

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.

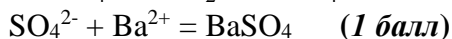
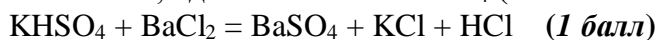
1) Определите возможные формулы солей, приведите объяснения.

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

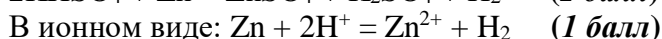
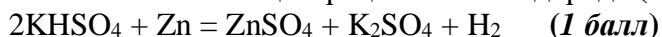
3) Вычислите массовые доли солей в исходной смеси, если массовая доля металла в ней составляет 32%. **22 балла**

Решение. Т.к. соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет, следовательно, это соли калия. Но ион калия не гидролизует, 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 – KHSO_4 (**2 балла за формулу соли, 2 б за рассуждения**).

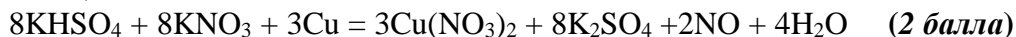


При взаимодействии с цинком гидросульфат калия будет давать водород, т.к. в растворе KHSO_4 велика концентрация ионов водорода (**1 б за рассуждения**):



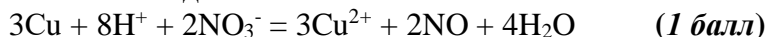
Медь может реагировать только с растворами кислот-окислителей, т.е. имеющими анион-окислитель, при этом водород не выделяется. Медь может растворяться в азотной кислоте. Следовательно, если в растворе имеются ионы H^+ и NO_3^- , то медь будет реагировать с этим раствором с выделением газа. Ионы H^+ в растворе имеются за счет диссоциации гидросульфата, значит, вторая соль - KNO_3 (**2 балла за формулу соли, 2 б за рассуждения**).

Реакция:



Реакцию с образованием NO_2 не принимать, т.к. NO_2 выделяется из концентрированных растворов азотной кислоты, чего не может быть в данном случае, т.к. речь идет о растворах солей.

В ионном виде:



Рассчитаем массовые доли, если $\omega(\text{K}) = 32\%$.

Пусть масса смеси = 100 г.

$$M(\text{KHSO}_4) \cdot v(\text{KHSO}_4) + M(\text{KNO}_3) \cdot v(\text{KNO}_3) = 100$$

$$M(\text{K}) \cdot v(\text{KHSO}_4) + M(\text{K}) \cdot v(\text{KNO}_3) = 32$$

$$136x + 101y = 100$$

$$39x + 39y = 32$$

$$x + y = 0,82$$

$$136x + 101(0,82 - x) = 100$$

$$136x + 82,87 - 101x = 100$$

$$35x = 17,13$$

$x = 0,49 = v(\text{KHSO}_4)$; $m(\text{KHSO}_4) = 0,49 \cdot 136 = 66,64$ г; $m(\text{KNO}_3) = 33,36$ г.

Расчет может быть выполнен иным способом

Ответ: $\omega(\text{KHSO}_4) = 66,64\%$; $\omega(\text{KNO}_3) = 33,36\%$ (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 **X** имеет плотность паров по воздуху 3,31. При сжигании навески **X** 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 **X** обесцвечивает бромную воду с образованием вещества **A** (реакция 1). 1 моль **X** 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 **X**, 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 **X**. Дайте необходимые пояснения к своему выбору. Назовите углеводород **X**.

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

4) Как в результате одностадийного синтеза из соединения **C** можно получить углеводород **X**? (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:

$n(\text{CO}_2) = 15,68 \text{ л} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,7$ моль, т.е. $n(\text{C}) = 0,7$ моль;

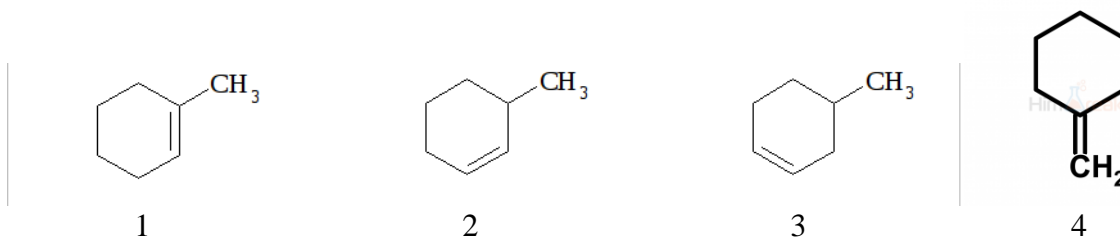
$n(\text{H}_2\text{O}) = 10,8 \text{ г} / 18 \text{ (г/моль)} = 0,6$ моль, т.е. $n(\text{H}) = 1,2$ моль (1 балл).

