

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

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

Решения олимпиадных заданий по химии

11 класс

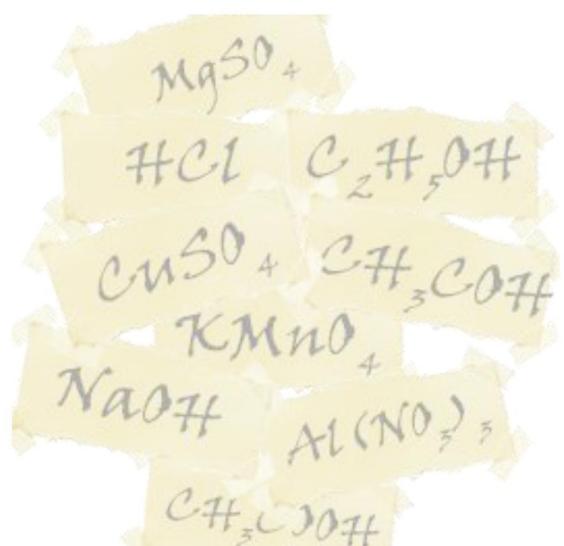
Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Вставьте пропущенный текст в следующие фразы.

- 1.1. При электролизе водного раствора $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ на катоде выделяется ... **водород**, а на аноде выделяется ... **кислород**.
- 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. Скорость некоторой реакции увеличилась в 2 раза при увеличении температуры на 10°C . Если увеличить температуру на 20°C , то скорость этой реакции возрастет в ... **4 раза** а если на 30°C , то скорость возрастет в ... **8 раз**.
- 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. У иодида натрия кристаллическая решетка ... **ионная**, а у иода ... **молекулярная**.
- 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 ... **крикинг**, а процесс получения циклических углеводородов из алканов ... **риформинг**.

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
Составление таблицы с признаками реакций	6 баллов
*Любой верный ход, который привел к опознаванию пробирки, оценивается в 1 балл. Верные уравнения реакций для этого хода (кроме растворов, опознаваемых по окраске) суммарно оцениваются в 1 балл.	
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.

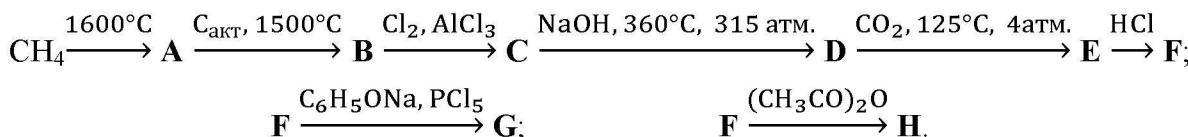


Решение:

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):

	8 баллов (по 1 баллу за каждый компонент круга)
$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	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. Соединение **F** и его производные **G** и **H** являются лекарственными препаратами, обладающими антисептическими, противовоспалительными и болеутоляющими средствами. **F** встречается в растениях и впервые было выделено из коры ивы. Эти лекарственные препараты могут быть получены и синтетическим путем, например, по следующей схеме:



При действии FeCl_3 на спиртовый раствор **G** появляется фиолетовая окраска, а при кипячении **H** с раствором щелочи ощущается запах уксусной кислоты.

- Изобразите структурные формулы веществ **A-H** и назовите их. Для веществ **F**, **G** и **H** приведите и их тривиальные названия;
- Напишите уравнения реакций получения веществ **G** и **H** из вещества **F**, приведенных на схеме;
- Объясните появление фиолетового окрашивания в реакции **G** с раствором FeCl_3 и появление запаха уксусной кислоты при кипячении **H** с раствором щелочи;
- Дайте название процессу превращения метана в вещество **A**.

