

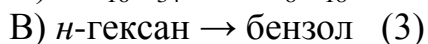
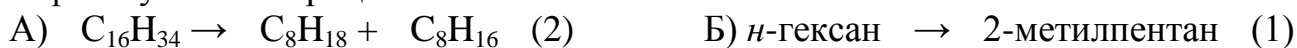
Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2023–2024 учебный год
Анализ (разбор) олимпиадных заданий
11 класс

1. Природные источники углеводородов. Нефть. Способы переработки нефти (10 баллов).

Выполните тест и ответьте на вопросы. Какова сущность следующих процессов (крекинг каталитический, пиролиз, коксование, риформинг, крекинг термический)? Почему в процессе термического крекинга $C_{20}H_{42}$ добавляют металл и водород. Напишите уравнение. Приведите уравнение расщепления алкана $C_{20}H_{42}$. Дайте алкану систематическое и традиционное название

1. Назовите физический способ переработки нефти
1) фракционирование 2) термический крекинг 3) каталитический крекинг 4) пиролиз
2. С увеличением температуры термического крекинга что происходит с молекулярной массой продуктов 1) не изменится 2) увеличивается 3) уменьшается 4) сначала уменьшается, потом увеличивается
3. Детонационная стойкость бензинов (октановое число) выше у бензинов, полученных в ходе процессов 1) термического крекинга 2) каталитического крекинга 3) фракционной перегонки 4) пиролиза
4. При термическом крекинге из молекулы алкана получается две молекулы 1) циклоалканов 2) алкана и алкена 3) алкана и алкина 4) алкенов
5. Переработка каменного угля - коксование, который протекает при нагревании угля 1) до 150° без доступа воздуха 2) до 150° на воздухе 3) до 1000° без доступа воздуха 4) до 1000° на воздухе
6. Перегруппировка атомов углерода характерна для следующих процессов. 1) фракционная перегонка 2) крекинг термический 3) крекинг каталитический 4) пиролиз
7. Наилучшую детонационную устойчивость имеет бензин с октановым числом: 1) 96 2) 80 3) 76 4) 92
8. Процесс получения 2,2,4-триметилпентана (изооктана) из нормального октана:
 $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3 \rightarrow (CH_3)_3C-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$
это процесс 1) ароматизации 2) расщепления 3) циклизации 4) изомеризации
9. Назовите для каких процессов характерны наиболее высокие температуры кипения 1) фракционная перегонка 2) термический крекинг 3) каталитический крекинг 4) пиролиз
10. Установите соответствие между схемой процесса при переработке нефти и названием этого процесса 1) изомеризация 2) расщепление 3) ароматизация

Ответ дайте в виде последовательности цифр, соответствующих буквам по алфавиту. Схема процесса.



Решение:

1. Ответы на тест

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	2	2	3	3	1	4	4	213

Ответы на вопросы

2. Сущность процессов

- Крекинг термический - химический процесс расщепления углеводородов температура (500° - 700°), давление (2-7 МПа).

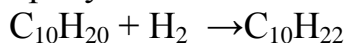
- Крекинг каталитический - химический процесс расщепления и изомеризации углеводородов в присутствии катализаторов – алюмосиликатов, температура (450°), давление 0,1 МПа).

- Пиролиз - химический процесс получения легких непредельных, соединений (этилена, пропилена) при температуре 1000°

- Коксование - химический процесс сухой перегонки угля при $1000 - 1200^{\circ}$ без доступа воздуха с образованием кокса, каменноугольной смолы (смесь органических веществ), аммиака.

- Риформинг - химический процесс ароматизации углеводородов в присутствии катализаторов (Pt).

3. В процессе термического крекинга молекула распадается на короткие молекулы алкана и алкена. Наряду с реакцией идет реакция гидрирования в присутствии катализатора (никель, кобальт). $C_{20}H_{42} \rightarrow C_{10}H_{22} + C_{10}H_{20}$



4. $C_{10}H_{22} \rightarrow C_{10}H_{20} + H_2$ $C_{20}H_{42}$ - Систематическое название – эйкозан.

