

Решения задач и система оценивания – 8-9 класс (2022 г)

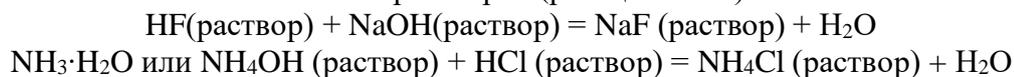
Задача № 1

Бинарными соединениями, молекулы которых содержат 10 электронов являются метан CH_4 , аммиак NH_3 , вода H_2O и фтороводород HF . Здесь в силу условия электронейтральности молекулы суммарный заряд ядер всех атомов (сумма порядковых номеров элементов) равен числу электронов.

Условиям задачи отвечают два газообразных соединения – аммиак и фтороводород. Реакция 1: при смешении газов образуется соль $\text{NH}_3(\text{газ}) + \text{HF}(\text{газ}) = \text{NH}_4\text{F}(\text{тв})$

Водный раствор фтороводорода называется фтороводородной или плавиковой кислотой, а при растворении аммиака в воде образуется слабое основание – гидроксид аммония $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или NH_4OH

Пример кислотно-основных свойств растворов (реакции 2 и 3):



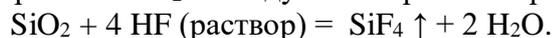
(примеры могут быть другими)

Аммиак является важнейшим продуктом химической промышленности, который синтезируют из простых веществ $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$, где азот выделяют из воздуха, а водород получают при переработке природного газа. С другой стороны аммиак служит исходным веществом при получении азотной кислоты и азотных удобрений, например, аммиачной селитры (цепочка 4):

каталитическое (Pt) окисление аммиака $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, далее получают кислотный оксид азота (IV) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ и, наконец, азотную кислоту

$4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{HNO}_3$ (раствор) и аммиачную селитру (нитрат аммония) HNO_3 (раствор) + NH_3 (газ) = NH_4NO_3 (раствор).

Плавиковую кислоту используют для травления стекла, основным компонентом которого является оксид кремния SiO_2 . Между ними протекает реакция 5:

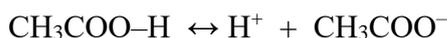


В связи с этим плавиковую кислоту нельзя хранить в стеклянной посуде. В настоящее время используют пластиковые банки, а до этого внутреннюю поверхность стеклянной банки покрывали предохраняющим слоем парафина.

Система оценивания: формулы соединений и обоснование – 0,5 балла; название водных растворов – 0,5 балла, уравнения реакций 1,2,3 – 0,5 балла, цепочка 4 с пояснениями – 2 балла, уравнение 5 с пояснениями – 0,5 балла.

Задача № 2

Слабая уксусная кислота диссоциирует согласно уравнению:



Пусть в воде растворили n моль кислоты, а её степень диссоциации равна α , тогда при достижении равновесия количества ионов и недиссоциированных молекул будет равно:

$$n(\text{H}^+) = n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = n \cdot \alpha \quad \text{и} \quad n(\text{CH}_3\text{COO}-\text{H}) = n \cdot (1 - \alpha),$$

а их общее количество $n_{\text{общ}} = n \cdot (1 + \alpha)$.

По условию задачи определим $n_{\text{общ}}$ и $n(\text{H}^+)$:

а) при растворении в воде бария образуется сильное основание, которое диссоциирует полностью $\text{Ba} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$, то есть из одного моля бария образуется три моля ионов, тогда $n_{\text{общ}} = 3n(\text{Ba}) = 3 \cdot (2,42 \text{ г} / 137 \text{ г/моль}) = 0,053 \text{ моль}$;

б) при растворении в воде хлороводорода образуется сильная соляная кислота, которая диссоциирует полностью $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ и

$$n(\text{H}^+) = n(\text{HCl}) = 0,0672 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,003 \text{ моль}.$$

Решаем систему уравнений: $n \cdot (1 + \alpha) = 0,053$

$$n \cdot \alpha = 0,003,$$

откуда $n = 0,05$ моль и $\alpha = 0,06 = 6\%$. Масса растворенной кислоты $m = 0,05 \cdot 60 = 3,0$ г

Система оценивания: характер кислоты и уравнение её диссоциации – 1 балл, расчетные формулы для количества ионов и молекул кислоты и их общего количества через степень диссоциации – 2 балла, уравнение реакции и расчет общего количества частиц – 2 балла, расчет количества ионов водорода и его обоснование – 1 балл, расчет степени диссоциации и массы кислоты – 1 балл.