Решение:

A – ацетилен	$\text{HC} \equiv \text{CH}$	1 балл
B – бензол		1 балл
C – хлорбензол		1 балл
D – фенолят натрия		1 балл
E – 2-гидроксибензоат (или салицилат) натрия		1 балл
F – 2-гидроксибензойная кислота (салациловая кислота)		1 балл
G – 2-ацетоксибензойная кислота (ацетилсалациловая кислота, аспирин)		1 балл

Н -фенилсалицилат (салол)		1 балл
	+ (CH ₃ CO) ₂ O =	1 балл
	+ PCl ₅ =	1 балл
Фенилсалицилат дает качественную реакцию фенолов с хлоридом железа – фиолетовое окрашивание		1 балл
Аспирин, как сложный эфир уксусной кислоты при щелочном гидролизе образует соли салициловой и уксусной кислот		1 балл
Пиролиз или термический крекинг метана		1 балл
	ИТОГО	13 баллов

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

3.1. Вещество А 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 А 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 А и назовите его;
- 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 %.
- Напишите уравнение реакции получения А в лаборатории и вычислите массу полученного чистого вещества;
- 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 $\text{Cu}_2\text{CH}_2\text{O}_5$	2 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	
$n((CuOH)_2CO_3) = 0,5 \cdot 2 = 1$ моль	2 балла
$m_{\text{теор}}((CuOH)_2CO_3) = 222$ г	
$m_{\text{чистого}}((CuOH)_2CO_3) = 222 \cdot 0,8 = 177,6$ г	
$n_{\text{чистого}}((CuOH)_2CO_3) = 0,8 \cdot 1 = 0,8$ моль	2 балла
$n(Cu) = 2n((CuOH)_2CO_3) = 2 \cdot 0,8 = 1,6$ моль	
$m(Cu) = 64 \cdot 1,6 = 102,4$ г	
(если брать 63,5, то получится 101,9 г)	
$n(H_2O) = 0,8$ моль	2 балла
$m(H_2O) = 0,8 \cdot 18 = 14,4$ г	
$V(H_2O) = 14,4$ мл	
$n(CO_2) = 0,8 \cdot 3 = 2,4$ моль	2 балла
$V(CO_2) = nRT/p = 2,4 \cdot 0,082 \cdot 293 / 1 = 57,7$ л	
ИТОГО	17 баллов

3.2. Смесь циклогексена и бензола общей массой 5 г полностью прореагировала со 140 г бромной воды (массовая доля брома в бромной воде 4 %). При сжигании 15 г той же смеси в кислороде выделился диоксид углерода и вода.

- Напишите уравнения проведенных реакций;
- Вычислите массу воды, выделившейся при сжигании.

Решение:

С бромной водой прореагирует только циклогексен: $C_6H_{10} + Br_2 = C_6H_{10}Br_2$	1 балл
$2C_6H_{10} + 17O_2 = 12CO_2 + 10H_2O$	1 балл
$2C_6H_6 + 15O_2 = 12CO_2 + 6H_2O$	1 балл
Взаимодействие с бромной водой: $m(Br_2) = 0,04 \cdot 140 = 5,6$ г	1 балл
$n(Br_2) = 5,6 / 160 = 0,035$ моль	
$n(C_6H_{10}) = n(Br_2) = 0,035$ моль	1 балл
$m(C_6H_{10}) = 0,035 \cdot 82 = 2,87$ г	1 балл
$\omega(C_6H_{10}) = 2,87 / 5 = 0,574$ или 57,4 %	1 балл
$\omega(C_6H_6) = 1 - 0,574 = 0,426$ или 42,6 %	
Сжигание смеси: $m(C_6H_6) = 0,426 \cdot 15 = 6,39$ г	1 балл
$n(C_6H_6) = 6,39 / 78 = 0,082$ моль	
$m(C_6H_{10}) = 15 - 6,39 = 8,61$ г	1 балл
$n(C_6H_{10}) = 8,61 / 82 = 0,105$ моль	
$n(H_2O)_1 = 5 \cdot 0,105 = 0,525$ моль	
$n(H_2O)_2 = 3 \cdot 0,082 = 0,246$ моль	
$n(H_2O)_{\text{общ}} = 0,771$ моль	3 балла
$m(H_2O) = 0,771 \cdot 18 = 13,88$ г	
ИТОГО	12 баллов