Традиционное - дидецил

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Ответы на тест по 0,5 балла за каждый	5 баллов
2	Сущность 5 химических процессов. За каждый – 0,5 балла	2,5 балла
3	Обоснование добавления водорода и катализатора -0,5 балл + уравнение гидрирования -0,5 балла	1 балл
4	Расщепление алкана – 0,5 балла. Название традиционное, по систематике - 0,5 за каждое	1,5 балла
	Итого	10 баллов

Итого: 10 баллов

2. Спирты. Идентификация спиртов. Химия на службе здорового образа жизни (22 балла).

Каждый человек знает, что алкоголь вреден для здоровья, а алкоголизм - самая распространенная зависимость в мире. Одним из направлений здорового образа жизни является понимание роли спиртосодержащих продуктов на

здоровье человека. Так при изготовлении фальсифицированной алкогольной продукции производителями используют вещества, запрещенные ГОСТ. Здесь большую роль играют химические знания о классе спиртов, их влиянии на здоровье человека.

При анализе фальсифицированной водки был выделен плохо растворимый в воде продукт А, кипящий на 30°C выше, чем этанол. При реакции раствора в гексане 0,37 г продукта А с избытком натрия выделилось 56 мл горючего газа (н.у.).

При нагревании продукта А с избытком концентрированной серной кислоты получается легко сжижаемый газ Б. При реакции Б с хлороводородом образуется монохлорид В. Если его подвергнуть бромированию, то в продуктах реакции обнаружится только одно монохлормонобромпроизводное. Определите состав и возможное строение А, Б, В; напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения, название процессов. Предложите возможный способ получения вещества Б. Что Вы понимаете под сивушным маслом и спиртовом брожении?

Решение:

Способность вещества А взаимодействовать с металлическим натрием показывает, что это, скорее всего, спирт. Газ Б, реагирующий с хлороводородом с образованием монохлорпроизводного – алкен, тогда А – одноатомный спирт.

Уравнение реакции: $2 R-OH + 2 Na = 2 R-ONa + H_2 \uparrow$

$n(H_2) = V/V_M = 56 \cdot 10^{-3} / 22,4 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ моль

По уравнению реакции: $n(ROH) = 2n(H_2) = 5 \cdot 10^{-3}$ моль

Молярная масса спирта: $M = m/n = 0,37 \text{ г} / 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 74 \text{ г/моль}$,

$M(C_xH_y) = 74 - 17 = 57 \text{ г/моль}$

Такой молярной массе отвечает единственно возможный радикал, C_4H_9 бутил, т.о. А – один из бутиловых спиртов C_4H_9-OH . - бутанол

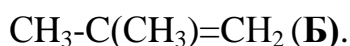
Уравнения реакций:

- 1) $C_4H_9-OH \rightarrow C_4H_8 + H_2O$ (H_2SO_4 как катализатор, при нагревании-дегидратации)
- 2) $C_4H_8 + HCl \rightarrow C_4H_9Cl$ (присоединение)
- 3) $C_4H_9Cl + Br_2 \rightarrow C_4H_8ClBr + HBr$ (при освещении, нагревании – замещение)

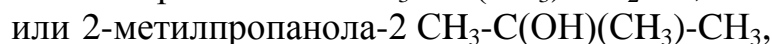
При этом одно соединение полученное в этой реакции говорит о том, что все атомы углерода в исходном C_4H_9Cl равноценны.

Таким соединением является $(CH_3)_3CCl$ – 2-хлор-2-метилпропан (**В**).

Это означает, что алкен C_4H_8 , который получен в первой реакции это 2-метилпропен



2-Метилпропен можно получить дегидратацией:



Водочный спирт, получаемый брожением, загрязнен как правило сивушными маслами, представляющими собой первичные спирты, а также альдегиды и кетоны. Наиболее вероятный состав **A** 2-метилпропанол-1.