Задача № 3

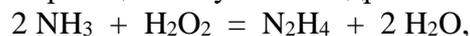
Обозначим искомое вещество X через A_xB_y , где по условию задачи $x + y = 6$, а массовая доля более тяжелого элемента, например, A равна

$$\omega(\text{A}) = x \cdot M(\text{A}) / M(\text{A}_x\text{B}_y) = 0,875.$$

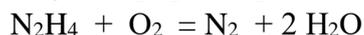
Поскольку массы молекул кислорода и X равны, то равны и их молярные массы, поэтому $M(\text{A}_x\text{B}_y) = M(\text{O}_2) = 32$ г/моль.

Далее находим $x \cdot M(\text{A}) = 0,875 M(\text{A}_x\text{B}_y) = 0,875 \cdot 32 = 28$. Итак, если $x = 1$, то $M(\text{A}) = 28$ г/моль, что соответствует кремнию, этот элемент практически не представлен в организме человека. Если $x = 2$, то $M(\text{A}) = 14$ г/моль – это азот и этот элемент является одним из важнейших в организме человека. Таким образом, $x = 2$ и $y = 4$, а молярная масса фрагмента $M(\text{B}_4) = 32 - 28 = 4$ г/моль, очевидно, что элемент B – это водород, который также широко представлен в организме человека. Химическая формула искомого вещества X есть N_2H_4 – это гидразин. Структурная формула $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$.

Вещество Y – это аммиак и реакция получения гидразина имеет вид



реакция горения



Система оценивания: обоснование для молярной массы X – 1 балл, определение и обоснование элементного состава X – 2 балла, структурная формула – 1 балл, уравнения реакций – 2 балла

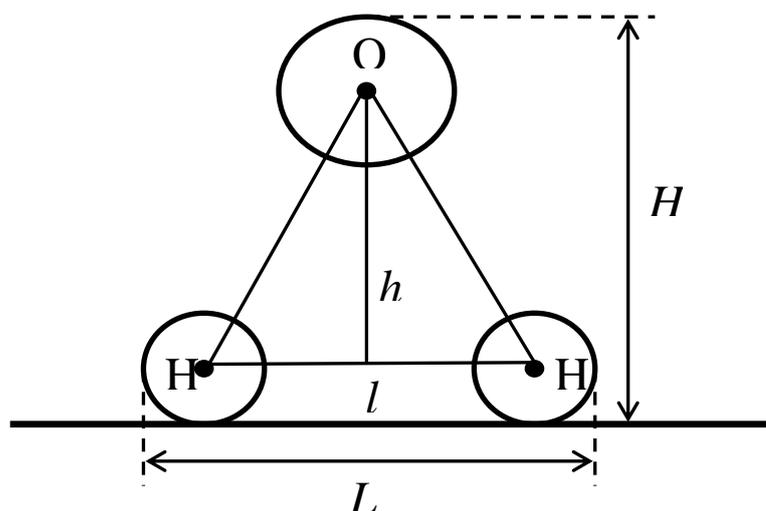
Задача № 4

(Возможны разные варианты решения)

Определим число молекул в 0,05 мл воды, считаю её плотность равной 1,0 г/мл:

$$N(\text{H}_2\text{O}) = (V \cdot \rho / M) \cdot N_A = (0,05 \cdot 1 / 18) \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 1,673 \cdot 10^{21} \text{ молекул}.$$

Возможная форма одной секции заборчика представлена на рисунке:



Треугольник Н-О-Н равнобедренный со стороной $a = 95,84$ пм, его высота h делит угол φ и основание Н-Н пополам, что позволяет рассчитать длины h и основания l :

$$h = a \cdot \cos(\varphi/2) = 95,84 \cdot \cos(104,5^\circ/2) = 58,675 \text{ пм};$$

$$l = 2a \cdot \sin(\varphi/2) = 2 \cdot 95,84 \cdot \sin(104,5^\circ/2) = 151,559 \text{ пм}.$$

Согласно рисунку длина секции заборчика равна $L = l + 2r(\text{H}) = 151,559 + 2 \cdot 30 = 211,559$ пм, а её высота $H = h + r(\text{H}) + r(\text{O}) = 154,675$ пм.

