

**Северо-Восточная олимпиада школьников по химии
заключительный (очный) этап
2015-2016 учебный год**

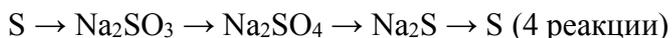
9 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 9-1 «КОШКИ- МЫШКИ»

Помогите коту Тому добраться до мышонка Джерри за минимальное количество ходов, которые соответствуют превращению одного химического соединения в другое соединение. Количество дополнительных реагентов не ограничено, но помните, что одному превращению может соответствовать только одна химическая реакция. Запишите уравнения реакций, которые помогут быстрее добраться Тому до Джерри.

РЕШЕНИЕ

Минимальное количество ходов можно совершить, если идти прямо по основанию пирамиды. Все протекающие при этом реакции являются окислительно-восстановительными:



- $3S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O;$
- $Na_2SO_3 + Br_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HBr;$
- $Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2;$
- $Na_2S + Cl_2 = S + 2NaCl.$

Этот путь является самым коротким. Если школьники затрудняются осуществить одно из этих превращений, то они могут пойти по ответвлениям пирамиды. Например, затруднительным является прямой переход от серы к сульфиту натрия:



- $S + Cu = CuS;$
- $2CuS + 3O_2 = 2CuO + 2SO_2;$
- $2SO_2 + O_2 = 2SO_3;$
- $SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_4 + H_2O;$
- $Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2.$
- $Na_2S + Cl_2 = S + 2NaCl.$

Количество гипотетических превращений довольно велико, но самым оптимальным является только первый вариант.

Система оценивания:

Минимальное количество ходов – 4, поэтому максимальный балл может быть $4 \cdot 3 = 12$ баллов. За каждую дополнительную реакцию следует снимать по 2 балла. В случае ошибочной балансировки уравнения следует снимать 1 балл.

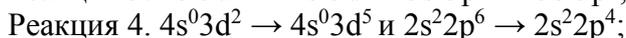
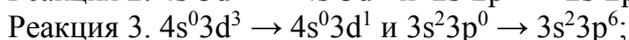
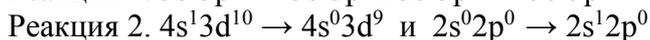
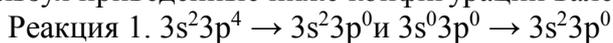


За указание 4-х уравнений реакций
Элементы оглавления не найдены.

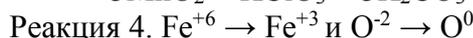
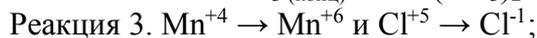
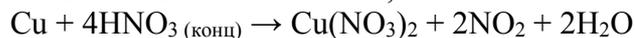
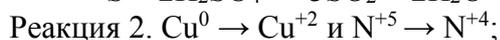
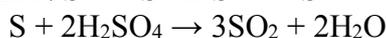
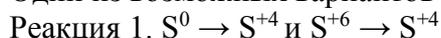
Итого: 12 баллов

ЗАДАНИЕ 9-2 «ОВР –ОЧЕНЬ ВАЖНЫЕ РЕАКЦИИ»

Определите элементы и напишите окислительно-восстановительные реакции, используя приведенные ниже конфигурации валентных электронов двух элементов.

**РЕШЕНИЕ**

Один из возможных вариантов ответа:

**Система оценивания:**

Определение элементов с верными степенями окисления $0,5 \times 8 = 4$ балла

Уравнения химических реакций $2 \times 4 = 8$ баллов

Итого: 12 баллов

ЗАДАНИЕ 9-3 «ГРЕМУЧИЙ ГАЗ»

Известно, что чистый водород горит спокойным ровным пламенем. Однако стехиометрическая смесь его с кислородом, называемая «гремучим газом», способна воспламениться не только от пламени, но и от искры даже с незначительной энергией. В этом случае процесс горения протекает чрезвычайно быстро, с громким хлопком, который субъективно воспринимается как взрыв. В соответствии с этим можно считать, что при стандартных условиях процесс горения водорода в кислороде протекает самопроизвольно, то есть, термодинамически допустим.

1. В каком объемном соотношении водород и воздух образуют наиболее взрывоопасную смесь?

2. Помня, что одним из критериев равновесия является выполнение условия $\Delta_r G^0 \leq 0$, и, используя необходимые данные из справочных материалов, вычислите максимальную температуру, при которой данный процесс протекает самопроизвольно. Зависимостью термодинамических констант веществ от температуры следует пренебречь.

