

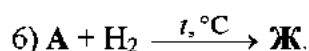
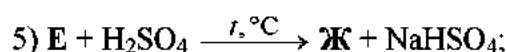
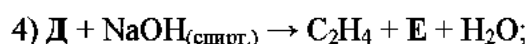
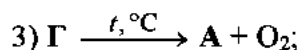
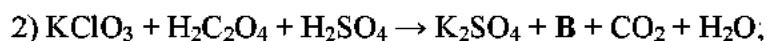
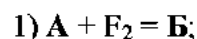
Вузовский этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2018-2019 г.

Олимпиадные задания по химии.

10 класс (1 вариант).

Задание 1. На схемах 6 уравнений реакций без стехиометрических коэффициентов зашифровано 7 химических соединений одного химического элемента X:



Дополнительно известно:

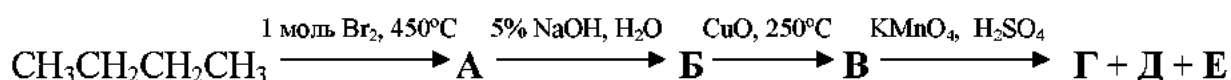
- A – простое вещество;
- B – бесцветный ядовитый газ с сильным раздражающим запахом, плотность его по воздуху 3,19;
- B и G – бинарные (двухэлементные) соединения, состоящие из атомов одних и тех же химических элементов. Массовая доля элемента X в них равна 52,6 и 81,6 % соответственно;
- D – органическое вещество;
- E – бинарное (двухэлементное) вещество, белый порошок, знакомый каждому с детства;
- газ Z очень хорошо растворим в воде, при комнатной температуре и атмосферном давлении в 1 объеме воды растворяется 450 объемов газа Z.

а) Вставьте подходящие соединения в соответствующие химические реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты там, где это необходимо.

б) Дайте названия соединениям A-Z.

в) Объясните причину чрезвычайно высокой растворимости газа Z в воде.

Задание 2. Вашему вниманию предлагается схема превращений органических соединений при действии на них различных реагентов.



а) Изобразите структурные формулы веществ A – E и назовите их. Вещества Г, Д и E перечислены в порядке увеличения атомов углерода в молекуле.

б) Какое из трех веществ (Г, Д или E) будет преобладать в смеси продуктов? Ответ объясните.

в) Как повлияет замена 5% NaOH в воде на раствор NaOH в этаноле на структуру вещества B?

Продолжение см. на следующей странице

Задание 3. Преципитат – фосфорное удобрение и минеральная подкормка для животных, основным компонентом которого является соль X, содержащая 23,3 % (масс.) кальция, 18,0 % (масс.) фосфора, 55,8 % (масс.) кислорода и 2,9 % (масс.) водорода. Получают его при взаимодействии ортофосфорной кислоты и известняка.

а) Установите формулу и напишите название вещества X. Подтвердите ответ расчетом.

б) Напишите уравнение реакции и рассчитайте объем фосфорной кислоты ($C = 17,82$ моль/л) и массу известняка, содержащего 70% основного компонента, которые необходимо взять для получения 1 кг преципитата.

Растворимость преципитата в воде (концентрация в насыщенном растворе) при 20°C 0,043 % (масс). Сельскохозяйственная норма для внесения в почву этого удобрения составляет 150-200 г на 10 м² поверхности почвы (при перекопке на глубину 30 см).

в) Определите объем воды, который должен содержаться в слое почвы с поверхностью 1 м² и глубиной 30 см, чтобы в нем могло раствориться 15,5 г удобрения, внесённого на площади 1 м².

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2018-2019 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

10 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Вставьте пропущенный текст в следующие фразы.