Рассчитаем длину заборчика $L \cdot N(\text{H}_2\text{O}) = 211,559 \cdot 10^{-12} \text{ м} \cdot 1,673 \cdot 10^{21} \text{ молекул} = 3,539 \cdot 10^{11} \text{ м} = 3,539 \cdot 10^8 \text{ км} = 353,9 \text{ млн. км}$. Это расстояние в $353,9 / 149,6 = 2,37$ раза больше, чем среднее расстояние от Земли до Солнца!

Система оценивания: расчет числа молекул в капле воды – 1 балл, рисунок секции заборчика – 1 балл, расчет l и h – 2 балла, расчет характеристик секции – 2 балла, расчет длины заборчика и его сравнение – 1 балл.

Задача № 5

Цепочка превращений (обозначение Red – восстановитель, Ox – окислитель):

Cl_2 (Red) + 5 Cl_2 (Ox) + KOH (горячий раствор) = 2 KClO_3 + 10 KCl + 6 H_2O – реакция диспропорционирования;

2KClO_3 (Red / Ox) = 2 KCl + 3 O_2 – нагревание в присутствии MnO_2 ;

4P (Red) + O_2 (Ox / избыток) = P_2O_5 – горение;

P_2O_5 + 3 H_2O = 3 H_3PO_4 – кипячение;

$2 \text{H}_3\text{PO}_4$ (раствор) + 3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (раствор) = $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$ + 6 H_2O ;

$2 \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (Ox) + 10 C (кокс/ Red) + 6 SiO_2 = 6 CaSiO_3 + 10 $\text{CO} \uparrow$ + $\text{P}_4 \uparrow$ (белый фосфор) – спекание

Система оценивания: уравнение реакций с указанием условий – 6 баллов, указание окислительно-восстановительных реакций и окислителя и восстановителя – 2 балла.

Задача № 6

Обозначим галогенид щелочного металла MX , тогда его реакция с раствором нитрата серебра MX (раствор) + AgNO_3 (раствор) = $\text{AgX} \downarrow$ + MNO_3 (раствор). Ясно, что галогеном не может быть фтор – фторид серебра растворим. По условию конечный

раствор содержит остаток исходной соли, поэтому нитрат серебра взят в недостатке и его количество определяет массу осадка.

Пусть раствор нитрата серебра содержал x моль соли, тогда прореагировало x моль MX и образовалось x моль осадка AgX . В этом случае масса конечного раствора будет равна $m(\text{кон. р-р}) = 50 + 10 - m(\text{AgX}) = 60 - x \cdot M(\text{AgX}) = 60 - x \cdot (108 + M(\text{X}))$, а масса остатка MX $m(\text{MX/ остаток}) = 50 \cdot 0,356 - x \cdot M(\text{MX}) = 17,8 - x \cdot M(\text{MX})$.

Массовая доля MX в конечном растворе равна $35,6 \% / 1,2 = 29,67 \%$, тогда получаем уравнение:

$$0,2967 = m(\text{MX/ остаток}) / m(\text{кон. р-р}) = \frac{17,8 - x \cdot (M(\text{M}) + M(\text{X}))}{60 - x \cdot (108 + M(\text{X}))}, \text{ откуда}$$

$$17,8 - 32,04x - 0,2967x M(\text{X}) = 17,8 - x M(\text{M}) - x M(\text{X}) \text{ и после сокращения получаем}$$
$$- 32,04 - 0,2967 M(\text{X}) = - M(\text{M}) - M(\text{X})$$

и далее находим взаимосвязь между молярными массами щелочного металла и галогена

$$M(\text{M}) = 32,04 - 0,7033 M(\text{X}).$$

Далее методом подбора находим: если галоген хлор (35,5 г/моль), то $M(\text{M}) = 7,07$ г/моль – это литий. Таким образом, искомая соль – хлорид лития LiCl .

