

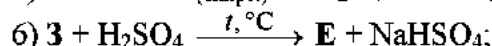
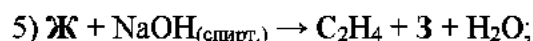
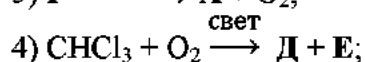
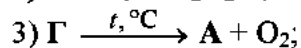
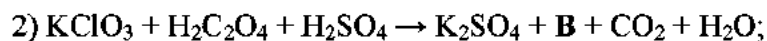
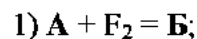
Вузовский этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

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

Олимпиадные задания по химии.

11 класс (1 вариант).

**Задание 1.** На схемах 7 уравнений реакций без стехиометрических коэффициентов зашифровано 8 химических соединений одного химического элемента X:



Дополнительно известно:

- А – простое вещество;
- Б – бесцветный ядовитый газ с сильным раздражающим запахом, плотность его по воздуху 3,19;
- В и Г – 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;
- Д – бесцветный ядовитый газ с запахом прелого сена. При 20 °С и 767 мм рт. ст. 99 г газа Д занимают объем 23,82 л. Реакция № 7 используется для обнаружения утечки газа Д;
- газ Е очень хорошо растворим в воде, при комнатной температуре и атмосферном давлении в 1 объеме воды растворяется 450 объемов газа Е;
- Ж – органическое вещество;
- З – бинарное (двухэлементное) вещество, белый порошок.

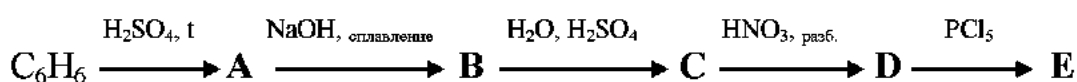
а) Вставьте подходящие соединения в соответствующие химические реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты там, где это необходимо.

б) Дайте названия соединениям А-З.

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

г) Что является хорошо заметным признаком реакции № 7, позволяющим использовать ее для обнаружения утечки газа Д из заводского газопровода?

**Задание 2.** Вашему вниманию предлагается схема превращений органических соединений, позволяющая получать вещество Д желтого цвета, которое длительное время использовалось как краситель для шерсти и натурального шелка. Вещество Е обладает очень подвижным атомом хлора, замещением которого можно получить множество полезных химических соединений.



а) Изобразите структурные формулы веществ А – Е и назовите их.

б) Приведите тривиальное название вещества Д. Объясните, почему вещество Д проявляет кислотные свойства, несмотря на то, что Д не содержит карбоксильную группу.

в) Почему атом хлора в веществе Е легко замещается? Как будет называться механизм замещения хлора? Изобразите структурную формулу продукта взаимодействия Е с фенолятом натрия.

Продолжение см. на следующей странице

**Задание 3.** Преципитат – фосфорное удобрение и минеральная подкормка для животных, основным компонентом которого является соль X, содержащая 32,5 % (масс.) CaO, 41,3 % (масс.) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 26,2 % (масс.) H<sub>2</sub>O. 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 м<sup>2</sup> поверхности почвы (при перекопке на глубину 30 см).

в) Определите объем воды, который должен содержаться в слое почвы с поверхностью 1 м<sup>2</sup> и глубиной 30 см, чтобы в нем могло раствориться 310 г удобрения, внесённого на площади 20 м<sup>2</sup>.

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

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

Решения олимпиадных заданий по химии

11 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  $CH_3COONa$  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

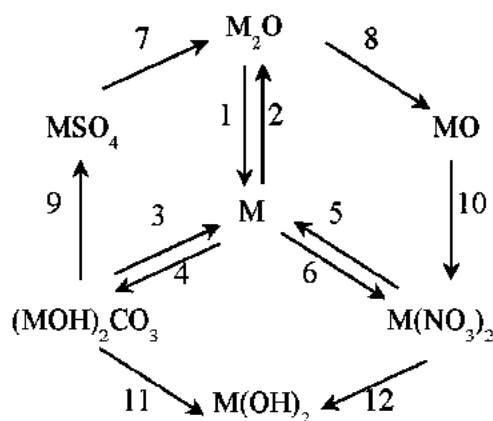
$1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$  баллов.

