

10 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 10-1

«Химия на службе коротышкам»

Для того, чтобы подняться на воздушном шаре в небо, коротышки решили заполнить его водородом, полученным путем электролиза воды. Сколько времени необходимо пропускать через воду постоянный электрический ток силой 200 А, чтобы поднять в небо коротышек с суммарной массой 200 кг? При решении задачи массами шара, корзины для пассажиров и багажа пренебрегите. Для вычислений используйте математические выражения:

- **закона электролиза Фарадея:**

$$n = \frac{It}{Fz},$$

где: n – количество вещества (моль), образовавшегося в ходе электролиза, моль; t – время проведения электролиза (в секундах, с); z – число электронов, участвующих в полуреакции; F – постоянная Фарадея, которую примите равной 96500 Кл/моль;

- **второго закона Ньютона:**

$$F = at,$$

где: a – ускорение, m – масса.

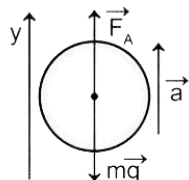
- **закона Архимеда:**

$$F = \rho g V,$$

где: ρ – плотность среды (газа или жидкости), g – ускорение свободного падения (10 м/с^2), V – масса.

Решение

На шар, накачанный таким образом, действует сила Архимеда, сила тяжести, и он движется с определенным ускорением вверх:



Второй закон Ньютона для данного случая выглядит как:

$$mg + F_A = ma(1)$$

Спроецировав его на ось ОУ, получим:

$$F_A - mg = ma$$

Левая часть выражения является подъемной силой:

$$F_A = \rho g V$$

Представим, что вместо водорода в шаре воздух:

$$m = \rho V$$

Преобразуем выражение для подъемной силы:

$$F = m(\text{возд})V - m(\text{H}_2)V(2)$$

Свяжем массы водорода и воздуха, записав для обоих случаев уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$\rho V = (m/M)RT(3)$$

Т.к. ρ , V и T – величины для обоих случаев постоянные, разделим оба уравнения

Менделеева-Клапейрона друг на друга:

$$M(\text{возд})/M(\text{H}_2) = m(\text{возд})/m(\text{H}_2)$$

Перепишем выражение для подъемной силы:

$$F = m(\text{H}_2)g * [M(\text{возд})/M(\text{H}_2) - 1](4)$$

Выразим массу водорода через закон Фарадея:



$$m(\text{H}_2) = I \cdot t \cdot M(\text{H}_2) / Fz(5)$$

Подставляем выражение в предыдущее и вычисляем время:

$$t \approx 7 \cdot 10^6 \text{ с. (6)}$$

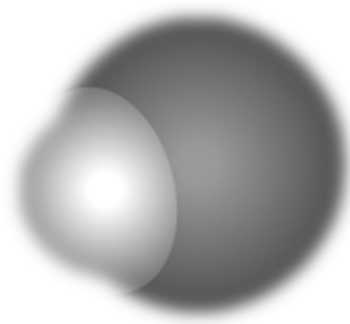
Система оценивания

Этапы решения 1-6	2 балла * 6
Итого	12 баллов

ЗАДАНИЕ 10-2

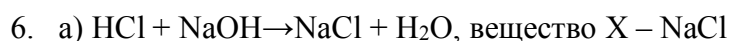
«Таинственный газ»

Бесцветный газ с резким запахом с плотностью по воздуху 1,259 состоит из двух атомов. Его получили действием концентрированной серной кислоты на сухую бесцветную соль натрия и пропустили через 250 г 4% раствора гидроксида натрия. Газ был полностью поглощен раствором. Капля лакмуса, добавленная в полученный раствор, окрасила его в фиолетовый цвет. Определите вещество, которое было получено в растворе, и его концентрацию.



Решение

4. Вычислим молярную массу газа: $M(\text{газа}) = 1,259 \cdot 29 = 36,51 \text{ г/моль}$. Таинственный газ – хлороводород (HCl).