Следовательно, простейшая формула углеводорода **X** – C_7H_{12} (1 балл) ($M = 96$ г/моль).

Зная плотность углеводорода по воздуху, найдем истинную молярную массу углеводорода $M(\text{X}) = 3,31 \cdot 29 \text{ г/моль} = 96 \text{ г/моль}$ (1 балл).

Таким образом, молекулярная формула углеводорода **X** совпадает с простейшей – C_7H_{12} . (всего 3 балла за определение молекулярной формулы)

2) Поскольку углеводород **X** обесцвечивает бромную воду, можно предположить, что он является непредельным и содержит кратные связи. Известно, что при гидрировании 1 моль **X** 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 метиленициклогексан (4) (2 балла за объяснение):



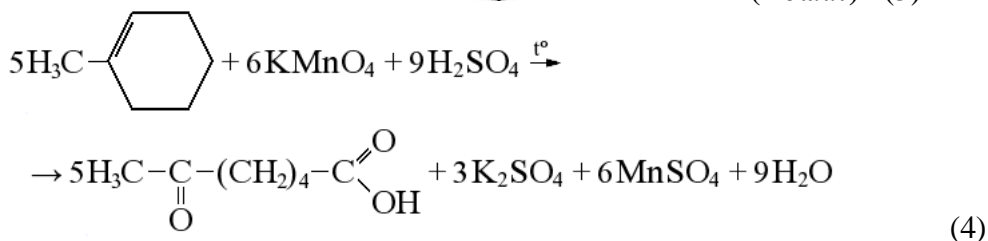
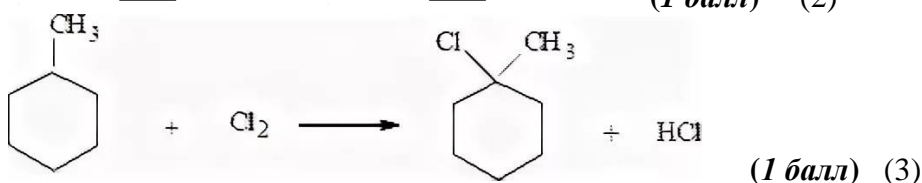
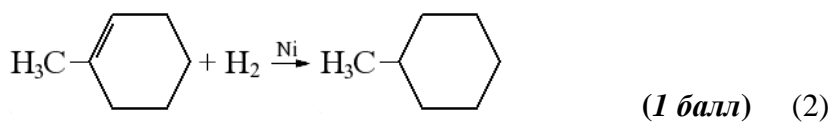
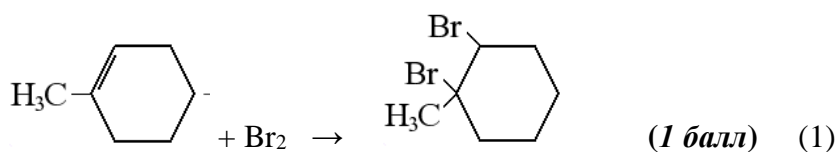
(по 2 балла за структурную формулу, всего 8 баллов)

3) При окислении углеводорода **X** 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.

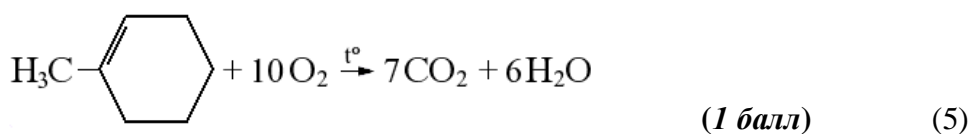
Таким образом, искомому углеводороду **X** соответствует формула 1,