Система оценивания: уравнение реакции, заключение о фторе и недостатке нитрата серебра – 2 балла, расчет массы конечного раствора и массы остатка MX – 4 балла, определение формулы соли – 2 балла.

Решения задач и система оценивания – 10 класс (2022 г)

Задача № 1

Реакция полимеризации этилена: $n \text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2 = -(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n -$
Определим количество этилена, не вступившего в реакцию полимеризации:



$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2) &= [n(\text{KMnO}_4) / 2] \cdot 3 = [m_{\text{ок}} / 2M(\text{KMnO}_4)] \cdot 3 = \\ &= [100 \cdot 0,0316 / 2 \cdot 158] \cdot 3 = 0,03 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Таким образом, масса полимера будет составлять $5,6 - 0,03 \cdot 28 = 4,76 \text{ г}$, а его средняя молярная масса

$$M = [m(\text{полимер}) / N] \cdot N_A = [4,76 \text{ г} / 7,227 \cdot 10^{20}] \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} = 3966,3 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Степень полимеризации } n = M(\text{полимер}) / M(\text{мономер}) = 3966,3 / 28 = 142$$

Система оценивания: уравнения полимеризации и окисления – 2 балла; расчет не вступившего в реакцию этилена – 1 балл, расчет средней молярной массы и степени полимеризации – 2 балла.

Задача № 2

(Возможны разные варианты решения)

Проведем расчет для указанного в задаче примера: средние массовые и молярные концентрации катионов в минеральной воде равны:

Ca^{2+} (40 г/моль)	30 мг/л	или	0,75 ммоль/л
Mg^{2+} (24 г/моль)	22,5 мг/л	или	0,9375 ммоль/л
Na^+ (23 г/моль)	10,5 мг/л	или	0,4565 ммоль/л
K^+ (39 г/моль)	2,5 мг/л	или	0,0641 ммоль/л

Условие электронейтральности растворов электролитов означает, что суммарный заряд всех катионов равен суммарному заряду всех анионов и в нашем случае:

$$2n(\text{Ca}^{2+}) + 2n(\text{Mg}^{2+}) + 1n(\text{Na}^+) + 1n(\text{K}^+) = 1n(\text{Cl}^-) + 1n(\text{HCO}_3^-) + 2n(\text{SO}_4^{2-}) \text{ или}$$

в расчете на один литр минеральной воды

$$2 \cdot 0,75 + 2 \cdot 0,9375 + 0,4565 + 0,0641 = n(\text{Cl}^-) + n(\text{HCO}_3^-) + 2n(\text{SO}_4^{2-}) \text{ или}$$
$$3,8956 = n(\text{Cl}^-) + n(\text{HCO}_3^-) + 2n(\text{SO}_4^{2-})$$

Теперь нужно подобрать необходимые количества анионов, здесь вариантов множество.

Cl^- (35,5 г/моль)	30 – 140 мг/л	или	0,8451 – 3,9437 ммоль/л
HCO_3^- (61 г/моль)	0 – 100 мг/л	или	0 – 1,6393 ммоль/л
SO_4^{2-} (96 г/моль)	0 – 20 мг/л	или	0 – 0,2083 ммоль/л

Для простоты, например, положим, что сульфат-ион отсутствует $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0$ (согласно этикетке такой вариант возможен), тогда $3,8956 = n(\text{Cl}^-) + n(\text{HCO}_3^-)$. Для приготовления смешанного раствора возьмем, например, хлориды кальция и магния и гидрокарбонаты натрия и калия. Для этого необходимо хлорид-ионы в количестве $2 \cdot (0,75 + 0,9375) = 3,375 \text{ ммоль} < 3,9437 \text{ ммоль}$ (предельное количество хлорид-ионов в 1 л минеральной воды), тогда на долю гидрокарбонат-ионов приходится $3,8956 - 3,375 = 0,5206 \text{ ммоль} < 1,6393 \text{ ммоль}$. Нарушений этикеточного состава нет!