- 1.1. При электролизе водного раствора $Pb(NO_3)_2$ на катоде выделяется **свинец**, а на аноде **кислород**.
- 1.2. В молекуле PH_3 центральный атом находится в sp^3 гибридизации, а в молекуле H_2S в sp^3 гибридизации.
- 1.3. В хлориде серы(II) химическая связь **ковалентная (полярная)**, а в хлориде ртути(II) **тоже ковалентная (полярная)**.
- 1.4. При уменьшении концентрации реагентов скорость прямой реакции **уменьшается**, а при уменьшении концентрации продуктов **не изменяется**.
- 1.5. В растворе $NaNO_2$ окраска лакмуса **синяя**, а в растворе Na_2SO_4 - **фиолетовая**.
- 1.6. При кипячении серы в избытке раствора щелочи образуются ионы S^{2-} (сульфида) и SO_3^{2-} (сульфита).
- 1.7. Продуктами окисления пропина перманганатом калия в кислой среде являются **уксусная кислота и углекислый газ**.
- 1.8. Винилбензол по систематической номенклатуре имеет название **этиленбензол**, а по рациональной **стирол**.
- 1.9. Органические вещества с общей формулой $C_nH_{2n+2}O$ относятся к классу **одноатомных спиртов или простых эфиров**.
- 1.10. При хлорировании бензола на свету образуется **гексахлоран**, а в присутствии катализатора $AlCl_3$ - **хлорбензол**.

Каждый правильный ответ по 1 баллу

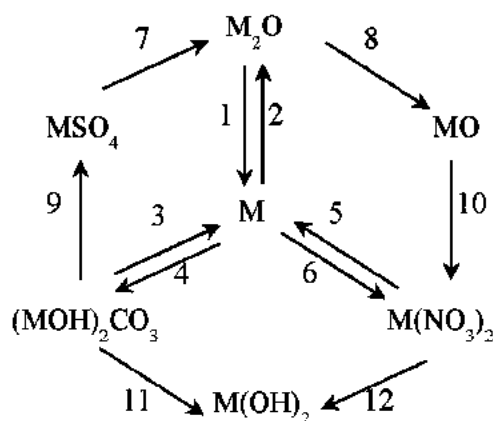
$1 * 2 * 10 = 20$ баллов.

ИТОГО

20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. На представленной Вашему вниманию схеме приведены превращения элемента М. Образованное этим элементом простое вещество известно человеку с древнейших времен. Это пластичный металл золотисто-розового цвета, его оксиды коричнево-красного и черного цвета, а соли обычно окрашены в голубой или зеленый цвета.



1. Назовите металл.

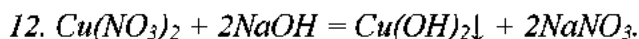
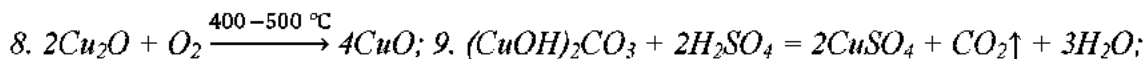
1. Из описания свойств металла следует, что этот металл - медь.

1. За название металла 1 балл

1 балл

2. Напишите уравнения одностадийных реакций, с помощью которых можно осуществить превращения, приведенные на схеме. Укажите условия протекания реакций.

2. 1. $Cu_2O + H_2 \xrightarrow{t} 2Cu + H_2O$ (или CO, Mg и др.); 2. $4Cu + O_2 \xrightarrow[\text{недост.}]{>200\text{ }^\circ C} 2Cu_2O$;
3. $(CuOH)_2CO_3 + 2CO \xrightarrow{t} 2Cu + 3CO_2 + H_2O$; 4. $2Cu + CO_2 + H_2O + O_2 \xrightarrow{\text{медленно}} (CuOH)_2CO_3$;
5. $Cu(NO_3)_2 + Fe = Cu + Fe(NO_3)_2$; 6. $Cu + 4HNO_3 \text{ конц.} = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$;
7. $2CuSO_4 + 4NaOH + C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{t} Cu_2O \downarrow + C_6H_{12}O_7 + 2Na_2SO_4 + 2H_2O$;



2. За каждое уравнение реакции по 1 баллу (без коэффициентов по 0,5 балла) 12 баллов

3. Вычислите массу руды, необходимую для получения 1 кг металла, если руда содержит 60% минерала, являющегося оксидом этого металла(I). Назовите минерал.

3. Минерал, являющийся оксидом меди(I) - куприт. В 143 г Cu_2O содержится 127 г меди. Тогда 1000 г меди содержится в $1000 \cdot 143 / 127 = 1126$ г куприта. Масса руды составит $1126 / 0,6 = 1876,6$ г или 1,88 кг.

3. За расчет массы руды

3 балла

Название минерала 1 балл

1 балл

4. Вычислите объем раствора азотной кислоты (C = 15,7 моль/л, плотность раствора 1,4134 г/мл), необходимый для полного растворения полученного металла. Определите массовую долю нитрата металла в полученном растворе.