б) Лакмус окрасил раствор в фиолетовый цвет, значит среда нейтральная и реакция прошла в эквивалентных соотношениях реагирующих веществ $\nu(\text{HCl}) = \nu(\text{NaOH})$. В водном растворе будет находиться только соль – NaCl.

Вычисляем количество молей NaOH, вступившее в реакцию:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{250 \cdot 0,04}{40} = 0,25 \text{ моль, тогда } m(\text{NaCl}) = 0,25 \cdot 58,5 = 14,625 \text{ г.}$$

Масса вступившего в реакцию хлороводорода $m(\text{HCl}) = 0,25 \cdot 36,5 = 9,125 \text{ г}$

в) Найдем массу полученного раствора:

$$m(\text{раствора}) = m(\text{раствора NaOH}) + m(\text{HCl}) = 250 + 9,125 = 259,125 \text{ г (по закону сохранения массы веществ).}$$

$$\text{г) } \omega(\text{NaCl}) = \frac{14,625}{259,125} \cdot 100 = 5,64\%$$

4. Если лакмус окрасит раствор в красный цвет, то среда кислая - хлороводород в избытке. В растворе: NaCl и HCl.

Если лакмус окрасит раствор в синий цвет, то среда щелочная. В этом случае гидроксид натрия будет в избытке. В растворе: NaCl и NaOH.

Данных, приведенных в условии задачи, будет недостаточно, если NaOH в избытке.

Система оценивания

Установление формулы газа	1 балл
Уравнение реакции	1 балл
Определение вещества X	1 балл
Рассуждение степени протекания реакции по окраске раствора лакмусом	1 балл
Вычисление массовой доли NaCl в растворе	3 балла
Указание цвета раствора лакмуса в кислой и щелочной средах.	1·2= 2 балл

Указание веществ в растворе при избытке HCl	1 балл
Указание веществ в растворе при избытке NaOH	1 балл
Указание достаточности данных в условии задачи	1 балл
Итого	12 баллов

ЗАДАНИЕ 10-3

«Неизвестный оксид»

Азот способен образовывать оксиды, в которых степень окисления его может варьироваться от +1 до +5. В старину для определения формулы оксида азота, а также для количественного расчета состава смеси оксидов азота их длительное время нагревали в замкнутой предварительно вакуумированной емкости со стружками меди. Охладив емкость, измеряли объем привес твердой фазы.



В журнале химика XIX века обнаружили записи следующего содержания:

«Взяли 0,7 л (при н.у.) смеси оксидов азота **A** и **B** с плотностью паров по воздуху 1,192.

Поместили ее в сосуд, в который добавлена в избытке медь, и прокалили. Прибавка массы твердой фазы по достижению равновесия составила 0,643 г...»

1. Напишите формулы оксидов азота со степенью окисления азота в них от +1 до +5.
2. Приведите структурные формулы трехатомных молекул оксида азота.
3. Напишите уравнения реакций всех оксидов азота с медью.
4. Определите формулы оксидов азота **A** и **B**, а также количественный состав смеси.

Решение

1. N_2O ; NO ; N_2O_3 ; NO_2 ; N_2O_5 .

2.



3. $N_2O + Cu = CuO + N_2$

$2NO + 2Cu = 2CuO + N_2$

$N_2O_3 + 3Cu = 3CuO + N_2$

$2NO_2 + 4Cu = 4CuO + N_2$

$N_2O_5 + 5Cu = 5CuO + N_2$

4. Поскольку средняя молекулярная масса газовой смеси равна 34,568 г/моль, то один из газов – NO .

Пусть: a – объем NO ; b – объем второго газа; x – число атомов азота в неизвестном газе; y – число атомов кислорода в неизвестном газе.

Тогда составим систему уравнений, в котором первое уравнение выражает материальный баланс твердой фазы, а второе уравнение показывает вычисление средней молекулярной массы газовой смеси:

$$\begin{cases} 80a/22,4 + 160yb/44,8 - 64a/22,4 - 128yb/44,8 = 0,643 \\ 30(100a/0,7) + (14x + 16y)(100b/0,7) = 34,568 \end{cases}$$

Упростив выражение, получаем уравнение с двумя неизвестными – x и b , причем x по условию может быть равным 1 или 2, а $b < 0,7$. Путем подбора получаем $x = 2$.

