

**Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников
Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2016-2017 г.
Решения олимпиадных заданий по химии**

9 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. Степень окисления азота в нитрите калия ... **+3**, а в нитрате калия ... **+5**.
- 1.3. Степень окисления хлора в продуктах реакции взаимодействия газообразного хлора с раствором щёлочи на холоду равна ... **-1** и ... **+1**.
- 1.4. Из четырех металлов - железа, алюминий, медь и кальций самым активным является ... **кальций**, а наименее активным ... **медь**.
- 1.5. В щелочной среде лакмус окрашен в ... **синий** цвет, а в кислой - в ... **красный** цвет.
- 1.6. Ортофосфорная кислота имеет основность, равную ... **3**, а метафосфорная ... **1**.
- 1.7. Валентными для атома алюминия являются ... **3s** и ... **3p** электроны.
- 1.8. Среда водного раствора NH_3 ... **щелочная**, а водного раствора H_2S ... **кислая**.
- 1.9. В атоме бора в основном состоянии количество неспаренных электронов равно ... **1**, а в ионе B^{3+} ... **0**.
- 1.10. Высшая степень окисления у фосфора ... **+5**, а у хрома ... **+6**.

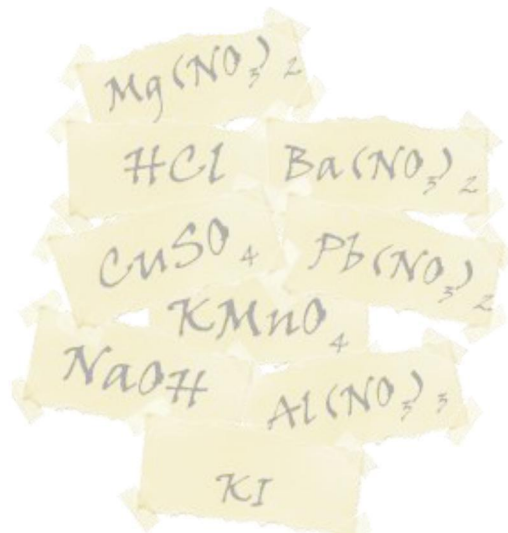
Каждый правильный ответ по 1 б

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

Итого 20 баллов

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

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	Mg(NO ₃) ₂	Pb(NO ₃) ₂	Ba(NO ₃) ₂	KI
CuSO ₄			Cu(OH) ₂ ↓ голубой				PbSO ₄ ↓ белый	BaSO ₄ ↓ белый	CuI+I ₂ ↓ бурый
KMnO ₄				Cl ₂ ↑ обесцвеч.					I ₂ (KIO ₃) + MnO ₂ ↓ бурый
NaOH	Cu(OH) ₂ ↓ голубой				Al(OH) ₃ ↓ белый раств. в изб.	Mg(OH) ₂ ↓ белый не раств. в изб.	Pb(OH) ₂ ↓ белый раств. в изб.		
HCl		Cl ₂ ↑ обесцвеч.							
Al(NO ₃) ₃			Al(OH) ₃ ↓ белый раств. в изб.						
Mg(NO ₃) ₂			Mg(OH) ₂ ↓ белый не раств. в изб.						
Pb(NO ₃) ₂	PbSO ₄ ↓ белый		Pb(OH) ₂ ↓ белый раств. в изб.						PbI ₂ ↓ желтый
Ba(NO ₃) ₂	BaSO ₄ ↓ белый								
KI	CuI+I ₂ ↓ бурый	I ₂ (KIO ₃) + MnO ₂ ↓ бурый					PbI ₂ ↓ желтый		

