**11 класс**

**Задача 1**

*Я в сотый раз опять начну сначала*

*Пока не меркнет свет, пока горит свеча*

А. Макаревич

Смесь двух солей, окрашивающих пламя в фиолетовый цвет, хорошо растворима в воде, причем полученный раствор обладает кислой реакцией, вызывает выпадение осадка при действии раствора хлорида бария и выделение газа как при действии цинка, так и при действии меди.

1) Определите возможные формулы солей, приведите объяснения.

2) Напишите уравнения описанных реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

3) Вычислите массовые доли солей в исходной смеси, если массовая доля металла в ней составляет 32%.  ***22 балла***

***Решение.*** Т.к. соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет, следовательно, это соли калия. Но ион калия не гидролизуется, следовательно, кислая среда связана с анионом. За счет гидролиза аниона среда может быть только щелочная. Кислая среда может быть за счет диссоциации кислой соли, образованной сильной (или средней) кислотой. Кислую среду имеют гидросульфат, а также гидросульфит калия и дигидрофосфат калия, но последние два не будут осаждаться солью бария (сульфит и ортофосфат бария не выпадают из кислых растворов). Т.к. раствор солей дает осадок с солью бария, следовательно, анион – гидросульфат.

Итак, одна из солей – KHSO4 **(*2 балла за формулу соли, 2 б за рассуждения*).**

KHSO4 + BaCl2 = BaSO4 + KCl + HCl **(*1 балл*)**

SO42- + Ba2+ = BaSO4 **(*1 балл*)**

При взаимодействии с цинком гидросульфат калия будет давать водород, т.к. в растворе KHSO4 велика концентрация ионов водорода **(*1 б за рассуждения*)**:

2KHSO4 + Zn = ZnSO4 + K2SO4 + H2 **(*1 балл*)**

В ионном виде: Zn + 2H+ = Zn2+ + H2 **(*1 балл*)**

Медь может реагировать только с растворами кислот-окислителей, т.е. имеющими анион-окислитель, при этом водород не выделяется. Медь может растворяться в азотной кислоте. Следовательно, если в растворе имеются ионы H+ и NO3-, то медь будет реагировать с этим раствором с выделением газа. Ионы H+ в растворе имеются за счет диссоциации гидросульфата, значит, вторая соль - KNO3 **(*2 балла за формулу соли, 2 б за рассуждения*)**.

Реакция:

8KHSO4 + 8KNO3 + 3Cu = 3Cu(NO3)2 + 8K2SO4 +2NO + 4H2O **(*2 балла*)**

***Реакцию с образованием NO2 не принимать, т.к. NO2 выделяется из концентрированных растворов азотной кислоты, чего не может быть в данном случае, т.к. речь идет о растворах солей.***

В ионном виде:

3Сu + 8H+ + 2NO3- = 3Cu2+ + 2NO + 4H2O **(*1 балл*)**

Рассчитаем массовые доли, если ω(K) = 32%.

Пусть масса смеси = 100 г.

M(KHSO4) ⋅ ν(KHSO4) + M(KNO3)⋅ ν(KNO3) = 100

M(K) ⋅ ν(KHSO4) + M(K)⋅ ν(KNO3) = 32

136x + 101y = 100

39x + 39y = 32

x + y = 0,82

136x + 101(0,82 – x) = 100

136x + 82,87 – 101x = 100

35x = 17,13

x = 0,49 = ν(KHSO4); m(KHSO4) = 0,49⋅ 136 = 66,64 г; m(KNO3) = 33,36 г.

***Расчет может быть выполнен иным способом***

***Ответ:*** ω(KHSO4) = 66,64%; ω(KNO3) = 33,36% **(*6 баллов за расчет*).**

***Итого 22 балла***

**Задача 2**

*Необходимым условием хорошего здоровья*

*является наличие необходимого числа нужных*

*молекул в нужном месте человеческого тела*

*в нужное время*

Лайнус Полинг

Неизвестный углеводород **Х** имеет плотность паров по воздуху 3,31. При сжигании навески Х в избытке кислорода образуется 15,68 л углекислого газа (при н.у.) и 10,8 мл воды.

1) Определите молекулярную формулу **X**.

