

Единый государственный экзамен по ХИМИИ

Инструкция по выполнению работы

Экзаменационная работа состоит из двух частей, включающих в себя 34 задания. Часть 1 содержит 28 заданий с кратким ответом, часть 2 содержит 6 заданий с развёрнутым ответом.

На выполнение экзаменационной работы по химии отводится 3,5 часа (210 минут).

Ответом к заданиям части 1 является последовательность цифр или число. Ответ запишите по приведённым ниже образцам в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в бланк ответов № 1.

Последовательность цифр в заданиях 1–25 запишите без пробелов, запятых и других дополнительных символов.

Ответы к заданиям 29-34 включают в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.

При выполнении работы используйте Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева, таблицу растворимости солей, кислот и оснований в воде, электрохимический ряд напряжений металлов. Эти сопроводительные материалы прилагаются к тексту работы.

Для вычислений используйте непрограммируемый калькулятор.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

Желааем успеха!

Ответом к заданиям 1–25 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Последовательность цифр записывайте без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Цифры в ответах на задания 7, 8, 10, 14, 15, 19, 20, 22–25 могут повторяться.

1 Определите, атомы каких из указанных в ряду элементов в основном состоянии имеют одинаковое число валентных неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне:

- 1) S 2) Sb 3) Br 4) Fe 5) Cr

Запишите в поле ответа номера выбранных элементов.

Ответ:

2 Из указанных в ряду химических элементов выберите три элемента с наибольшим радиусом атомов.

- 1) N 2) Rb 3) P 4) Ca 5) Bi

Расположите выбранные элементы в порядке усиления восстановительных свойств соответствующих им простых веществ.

Запишите в поле ответа номера выбранных элементов в нужной последовательности.

Ответ:

3 Из числа указанных в ряду элементов выберите два таких, высшая степень окисления которых равна +2.

- 1) O 2) Zn 3) Fe 4) Cr 5) S

Запишите в поле ответа номера выбранных элементов.

Ответ:

4

Из предложенного перечня выберите два вещества с наиболее полярными связями:

- 1) H_2O
- 2) NH_3
- 3) PH_3
- 4) H_2Se
- 5) HF

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

--	--

5

Среди предложенных названий веществ, расположенных в пронумерованных ячейках, выберите формулы оксидов: А) основного; Б) несолеобразующего; В) кислотного.

1 оксид марганца(IV)	2 оксид хрома(III)	3 оксид магния
4 оксид углерода(II)	5 оксид цинка	6 оксид алюминия
7 оксид железа(III)	8 оксид берилия	9 оксид хрома(VI)

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

--	--	--

6

В пробирку с бесцветным раствором вещества X добавили раствор ацетата свинца, наблюдая при этом образование желтого осадка. Во вторую пробирку с окрашенным раствором вещества Y добавили раствор ацетата бария, что также сопровождалось образованием желтого осадка. Из предложенного перечня выберите вещества X и Y , которые могут вступать в описанные реакции.

- 1) сероводород
- 2) хлорид аммония
- 3) хромат натрия
- 4) йодид калия
- 5) перманганат натрия

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

--	--

7

Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВЕЩЕСТВО РЕАГЕНТЫ

- | | |
|-----------------------------|--|
| А) SO_2 | 1) O_2 , KOH , $\text{Br}_{2(\text{р-р})}$ |
| Б) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ | 2) CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ |
| В) Li | 3) S , KOH , O_2 |
| Г) ZnI_2 | 4) NaOH , HCl , CaO |
| | 5) CH_3OH , P , H_2O |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

--	--	--	--

8

Установите соответствие между исходными веществами и продуктами их возможного взаимодействия: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

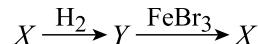
- | | |
|--|----------------------------|
| A) $\text{SO}_2 + \text{HNO}_3$ _(конц.) | 1) кислота + оксид + вода |
| Б) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ _(р-р) + SO_2 | 2) оксид + гидроксид |
| В) $\text{SO}_2 + \text{Br}_2$ _(р-р) | 3) соль + простое вещество |
| Г) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ | 4) кислота + кислота |
| | 5) соль + кислота |
| | 6) вода + кислота |
| | 7) простое вещество + вода |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В	Г

Ответ:

9 Задана следующая схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y .