Следовательно, состоит из NO и N_2O_5 .

Система оценивания

1. Формулы оксидов азота	0,5 баллов*5 = 2,5
2. Структурные формулы оксидов азота	1 балл*2 = 2
3. Уравнения реакций	0,5 баллов*5 = 2,5
Верно расставленные коэффициенты	0,5 баллов*5 = 2,5

4. Указание на то, что один из газов – NO. Верное определение путем математических расчетов качественного состава газовой смеси. Метод расчета учащегося может отличаться от предложенного авторами задачи.	0,5 баллов 2 балла
Итого	12 баллов

ЗАДАНИЕ 10-4

«Древний элемент»

Элемент **A** в чистом виде был известен еще жителям Древнего Египта. Они, а также затем древние римляне были крупнейшими производителями этого элемента, выплавляя до 80 тыс. тонн в год. **A** и ряд его соединений играют большую роль в современной жизни человека.



A образует ряд оксидов: оксид **B** содержит 90,66% **A** по массе, используется в качестве яркой оранжево-красной краски; оксид **C** темно-бурого, почти черного цвета, является очень сильным окислителем. Например, **C** в азотнокислой среде переводит нитрат марганца в марганцевую кислоту (*реакция 1*).

Известно, что **D** содержит в два раза меньше кислорода, чем **C**. Если длительно прокалить минерал церуссит на воздухе, то сначала образуется **D** (*реакция 2*), причем потеря массы составляет 16,48%, затем переходит в **B** (*реакция 3*). Если **B** прокипятить в разбавленной азотной кислоте, то получается осадок вещества **C** (*реакция 4*).

При кипячении избытка **D** в уксусной кислоте образуется раствор вещества **E** (*реакция 5*). Если раствор **E** слегка подщелочить раствором аммиака и пропустить избыток углекислого газа, выпадает плотный белый осадок вещества **F** (*реакция 6*), который раньше часто использовали в качестве белой краски. Однако у такой краски был весомый недостаток – со временем он чернел. Однако реставраторы нашли способ восстановить белую краску на полотнах.

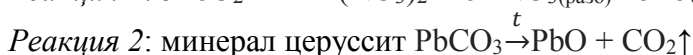
1. Определите вещества **A-F**.
2. Напишите уравнений реакций 1-6.

Решение

Традиционно металлами древности называют семь металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо и ртуть. По условию задачи металл имеет три оксида, два из которых имеют яркий оранжево-красный и темно-бурый цвет. Кроме того, нерастворимая соль металла, имеет белый цвет и применялась как белая краска. Поэтому делаем вывод, что:

- неизвестный металл **A** – свинец Pb;
- оксид **B** – сурик, яркий оранжево-красный Pb_3O_4 ,
- оксид **C** темно-коричневый PbO_2 ,
- оксид **D** - красный PbO ,
- белый осадок **F**- цинковые белила $PbCO_3$ (в природе встречается как минерал церуссит).

Из всех оксидов содержание свинца 90,66% у сурика Pb_3O_4 : $\omega(Pb) = \frac{207 \cdot 3}{685} \cdot 100 = 90,66\%$ (совпадает с условием задачи).



Потеря массы происходит за счет улетучивания углекислого газа. Пусть $m(\text{PbCO}_3) = 100 \text{ г}$, $\nu(\text{PbCO}_3) = \frac{100}{267} = 0,375 \text{ моль}$, $\nu(\text{PbCO}_3) = \nu(\text{CO}_2)$, тогда $m(\text{CO}_2) = 0,375 \cdot 44 = 16,48 \text{ г}$. Т.к. расчет проведен на 100 г PbCO_3 , то потеря массы – 16,48% (удовлетворяет условию задачи).