Составим формулы солей и их количества в 1 л минеральной воды:

Соль	Количество соли, ммоль	Количество анионов, ммоль
CaCl ₂	0,75	0,75 · 2 = 1,5
MgCl ₂	0,9375	0,9375 · 2 = 1,875
NaHCO ₃	0,4565	0,4565
KHCO ₃	0,0641	0,0641
		Итого: 3,8956

Найдем массы солей в расчете на 10 л минеральной воды:

$$m(\text{CaCl}_2) = n \text{ моль/л} \cdot V \text{ л} \cdot M \text{ г/моль} = 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 111 = 0,8325 \text{ г}$$

$$m(\text{MgCl}_2) = 0,9375 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 95 = 0,8906 \text{ г}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,4565 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 84 = 0,3835 \text{ г}$$

$$m(\text{KHCO}_3) = 0,0641 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 100 = 0,0641 \text{ г}$$

Заметим, что еще более простым вариантом для взятого катионного состава является анионный состав, где отсутствуют гидрокарбонат- и сульфат-ионы (это не противоречит этикетке), поскольку $3,8956 <$ максимальной концентрации хлорид-ионов $3,9437$ ммоль/л. В этом случае минеральная вода будет содержать только хлориды металлов и количество каждой солей будет равно количеству соответствующего катиона.

Рассчитаем интервал жесткости воды, который определяют катионы кальция и магния:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (40 г/моль)} \quad 15 - 45 \text{ мг/л} \quad \text{или} \quad 0,375 - 1,125 \text{ ммоль/л}$$

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (24 г/моль)} \quad 5 - 40 \text{ мг/л} \quad \text{или} \quad 0,208 - 1,667 \text{ ммоль/л, тогда}$$

$$J_{\text{миним.}} = \frac{1}{2} (0,375 + 0,208) = 0,2915 \text{ ммоль/л}$$

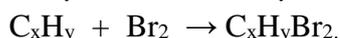
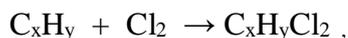
$$J_{\text{максим.}} = \frac{1}{2} (1,125 + 1,667) = 1,396 \text{ ммоль/л}$$

Таким образом, жесткость минеральной воды лежит в интервале $0,2915 < J < 1,396$, что соответствует мягкой воде < 3 ммоль/л.

Система оценивания: расчет средних концентраций катионов – 1 балл, формулировка и запись условия электронейтральности для данной минеральной воды – 2 балла, определение и обоснование анионного состава и формул солей – 3 балла, расчет масс солей – 2 балла, расчет интервала жесткости – 1 балл.

Задача № 3

Равные количества углеводорода C_xH_y вступает в реакцию с избытком раствора хлора и бромной воды:



и при этом образуются равные количества дигалогенпроизводных. Судя по продуктам, углеводород должен содержать одну двойную связь. Найдем молярную массу углеводорода M из условия:

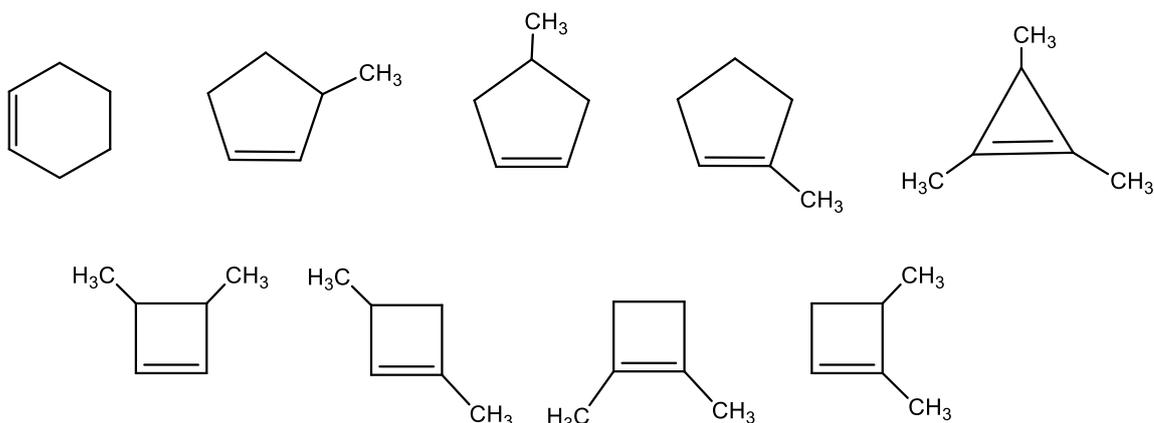
$$n(\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_2) = n(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_2) \quad \text{или} \quad 22,95 / (M + 71) = 36,3 / (M + 160), \text{ откуда } M = 82 \text{ г/моль.}$$