- 1) фосфор
- 2) сера
- 3) фосфин
- 4) бромоводород
- 5) сероводород

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

X	Y

Ответ:

10

Установите соответствие между формулой вещества и классом/группой органических соединений, к которому(-ой) это вещество принадлежит: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- | | |
|--|---|
| ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА | КЛАСС/ГРУППА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ |
| А) $(\text{CH}_3)_2\text{CHC}_6\text{H}_5$ | 1) карбонильные соединения |
| Б) $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ | 2) ароматические углеводороды |
| В) $(\text{CH}_3)_3\text{CCHO}$ | 3) циклоалканы |
| | 4) спирты |
| | 5) карбоновые кислоты |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В

Ответ:

11

Из предложенного перечня соединений выберите два таких, молекулы которых содержат атомы углерода в состоянии sp^3 -гибридизации.

- 1) ацетилен
- 2) этилен
- 3) изопрен
- 4) хлоропрен
- 5) этан

Запишите номера выбранных ответов.

--	--

Ответ:

12 Из предложенного перечня соединений выберите все, которые реагируют с водным раствором гидроксида натрия.

- 1) метанол
- 2) фенилхлорметан
- 3) бутандиол-1,4
- 4) фенол
- 5) метилэтиловый эфир
- 6) этилэтоаноат

Запишите в поле ответа номера выбранных ответов.

Ответ: _____

13 Из предложенного перечня выберите соединения, которые можно обнаружить в продуктах гидролиза природного жира под действием соляной кислоты.

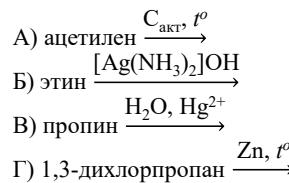
- 1) пальмитиновая кислота
- 2) глицин
- 3) 1,2,3-трихлорпропан
- 4) пропиленгликоль
- 5) глицерин

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

14 Установите соответствие между схемой реакции и органическим продуктом, образующимся в результате нее: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

СХЕМА РЕАКЦИИ



ПРОДУКТ

- 1) толуол
- 2) пропанон
- 3) этаноат серебра
- 4) ацетиленид серебра
- 5) пропаналь
- 6) бензол
- 7) 1,3,5-тритметилбензол
- 8) пропин
- 9) циклопропан

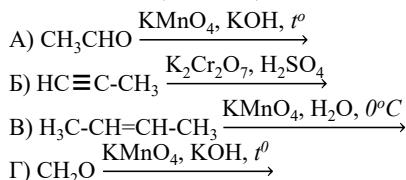
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

A	Б	В	Г

Ответ:

15 Установите соответствие между схемой реакции и углеродсодержащими продуктами, которые образуются в результате нее: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТ(-Ы) РЕАКЦИИ

- 1) углекислый газ
- 2) уксусная кислота
- 3) уксусная кислота и углекислый газ
- 4) карбонат калия
- 5) бутандиол-2,3
- 6) этаноат калия

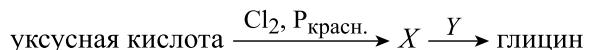
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

A	Б	В	Г

Ответ:

16

Задана следующая схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y .

- 1) HCl
- 2) CH_3NH_2
- 3) NH_3
- 4) ClCH_2COOH
- 5) H_2O

Запишите в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.

Ответ:	X	Y

17

Установите соответствие между типами реакций и парой реагентов, взаимодействие которых к ким относится: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ТИПЫ РЕАКЦИЙ

- А) ОВР,
диспропорционирования
Б) гидролиза, гетерогенная
В) без изменения степеней
окисления, экзотермическая

РЕАГЕНТЫ

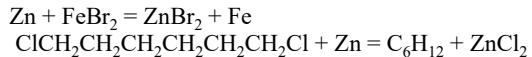
- 1) углерод и конц. раствор гидроксида калия
- 2) фосфор и конц. раствор гидроксида натрия
- 3) этилацетат и раствор гидроксида калия
- 4) фосфид алюминия и раствор гидроксида лития