**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.



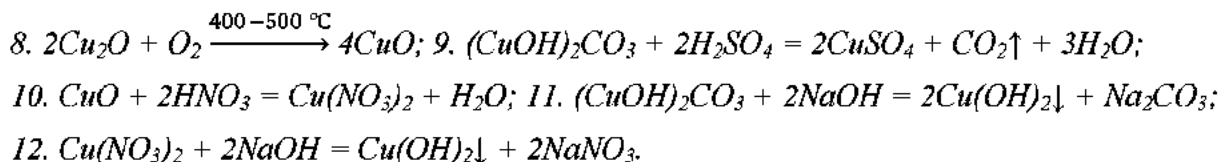
1. Назовите металл.

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.  $4Cu + O_2 \xrightarrow[\text{недост.}]{>200^\circ C} 2Cu_2O$ ;
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% зеленого минерала, являющегося основным карбонатом этого металла. Назовите минерал.

3. Зеленый минерал, являющийся основным карбонатом меди - малахит. В 221 г  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  содержится 127 г меди. Тогда 1000 г меди содержится в  $1000 \cdot 221 / 127 = 1740$  г малахита. Масса руды составит  $1740 / 0,6 = 2900$  г или 2,9 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  $\text{HNO}_3$  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.

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

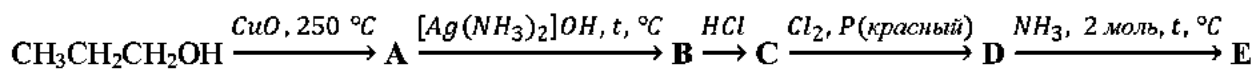
За расчет объема раствора азотной кислоты 1 балл 1 балл

За определение массовой доли нитрата металла 2 балла 2 балла

(За верные расчеты (без явного указания, что кислота конц.) по уравнению реакции с выделением  $\text{NO}_2$  ставятся 1+1+2 балла, с выделением  $\text{NO}$  0+1+2 балла).

**ИТОГО** 22 балла

2.2. Расшифруйте схему превращений органических соединений. Вещество Е представляет собой современный ноотропный препарат (влияет на мозговой метаболизм).



1. Изобразите структурные формулы веществ А-Е и назовите эти вещества.

1. А –  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{H}$  – пропаналь; В –  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4$  – пропионат аммония; С –  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$  – пропановая (пропионовая) кислота; D –  $\text{CH}_3\text{CHClCOOH}$  – 2-хлорпропановая кислота; Е –  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$  – 2-аминопропановая кислота, α-аминопропановая кислота, аланин.

1. Структурные формулы А-Е по 1 баллу 5 баллов  
 Названия по 1 баллу 5 баллов

2. К какому классу соединений относится вещество Е?

2. Аминокислота (алифатическая аминокислота).

2. Аминокислота 2 балла 2 балла

3. Объясните причину очень высокой для органического вещества температуры плавления Е (295 °С).

3. Эта аминокислота образует биполярный цвиттер-ион  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COO}^-$ . Такое разделение зарядов приводит к существенному увеличению дипольного момента частицы и, как следствие, энергии взаимодействия между частицами по сравнению с соответствующими кислотами и другими их производными. В результате, температура плавления таких соединений оказывается существенно выше, чем у их аналогов.

3. Цвиттер-ион 2 балла, высокий дипольный момент 1 балл, высокая энергия взаимодействия между частицами 1 балл 4 балла

4. Напишите уравнение реакции поликонденсации с участием двух молекул вещества **Е** с указанием структурной формулы органического продукта. Какое общее название есть у таких веществ, как этот продукт?

4. Общее название - дипептиды (полипептиды, пептиды). Уравнение реакции:  
 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} = \text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CONHCH}(\text{CH}_3)\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ .

4. Уравнение реакции 1 балл, дипептид (полипептид, пептид)) 1 балл 2 балла

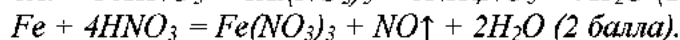
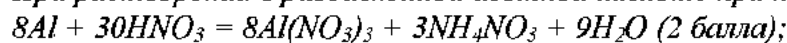
**ИТОГО**

**18 баллов**

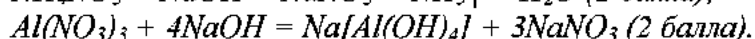
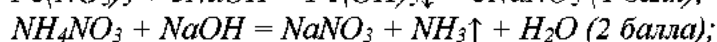
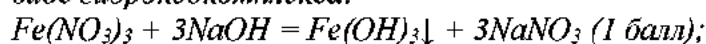
**Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).**

**3.1.** Сплав **Алфёр**, 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 магнестрикционных преобразователях гидролокаторов. Для установления количественного состава 2,0 г сплава растворили при нагревании в разбавленной азотной кислоте. Полученный раствор обработали избытком щелочи (NaOH), образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили при 900 °С до постоянной массы. Масса остатка составила 2,5 г. Запишите уравнения всех описанных выше реакций и рассчитайте массовые доли компонентов алфера.

При растворении в разбавленной азотной кислоте при нагревании идут реакции:



При обработке полученного раствора избытком щелочи в осадок выпадает гидроксид железа(III), из нитрата аммония получается аммиак, а алюминий остается в растворе в виде гидроксокомплекса:



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**

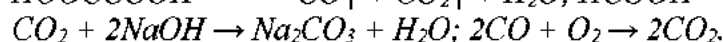
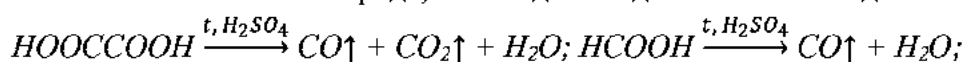
Массовые доли по 1 баллу

**2 балла**

**ИТОГО**

**14 баллов**

**3.2.** Смесь муравьиной и щавелевой кислот, взятых с одинаковыми массами, нагрели с концентрированной серной кислотой. При этом выделился газ, при пропускании которого через избыток раствора гидроксида натрия его объем уменьшился на 0,448 л (н.у.). Рассчитайте объем кислорода, необходимый для сжигания выделившегося газа.



$n(\text{CO}_2) = 0,448 / 22,4 = 0,02 \text{ моль}; \quad n(\text{щав.к}) = n(\text{CO}_2) = 0,02 \text{ моль};$

$m(\text{щав.к}) = 0,02 \cdot 90 = 1,80 \text{ г} = m(\text{мур.к}); \quad n(\text{мур.к}) = 1,8 / 46 = 0,04 \text{ моль}.$

$n(\text{CO}) = n(\text{щав.к}) + n(\text{мур.к}) = 0,02 + 0,04 = 0,06 \text{ моль}.$

$n(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 0,06 = 0,03 \text{ моль}; \quad V(\text{O}_2) = 0,03 \cdot 22,4 = 0,672 \text{ л}.$

1. Уравнения реакций по 1 баллу	4 балла
2. Количество щавелевой кислоты 2 балла	2 балла
3. Масса щавелевой и муравьиной кислот 2 балла	2 балла
4. Количество (или объем) CO 2 балла	2 балла
5. Объем кислорода 2 балла	2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>12 баллов</b>

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  $CO_{газ} + H_2O_{газ} = CO_2_{газ} + H_2_{газ} + 41,2$  кДж/моль.

1. За термохимическое уравнение реакции 4 балла  
(Уравнение реакции 1 балл, указание агрегатного состояния воды 1 балл, тепловой эффект в кДж/моль 2 балла) 4 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  $K_C = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$ , так и из равновесных давлений  $K_p = \frac{p(CO_2) \cdot p(H_2)}{p(CO) \cdot p(H_2O)}$ .

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. Рассчитайте равновесные концентрации всех веществ, если начальные концентрации CO, H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> равны 0,2; 0,53; и 0,07 моль/л соответственно. Константа равновесия при этой температуре равна 2,64.

3.

	CO	+	H <sub>2</sub> O	↔	CO <sub>2</sub>	+	H <sub>2</sub>
Было	0,2		0,53		0,07		-
Прореаг.	x		x				
Образ.					x		x
[ ]	0,2-x		0,53-x		0,07+x		x
	0,04		0,37		0,23		0,16

$$K_C = \frac{(0,07+x)x}{(0,2-x)(0,53-x)} = 2,64. \quad 1,64x^2 - 1,9972x + 0,2798 = 0. \quad x = 0,16.$$

3. Запись выражения для константы равновесия с верным балансом 3 балла

Верный расчет равновесных концентраций 2 балла 2 балла

**ИТОГО** **14 баллов**