4. Массовая доля HNO_3 в таком растворе составляет $15,7 \cdot 63 / 1413,4 = 0,7$ или 70 %. Азотная кислота с концентрацией выше 60 % называется концентрированной и реагирует с медью в соответствии с уравнением реакции 6 (см. п. 2).

Тогда $n(\text{HNO}_3) = 4n(\text{Cu}) = 4 \cdot 1000 / 63,5 = 63$ моль. Отсюда $V(\text{HNO}_3) = 63 / 15,7 = 4,013$ л.

$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}) = 1000 / 63,5 = 15,75$ (моль), $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 15,75 \cdot 187,5 = 2953$ г.

$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра HNO}_3) + m(\text{Cu}) - m(\text{NO}_2) = 4013 \cdot 1,4134 + 1000 - 2 \cdot 15,75 \cdot 46 = 5223$ г.

$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 2953 / 5223 = 0,565$ или 56,5 %.

4. За вывод о том, что азотная кислота концентрированная (из молярной концентрации, массовой доли или плотности)

2 балла

За расчет объема раствора азотной кислоты 1 балл

1 балл

За определение массовой доли нитрата металла 2 балла

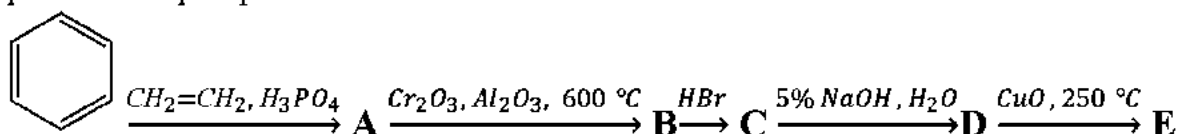
2 балла

(За верные расчеты (без явного указания, что кислота конц.) по уравнению реакции с выделением NO_2 ставятся 1+1+2 балла, с выделением NO 0+1+2 балла).

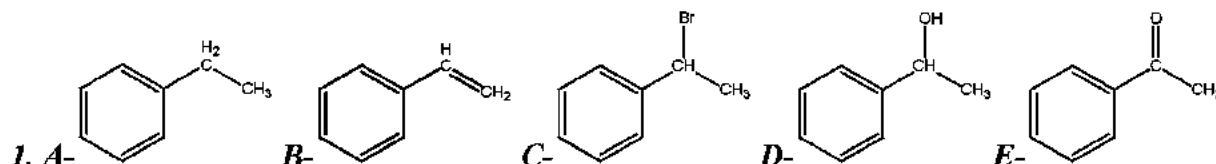
ИТОГО

22 балла

2.2. Расшифруйте схему превращений органических соединений. В результате этих превращений можно получить достаточно известное органическое соединение Е. Оно имеет запах черемухи и используется в парфюмерной промышленности, а также в производстве лекарственных препаратов.



1. Изобразите структурные формулы веществ А-Е.

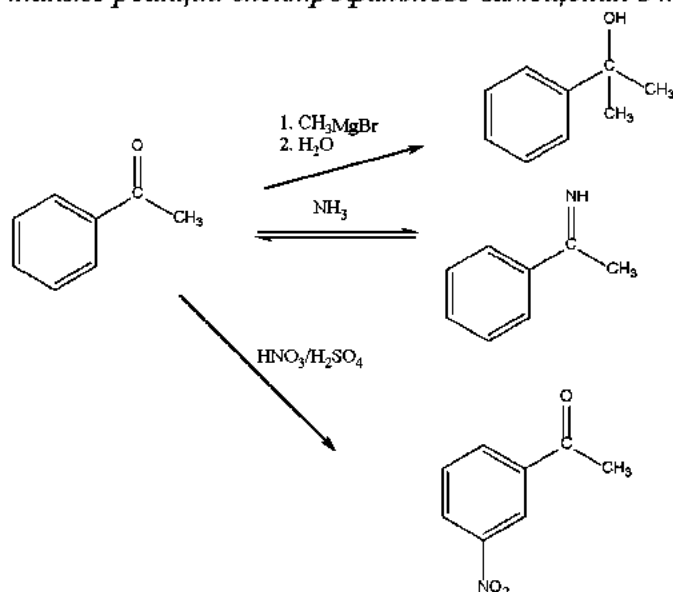


1. Структурные формулы А-Е по 1 баллу

5 баллов

2. К какому классу соединений относится вещество Е? Приведите схемы двух характерных для этого класса реакций.