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:	A	B	V

18

Из предложенного перечня воздействий выберите все такие, которые приведут к увеличению скорости обеих реакций:



- 1) увеличение давления
- 2) увеличение концентрации ионов цинка
- 3) измельчение цинка
- 4) измельчение железа
- 5) нагревание

Ответ: _____

19

Установите соответствие между уравнением реакции и свойством железа в этой реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ

- А) $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$
Б) $2\text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{HCl} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
В) $\text{FeO} + 2\text{HBr} \rightarrow \text{FeBr}_2 + \text{H}_2\text{O}$

СВОЙСТВО ЖЕЛЕЗА

- 1) окислитель
- 2) восстановитель
- 3) и окислитель, и восстановитель
- 4) не проявляет окислительно-восстановительных свойств

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:	A	B	V

20

Установите соответствие между формулой соли и продуктами, выделяющимися на электродах при электролизе водного раствора этой соли: к соответствующей позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЛИ

- А) CH_3COOLi
Б) FeSO_4
В) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$

ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- 1) $\text{Fe}, \text{SO}_2, \text{O}_2, \text{H}_2$
- 2) $\text{H}_2, \text{CO}_2, \text{C}_2\text{H}_6$
- 3) $\text{Fe}, \text{H}_2, \text{O}_2$
- 4) H_2, O_2
- 5) $\text{Na}, \text{H}_2, \text{O}_2$
- 6) $\text{Zn}, \text{H}_2, \text{O}_2$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:	A	B	V

Для выполнения задания 21 используйте следующие справочные данные.

Концентрация (молярная, моль/л) показывает отношение количества растворённого вещества (*n*) к объёму раствора (*V*).

pH («пэ аш») – водородный показатель; величина, которая отражает концентрацию ионов водорода в растворе и используется для характеристики кислотности среды.

Шкала pH водных растворов электролитов



21

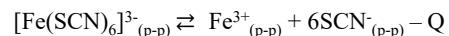
Для смесей, приведённых в перечне, определите характер среды их водных растворов, имеющих одинаковую концентрацию всех компонентов (моль/л).

- 1) гипохлорит калия и хлорид калия
- 2) йодид калия и йодид алюминия
- 3) йодид цезия и йодоводород
- 4) глюкоза и ацетон

Запишите номера веществ в порядке убывания значения pH их водных растворов.

Ответ: → → →

Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему



и направлением смещения химического равновесия в результате этого воздействия: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СИСТЕМУ

- А) увеличение температуры
- Б) уменьшения давления
- В) добавление твердого NH_4SCN
- Г) добавление кислотно-основного индикатора

НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- 1) в сторону обратной реакции
- 2) в сторону прямой реакции
- 3) практически не смещается

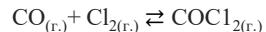
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

A	Б	В	Г

Ответ:

23

В замкнутый реактор, содержащий катализатор, поместили смесь угарного газа, хлора и фосгена (COCl_2), затем нагрели. В результате протекания обратимой реакции



в системе установилось равновесие. При этом исходные концентрации хлора и фосгена (COCl_2) были равны 0,6 моль/л и 0,4 моль/л, а равновесные концентрации фосгена (COCl_2) и угарного газа 0,1 моль/л и 0,7 моль/л соответственно.

Определите исходную концентрацию угарного газа (*X*) и равновесную концентрацию хлора (*Y*).

Выберите из списка номера правильных ответов:

- 1) 0,1 моль/л
- 2) 0,2 моль/л
- 3) 0,3 моль/л
- 4) 0,4 моль/л
- 5) 0,5 моль/л
- 6) 0,9 моль/л

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

X	Y

Ответ:

24

Установите соответствие между формулами веществ и реагентом, с помощью которого можно различить эти вещества: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ

А) $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ и $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$ Б) ZnCl_2 и AlCl_3 В) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ и $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHON}-\text{CH}_2\text{OH}$ Г) $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$ и $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$

РЕАКТИВ

1) K_2S 2) $\text{KMnO}_4 (\text{H}^+)$ 3) Na 4) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 5) BaI_2 6) NaOH

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В	Г

Ответ:

25

Установите соответствие между веществом и природным источником, из которого его можно получить: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ВЕЩЕСТВО

А) натрий

Б) фенол

В) *n*-гептан

ИСТОЧНИК

1) попутный газ

2) нефть

3) каменный уголь

4) поваренная соль

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В

Ответ:

Ответом к заданиям 26–28 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, соблюдая при этом указанную степень точности. Затем перенесите это число в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин в бланке ответа указывать не нужно. При проведении расчётов для всех элементов, кроме хлора, используйте значения относительных атомных масс, выраженные целыми числами ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$).