На школьных практикумах демонстрируют это явление в виде опыта «Взрыв водорода в консервной банке». Для этого перевернутую консервную банку с заткнутой дыркой на дне заполняют водородом (например, из аппарата Киппа). Через несколько минут, когда из банки водород полностью вытеснит воздух, дырку открывают и подносят к ней тлеющую лучину. У отверстия загорается небольшим пламенем выходящий из банки водород. По мере того, как снизу в банку набирается воздух, горение становится все более беспокойным, появляется гудение и тонкий писк. Когда в банке собирается

достаточное количество воздуха, происходит громкий, но не опасный взрыв, и банка подпрыгивает вверх в результате взрыва газовой смеси.

3. Используя необходимые данные из справочных материалов и допустив, что 0,1% теплоты, выделяющейся в ходе реакции, расходуется на работу по подъему тела, вычислите высоту, на которую в результате взрыва, произведенного при стандартных условиях (1 атм, 25 °С), взлетит вертикально вверх банка массой 30 г и внутренним объемом 0,5 л. Сопротивлением воздуха следует пренебречь.

Справочные материалы:

1. Единственными компонентами воздуха считать кислород и азот в объемном соотношении $\frac{V(N_2)}{V(O_2)} = \frac{4}{1}$.

2. Уравнение энергии Гиббса: $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta S^\circ$

3. Уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = nRT$

4. Условие изотермического процесса: $\Delta_r H = -E_{\text{пот}}$

5. Уравнение потенциальной энергии (для расчета высоты подъема): $E_{\text{пот}} = -mgh$

6. Физические константы: $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$; $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$.

7. Термодинамические константы:

	$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	ΔS°_{298} , Дж/(моль·К)
$H_{2(g)}$	0	131
$O_{2(g)}$	0	205
$H_2O_{(r)}$	-242	189

РЕШЕНИЕ

1. В соответствии со стехиометрическим уравнением реакции:

$H_2 + 1/2O_2 = H_2O$ (1) и учитывая состав воздуха, определяем объемное соотношение водорода и кислорода:

$$\frac{V(H_2)}{V(O_2)} = \frac{2}{1 \cdot 5} = \frac{2}{5}$$

2. Рассчитываем $\Delta_r H^\circ$, ΔS° , $\Delta_r G^\circ$:

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ_{298}(H_2O) = -242 \text{ кДж}$$

$$\Delta S^\circ = \Delta S^\circ_{298}(H_2O) - \Delta S^\circ_{298}(H_2) - 1/2\Delta S^\circ_{298}(O_2) = -44,5 \text{ Дж/К}$$

$$\Delta_r G^\circ = -242000 - 298 \cdot (-44,5) = -228739 \text{ Дж/моль}$$

В соответствии с критерием самопроизвольного протекания процесса:

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$T = \frac{\Delta_r H^\circ - \Delta_r G^\circ}{\Delta S^\circ} = \frac{-242000}{-44,5} = 5438 \text{ К}$$

3. Рассчитаем количества водорода и кислорода в банке. За 2х примем объем водорода, тогда объем воздуха с учетом доли в нем кислорода равен 5х: $2x + 5x = 0,5$; $x = 0,07 \text{ л}$.

$$V(H_2) = 0,150 \text{ л}; V(O_2) = 0,075 \text{ л}$$

Вычислим количество вещества воды:

$$n(H_2O) = (101,325 \cdot 0,150) / (8,31 \cdot 298) = 0,006 \text{ моль};$$

Вычисляем теплоту, выделившуюся в результате образования 0,006 моль H_2O : $\Delta_r Q = 242000 \cdot 0,006 = 1452 \text{ Дж}$.

Из этого количества только 0,1% переходит в работу – 1,452 Дж.

Рассчитываем высоту подъема банки:

$$h = 1,452 / (0,03 \cdot 10) = 4,84 \text{ м}$$

Система оценивания:

Уравнение химической реакции (1) 1 балл

Объемное соотношение водорода и кислорода 2 балла

Расчет $\Delta_r H^\circ$, $\Delta_r S^\circ$, $\Delta_r G^\circ$	1 x 3 = 3 балла
Определение температуры	1 балл
Расчет количеств водорода и кислорода.....	0,5 x 2 = 1 балл
Определение количества вещества воды	1 балл
Определение выделившейся теплоты	1 балл
Определение количества работы.....	1 балл
Расчет высоты подъема банки.....	1 балл

Итого: 12 баллов

ЗАДАНИЕ 9-4 «ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ»

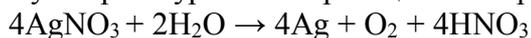


Два стакана одинаковой массы, в одном из которых находится 100 г 17%-ного раствора нитрата серебра, а в другом – 100 г 18,25%-ной соляной кислотой, поместили на две чаши весов. Через раствор нитрата серебра пропустили постоянный ток с силой в 7,1 А в течение 10,5 мин, а к соляной кислоте добавили 10 г карбоната кальция. Вычислите массу железа, которую необходимо добавить в стакан с нитратом серебра, чтобы весы уравнились.