2) Для определения структурной формулы **X** были проведены исследования его свойств и установлено следующее:

Углеводород **Х** обесцвечивает бромную воду с образованием вещества **А** (реакция 1). 1 моль **Х** способен прореагировать с 1 моль водорода (в присутствии платинового катализатора), при этом образуется углеводород **B** циклогексанового ряда (реакция 2). В результате монохлорирования **B** при облучении светом образуется преимущественно одно органическое хлорпроизводное **C** (реакция 3). Приведите все возможные структурные формулы углеводорода **Х**, которые удовлетворяют этим условиям. Приведите объяснения.

3) При взаимодействии соединения **X** с водным раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты происходит обесцвечивание раствора и образуется единственный органический продукт **D** (реакция 4), содержащий в своем составе три атома кислорода. Среди рассмотренных Вами в вопросе 2 структурных формул выберите ту, которая удовлетворяет пункту 3 и соответствует истинному строению углеводорода **Х**. Дайте необходимые пояснения к своему выбору. Назовите углеводород **Х**.

Напишите уравнения реакций 1–4, а также реакции сгорания **Х** (уравнение 5).

4) Как в результате одностадийного синтеза из соединения **С** можно получить углеводород **Х**? (реакция 6) Приведите уравнение реакции и отметьте условия ее проведения.

Для всех органических веществ, участвующих в этих реакциях, используйте структурные формулы. ***26 баллов***

***Решение***

1. Рассчитаем количества полученных продуктов сгорания:

n(CO2) = 15,68 л/22,4 (л/моль) = 0,7 моль, т.е. n(C) = 0,7 моль;

n(Н2О) = 10,8 г/18 (г/моль) = 0,6 моль, т.е. n(Н) = 1,2 моль **(*1 балл*)**.

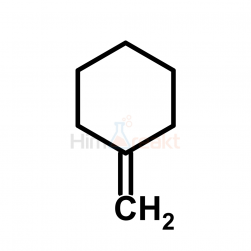
Следовательно, простейшая формула углеводорода **Х** – С7Н12 **(*1 балл*)** (М = 96 г/моль).

Зная плотность углеводорода по воздуху, найдем истинную молярную массу углеводорода

М(**Х**) = 3,31 ∙ 29 г/моль = 96 г/моль **(*1 балл*)**.

Таким образом, молекулярная формула углеводорода **Х** совпадает с простейшей – С7Н12. **(*всего* *3 балла за определение молекулярной формулы*)**

2) Поскольку углеводород **Х** обесцвечивает бромную воду, можно предположить, что он является непредельным и содержит кратные связи. Известно, что при гидрировании 1 моль **Х** расходуется 1 моль водорода и образуется углеводород циклогексанового ряда. Учитывая, что он содержит 7 атомов углерода, можно сделать вывод, что это один из изомерных метилциклогексенов (1-3) или метиленциклогесан (4) **(*2 балла за объяснение*):**



1 2 3 4

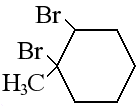
***(по 2 балла за структурную формулу, всего 8 баллов)***

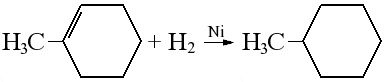
3) При окислении углеводорода **Х** перманганатом калия, подкисленного серной кислотой, образуется единственный органический продукт **F**, содержащий в своем составе три атома кислорода. Изомер 4 не подходит, поскольку при его окислении выделяется углекислый газ и образуется циклогексанон, содержащий в своем составе лишь один атом кислорода. При окислении изомеров 2 и 3 образуются дикарбоновые кислоты, содержащие 4 атома кислорода.

Таким образом, искомому углеводороду **Х** соответствует формула 1,

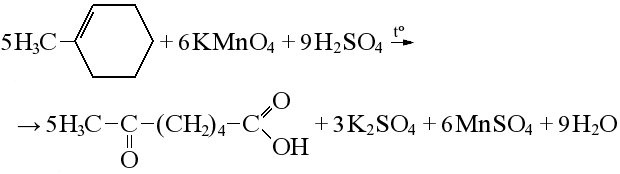
**Х** – 1-метилциклогексен-1 ***(принимается метилциклогексен-1***). **(*2 балла за определение вещества X, 2 балла за объяснение, 1 балл за название, итого 5 баллов*)**

Уравнения реакций 1-5:

