляя в формулу известные значения $\Delta t = 5,50 - 5,22 = 0,28^\circ\text{C}$, $K = 5,12\text{K}$ кг/моль и решая уравнение относительно x , получаем:

$$x = 123,98$$

По условию неизвестное вещество — простое (состоит из одинаковых атомов) и растворимо в бензоле (не может быть металлом).

Если в молекуле один атом, то такого вещества нет. Если два ($M = 62$) или три атома, то тоже нет. Вещества, имеющие близкие молярные массы, — металлы и не годятся так или иначе. В случае 4-х атомов в молекуле подходит P_4 , т.е. молекула белого фосфора.

Проверка большего числа атомов также не дает других разумных решений.

Критерии оценки

1. Масса бензола **1 балл**
2. Запись формулы с нужными числами **3 балла**
3. Решение — расчет числа молярной массы **3 балла**
4. P_4 (при наличии пояснения и проверки других вариантов) **5 баллов**

Сумма 12 баллов

Задача 3.*Решение*

Состав газа **L**:

Расчет соотношения С и Н на основании продуктов сгорания показывает, что такого индивидуального вещества быть не может и таким образом *L* — это смесь.

Судя по реакции с этиленом, газ **L** содержит 2,24 л водорода (0,1 моль), при сжигании которого образуется 1,8 г воды. Тогда при сжигании 0,1 моль второго компонента **L** получается 0,2 моль воды (5,4 – 1,8 г) и 0,1 моль CO₂, второй компонент очевидно метан.

Вещество **M** — хлорид металла, входящего в состав карбида, а **N** — оксид, судя по проведенным реакциям.

Определим металл: навеска карбида содержит 0,1 моль. Так как в молекуле один атом С, то значит 18 г — это 0,1 моль карбида. На металл приходится 18 – 1,2 = 16,8 г. Если металла один атом, его молярная масса 168, по массе подходит тулий, но карбид TmC вряд ли существует. Кроме того, проверка по ожидаемой массе оксида **N** покажет, что это не тулий.

Если атомов металла два, то получается 84, такого металла нет.

Если атомов три, то молярная масса 56, это железо.

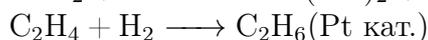
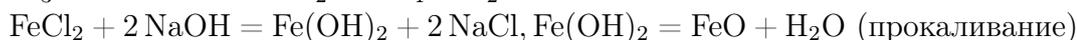
M — это FeCl₂.

(На двухвалентное состояние железа указывает возможность его окисления: именно поэтому осадок гидроксида надо отделять сразу, а прокаливают его в токе азота)

N — оксид FeO (его должно получиться 0,3 моль, что как раз соответствует 21,6 г).

Таким образом, исходный карбид Fe₃C

Реакции:



Критерии оценки

1. **L** состав газа с пояснением и расчетом **4 балла**
2. **K** определение металла с пояснением и с расчетом **4 балла**
3. **M** и **N** по **2 балла**, всего **4**
4. Реакции: карбид + HCl **2 балла**, горение газов **1 балл (обе реакции)**, реакция с этиленом **1 балл**, осаждение гидроксида **1 балл**, прокаливание **1 балл**

Сумма 18 баллов

Задача 4.

Решение и критерии оценки по пп. 1 и 2

A = SiC **2 балла**

B = SiO₂ **2 балла**

Y = C **1 балл**

X = Si **1 балл**

B = CO **3 балла** (при наличии расчета по % составу или проверки)

Г = SiO **3 балла** (при наличии расчета по % составу или проверки)

Реакции:

1. SiO₂ + 3C = SiC + 2CO **1 балл**
2. SiO₂ + C = SiO + CO **2 балла**
3. SiO + 2C = SiC + CO **1 балл**

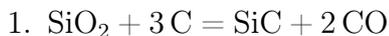
Сумма по пп. 1 и 2 = **16 баллов**

Решение п. 3

(приводится один из возможных вариантов расчета)

Реакции (2) + (3) в сумме дают реакцию (1), поэтому в расчете можно рассматривать только реакцию (1) как основную (получение продукта) и реакцию (2) как побочную (потери SiO)

Для реакции взято 5 г SiO₂ и 3 г C (расчет по стехиометрии реакции)



Пусть в реакцию (1) вступило x г SiO₂ и соответственно $0,6x$ г C.

Получено $40/60x$ г = $0,67x$ г SiC



Твердый продукт содержит SiC и углерод, который не вступил ни в одну реакцию.

$$0,67x + 3(0,6x + 0,2y) = 2,8, \text{ при этом } y = (5 - x) \text{ г}$$

Решая уравнение, получаем

$x = 2,96$ (если оставить простые дроби, а не десятичные будет ровно 3, принимаются оба варианта).

Искомая масса SiO = $0,73(5 - x) = 0,73(5 - 2,96) = 1,489 \approx 1,5$ г

Потери около 41%

Критерии оценки п. 3

1. Выбор реакций для расчета **1 балл**

2. Составление уравнения **4 балла**

3. Решение уравнения **2 балла**

4. Ответ, масса SiO **2 балла**

5. Потери **1 балл**

За п. 3 сумма **10 баллов**

Всего за задачу **26 баллов**

Максимальный балл за все задачи — **70**