2. Кетон (ароматический кетон, жирноароматический кетон). Характерны реакции нуклеофильного присоединения к карбонильному углероду (NH_3 , HCN , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и др.), а также реакции электрофильного замещения в кольце (в мета-положение). Например:



2. Кетон 1 балл

1 балл

Схемы реакций по 3 балла

(2 любые верные схемы, в т.ч. для кетонов в общем виде)

6 баллов

3. Приведите 3 разных названия вещества Е.

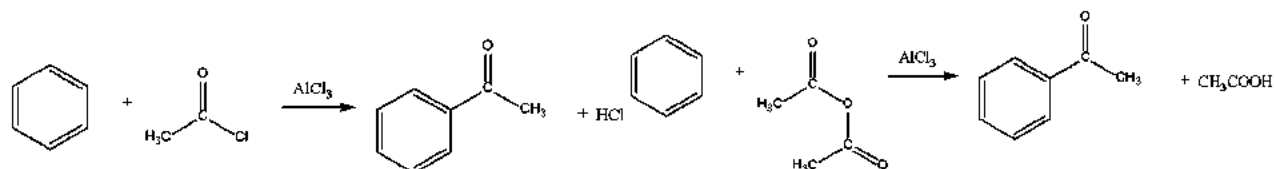
3. Ацетилбензол, ацетофенон, метилфенилкетон.

3. Каждое название по 1 баллу

3 балла

4. Напишите уравнение реакции получения вещества Е из бензола в одну стадию.

4. Вещество Е можно получить в одну стадию из бензола его взаимодействием с ацетилхлоридом или уксусным ангидридом в присутствии трихлорида алюминия.



4. Уравнение реакции ацилирования 3 балла

(если не указан катализатор 1 балл)

3 балла

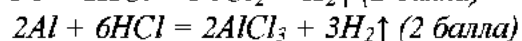
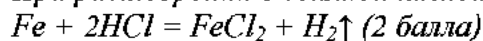
ИТОГО

18 баллов

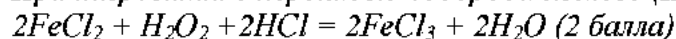
Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

3.1. Сплав Алфер, состоящий только из алюминия и железа (от лат. *Aluminium* + *Ferrum*), был разработан в 1939 г японскими исследователями Х. Масумото и Х. Сайто. Во время Второй мировой войны применялся для замены дефицитного никеля в магнитоstrictionных преобразователях гидролокаторов. Для установления количественного состава 2,0 г сплава растворили при нагревании в избытке соляной кислоты. К образовавшемуся раствору добавили перекись водорода и подогрели. Полученный раствор обработали избытком щелочи (NaOH), образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили при 900°C до постоянной массы. Масса остатка составила 2,5 г. Запишите уравнения всех описанных выше реакций и рассчитайте массовые доли компонентов алфера.

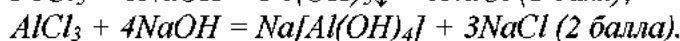
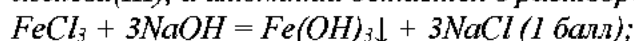
При растворении в соляной кислоте идут реакции:



При нагревании с перекисью водорода железо (II) окисляется



При обработке полученного раствора избытком щелочи в осадок выпадает гидроксид железа(III), а алюминий остается в растворе в виде гидрокомплекса:



При прокаливании осадка: $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1 балл).

Расчет массы железа в сплаве: $m(\text{Fe}) = 112 \cdot 2,5 / 160 = 1,75 \text{ г}$ (2 балла).

$\omega(\text{Fe}) = 1,75 / 2 \cdot 100 = 87,5 \%$ (1 балл), $\omega(\text{Al}) = 100 - 87,5 = 12,5 \%$ (1 балл).

