

Задача 10-1. Бумага, горящая цветным пламенем

«Да неужели вы до сих пор не знали, что голубая бумага горит голубым пламенем, красная, – красным, желтая – желтым и т. д.?» – обнаруживаем в книге В.В. Рюмина «Занимательная химия», впервые изданной в 1925 году. Большинство из нас сразу вспомнит свой первый художественный опыт аппликации из цветной бумаги и начнет активно соображать, почему та самая бумага из детства вдруг должна гореть разноцветным пламенем. Ведь мы уже давно не сомневаемся, «что совершенно независимо от окраски, всякая бумага горит одинаковым пламенем, только одна легче загорается и скорее сгорает, другая – труднее и медленнее, смотря по толщине и плотности».

Однако наблюдать за «цветным горением цветной бумаги» все же возможно. Наиболее легко это можно проделать с цветной папиросной бумагой, если над ней предварительно немного поработать. Итак, в вашем распоряжении листы цветной папиросной бумаги: белый, красный, голубой, зеленый и желтый. Заставьте каждый гореть пламенем соответствующего цвета.

1. Предложите химическое объяснение занимательного эксперимента.
2. Объясните выбор автором папиросной бумаги для успешной демонстрации опыта.
3. Почему подготовленный опыт лучше проводить на открытом воздухе или в хорошо вентилируемом помещении.

(10 баллов)

Решение

1. Окраску пламени при сгорании цветной папиросной бумаги обуславливают соли металлов:

- хлорид стронция SrCl_2 – красную **(1 балл)**
- хлорид меди (II) CuCl_2 – синюю **(1 балл)**
- хлорид бария BaCl_2 – зеленую **(1 балл)**
- хлорид натрия NaCl – желтую **(1 балл)**

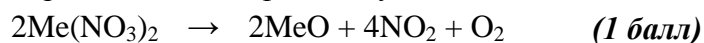
Окрашивание пламени в цвет зажженной бумаги становится возможным после её неоднократной пропитки растворами соответствующих солей. При этом чтобы окраска пламени была яркой, а бумага сохранила горючесть, применяют добавки нитратов «целевых» солей в концентрированный водный раствор бертолетовой соли – хлората калия KClO_3 . **(1 балл)** Тогда как белая бумага обрабатывается только концентрированным раствором бертолетовой соли и поэтому сгорает в атмосфере кислорода ослепительно ярким белым светом. **(1 балл)**

Применение KClO_3 в качестве пропитывающей основы

- интенсифицирует горение бумаги за счет протекания реакций **(1 балл)**
$$400\text{ }^\circ\text{C} \quad 4\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + 3\text{KClO}_4$$
$$550\text{--}620\text{ }^\circ\text{C} \quad \text{KClO}_4 \rightarrow 2\text{O}_2\uparrow + \text{KCl}$$
$$150\text{--}300\text{ }^\circ\text{C} \quad 2\text{KClO}_3 \xrightarrow{\text{CuO}} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \quad \text{для } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$$
- создаёт условия синтеза целевых хлоридов *in situ* **(1 балл)**

2. Цветная папиросная бумага – не клеёная объемнокрашенная полупрозрачная бумага. Она прочна и выдерживает несколько циклов смачивания растворами солей и высушивания. Отсутствие в её составе традиционных минеральных наполнителей (мела, пигментов), проклеивающих и вспомогательных веществ упрощает химическую модификацию папиросной бумаги, обеспечивая тем самым воспроизведение описанных в задаче эффектов. *(1 балл)*