Реакция 3: на воздухе $6\text{PbO} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{Pb}_3\text{O}_4$

Реакция 4: $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3(\text{разб}) \rightarrow \text{PbO}_2 \downarrow + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Реакция 5: $\text{PbO} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O}$, вещество **Е** – ацетат свинца (II) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

Реакция 6: $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbCO}_3 \downarrow + 2\text{CH}_3\text{COOH}$, вещество **Ф** – цинковые белила PbCO_3

Система оценивания

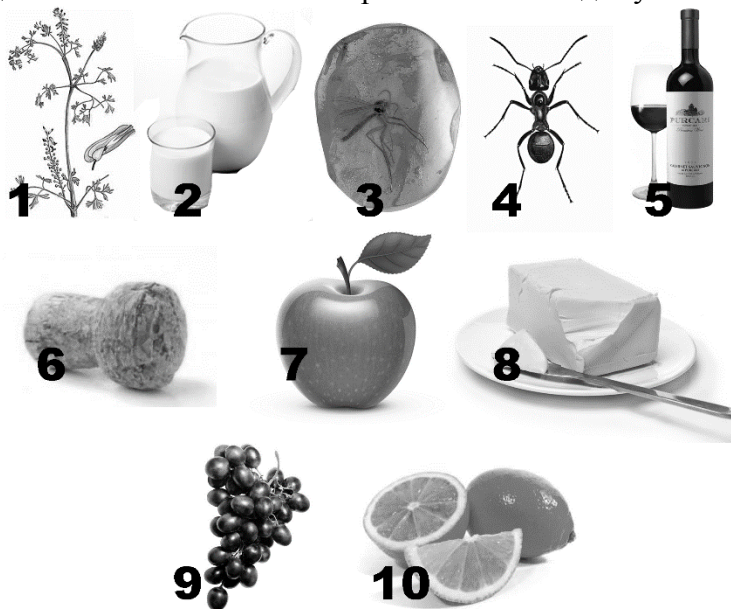
Установление А, В, С, D, Е, F	1·6= 6 баллов
Уравнения реакций 1-6	1·6= 6 баллов
Итого	12 баллов

ЗАДАНИЕ 10-5

«Вездесущие кислоты»

Для многих органических веществ помимо систематической номенклатуры до сих пор применяются тривиальные названия, как правило отражающие природный источник, в котором они впервые были обнаружены. Такие названия, однако, не содержат информацию о составе и строении вещества.

Ниже представлены рисунки, пронумерованные от 1 до 10, на которых изображены объекты, названия которых связаны с тривиальными названиями некоторых карбоновых кислот, а также соединений, содержащих одну или несколько карбоксильных групп. Под рисунками приведены названия их солей с присвоенной каждому из них букве.



А. Тартрат	Б. Цитрат	В. Малат	Г. Лактат	Д. Формиат
Е. Пируват	Ж. Суберат	З. Фумарат	И. Бутират	К. Сукцинат

1. Расставьте верные по Вашему мнению соответствия «Объект» - «Название соли».

Производные карбоновых кислот распространены в виде жиров, которые в живых организмах выполняют прежде всего энергетическую и строительную функции.

Для идентификации жира **X**, образованного предельными неразветвленными монокарбоновыми кислотами **Y** и **Z**, навеску его массой 4,3000 г прокипятили в 250,00 мл

0,2000 М раствора NaOH. На титрование неизрасходованной щелочи было затрачено 26,70 мл 1,0000 М раствора HCl. Подкисление полученного после титрования раствора избытком кислоты и дальнейшее высаливание привело к количественному выпадению осадка массой 4,0050 г, содержащего Y и Z.

2. Определите брутто-формулу X.

3. Определите кислоты Y и Z. Назовите их.

4. Изобразите более двух возможных структурных формул для жира X. Назовите их.

Решение

1. 1-3; 2-Г; 3-К; 4-Д; 5-А; 6-Ж; 7-В; 8-И; 9-Е; 10-Б.

2. Общая брутто-формула триглицеридов предельных карбоновых кислот – $C_nH_{2n-4}O_6$.