26

В результате упаривания 100 г 10%-ного раствора йодида бария масса раствора уменьшилась на 15%. Какую массу 25%-ного раствора йодида бария (в граммах) необходимо добавить к полученному в результате упаривания раствору для получения раствора с массовой долей соли равной 20%? (Запишите число с точностью до целых).

Ответ: _____ г.

27

Обжиг сульфида свинца(II) происходит согласно термохимическому уравнению



Рассчитайте массу навески сульфида свинца (II) (в граммах), если в процессе выделилось 72,8 кДж энергии. (Ответ округлите до десятых.)

Ответ: _____ г.

28

Рассчитайте выход кислорода, если при прокаливании навески перманганата натрия массой 7,1 г было получено 6,5 г твердого остатка. (Запишите ответ с точностью до целых).

Ответ: _____ %.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 29–34 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ №2. Запишите сначала номер задания (29, 30 и т.д.), а затем его подробное решение. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

Для выполнения заданий 29, 30 используйте следующий перечень веществ: соляная кислота, перманганат калия, дихромат натрия, хлорат цинка, сульфит натрия, сульфат алюминия. Допустимо использование водных растворов веществ.

29

Из предложенного перечня выберите вещества, в результате окислительно-восстановительной реакции между которыми выделяется газ и не меняется окраска раствора. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций с участием выбранных веществ. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

30

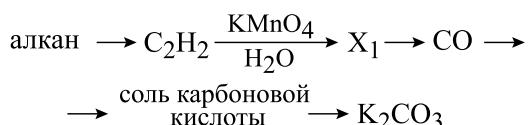
Из предложенного перечня выберите два вещества, при протекании ионного обмена между водными растворами которых образуется три продукта, один из которых является осадком. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионное уравнения реакции с участием выбранных веществ.

31

Карбид алюминия подвергли щелочному гидролизу действием избытка водного раствора гидроксида калия. Через полученный раствор пропустили избыток углекислого газа. Образовавшийся осадок отделили, высушили и совместно прокалили с твердым гидроксидом натрия. Полученный в результате сплавления твердый продукт реакции растворили в концентрированной азотной кислоте. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.

32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций указывайте преимущественно образующиеся продукты, используйте структурные формулы органических веществ.

33

Известно, что массовые доли кислорода и водорода в некотором органическом соединении равны 54,55% и 4,54% соответственно. Известно, что при полном гидролизе данного соединения действием водного раствора серной кислоты образуется два соединения с мольным соотношением 3:1, первое из которых способно вступать в реакцию серебряного зеркала. На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции гидролиза искомого соединения действием избытка водного раствора гидроксида натрия.

34

Навеску пероксида натрия растворили в 8%-ном растворе сульфата натрия, затем добавили 27,3 г воды и пропустили сернистый газ до образования нейтрального раствора. Полученный раствор далее прокипятили в открытом стакане до уменьшения массы на 57% и охладили до 25°C, что привело к образованию 35,42 г осадка декагидрата сульфата натрия ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Вычислите массу исходной навески, если известно, что соотношение масс раствора до охлаждения и после него равно 9417:5875, а растворимость безводного сульфата натрия при 25°C равна 27,8 г на 100 г воды. Ответ укажите в граммах и округлите до десятых.