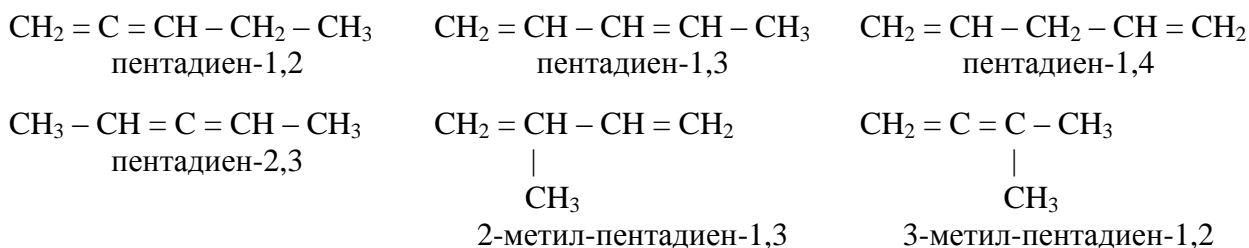
3. Опыт следует проводить на открытом воздухе или в хорошо проветриваемом помещении не только в связи с возможным задымлением из-за сгорания бумаги, но и с протекающим при этом разложением нитратов двухвалентных металлов по реакции



Задача 10-2. Для углеводорода C_5H_8 изобразите структурные формулы изомеров нециклического строения без группы $-C\equiv C-$ и назовите каждый из них по номенклатуре ИУРАС. Сравните электронное строение изомеров и предложите классификационный принцип объединения «родственных» молекул в характеристичные группы. В какой из групп возможны геометрические изомеры и почему? (14 баллов)

Решение

1. Структурные формулы и названия изомеров: (3 балла)



2. Классификационный принцип объединения изомерных пентадиенов в характеристичные группы – взаимное расположение двойных связей соответствующее различному валентному состоянию атомов углерода и различной степени делокализации π -связей. (1 балл)

<i>изолированные диены</i>	пентадиен-1,4
<i>сопряженные диены</i>	пентадиен-1,3 2-метил-пентадиен-1,3
<i>кумулярованные диены</i>	пентадиен-1,2 пентадиен-2,3 3-метил-пентадиен-1,2

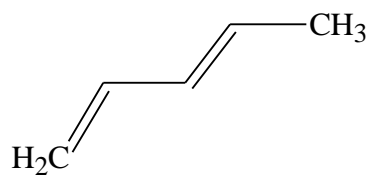
(3 балла)

3. Электронное строение изомеров: (3 балла)

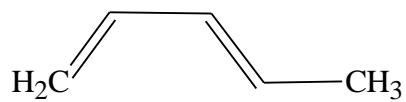
	<i>валентное состояние атомов углерода группы $C = C$</i>	<i>делокализация π-связей</i>
<i>изолированные диены</i>	sp^2 -гибридизация	отсутствует; π -связи изолированы друг от друга
<i>сопряженные диены</i>	sp^2 -гибридизация	π - π сопряжение
<i>кумулярованные диены</i>	sp -гибридизация	отсутствует; π -связи ортогональны

4. В сопряженных диенах π -связи соседних атомов углерода молекулярного фрагмента $>C = CR - CR = C<$ располагаются в одной плоскости и поэтому могут активно взаимодействовать друг с другом, что приводит к образованию единой π -электронной системы, охватывающей четыре атома углерода основной цепи. В результате такой делокализации π -электронов длины связей выравниваются: двойные связи несколько удлиняются, а ординарные – несколько укорачиваются. Выравнивается и кратность связей.

Увеличение π -характера $C - C$ связи в группе $>C = CR - CR = C<$ затрудняет вращение вокруг неё настолько, что становится возможным различать *цис-транс*-изомеры относительно этой связи. (2 балла)

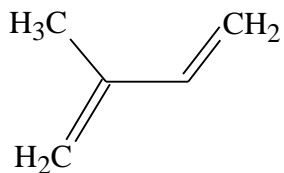


транс-пентадиен-1,3

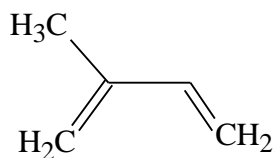


цис-пентадиен-1,3

(1 балл)



транс-2-метил-пентадиен-1,3



цис-2-метил-пентадиен-1,3

(1 балл)

Задача 10-3. Три идентичных сосуда (равного объёма и равной массы) содержат газы, находящиеся при одинаковых условиях. Первый сосуд, заполненный гелием, имеет массу 23,3 г. Масса второго, заполненного азотом, составляет 30,5 г. Третий сосуд содержит смесь равных объёмов гелия и неизвестного газа и имеет массу 29,3 г. Определите молярную массу неизвестного газа. (4 балла)