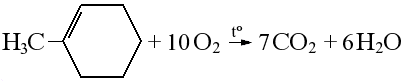
 + Br2 →  **(*1 балл*)** (1)

 **(*1 балл*)** (2)

 **(*1 балл*)** (3)

 (4)

**(*2 балла, если неверные коэффициенты – 1 балл*)**

 **(*1 балл*)** (5)

4) Уравнение реакции получения вещества **X** из вещества **С**:

+ KOH (спиртовой) →  + KCl + H2O (6)

**(*2 балла, если не указаны условия – спиртовой раствор щелочи, то 1 балл*)**

***Итого 26 баллов***

**Задача 3**

*Все мы в детстве слышали фразу фантастическую,*

*Что, мол, в светлом будущем будет всё химическое.*

*А еда искусственная так на вкус понравится*

*Тем, что от естественной почти не отличается.*

А. Забавина

С давних времен химиков занимала идея получения искусственной пищи.Жозеф Луи Пруст, прославившийся открытиемодного из основных стехиометрических законов, очень любил сыр. В 1810 г он загорелся идеей получить искусственный сыр из муки. В этом он, конечно, не преуспел, но в ходе работы ему удалось выделить из забродившего сыра бесцветное кристаллическое вещество, которое он назвал «окисью сыра». В ходе анализа было установлено, что «окись сыра» содержит углерод (54,96%), водород (9,92%), азот (10,69%) и кислород. Вещество растворяется в воде и реагирует с растворами кислот и щелочей. Позже было установлено, данное вещество входит в состав всех природных белков. Сейчас «окись сыра» используется как пищевая добавка Е641 и как активатор мышечного роста (в бодибилдинге).

1. Установите молекулярную формулу «окиси сыра».
2. Предложите одну возможную структурную формулу «окиси сыра», если известно, что в состав молекулы входит третичный атом углерода и первичный атом азота. Ответ обоснуйте. Назовите вещество по систематической номенклатуре и приведите его тривиальное название, которое происходит от греческого слова leukos — «белый».

3) Напишите уравнения реакций взаимодействия «окиси сыра» с соляной кислотой и гидроксидом натрия. С какими еще веществами, кроме кислоты и щелочи, реагирует данное вещество? Приведите 3 реакции (вещества, реагирующие с «окисью сыра», должны принадлежать к разным классам). Во всех реакциях используйте структурные формулы органических веществ.

4) Какой стехиометрический закон открыл Пруст? Сформулируйте его.

***22 балла***

***Решение.***

1. Формула «окиси сыра» в общем виде CxHyNzOk.

Пусть масса вещества m(вещ) = 100 г.

Тогда m(C) = 54,96 г, m(H) = 9,92 г, m(N) = 10,69 г,

m(O) = 100 - 54,96 - 9,92 - 10,69 = 24,43 г;

n(C) = 54,96/12 = 4,58 моль,

n(H) = 9,92/1 = 9,92 моль,

n(N) = 10,69/14 = 0,764 моль,

n(O) = 24,43/16 = 1,527 моль.

X:y:z:k = 4,58: 9,92: 0,764: 1,527 = 6:13:1:2.

Простейшая формула C6H13NO2.

Такую формулу могут иметь нитроалканы и аминокислоты. Следовательно, простейшая формула является молекулярной. **(*3 б за вывод молекулярной формулы*).**

2) Описание свойств вещества (растворимо в воде, реагирует с кислотами и щелочами) свидетельствует о том, что искомое вещество – аминокислота. ***(2б)***

Т.к. оно входит в состав белков – это α-аминокислота ***(1б)***

В состав молекулы входит третичный углерод и первичный азот, то возможная структурная формула вещества – следующая:

 (***2 б за структурную формулу)***

Лейцин **(*1 б*)**, или2 (α)-амино-4-метилпентановая кислота **(*1 б*)**.