На омыление 1 моль жира расходуется 3 моль гидроксида натрия. Рассчитаем

молекулярную массу жира: $4,3 \cdot 120 / 0,9320 = 554$.

$$14n + 92 = 554;$$

$$n = 33.$$

Соответственно, брутто-формула жира – $C_{33}H_{62}O_6$.

3. Жир образован из двух карбоновых кислот, следовательно, один из алканоилокисильных радикалов будет дважды замещать гидроксильный водород в молекуле глицерина.

Пусть: Y – алкильный радикал кислоты Y, а y – его молярная масса; Z – алкильный радикал кислоты Z, а z – его молярная масса.

Составим уравнение реакции омыления жира:



Исходное количество щелочи: n = 0,05 моль;

остаточное количество щелочи: n = 0,0267 моль;

количество щелочи, израсходованное на омыление: n = 0,0233 моль.

Составим систему уравнений:

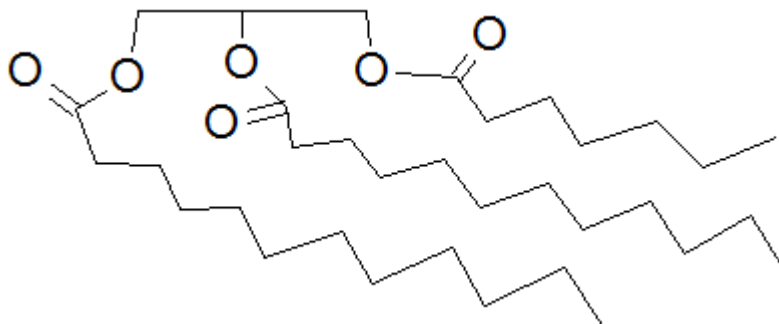
$$\begin{cases} 2y + z = 381; \\ 0,0155(y + 45) + 0,0078(z + 45) = 4,0050. \end{cases}$$

Решение системы дает следующие результаты:

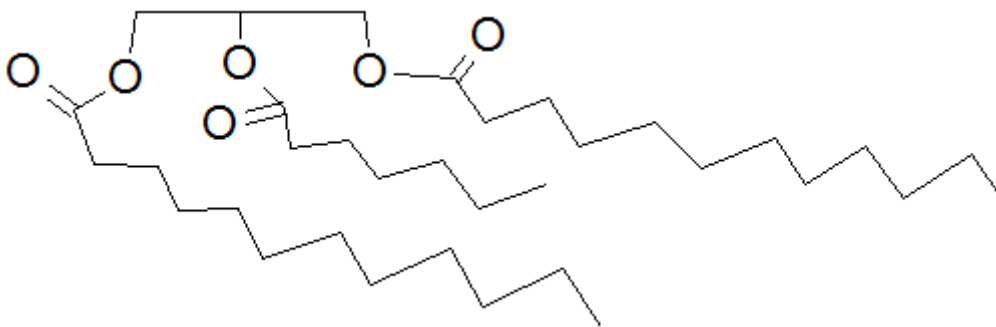
$$y = 75; z = 153.$$

Следовательно, кислота Y – $C_{11}H_{23}COOH$ (додекановая), а Z – $C_6H_{13}COOH$ (гептановая).

4. Возможные структурные формулы жиров:



1,2-дидодеканоилоксипропил-2-гептаноат



1,3-дидодеканоилоксипропил-2-гептаноат

Система оценивания

1. Верное соответствие	0,5 x 10 = 5 баллов
2. Верный вывод общей брутто-формулы Расчет брутто-формулы X	0,5 баллов 1 балл
3. Расчет количества щелочи, израсходованного на омыление Уравнение реакции омыления (общее или применительно к жиру X) Формулы кислот Y и Z Названия кислот Y и Z	1 балл 0,5 балла 1 балл*2 = 2 балла 0,5 баллов *2 = 1 балл
4. Возможные структурные формулы X Названия X	0,25 баллов *2 = 0,5 баллов 0,25 баллов *2 = 0,5 баллов
Итого	12 баллов