Часть 1

Номер задания	Правильный ответ
1	35
2	542
3	12
4	15
5	349
6	43
7	1452
8	2547
9	25
10	241
11	35
12	246
13	15
14	6429

Номер задания	Правильный ответ
15	6354
16	43
17	243
18	35
19	224
20	236
21	1423
22	2313
23	46
24	5142
25	432
26	140
27	41,8
28	75

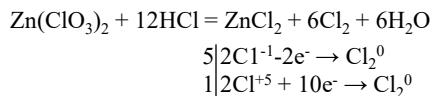
Часть 2

Для выполнения заданий 29, 30 используйте следующий перечень веществ: соляная кислота, перманганат калия, дихромат натрия, хлорат цинка, сульфит натрия, сульфат алюминия. Допустимо использование водных растворов веществ.

29

Из предложенного перечня выберите вещества, в результате окислительно-восстановительной реакции между которыми выделяется газ и не меняется окраска раствора. В ответе запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций с участием выбранных веществ. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

Вариант ответа:

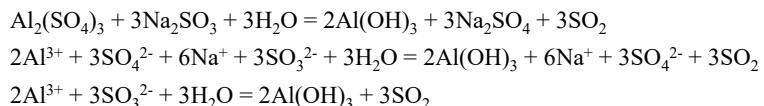


хлор в степени окисления -1 (или хлороводород) является восстановителем; хлор в степени окисления +5 (или хлорат цинка) – окислителем.

30

Из предложенного перечня выберите два вещества, при протекании ионного обмена между водными растворами которых образуется три продукта, один из которых является осадком. Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионное уравнения реакции с участием выбранных веществ.

Вариант ответа:



31

Карбид алюминия подвергли щелочному гидролизу действием избытка водного раствора гидроксида калия. Через полученный раствор пропустили избыток углекислого газа. Образовавшийся осадок отделили, высушили и совместно прокалили с твердым гидроксидом натрия. Полученный в результате сплавления твердый продукт реакции растворили в концентрированной азотной кислоте. Напишите уравнения четырёх описанных реакций.

Вариант ответа:

- 1) $\text{Al}_4\text{C}_3 + 4\text{KOH} + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{CH}_4$
- 2) $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 \rightarrow \text{KHCO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3$
- 3) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{NaAlO}_2 + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций указывайте преимущественно образующиеся продукты, используйте структурные формулы органических веществ.

Примечание. Допустимо использование структурных формул разных видов (развёрнутой, сокращённой, скелетной), однозначно отражающих порядок связи атомов и взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

Вариант ответа:

- 1) $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500\text{ }^{\circ}\text{C}} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$
- 2) $3\text{C}_2\text{H}_2 + 8\text{KMnO}_4 \rightarrow 3\text{KOOC-COOK} + 8\text{MnO}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{KOOC-COOK} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{CO} + \text{KOH} \rightarrow \text{HCOOK}$
- 5) $3\text{HCOOK} + 2\text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

33

Известно, что массовые доли кислорода и водорода в некотором органическом соединении равны 54,55% и 4,54% соответственно. Известно, что при полном гидролизе данного соединения действием водного раствора серной кислоты образуются два соединения с мольным соотношением 3:1, первое из которых способно вступать в реакцию серебряного зеркала. На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции гидролиза искомого соединения действием избытка водного раствора гидроксида натрия.

Решение:

Рассчитаем массовую долю углерода в искомом органическом соединении:
 $\omega(C) = 100\% - 54,55\% - 4,54\% = 40,91\%$

Представим себе навеску искомого вещества массой 100 г. Тогда массы химических элементов в граммах будут численно равны массовым долям этих же элементов в процентах.

Тогда:

$$n(C) = m/M = 40,91/12 = 3,41 \text{ моль},$$

$$n(H) = m/M = 4,54/1 = 4,54 \text{ моль},$$

$$n(O) = m/M = 54,55/16 = 3,41 \text{ моль}.$$

$$n(C): n(H): n(O) = 3,41: 4,54: 3,41 = 1: 1,33: 1 = 3: 4: 3$$

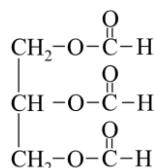
Таким образом, простейшая формула искомого соединения $C_3H_4O_3$.

Исходя из условия следует, что искомое соединение может представлять собой сложный эфир с тремя сложноэфирными группами.