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

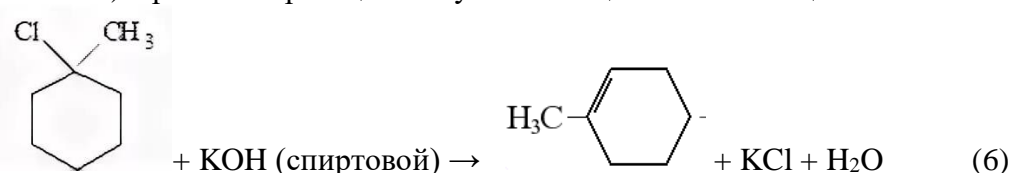
Уравнения реакций 1-5:



(2 балла, если неверные коэффициенты – 1 балл)



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



(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 открытием одного 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 «окси сыра».
- 2) Предложите одну возможную структурную формулу «окси 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 «окси 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 «окси сыра» в общем виде $C_xH_yN_zO_k$.

Пусть масса вещества $m(\text{вещ}) = 100$ 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.

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

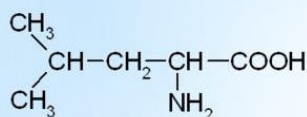
Простейшая формула $C_6H_{13}NO_2$.

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:

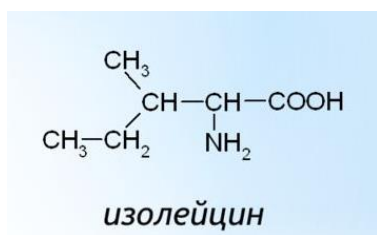


лейцин

(2 б за структурную формулу)

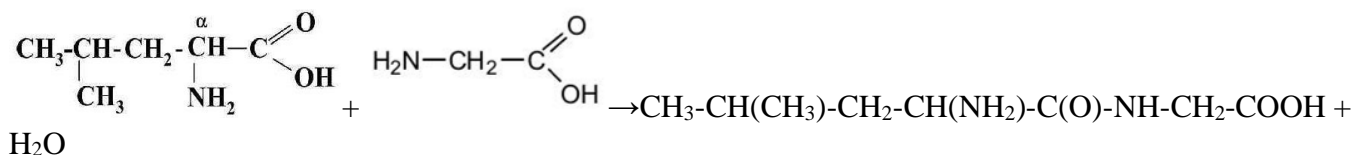
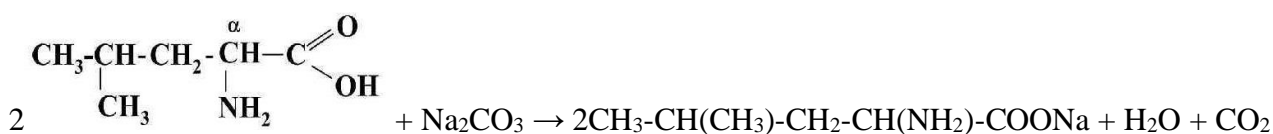
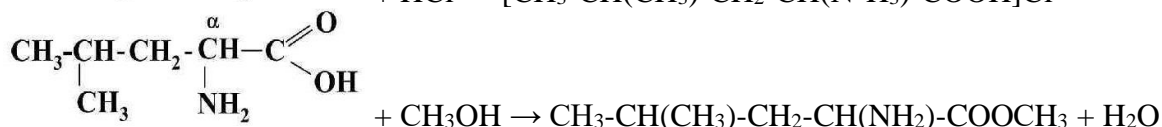
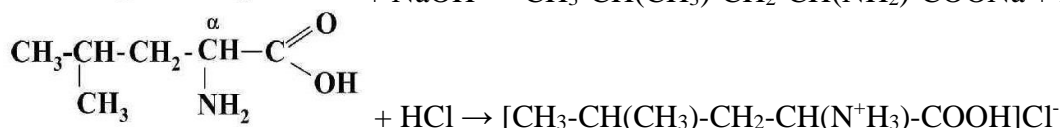
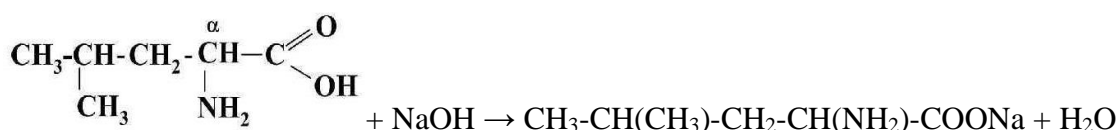
Лейцин (1 б), или 2 (α)-амино-4-метилпентановая кислота (1 б).