Среди алкенов с брутто-формулой C_nH_{2n} соединений с такой молярной массой нет :

$$12n + 2n = 82 \quad \text{и} \quad n = 5,86 - \text{ не целое число!}$$

Очевидно, что максимальное количество атомов углерода здесь может быть шесть ($12 \cdot 6 = 72$), тогда на долю водорода приходится десять атомов и брутто-формула искомого углеводорода C₆H₁₀. Таким образом, углеводород должен содержать одну двойную связь и

быть циклическим – это могут быть циклогексен, три структурных изомера метилциклопентена, три изомера диметилциклобутена и триметилциклопропен



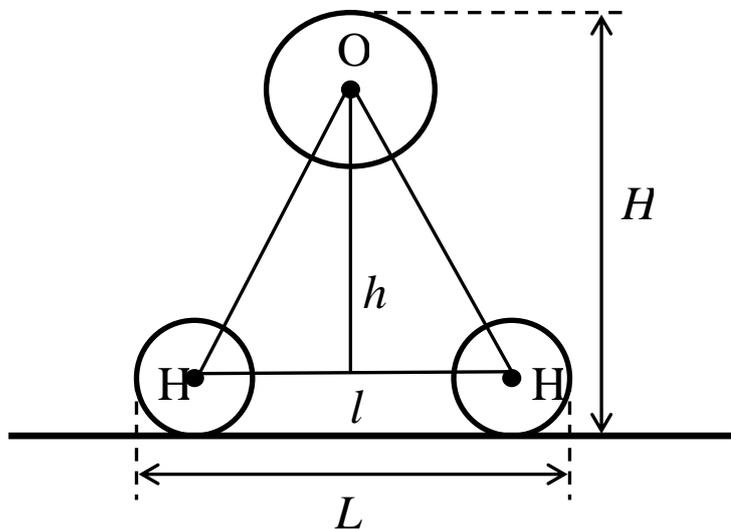
Система оценивания: природа углеводорода и уравнения реакций – 1 балл, расчёт молярной массы – 1 балл, обоснование брутто-формулы – 1 балл, структурные формулы и названия 4 изомеров – 2 балла.

Задача № 4

(Возможны разные варианты решения)

Определим число молекул в 0,05 мл воды, считая её плотность равной 1,0 г/мл:
 $N(\text{H}_2\text{O}) = (V \cdot \rho / M) \cdot N_A = (0,05 \cdot 1 / 18) \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 1,673 \cdot 10^{21}$ молекул.

Возможная форма одной секции заборчика представлена на рисунке:



Треугольник Н-О-Н равнобедренный со стороной $a = 95,84$ пм, его высота h делит угол φ и основание Н-Н пополам, что позволяет рассчитать длины h и основания l :

$$h = a \cdot \cos \varphi / 2 = 95,84 \cdot \cos 104,5^\circ / 2 = 58,675 \text{ пм};$$

$$l = 2a \cdot \sin \varphi / 2 = 2 \cdot 95,84 \cdot \sin 104,5^\circ / 2 = 151,559 \text{ пм}.$$

Согласно рисунку длина секции заборчика равна $L = l + 2r(\text{H}) = 151,559 + 2 \cdot 30 = 211,559$ пм, а её высота $H = h + r(\text{H}) + r(\text{O}) = 154,675$ пм.

Рассчитаем длину заборчика $L \cdot N(\text{H}_2\text{O}) = 211,559 \cdot 10^{-12} \text{ м} \cdot 1,673 \cdot 10^{21} \text{ молекул} = 3,539 \cdot 10^{11} \text{ м} = 3,539 \cdot 10^8 \text{ км} = 353,9 \text{ млн. км}$. Это расстояние в $353,9 / 149,6 = 2,37$ раза больше, чем среднее расстояние от Земли до Солнца!

Система оценивания: расчет числа молекул в капле воды – 1 балл, рисунок секции заборчика – 1 балл, расчет l и h – 2 балла, расчет характеристик секции – 1 балл, расчет длины заборчика и его сравнение – 1 балл.