***(Если вместо лейцина приведена формула и название изолейцина, засчитывается с теми же баллами:***

 ***Изолейцин или 2(α)-амино-3-метилпентановая кислота)***

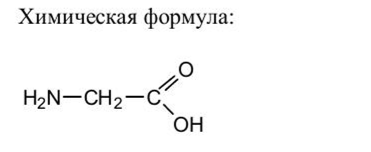
3)Уравнения реакций:

+ NaOH → CH3-CH(CH3)-CH2-CH(NH2)-COONa + H2O

 + HCl → [CH3-CH(CH3)-CH2-CH(N+H3)-COOH]Cl-

 + СH3OH → CH3-CH(CH3)-CH2-CH(NH2)-COOСH3 + H2O

2 + Na2CO3 → 2CH3-CH(CH3)-CH2-CH(NH2)-COONa + H2O + CO2

+→CH3-CH(CH3)-CH2-CH(NH2)-C(O)-NH-CH2-COOH + H2O

***По 2 балла за уравнение, всего не более 10 баллов. Принимаются другие уравнения реакций, характерные для аминокислот: с активными металлами и их оксидами, гидрокарбонатом и т.д. Если вместо лейцина взят изолейцин, тоже засчитывать.***

1. Пруст открыл закон постоянства состава ***(1 б)***:

«Вещества имеют постоянный количественный и качественный состав независимо от способа их получения» **(*1 б*).**

***Итого 22 балла***

**Задача 4**

*В науку погрузившись с головой,*

*Сижу и строю график свой*

*Кручу его, верчу и не могу понять –*

*Как скорость и объем бы мне связать?*

Окисление аммиака бромом протекает в соответствии с уравнением:8NH3(г) + 3Br2(ж) → 6NH4Br(к) + N2(г).

Реакцию проводят в закрытом сосуде. Как следует изменить объем сосуда, чтобы скорость реакции увеличилась в 50 раз? Приведите расчеты и рассуждения. Считать, что реакция является элементарной. ***10 баллов***

**Решение**

Согласно закону действующих масс, скорость реакции описывается выражением:

υ = k·сNH38·сBr23**(*2 б*)**

где k – константа скорости реакции, с(NH3) и с(Br2) – молярные концентрации аммиака и брома (моль/л).

Чтобы увеличить скорость реакции, необходимо уменьшить объем системы, т.е. увеличить давление и, тем самым, увеличить концентрацию газообразного компонента — NH3 **(*2 б*)**. Концентрация Br2при этом останется постоянной.

Пусть для увеличения скости реакции в 50 раз необходимо увеличить концентрацию аммиака в z раз.

При увеличении концентрации аммиака в z раз скорость реакции станет равна

υ´ = k·(z·сNH3)8·сBr23**(*2 б*)**

Отношение конечной и начальной скорости:

υ´/υ = k·(z·сNH3)8·сBr23/k·сNH38·сBr23=50 **(*2 б*)**

z 8=50

z 8=50, z=1,63.

Таким образом, чтобы увеличить скорость реакции в 50 раз, надо уменьшить объем сосуда в 1,63 раз **(*2 б*)**

***Если расчет не доведен до конца (не получено число 1,63), то за последнее действие 1 балл.***

***Итого 10 баллов***

**Задача 5**

*Скованные одной цепью….*

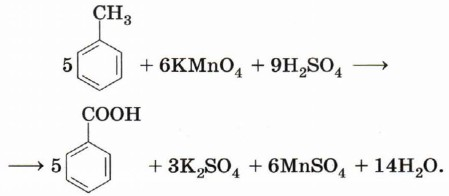
И. Кормильцев

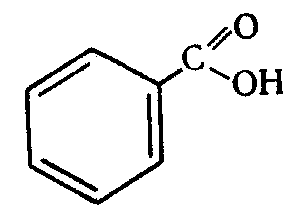
Приведите уравнения химических реакций, соответствующих данной схеме превращений. При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ. ***20 баллов***



**Решение:**

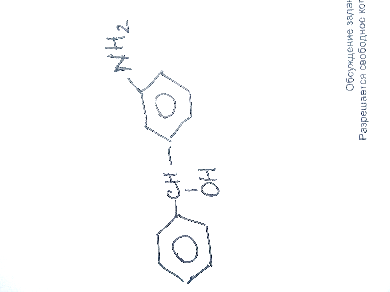
1)



2) 2+ CaH2 → + 2H2

3)   + CaCO3

4)  + НNO3 → + H2O

5) + 4H2 → 2H2O

***По 4 балла за реакцию, всего 20 баллов. Если в реакции отсутствуют коэффициенты – 2 балла. Если приведена вместо реакции схема – 1 балл.*** ***Итого 20 баллов***