Решение

1. По закону Авогадро в равных объёмах различных газов, находящихся в одинаковых условиях ($p = const, T = const$), содержится равное количество молекул, и, следовательно, равное количество молей веществ. Т.е. согласно условию задачи

$$v(He) = v(N_2) = v(\Sigma) \quad (1 \text{ балл})$$

2. Количество вещества смеси в третьем сосуде равно $v(\Sigma) = \frac{1}{2} (v(He) + v(x))$, т.к. здесь по условию содержится смесь равных объёмов гелия и неизвестного газа. (1 балл)

3. По разности масс второго и первого сосудов с азотом и гелием получаем:

$$\begin{array}{l} m(\text{II}) = m(N_2) + m(\text{сосуд}) \\ m(\text{III}) = m(N_2) + m(\text{сосуд}) \end{array} \quad \left| \quad \Delta m(\text{II} - \text{I}) = 30,5 - 23,3 = 7,2 \text{ г} \right.$$

Но с другой стороны $\Delta m(\text{II} - \text{I}) = 28v(N_2) - 4v(He) = 24v$, т.к. $v(He) = v(N_2)$.

Следовательно,

$$24v = 7,2 \text{ или } v = 0,3 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

4. Аналогично, используя разность масс третьего и первого сосудов, получаем:

$$\begin{array}{l} \Delta m(\text{III} - \text{I}) = 29,3 - 23,3 = 6,0 \text{ г} \\ \Delta m(\text{III} - \text{I}) = 0,5v(x) \cdot M(x) - 0,5v(He) \cdot M(He) = 0,15M(x) - 0,6 = 6,0 \text{ г} \\ M(x) = 44 \text{ г/моль} \end{array} \quad (1 \text{ балл})$$

Задача 10-4. При взаимодействии 2,22 г гомолога бензола с подкисленным раствором перманганата калия выделяется 1,008 л газа (н.у.). Определите число боковых цепей в молекуле гомолога и общее число атомов углерода в боковых цепях, если углеводород содержит 89,19% углерода. Для одного из возможных гомологов бензола, удовлетворяющих условию задачи, запишите сбалансированное уравнение реакции его окисления раствором перманганата калия в разбавленной серной кислоте. (7 баллов)

Решение

1. Определение количества атомов углерода в молекуле гомолога бензола:
общая формула гомологов бензола C_nH_{2n-6}

$$\omega(C) = \frac{12n}{14n - 6} = 0,8919$$

$$0,4866n = 5,3514$$

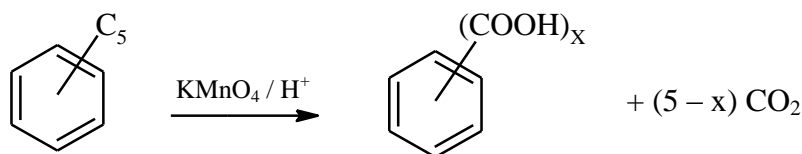
$$n = 11$$

(1балл)

2. Определение общего числа атомов углерода в боковых цепях молекулы:
т.к. радикал фенил содержит 6 атомов углерода, то на боковые цепи приходится 5 атомов углерода

(1балл)

3. Определение числа боковых цепей в молекуле:



По реакции

$$\frac{\nu(\text{гомолог})}{\nu(CO_2)} = \frac{1}{5 - x} \quad (1)$$

По условию

$$\frac{\nu(\text{гомолог})}{\nu(CO_2)} = \frac{m(\text{гомолог}) / M(\text{гомолог})}{V(CO_2) / 22,4} \quad (2)$$