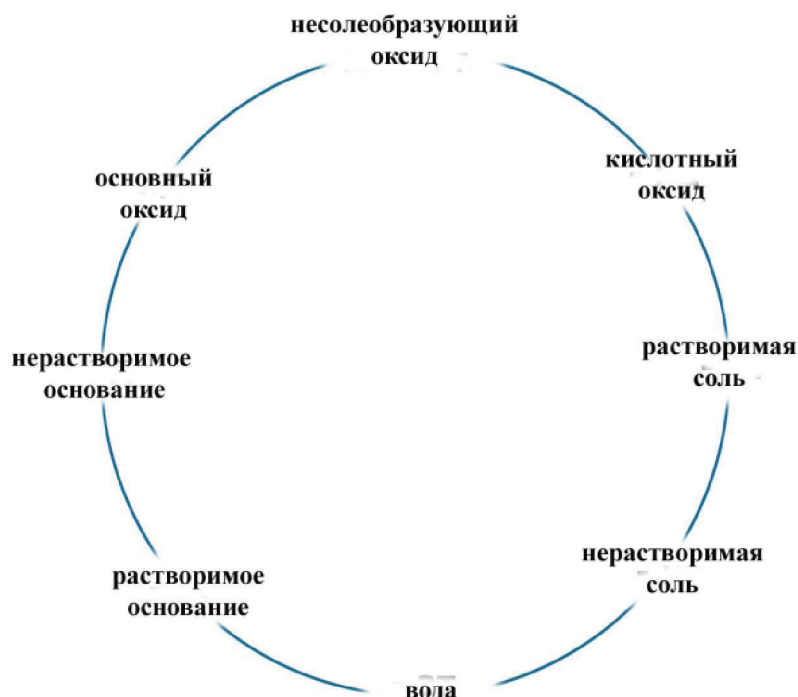
Критерий оценивания	Балл
По окраске двух растворов мы можем определить, что голубой раствор это сульфат меди, а малиновый – перманганат калия	2 балла (по 1 баллу за каждый раствор)
CuSO ₄ образует осадок голубого цвета со щелочью, белый с нитратами бария и свинца. В реакции с иодидом калия выступает окислителем и окисляет I ⁻ до свободного йода, который дает бурый (коричневый) осадок, состоящий из смеси CuI+I ₂ . Если мы прильем его ко всем бесцветным растворам, то определим в какой колбе NaOH и иодид калия. Две пробирки, давшие с сульфатом меди белые осадки, содержат нитраты бария и свинца.	2 балла
Добавив иодид калия к нитратам бария и свинца обнаружим нитрат свинца по выпавшему желтому осадку, значит во второй склянке нитрат бария	2 балла
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. Следовательно, в этой склянке нитрат алюминия. Не растворяющийся в избытке щелочи осадок – гидроксид магния. То есть во второй склянке нитрат магния	2 балл

При приливании перманганата калия к оставшемуся раствору наблюдаем обесцвечивание раствора перманганата калия (либо бурый осадок) и выделение желто-зеленого газа (появление запаха хлора). Следовательно, в пробирке HCl	1 балл
$\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$	1 балл
$2\text{CuSO}_4 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} \downarrow + \text{I}_2 \downarrow + 2\text{K}_2\text{SO}_4$	1 балл
$\text{CuSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1 балл
$\text{CuSO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{PbSO}_4 \downarrow + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI} = \text{PbI}_2 \downarrow + \text{KNO}_3$	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
$16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 5\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ 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
Составление таблицы с признаками реакций	8 баллов
*Любой верный ход, который привел к опознаванию пробирки, оценивается в 1 балл. Верные уравнения реакции для этого хода (кроме растворов, опознаваемых по окраске) суммарно оцениваются в 1 балл.	
ИТОГО	24 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;
- в качестве следующего вещества может быть использован любой из продуктов реакции;
- в ходе реакции образования воды, присутствующей на схеме, также получаются хлорид кальция и углекислый газ.