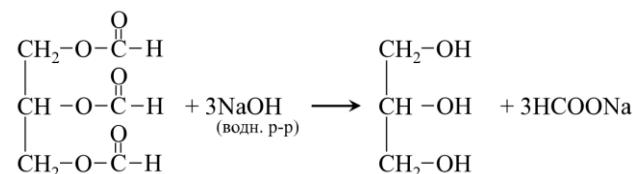
Три сложноэфирные группы содержат 6 атомов кислорода, что означает, что простейшую формулу нужно умножить минимум на 2.

Тогда молекулярная формула будет $C_6H_8O_6$.

Исходя из того, что один из продуктов гидролиза искомого соединения вступает в реакцию серебряного зеркала, логично предположить, что оно представляет собой сложный эфир глицерина и муравьиной кислоты, структурная формула которого:



Тогда уравнение гидролиза этого соединения действием избытка водного раствора гидроксида натрия будет иметь вид:



34

Навеску пероксида натрия растворили в 8%-ном растворе сульфата натрия, затем добавили 27,3 г воды и пропустили сернистый газ до образования нейтрального раствора. Полученный раствор далее прокипятили в открытом стакане до уменьшения массы на 57% и охладили до 25°C, что привело к образованию 35,42 г осадка декагидрата сульфата натрия ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Вычислите массу исходной навески, если известно, что соотношение масс раствора до охлаждения и после него равно 9417:5875, а растворимость безводного сульфата натрия при 25°C равна 27,8 г на 100 г воды. Ответ укажите в граммах и округлите до десятых.

Решение:



Введем обозначения:

I. Раствор, полученный растворением навески пероксида натрия в 8%-ном растворе сульфата натрия;

II. Раствор, полученный добавлением 27,3 г воды и пропусканием сернистого газа;

III. Раствор, полученный кипячением раствора II;

IV. Раствор после выпадения кристаллогидрата из раствора III.

Рассчитаем массовую долю сульфата натрия в насыщенном растворе IV:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{IV}} = \frac{27,8}{127,8} = 0,2175$$

Рассчитаем долю сульфата натрия в кристаллогидрате:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{в кр/г}} = \frac{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = \frac{142}{322} = 0,441$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{в кр/г}} = 0,441 \cdot 35,42 = 15,62 \text{ г}$$

$$\text{Пусть } m(\text{раствора III}) = x \text{ г, тогда } m(\text{раствора IV}) = \frac{x \cdot 5875}{9417} = 0,6239x;$$

После выпадения кристаллогидрата масса раствора III уменьшилась на 35,42 г, составим уравнение:

$$0,6239x = 35,42$$

$$x = 94,177$$

$$m(\text{раствора IV}) = 94,177 - 35,42 = 58,757 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{IV}} = 58,757 \cdot 0,2175 = 12,78 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора III}) = 94,177 \text{ г,}$$

Рассчитаем массу сульфата натрия в растворе III:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{III}} = m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{IV}} + m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{в кр/г}} = 12,78 + 15,62 = 28,4 \text{ г}$$

обозначим массу раствора II за y г, составим уравнение:

$$y - 0,57y = 94,177$$

$$y = 219$$

$$m(\text{раствора II}) = 219 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора II}) = m(\text{исх. р-па } (\text{Na}_2\text{SO}_4) + m(\text{Na}_2\text{O}_2) + m(\text{доб. воды}) + m(\text{SO}_2)$$

Пусть количество исходной навески пероксида натрия z моль, тогда исходя из уравнения реакции вступило z моль сернистого газа и образовалось z моль сульфата натрия.

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{в исх. 8% р-ре}} = \frac{28,4}{142} - z = 0,2 - z \text{ моль;}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{в исх. 8% р-ре}} = 142(0,2 - z) \text{ г;}$$

$$m(\text{исх. р-па } \text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{142(0,2 - z)}{0,08} = 1775(0,2 - z)$$

Составим уравнение:

$$219 = 1775(0,2 - z) + 78z + 27,3 + 64z$$

$$219 = 355 - 1775z + 78z + 27,3 + 64z$$

$$1633z = 163,3$$

$$z = 0,1$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0,1 \cdot 78 = 7,8 \text{ г}$$