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Присутствие рассуждений: <ul style="list-style-type: none"> ➤ о взаимодействии спиртов с натрием – 1 балл ➤ о газе Б – 1 балл ➤ А – одноатомный спирт – 1 балл 	3 балла
1	Уравнение $2 \text{R-OH} + 2 \text{Na} = 2 \text{R-ONa} + \text{H}_2$ -1 балл. Расчеты $n(\text{ROH}), (\text{H}_2)$ – по 1 баллу за каждый	3 балла
2	Расчет $M(\text{ROH})$ - 1 балл, радикала $M(\text{C}_x\text{H}_y)$ – 1 балл	2 балла
3	Обоснование бутил радикала и бутанола – по 1 баллу за каждый. A – $\text{C}_4\text{H}_9\text{-OH}$ - бутанол	2 балла
4	За три уравнения с условиями по 1 баллу за каждый	3 балла
5	Обоснование равноценности атомов углерода в $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ на основе продукта реакции – 2 балла	2 балла
6	Составление формулы и названия $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$ – 2-хлор-2-метилпропан (B) - 2 балла	2 балла
7	Доказательства исходного алкена C_4H_8 , как 2-метилпропена – 1 балл, структура (B) $\text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ – 1 балл.	2 балла
8	2-Метилпропен получают дегидратацией 2-метилпропанола-1 – 0,5 балла $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{OH}$, 2- метилпропанола-2 $\text{CH}_3\text{-C}(\text{OH})(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$, – 0,5 балла	1 балл
9	Спиртовое брожение – это процесс превращения глюкозы под действием ферментов, вырабатываемых дрожжами в этиловый спирт и углекислый газ в анаэробной (бескислородной) среде – 0,5 балла. Уравнение – 0,5 балла $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$	1 балл
10	Сивушные масла – побочные продукты спиртового брожения, смесь первичных спиртов $\text{C}_3\text{-C}_{10}$, в большей степени первичных, загрязняющих водочный спирт, альдегидов и кетонов	1 балл
	Итого	22 балла

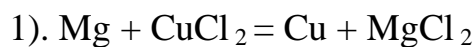
Итого: 22 балла

3. Химические растворы. Массовая доля. Химическая активность металлов в растворах солей (16 баллов).

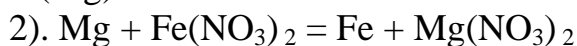
В 300г раствора, содержащего нитрат железа(II) (массовая доля соли 6%) и хлорид меди(II) (массовая доля соли 9%), поместили опилки магния, масса

которых равна 6 г. Определите массу металлического осадка по окончании реакции.

Решение:



$$m(\text{Mg}) = 6 \text{ г}$$



2. Вычислим массы и количества веществ солей, содержащихся в растворе, а также количество вещества внесённого в раствор магния:

$$m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{CuCl}_2) = 300 \text{ г} \cdot 9\% / 100\%$$

$$m(\text{CuCl}_2) = 27 \text{ г.}$$

$$m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 300 \text{ г} \cdot 6\% / 100\%$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 18 \text{ г.}$$

$$m(\text{CuCl}_2) = 27 \text{ г}$$

$$n(\text{CuCl}_2) = m/M(\text{CuCl}_2) = 27 \text{ г} / 135 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 18 \text{ г}$$

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = m/M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 18 \text{ г} / 180 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Mg}) = 6 \text{ г}$$

$$n(\text{Mg}) = m/M(\text{Mg}) = 6 \text{ г} / 24 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ моль.}$$

3. Сравнение количества вещества магния и количества вещества солей. Количество вещества магния меньше общего количества растворённых солей. По уравнениям реакций, количество вещества магния равно количеству вещества реагирующей с ним соли.

4. Вывод - магний прореагирует полностью, а одна из солей окажется в избытке.

5. Медь в ряду стандартных электродных потенциалов располагается правее железа, катионы меди Cu^{2+} восстанавливаются легче, чем катионы железа Fe^{2+} . С магнием будет реагировать хлорид меди(II), он прореагирует полностью, а нитрат железа(II) окажется в избытке.

6. Найдём количество вещества магния, прореагировавшего с хлоридом меди(II), а также количество вещества и массу выделившейся при этом меди:

$$n_1(\text{Mg}) = 1$$

$$n(\text{MgCl}_2) = 1, \text{ следовательно, } n_1(\text{Mg}) = n(\text{CuCl}_2) = 0,2 \text{ моль.}$$

$$n_1(\text{Cu}) = 1$$

$$n(\text{CuCl}_2) = 1, \text{ следовательно, } n(\text{Cu}) = n(\text{CuCl}_2) = 0,2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 12,8 \text{ г.}$$

7. Найдём количество вещества магния, вступившего в реакцию с нитратом железа(II):

$$n_2(\text{Mg}) = n(\text{Mg}) - n_1(\text{Mg}) = 0,25 \text{ моль} - 0,2 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль.}$$

