

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2016-2017 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

10 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Вставьте пропущенный текст в следующие фразы.

- 1.1. При действии избытка двухосновной кислоты на щелочь образуется ... **кислая соль и ... вода.**
- 1.2. В молекуле PH_3 центральный атом находится в ... sp^3 гибридизации, а в молекуле BF_3 в ... sp^2 гибридизации.
- 1.3. При окислении толуола подкисленным раствором перманганата калия при нагревании образуется ... **бензойная кислота**, а при окислении изопропилбензола ... **тоже бензойная кислота (и углекислый газ). Если не указан углекислый газ, то ставится полный балл, Если указан углекислый газ, а орг. продукт указан неверно, то ставится 0,5 балла.**
- 1.4. Из четырех металлов - железо, алюминий, медь и кальций самым активным является ... **кальций**, а наименее активным ... **медь**.
- 1.5. В растворе Na_2CO_3 лакмус окрашен в ... **синий** цвет, а в растворе Rb_2SO_3 - ... **тоже в синий** цвет.
- 1.6. Ортокремниевая кислота имеет основность, равную ... **4**, а метакремниевая ... **2**.
- 1.7. Валентными для атома алюминия являются ... **$3s$** и ... **$3p$** электроны.
- 1.8. Среда водного раствора FeCl_3 ... **кислая**, а водного раствора NH_4NO_3 ... **тоже кислая**.
- 1.9. Ацетон относится к классу ... **кетонов**, глицерин относится к классу ... **спиртов (многоатомных спиртов)**.
- 1.10. Процесс получения топлива из высококипящих фракций нефти называется ... **крекинг**, а процесс получения циклических углеводородов из алканов ... **риформинг**.

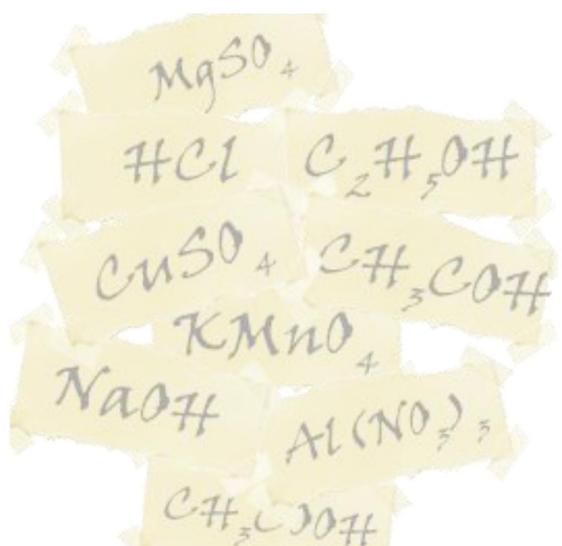
Каждый правильный ответ по 1 б

всего $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$ баллов.

Итого 20 баллов

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 51 балл).

- 2.1. Войдя в лабораторию, школьник обнаружил 9 склянок с растворами, от которых отклеились этикетки. Один из растворов был малинового цвета, второй - голубого, остальные растворы были не окрашены.



Помогите школьнику приклеить этикетки на соответствующие склянки, используя физические и химические свойства веществ. Для проведения реакций можно использовать только те растворы, которые школьник обнаружил в лаборатории.

а) Опишите методику определения веществ, составьте таблицу с признаками химических реакций.

б) Напишите уравнения химических реакций, которые Вы использовали при обнаружении.

Решение:

	CuSO ₄	KMnO ₄	NaOH	HCl	Al(NO ₃) ₃	MgSO ₄	CH ₃ COH	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ OH
CuSO ₄			Cu(OH) ₂ ↓ голубой						
KMnO ₄				Cl ₂ ↑ обесцв.			MnO ₂ ↓ бурый		MnO ₂ ↓ бурый
NaOH	Cu(OH) ₂ ↓ голубой				Al(OH) ₃ ↓ белый раств в изб.	Mg(OH) ₂ ↓ белый не раствор в изб.			
HCl		Cl ₂ ↑ обесцв.							
Al(NO ₃) ₃			Al(OH) ₃ ↓ белый раств в изб.						
MgSO ₄			Mg(OH) ₂ ↓ белый не раствор в изб.						
CH ₃ COH		MnO ₂ ↓ бурый							
CH ₃ COOH								Zапах этил- ацетата в присутствии HCl и t, °C	
C ₂ H ₅ OH		MnO ₂ ↓ бурый						Zапах этил- ацетата в присутствии HCl и t, °C	