Для справки: Постоянная Фарадея – 96500 Кл/моль

РЕШЕНИЕ

Суммарное уравнение реакции электролиза:



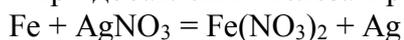
Масса раствора $m(\text{AgNO}_3) = 100 \cdot 17/100 = 17$ г, тогда $m(\text{Ag}) = M(1/z) \cdot I \cdot t / F = 108 \cdot 7,1 \cdot 10,5 \cdot 60 / 96500 = 5$ г. При этом необходимо помнить, что помимо серебра выделяется кислород, поэтому $n(\text{Ag}) = 5/108 = 0,046$ моль и $n(\text{O}_2) = 0,046/4 = 0,0115$ моль, тогда $m(\text{O}_2) = 0,0115 \cdot 32 = 0,37$ г. Общее уменьшение массы раствора за счет серебра и кислорода составит $5 + 0,37 = 5,37$ г. Тогда масса раствора составит $100 - 5,37 = 94,63$ г.

В стакане с соляной кислотой также протекает реакция:



Найдем $m(\text{HCl}) = 18,25 \cdot 100/100 = 18,25$ г, тогда $n(\text{HCl}) = 18,25/36,5 = 0,5$ моль и $n(\text{CaCO}_3) = 10/100 = 0,1$ моль. В избытке соляная кислота, тогда $m(\text{CO}_2) = 0,1 \cdot 44 = 4,4$ г, а общая масса раствора равна $100 + 10 - 4,4 = 105,6$ г.

При добавлении железа в раствор с нитратом серебра:



Выделяющееся серебро остается в стакане, поэтому увеличение массы стакана происходит только лишь за счет добавления железа. Следовательно, чтобы уравновесить весы, необходимо $m(\text{Fe}) = 105,6 - 94,63 = 10,97$ г.

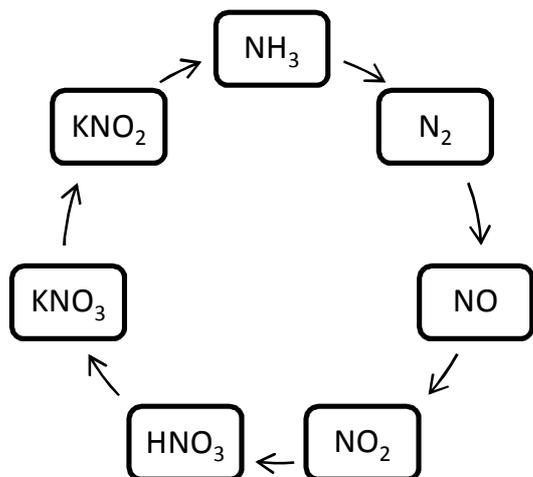
Система оценивания:

Уравнение реакции электролиза AgNO_3	1 балл
Уравнение реакции взаимодействия HCl и CaCO_3	1 балл
Вычисление массы Ag	3 балла
Вычисление массы O_2	2 балла
Вычисление массы полученного раствора нитрата серебра	1 балл
Вычисление массы CO_2	1 балл
Вычисление массы полученного раствора соляной кислоты	1 балл
Определение необходимой массы Fe	2 балла

Итого: 12 баллов

ЗАДАНИЕ 9-5 «КРУГОВОРОТ АЗОТА»

Вам выданы вещества, содержащие один и тот же химический элемент: нитрит калия, монооксид азота, азотная кислота, аммиак, диоксид азота и нитрат калия.