6. Найдём количество вещества нитрата железа(II), прореагировавшего с магнием, количество вещества и массу образовавшегося при этом железа:

$$n_{\text{прореаг}}(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 1$$

$$n_2(\text{Mg}) = 1, \text{ следовательно, } n_{\text{прореаг}}(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Mg}) = 0,05 \text{ моль;}$$

$$n(\text{Fe}) = 1$$

$$n_{\text{прореаг}}(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 1, \text{ следовательно, } n(\text{Fe}) = n_{\text{прореаг}}(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 0,05 \text{ моль;}$$

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 2,8 \text{ г.}$$

7. Найдём массу металлического осадка, который будет состоять из выделившегося в результате реакции меди и железа:

$$m(\text{осадка}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Fe}) = 12,8 \text{ г} + 2,8 \text{ г} = 15,6 \text{ г.}$$

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1.	Составление уравнений за каждое по 0,5 балла	1 балл
2.	Вычисление массы и количества веществ CuCl_2 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ - по 1 баллу за каждое. Магния – 0,5 балла.	2,5 балла
3.	Сравнение количество вещества магния и количества вещества солей.	1 балл
4.	Рассуждения - какая соль с магнием будет реагировать полностью – 2 балла, Нитрат железа(II) в избытке – 2 балла	4 балла
5.	Расчет количества магния, прореагировавшего с хлоридом меди(II) – 1 балл. Расчет количество меди – 1 балл, массу выделившейся меди - 1 балл	3 балла
6.	Расчет количества магния, вступившего в реакцию с нитратом железа(II)	1 балл
5.	Расчет количества вещества нитрата железа(II) прореагировавшего с магнием -1балл, количество вещества железа – 1 балл, массу образовавшегося железа – 1 балл	3 балла
6	Расчет общей массы металлического осадка	0,5 балла
	Итого	16 баллов

Итого: 16 баллов

4. Вывод формулы органического вещества (20 баллов).

Органическое вещество X содержит 55,81% углерода, 37,21% кислорода. При взаимодействии X с гидроксидом натрия образуется три продукта (А, Б, В) в соотношении 1 : 1 : 1. Вещество Б имеет состав - $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na}$, Вещество В имеет состав - CO_2HNa . На основании данных в задаче:

1. Проведите необходимые вычисления и установите молекулярную формулу органического вещества X.

2. Составьте молекулярную и структурную формулу вещества X, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле.

3. Дайте название всем полученным веществам (А, Б, В).
4. Напишите уравнение реакции вещества X с гидроксидом натрия, используя структурную формулу вещества.
5. Составьте уравнение взаимодействия вещества А с этановой кислотой. Назовите продукт реакции по систематической номенклатуре. Назовите тип реакции.

Решение:

Общая формула вещества

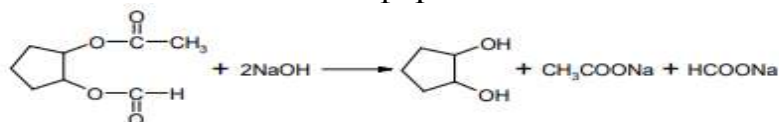
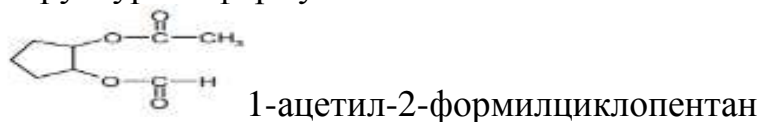
$$C_xH_yO_z \omega(H) = 100\% - 55,81\% - 37,21\% = 6,98\%$$

$$x : y : z = 55,81 / 12 : 6,98 / 1 : 37,21 / 16 = 4,651 : 6,98 : 2,326 = 2 : 3 : 1 = 4 : 6 : 2$$

Простейшая формула $C_4H_6O_2$ не удовлетворяет условию задачи

Молекулярная формула: $C_8H_{12}O_4$

Структурная формула:

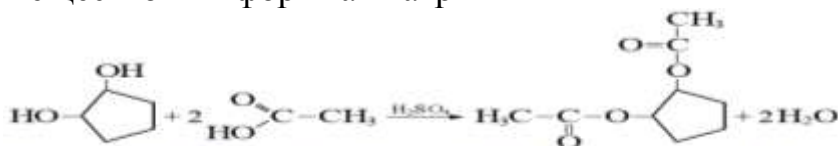


Вещество X - 1-ацетил-2-формилциклопентан

Вещество А - циклопентандиол -1, 2

Вещество Б - ацетат натрия

Вещество В - формиат натрия



Реакция этерификации

Циклопентандиол-1,2 + этановая кислота → 1,2-диацетилциклопентан

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Вычисления (простейшая формула) – 2 балла, установление истинной формулы – 2 балла и структурная формула вещества X – 2 балла.	6 баллов
2	Название X - 3 балла	3 балла
3	Уравнение вещества X с гидроксидом натрия, используя структурную формулу вещества – 2 балла.	2 балла
3	Название полученным веществам (А – 2 балла, Б – 1 балл, В – 1 балл).	4 балла
4	Уравнение реакции А с этановой кислотой – 2 балла.	2 балла
5	Название продуктов по систематической номенклатуре – 2 балла.	2 балла
6	Название типа реакции – 1 балл.	1 балл
	Итого	20 баллов

Итого: 20 баллов

5. Химическое равновесие. Обратимость химических реакций. Влияние внешних факторов на равновесные системы (5 баллов).

Дополните таблицу, считая, что указанные системы находятся в состоянии равновесия. Сформулируйте термодинамический принцип подвижного равновесия. В честь каких ученых он получил свое название?

№	Равновесная система	Добавляемый реагент или изменение условий	Влияние на систему, концентрацию
1	$2\text{NH}_3(\text{г.}) \leftrightarrow 3\text{H}_2(\text{г.}) + \text{N}_2(\text{г.})$	$\text{H}_2(\text{г.})$	
2	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{NH}_3(\text{г.}) \leftrightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq})$	CuSO_4 (тв.)	
3	$\text{PbSO}_4(\text{тв.}) + \text{H}^+(\text{aq}) \leftrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (aq)	
4	$\text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{I} - 37 \text{ ккал}$	нагревание	
5	$4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + 2\text{Cl}_2(\text{г.})$	$\text{O}_2(\text{г.})$	
6	$\text{CO}(\text{г.}) + \text{NO}_2(\text{г.}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{г.}) + \text{NO}(\text{г.})$	повышение давления	
7	$2\text{SO}_2(\text{г.}) + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{г.})$	увеличение количества катализатора V_2O_5	
8	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$	удаление сложного эфира перегонкой	

Решение:

1. Равновесие сместится влево; выход продуктов в реакции разложения NH_3 уменьшится.
2. Равновесие сместится вправо вследствие увеличения концентрации ионов $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ при растворении CuSO_4 ; концентрация $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq})$ возрастет.
3. Концентрация ионов $\text{H}^+(\text{aq})$ возрастет. Равновесие сместится влево
4. Равновесие сместится вправо; концентрация атомов $\text{I}(\text{г.})$ возрастет.
5. Равновесие сместится вправо; выход продуктов в реакции образования Cl_2 увеличится.
6. Поскольку реакция идет без изменения числа молей (и, следовательно, объема смеси), изменение давления не повлияет на равновесие.
7. Поскольку катализатор ускоряет достижение равновесия, но не вызывает его смещения, увеличение количества катализатора не приведет к изменению равновесных концентраций веществ.
8. Равновесие сместится вправо; выход сложного эфира повысится.

Термодинамический принцип (1884) получил свое название в честь ученых Анри Ле Шателье (Франция) Карла Брауна

Принцип Ле Шателье – Брауна. Если на систему, находящуюся в устойчивом равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия (температура, давление, концентрация, внешнее электромагнитное поле), то в системе усиливаются процессы, направленные в сторону противодействия изменениям.