За уравнения реакций 2*4+1*2 балла

10 баллов

Расчет массы железа в сплаве 2 балла

2 балла

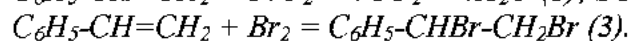
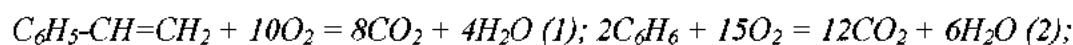
Массовые доли по 1 баллу

2 балла

ИТОГО

14 баллов

3.2. При сгорании смеси бензола и стирола выделился углекислый газ объемом 35 л (н.у). То же количество смеси прореагировало с 320 г бромной воды. Массовая доля брома в бромной воде равна 4 %. Рассчитайте массовую долю бензола в исходной смеси.



$m(\text{Br}_2) = 320 \cdot 0,04 = 12,8 \text{ г}$. $n(\text{Br}_2) = 12,8 / 160 = 0,08 \text{ моль}$

$n(\text{стирола}) = n(\text{Br}_2) = 0,08 \text{ моль}$. $m(\text{стирола}) = 0,08 \cdot 104 = 8,32 \text{ г}$.

$n(\text{CO}_2) = 35 / 22,4 = 1,56 \text{ моль}$. $n_1(\text{CO}_2) = 8n(\text{стирола}) = 8 \cdot 0,08 = 0,64 \text{ моль}$.

$n_2(\text{CO}_2) = 1,56 - 0,64 = 0,92 \text{ моль}$. $n(\text{бензола}) = n_2(\text{CO}_2) / 6 = 0,153 \text{ моль}$.

$m(\text{бензола}) = 0,153 \cdot 78 = 11,93 \text{ г}$.

$\omega(\text{бензола}) = 11,93 / (11,93 + 8,32) = 0,589$ или 59 %.

Уравнение реакции (1) и (2) по 2 балла

4 балла

Уравнение реакции (3) 3 балла

3 балла

Количество $n_1(\text{CO}_2)$ и $n_2(\text{CO}_2)$ по 2 балла

4 балла

Массовая доля бензола 3 балла

3 балла

ИТОГО

14 баллов

3.3. Процесс конверсии оксида углерода(II) водяным паром широко используется в промышленности как вторая стадия конверсии угля или природного газа, так как на первой стадии получается газовая смесь, состоящая в основном из водорода и оксида углерода(II). Реакция экзотермическая, в процессе конверсии 140 г оксида углерода(II) выделяется 206 кДж тепла.

1. Напишите термохимическое уравнение конверсии оксида углерода(II) водяным паром.

1. В процессе конверсии $140 / 28 = 5$ моль CO выделяется 206 кДж тепла, следовательно, при конверсии 1 моль CO выделится $206 / 5 = 41,2$ кДж тепла. Термохимическое уравнение конверсии $\text{CO}_{\text{газ}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = \text{CO}_2_{\text{газ}} + \text{H}_2_{\text{газ}} + 41,2 \text{ кДж/моль}$.

1. За термохимическое уравнение реакции 4 балла

4 балла

(Уравнение реакции 1 балл, указание агрегатного состояния воды 1 балл, тепловой эффект в кДж/моль 2 балла)

2. Реакция паровой конверсии оксида углерода(II) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия. В какую сторону сместится равновесие при: а) увеличении температуры; б) увеличении концентрации водяного пара; в) уменьшении давления? Ответы поясните.

2. Константа равновесия в газофазной реакции может быть рассчитана как из равновесных концентраций $K_C = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$, так и из равновесных давлений $K_p = \frac{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)}{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}$.

а) при увеличении температуры равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, т.е. в сторону исходных веществ;

б) при увеличении концентрации водяного пара равновесие смещается в сторону его расходования, т.е. в сторону продуктов реакции;

в) давление не влияет на смещение равновесия, т.к. реакция протекает без изменения числа молей газообразных продуктов.

2. За выражение для K 2 балла **2 балла**

**За верное указание направления смещения равновесия с пояснением по 1 баллу
(без пояснения по 0,5 балла)** **3 балла**

3. Вычислите константу равновесия, если равновесные концентрации CO , H_2O , CO_2 и H_2 равны 0,04; 0,37; 0,23 и 0,16 моль/л соответственно.

3. $K_{\text{равн}} = \frac{0,23 \cdot 0,16}{0,04 \cdot 0,37} = 2,49$.

3. Расчет константы равновесия 4 балла **3 балла**

ИТОГО **12 баллов**