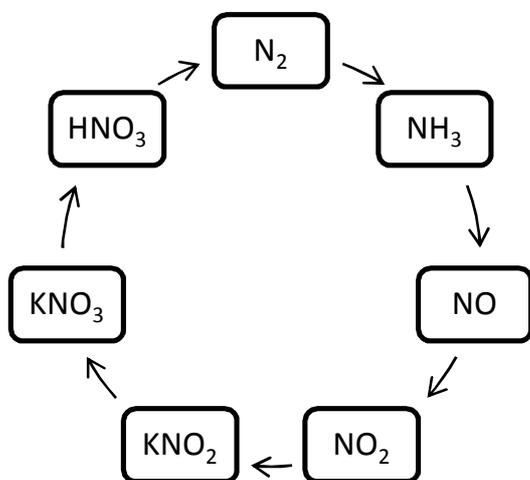
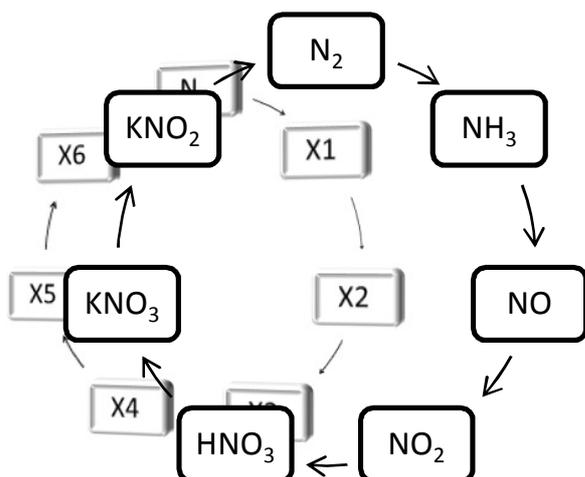
Расположите их в таком порядке, чтобы превращения веществ друг в друга описывались циклом, приведенным на рисунке. Каждому превращению может соответствовать лишь одна реакция. Соотнесите каждое выданное вещество с X1-X6 и составьте уравнения протекающих реакций.

веществами являются соли азотистой и азотной кислот, а также сама азотная кислота. Наиболее легким и удобным путем получения азота является взаимодействие активных металлов с разбавленной азотной кислотой.

РЕШЕНИЕ

Решение задачи сводится к переходу от более простых веществ к более сложным, но цикличность превращений осложняет решение обратным переходом – от более сложных к более простым. Самыми сложными

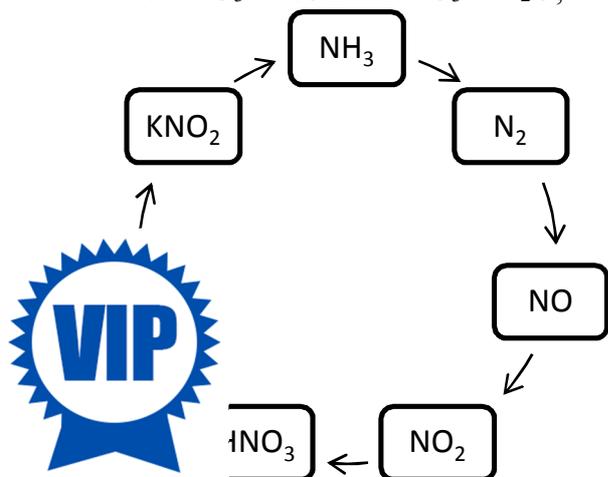
Отсюда, веществом X6 является азотная кислота, и все остальные вещества располагаются в цикле следующим образом:



1. $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$;
2. $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$;
3. $2NO + O_2 = 2NO_2$;
4. $2NO_2 + 2KOH = KNO_3 + KNO_2 + H_2O$;
5. $KNO_2 + Br_2 + H_2O = KNO_3 + 2HBr$;
6. $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$;
7. $5Sn + 12HNO_3 = 5Sn(NO_3)_2 + N_2 + 6H_2O$.

Решение задачи не ограничивается одним вариантом, возможен и такой вариант:

- $N_2 + O_2 = 2NO$;
- $2NO + O_2 = 2NO_2$;
- $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$;
- $HNO_3 + KOH = KNO_3 + H_2O$;



- $2NO + O_2 = 2NO_2$;
- $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$;
- $HNO_3 + KOH = KNO_3 + H_2O$;
- $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$;
- $KNO_2 + NH_4Cl = N_2 + KCl + 2H_2O$ (кипячение).

- $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$;
- $KNO_2 + 3Zn + 5KOH + 5H_2O = 3K_2[Zn(OH)_4] + NH_3$.
- $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 3H_2O$ (без kat).

Возможен и третий вариант решения задачи:

- $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$;
- $4NH_3 + O_2 = 4NO + 6H_2O$;

Система оценивания:

За правильно составленные уравнения реакций 1-2 1 x 2 = 2 балла
 За правильно составленные уравнения реакций 3-7 2 x 5 = 10 баллов

Итого: 12 баллов