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	За каждый правильный ответ – 0,5 балла	4 балла

2	Принцип Ле-Шателье – Брауна, формулировка -0,5 балла, ученые 0,5 балла	1 балл
	Итого	5 баллов

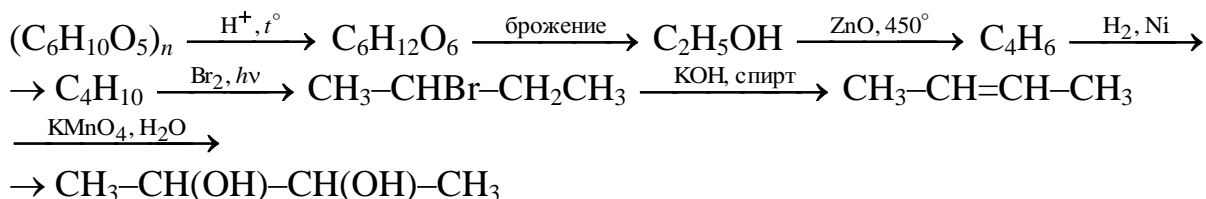
Итого: 5 баллов

6. Генетическая связь классов органических веществ. Химические процессы (15 баллов).

Химические знания необходимы для осуществления технологических процессов с учетом экономии, экологии, рациональных методов для получения материалов, предметов потребления. Основной тенденцией развития химических процессов - это решение глобальных проблем современности через приемы экономии ресурсов на основе учета генетической взаимосвязи классов неорганических, органических веществ. Используя в превращениях органические вещества и неорганические реагенты, катализаторы, разработайте схему превращений как из целлюлозы получить 2,3-бутандиол. Составьте схему превращений. Назовите последовательность стадий. Назовите типы превращений.

Решение:

Схема превращений



1. **Гидролиз полисахарида** —целлюлозы в кислой среде:



2. **Брожение** $n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$

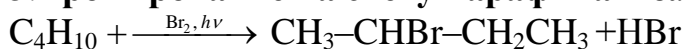
3. **Каталитическое разложение** этилового спирта



по способу С.В. Лебедева.

4. **Реакция гидрирования** $\text{C}_4\text{H}_6 + \text{H}_2 = \text{C}_4\text{H}_{10}$

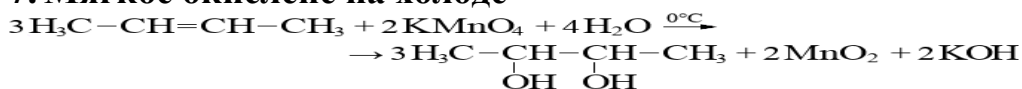
5. **Бромирование на свету парафина** - замещения - получение 2- бромбутана



6. **Дегидрогалогенирование** под действием спиртового раствора щелочи



7. Мягкое окисление на холоде



Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	Общая схема по 1 баллу за каждое правильное предложение	7 баллов
2	Тип реакций и условий - 7 реакций по 0,5 балла	3,5 баллов
3	Запись уравнений - 7 по 0,5 балла	3,5 балла
	Приведение исторических фактов, именных реакций (реакция Лебедева)	1 балл
	Итого	15 баллов

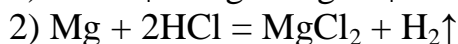
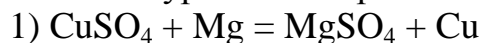
Итого: 15 баллов

7.Соли. Кристаллогидраты. Химические свойства (12 баллов).

К 20%-ному раствору соли, полученному при растворении в воде 50 г медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), добавили 14,4 г магния. После завершения реакции к полученной смеси прибавили 146 г 25%-ного раствора хлороводородной кислоты. Определите массовую долю хлороводорода в образовавшемся растворе. (Процессами гидролиза пренебречь.)

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций:



Рассчитаем количество вещества медного купороса и магния, взятых для реакции (1):

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) / M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г} / 250 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}) = m(\text{Mg}) / M(\text{Mg}) = 14,4 \text{ г} / 24 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции (1) $n(\text{CuSO}_4) = n(\text{Mg})_{\text{прореаг.}}$, при этом учитываем, что $n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$. Следовательно, медный купорос находится в недостатке, в то же время магний прореагировал не полностью. Рассчитаем количество непрореагировавшего количества вещества магния (расчет ведем по недостатку соли):

$$n(\text{Mg})_{\text{ост.}} = n(\text{Mg}) - n(\text{Mg})_{\text{прореаг.}} = 0,6 \text{ моль} - 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$$