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



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

3) Уравнения реакций:



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.

4) Пруст открыл закон постоянства состава (1 б):

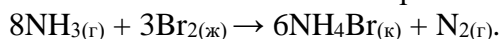
«Вещества имеют постоянный количественный и качественный состав независимо от способа их получения» (1 б).

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:



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:

$$v = k \cdot c_{\text{NH}_3}^8 \cdot c_{\text{Br}_2}^3 \quad (2 \text{ б})$$

где k – константа скорости реакции, $c(\text{NH}_3)$ и $c(\text{Br}_2)$ – 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 — NH_3 (2 б). Концентрация Br_2 при этом останется постоянной.

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

При увеличении концентрации аммиака в z раз скорость реакции станет равна

$$v' = k \cdot (z \cdot c_{\text{NH}_3})^8 \cdot c_{\text{Br}_2}^3 \quad (2 \text{ б})$$

Отношение конечной и начальной скорости:

$$v'/v = k \cdot (z \cdot c_{\text{NH}_3})^8 \cdot c_{\text{Br}_2}^3 / k \cdot c_{\text{NH}_3}^8 \cdot c_{\text{Br}_2}^3 = 50 \quad (2 \text{ б})$$

$$z^8 = 50$$

$$z^8 = 50, z = 1,63.$$

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.

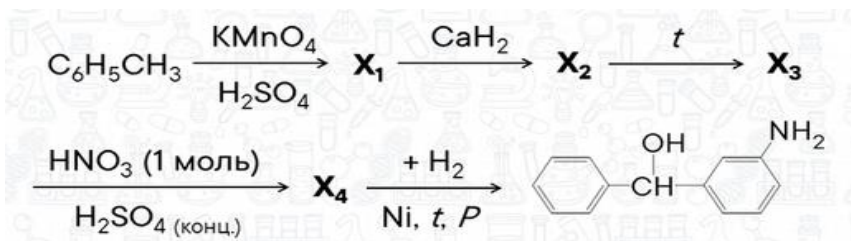
Итого 10 баллов

Задача 5

Скованные одной цепью....

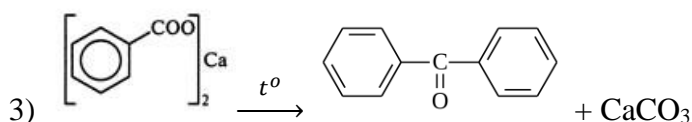
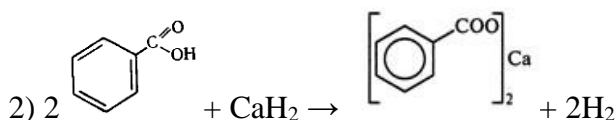
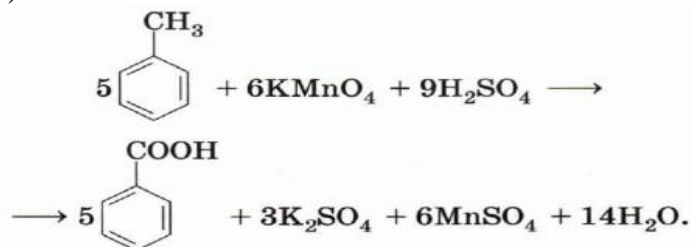
И. Кормильцев

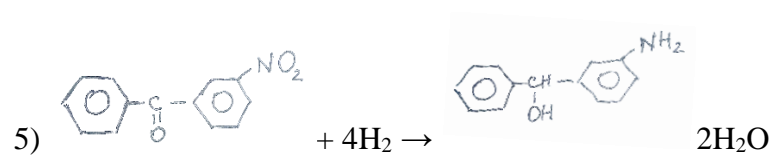
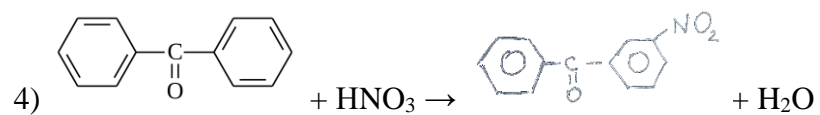
Приведите уравнения химических реакций, соответствующих данной схеме превращений. При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ. **20 баллов**



Решение:

1)





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