Решение:

Проще всего начать с образования хлорида кальция и углекислого газа в реакции с соляной кислотой. Тогда нерастворимая соль - это карбонат кальция, растворимая - карбонат калия (натрия и т.п.), кислотный оксид - углекислый газ, несолеобразующий оксид - CO и т.д. В результате можно предложить следующую схему (засчитываются и другие подходящие катионы для растворимого и нерастворимого гидроксида):

	8 баллов (по 1 баллу за каждый компонент круга)
$2\text{CO} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{CO}_2$	1 балл
$\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{KNO}_3$	1 балл
$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$ или $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$	1 балл
$2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$	1 балл
$\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
$\text{CuO} + \text{C} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{CO} + \text{Cu}$	1 балл
ИТОГО	16 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 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;
- Напишите уравнение реакции, использовавшейся в Древнем Египте.
В лаборатории получали **A** взаимодействием раствора 320 г сульфата меди и 403,8 г гидрокарбоната натрия. Выход чистого вещества **A** в этой реакции составил 80 %.
- Напишите уравнение реакции получения **A** в лаборатории и вычислите массу полученного чистого вещества;
- Рассчитайте массу меди и объемы (при $t_{\text{комн.}}$) оксидов, которые могли быть получены древними египтянами из чистого вещества **A**, синтезированного в лаборатории. Молярный объем газа при комнатной температуре составляет 24,4 л/моль.

Решение:

Вещество A – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ или $\text{Cu}_2\text{CH}_2\text{O}_5$	3 балла
Гидрокарбонат 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
$n(\text{NaHCO}_3) = 403,8/84 = 4,8$ моль $n(\text{CuSO}_4) = 320/160 = 2$ моль CuSO₄ в недостатке, считаем по нему	2 балла
$n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,5*2 = 1$ моль $m_{\text{теор}}((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 222$ г $m_{\text{чистого}}((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 222*0,8 = 177,6$ г	3 балла
$n_{\text{чистого}}((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,8*1 = 0,8$ моль $n(\text{Cu}) = 2n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 2*0,8 = 1,6$ моль $m(\text{Cu}) = 64*1,6 = 102,4$ г (если брать 63,5, то получится 101,9 г)	2 балла
$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,8$ моль $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,8*18 = 14,4$ г $V(\text{H}_2\text{O}) = 14,4$ мл	3 балла
$n(\text{CO}_2) = 0,8*3 = 2,4$ моль $V(\text{CO}_2) = 2,4*24,4 = 58,6$ л	2 балла
ИТОГО	20 баллов

3.2. Восстанавливая в токе водорода 34,8 г Fe₃O₄, получили смесь металлического железа и оксида железа(II). Полученную смесь поместили в избыток соляной кислоты, в результате чего из раствора выделилось 3,36 л газа (н.у.).

- а) Напишите уравнения проведенных реакций;
- б) Вычислите массу смеси, полученной при восстановлении, а также массовые доли железа и оксида железа(II) в этой смеси.

Решение:

$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 3\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} (1);$ $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} (2);$ $\text{FeO} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O} (3);$ $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow (4).$	2*4 = 8 баллов
$n(\text{H}_2) = 3,36/22,4 = 0,15$ моль = $n(\text{Fe})$; $m(\text{Fe}) = 0,15*56 = 8,4$ г металлического железа.	2 балла
Исходное количество железной окалины: $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 34,8/232 = 0,15$ моль. Количество железной окалины, пошедшее на образование железа (реакция 2): $n_2(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1/3n(\text{Fe}) = 1/3*0,15 = 0,05$ моль.	3 балла
Количество железной окалины, пошедшее на образование оксида железа(II) (реакция 1): $n_1(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,15 - 0,05 = 0,1$ моль = $1/3n(\text{FeO})$; $n(\text{FeO}) = 3*0,1 = 0,3$ моль; $m(\text{FeO}) = 0,3*72 = 21,6$ г.	3 балла
Масса смеси, полученной при восстановлении: $m(\text{смеси}) = 21,6 + 8,4 = 30$ г.	2 балла
$\omega(\text{Fe}) = 8,4/30 = 0,28$ или 28 % . $\omega(\text{FeO}) = 21,6/30 = 0,72$ или 72 % .	2 балла
ИТОГО	20 баллов