Определим исходную массу раствора сульфата меди:

$$m(\text{CuSO}_4)_{\text{р-ра}} = m(\text{CuSO}_4) / w(\text{CuSO}_4)$$

$$m(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4) = 0,2 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 32 \text{ г}$$

$$m(\text{CuSO}_4)_{\text{р-ра}} = (32 \text{ г} / 20 \%) \cdot 100 \% = 160 \text{ г}$$

Определим массу выделившейся по реакции (1) меди:

$$n(\text{Cu}) = n(\text{Mg})_{\text{прореаг.}} = n(\text{CuSO}_4) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 12,8 \text{ г}$$

Рассчитаем массу и количество вещества хлороводородной кислоты, взятой для реакции:

$$m(\text{HCl})_{\text{исх.}} = m(\text{HCl})_{\text{р-ра}} \cdot w(\text{HCl})_{\text{исх.}} = 146 \text{ г} \cdot 25 \% / 100 \% = 36,5 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl})_{\text{исх.}} = m(\text{HCl})_{\text{исх.}} / M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г} / 36,5 \text{ г/моль} = 1 \text{ моль}$$

Вычислим количество вещества реагирующей хлороводородной кислоты согласно уравнению реакции (2):

$$n(\text{HCl})_{\text{прореаг.}} = 2 \cdot n(\text{Mg})_{\text{ост.}} = 2 \cdot 0,4 \text{ моль} = 0,8 \text{ моль}$$

Отмечаем, что исходное количество вещества HCl превышает требуемое для реакции количество (1 моль > 0,8 моль). Следовательно, магний находится в недостатке, он полностью прореагирует по реакции (2).

$$\text{Определим } n(\text{HCl})_{\text{ост.}} = n(\text{HCl})_{\text{исх.}} - n(\text{HCl})_{\text{прореаг.}} = 1 \text{ моль} - 0,8 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl})_{\text{ост.}} = n(\text{HCl})_{\text{ост.}} \cdot M(\text{HCl}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 7,3 \text{ г}$$

Определим массу водорода, выделяющегося в результате протекания реакции (2): $n(\text{H}_2) = n(\text{Mg})_{\text{ост.}} = 0,4 \text{ моль}$

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,8 \text{ г}$$

Рассчитаем массу раствора после протекания реакций (1) и (2):

$$m(\text{р-ра})_{\text{ост.}} = m(\text{CuSO}_4)_{\text{р-ра}} + m(\text{Mg}) - m(\text{Cu}) + m(\text{HCl})_{\text{р-ра}} - m(\text{H}_2) = 160 \text{ г} + 14,4 \text{ г} - 12,8 \text{ г} + 146 \text{ г} - 0,8 \text{ г} = 306,8 \text{ г}$$

Найдем искомую массовую долю хлороводорода в образовавшемся растворе:

$$w(\text{HCl}) = m(\text{HCl})_{\text{ост.}} / m(\text{р-ра})_{\text{ост.}} = 7,3 \text{ г} / 306,8 \text{ г} = 0,0238 \text{ или } 2,38\%$$

Система оценивания:

	Элементы решения	Баллы
1	2 уравнения по 0,5 балла	1 балл
2	Расчет количество вещества медного купороса и магния, взятых для реакции (1) по 0,5 балла	1 балл
3	Расчет количество непрореагировавшего количества вещества магния (по недостатку)	1 балл
4.	Определение исходной массы раствора сульфата меди	1 балл
5	Определение массы выделившейся по уравнению (1) меди	1балл
6	Расчет массы и количества вещества хлороводородной кислоты, взятой для реакции	1балл
7	Расчет количество вещества реагирующей HCl – по уравнению (2) – 0,5 балла. Доказываем, что магний находится в недостатке – 0,5 балла	1балл
8	Расчет количество вещества HCl, оставшееся после реакции (2) – 0,5 балла. Расчет массы остатка HCl - 0,5 балла	1 балл
9	Расчет $n(\text{HCl})_{\text{ост}}$ и массы	1 балл

10	Расчет массы водорода, выделяющегося в реакции (2)	1 балл
11	Расчет массы раствора после протекания реакций (1) и (2)	1 балл
12	Расчет массовой доли хлороводорода	1 балл
	Итого	12 баллов

Итого: 12 баллов

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Итого
Максимальное кол-во баллов	10	22	16	20	5	15	12	100