$$\frac{\nu(\text{гомолог})}{\nu(CO_2)} = \frac{2,22 / 148}{1,008 / 22,4}$$

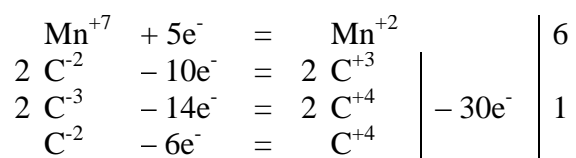
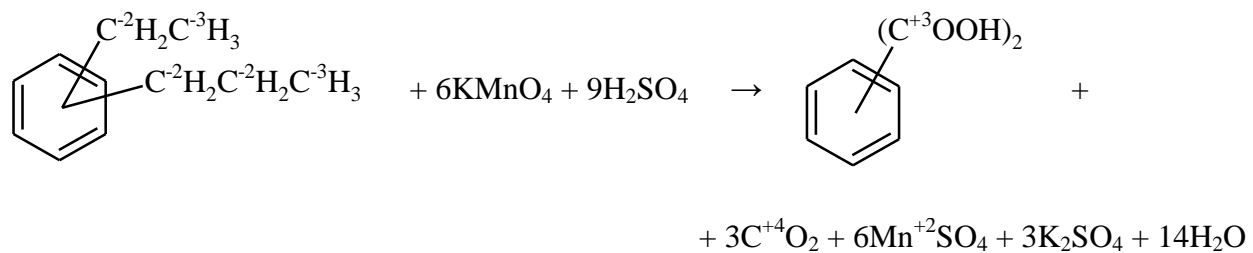
Приравнивая правые части уравнений (1) и (2) получаем

$$\frac{1}{5 - x} = \frac{2,22 / 148}{1,008 / 22,4}$$

$$x = 2$$

(3 балла)

4. Уравнение реакции окисления диалкилбензола (пример):

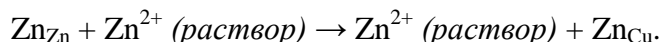


(2 балла)

Задача 10-5. Медную монету довольно легко «посеребрить» в кипящем растворе хлорида или сульфата цинка в присутствии самого цинка. Если затем медную монету с «серебряным» покрытием непродолжительно нагреть, например, на поверхности электроплиты при максимальной мощности, то монета легко «позолотится». Объясните причину образования покрытия в каждом случае. Сравните устойчивость полученных покрытий. Возможно ли возвращение монете исходного вида? (8 баллов)

Решение

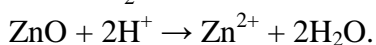
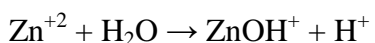
1. «Серебрение» медной монеты происходит в результате осаждения цинка на её поверхности:



Медная монета обязательно должна касаться цинка. Только в этом случае возникнет гальваническая пара, будет обеспечен электрический контакт и станет возможным

- растворение цинка на аноде $\text{Zn}_{\text{Zn}} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^{2+}$
- и его выделение на медном катоде $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{\text{Cu}}.$

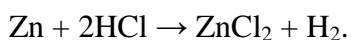
Добавление соли цинка в раствор для «серебрения» активизирует электрохимический процесс посредством создания в растворе высокой концентрации ионов Zn^{2+} и кислой вследствие гидролиза соли среды, необходимой для удаления с поверхности цинка оксидной плёнки, что описывается следующими уравнениями химических реакций в ионно-молекулярной форме соответственно:



Т.к. гидролиз эндотермичен, то нагревание раствора усиливает его, повышая тем самым концентрацию ионов H^+ .

2. Последующее нагревание монеты создаёт условия образования тонкого слоя латуни – сплава меди и цинка, цвет которого имитирует золото.

3. Цинковое покрытие с монеты легко удаляется промыванием в разбавленной соляной кислоте:



При этом монета сохранит свой первоначальный вид.

Удалить слой латуни, не повредив саму монету нельзя.

- | | |
|---|------------------|
| за уравнения «серебрения», включая анодный и катодный процессы | (2 балла) |
| за уравнение гидролиза катиона цинка Zn^{2+} | (1 балл) |
| за указание влияния температуры на гидролиз соли цинка | (1 балл) |
| за уравнение растворения оксидной плёнки ZnO | (1 балл) |
| за указание причины «золочения» монеты | (1 балл) |
| за химизм возвращения исходного вида «посеребренной» монете | (1 балл) |
| за указание на невозможность возвращения «позолоченной» монете исходного вида | (1 балл) |