Критерий оценивания	Балл
По окраске двух растворов мы можем определить, что голубой раствор это сульфат меди, а малиновый – перманганат калия	2 балла (по 1 баллу за каждый раствор)
Так как допускается использовать физические свойства, то по резкому запаху мы обнаружим склянки, содержащие органические вещества (уксусную кислоту, уксусный альдегид и этанол)	
CuSO ₄ образует осадок голубого цвета только со щелочью. Если мы прильем его ко всем бесцветным растворам с неорганическими веществами, то определим в какой склянке NaOH.	1 балл
Перманганат калия сильный окислитель, он дает бурый осадок в растворах альдегидов и спиртов, а также восстанавливается соляной кислотой, окисляя хлорид ион до	2 балла

<p>молекулярного хлора. При приливании раствора перманганата калия к оставшимся растворам с неорганическими веществами наблюдаем обесцвечивание раствора перманганата калия (либо бурый осадок) и выделение желто-зеленого газа (появление запаха хлора) в одной пробирке.</p> <p>Следовательно, в пробирке HCl.</p> <p>В двух пробирках с органическими веществами наблюдаем выделение бурого осадка. В одной из них спирт этиловый, в другой – уксусный альдегид. В третьей – уксусная кислота</p>	
<p>Приливаляем уксусную кислоту к спирту и альдегиду, добавляем соляную кислоту и нагреваем. В одном случае появится новый запах этилацетата (современные жидкости для снятия лака), в другом – будет пахнуть исходным альдегидом и уксусной кислотой</p>	2 балла
<p>Приливая щелочь к оставшимся бесцветным растворам, мы обнаружим выпадение белого осадка в двух растворах – с нитратами алюминия и магния. Один из этих осадков (гидроксид алюминия) растворяется в избытке щелочи.</p> <p>Следовательно, в этой склянке нитрат алюминия. Не растворяющийся в избытке щелочи осадок – гидроксид магния. То есть во второй склянке нитрат магния</p>	2 балл
$\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$	1 балл
$16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 5\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ или $8\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 3\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{KCl} + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$2\text{KMnO}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow 2\text{MnO}_2 \downarrow + 3\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$3\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOK} + \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{MnO}_2 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
$3\text{NaOH} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 = 3\text{NaNO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	1 балл
$2\text{NaOH} + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{NaNO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ $\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{NaOH} \neq$	1 балл
<p>Составление таблицы с признаками реакций</p>	6 баллов
<p>*Любой верный ход, который привел к опознаванию пробирки, оценивается в 1 балл.</p> <p>Верные уравнения реакций для этого хода (кроме растворов, опознаваемых по окраске) суммарно оцениваются в 1 балл.</p>	
ИТОГО	22 балла

2.2. Двигаясь по кругу по часовой стрелке, восстановите цепочку превращений, написав уравнения реакций.

Дополнительно известно, что:

- все компоненты, входящие в состав круга, являются разными химическими веществами;
- все вещества имеют в своем составе один общий химический элемент;
- газообразное вещество имеет отвратительный запах тухлых яиц;
- в состав нерастворимой соли входит анион кислоты, которая также присутствует на схеме;
- обозначения «-ид, -ит и -ат» указывают суффиксы в названиях веществ по традиционной номенклатуре.

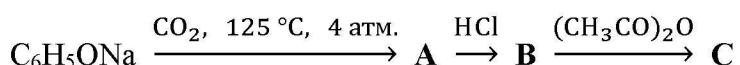


Решение:

По запаху тухлых яиц устанавливаем, что газообразное вещество - сероводород. Тогда общий химический элемент – сера. Самый известный из катионов, образующих нерастворимый сульфат и растворимый сульфид – барий. Кислота, образующая сульфаты – серная; оксид, дающий сульфиты – сернистый газ и т.д. В результате можно предложить следующую схему (засчитываются и другие подходящие по сути задачи катионы для растворимых и нерастворимых солей, а также вещества – реагенты):

	<p>8 баллов (по 1 баллу за каждый компонент круга)</p>
$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{SO}_{2(\text{изб.})} + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_3$	1 балл
$\text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
$5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$	1 балл
$\text{BaSO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{\text{t, } ^\circ\text{C}} \text{BaS} + 4\text{CO} \uparrow$	1 балл
$\text{BaS} + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$	1 балл
$\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{Cl}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$	1 балл
ИТОГО	16 баллов

2.3. Присутствующие на схеме вещество **В** и его производное **С** долгое время используют как лекарственные средства, обладающие антисептическими, болеутоляющими и жаропонижающими свойствами.



- Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме;
- Назовите вещества **A**, **B** и **C** по систематической и тривиальной номенклатуре;
- В первой реакции вместе с **A** получается небольшое количество изомера. Назовите этот изомер по систематической номенклатуре.

Решение:

		2 балла
		2 балла
		2 балла
A – 2-гидроксибензоат натрия (салциллат натрия)		2 балла
B – 2-гидроксибензойная кислота (салциловая кислота)		2 балла
C – 2-ацетоксибензойная кислота (ацетилсалциловая кислота, аспирин)		2 балла
4-гидроксисалицилат натрия		1 балл
ИТОГО		13 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 29 баллов).

3.1. Вещество **A** является основной солью меди. Массовые доли элементов, входящих в его состав, равны: медь 57,5 %, кислород 36,2 %, углерод 5,43 % и водород 0,91 %. Еще во времена Древнего Египта из него получали медь, для чего нагревали **A** в атмосфере угарного газа. Помимо меди, в этой реакции образуются два оксида, один из которых при комнатной температуре является жидкостью, а другой газом.

- Установите формулу вещества **A** и назовите его;

б) Напишите уравнение реакции, использовавшейся в Древнем Египте.

В лаборатории получали А взаимодействием раствора 320 г сульфата меди и 403,8 г гидрокарбоната натрия. Выход чистого вещества А в этой реакции составил 80 %.

в) Напишите уравнение реакции получения А в лаборатории и вычислите массу полученного чистого вещества;

г) Рассчитайте массу меди и объемы оксидов (при $t = 20^{\circ}\text{C}$ и $p = 1 \text{ атм}$), которые могли быть получены древними египтянами из чистого вещества А, синтезированного в лаборатории.

Решение:

Вещество А – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ или $\text{Cu}_2\text{CH}_2\text{O}_5$	3 балла
Гидроксокарбонат меди или основная углекислая медь	1 балл
$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 2\text{CO} = 2\text{Cu} + 3\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2 балла
$2\text{CuSO}_4 + 4\text{NaHCO}_3 = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	2 балла
$n(\text{NaHCO}_3) = 403,8/84 = 4,8 \text{ моль}$	2 балла
$n(\text{CuSO}_4) = 320/160 = 2 \text{ моль}$	
CuSO₄ в недостатке, считаем по нему	
$n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,5 * 2 = 1 \text{ моль}$	3 балла
$m_{\text{теор}}((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 222 \text{ г}$	
$m_{\text{чистого}}((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 222 * 0,8 = 177,6 \text{ г}$	
$n_{\text{чистого}}((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,8 * 1 = 0,8 \text{ моль}$	2 балла
$n(\text{Cu}) = 2n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 2 * 0,8 = 1,6 \text{ моль}$	
$m(\text{Cu}) = 64 * 1,6 = 102,4 \text{ г}$	
(если брать 63,5, то получится 101,9 г)	
$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,8 \text{ моль}$	3 балла
$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,8 * 18 = 14,4 \text{ г}$	
$V(\text{H}_2\text{O}) = 14,4 \text{ мл}$	
$n(\text{CO}_2) = 0,8 * 3 = 2,4 \text{ моль}$	3 балла
$V(\text{CO}_2) = nRT/p = 2,4 * 0,082 * 293 / 1 = 57,7 \text{ л}$	
ИТОГО	21 балл

3.2. При хлорировании бензола на свету образовалось хлорпроизводное массой 200 г. Бензол для реакции был получен со 100 % выходом при дегидрировании 100 мл циклогексана ($\rho = 0,779 \text{ г/мл}$).

а) Напишите уравнения проведенных реакций;

б) Вычислите выход продукта реакции хлорирования бензола.

Решение:

$\text{C}_6\text{H}_{12} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2$	1 балл
$\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$	1 балл
$m(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 100 * 0,779 = 77,9 \text{ г}$	2 балла
$n(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 77,9 / 84 = 0,93 \text{ моль}$	
$n(\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6) = n(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,93 \text{ моль}$	1 балл
$m(\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6) = 0,93 * 291 = 270,6 \text{ г}$	1 балл
$W(\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6) = 200 / 270,6 = 0,739 \text{ или } 73,9 \%$	2 балла
ИТОГО	8 баллов