Задача № 5

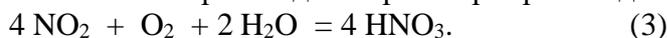
Пусть в смеси содержится x моль нитрата железа (III) и y моль перманганата калия. При прокаливании смеси протекают реакции:



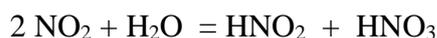
Количества образовавшихся газов:

$$n(\text{NO}_2) = (x / 4) \cdot 12 = 3x \text{ моль} \quad \text{и} \quad n(\text{O}_2) = (x / 4) \cdot 3 + y / 2 = 0,75x + 0,5y \text{ моль.}$$

При пропускании данной смеси газов через водный раствор происходит образование азотной кислоты:



По условию задачи в конечном растворе отсутствует азотистая кислота HNO_2 , которая образуется без участия кислорода согласно уравнению



Это означает, что в смеси был недостаток оксида азота и не поглотившийся газ – остаток кислорода $n(\text{O}_2) = 0,784 / 22,4 = 0,035$ моль. По реакции (3) участвовал кислород в количестве $n(\text{O}_2) = 0,75x + 0,5y - 0,035$ моль, тогда

$$n(\text{NO}_2) / 4 = n(\text{O}_2/\text{прореагир.}) \quad \text{или} \quad 3x / 4 = 0,75x + 0,5y - 0,035, \quad \text{откуда} \quad y = 0,07 \text{ моль.}$$

Количество образовавшейся азотной кислоты $n(\text{HNO}_3) = n(\text{NO}_2) = 3x$ моль, а её общая масса в конечном растворе $m(\text{HNO}_3) = 150 \cdot 0,04 + 3x \cdot 63 \text{ г/моль} = 6 + 189x \text{ г}$. Общая масса конечного раствора равна $m(\text{р-р}) = m(\text{исх.р-р}) + m(\text{NO}_2) + m(\text{O}_2/\text{прореагир}) =$

$$= 150 + 3x \cdot 46 + (0,75x + 0,5y - 0,035) \cdot 32 = 150 + 162x \text{ г.}$$

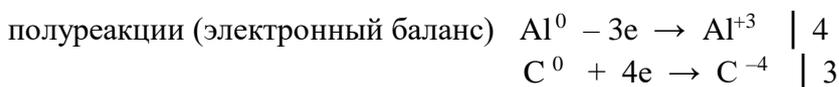
По условию задачи $m(\text{HNO}_3) / m(\text{р-р}) = 0,0977$ или $(6 + 189x) / (150 + 162x) = 0,0977$, откуда $x = 0,05$ моль.

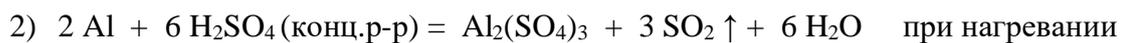
Массовые доли солей в смеси $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,05 \cdot 242 / (0,05 \cdot 242 + 0,07 \cdot 158) = 0,5225 = 52,25 \%$ и $\omega(\text{KMnO}_4) = 47,75 \%$

Система оценивания: уравнения реакций – 3 балла, расчет количества образовавшихся газов – 1 балл, обоснование состава непоглощенного газа – 1 балл, расчет количества азотной кислоты в конечном растворе и его массы – 2 балла, расчет количества и массовых долей солей в смеси – 2 балла.

Задача № 6

Уравнения реакций:

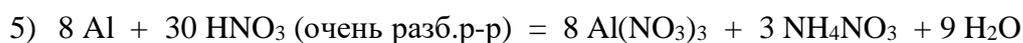




Электронный баланс	Электронно-ионный баланс
$\text{Al}^0 - 3\text{e} \rightarrow \text{Al}^{+3} \quad \quad 2$ $\text{S}^{+6} + 2\text{e} \rightarrow \text{S}^{+4} \quad \quad 3$	$\text{Al}^0 - 3\text{e} \rightarrow \text{Al}^{3+} \quad \quad 2$ $\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \quad \quad 3$



4) Электронный баланс	Электронно-ионный баланс
$\text{Al}^0 - 3\text{e} \rightarrow \text{Al}^{+3} \quad \quad 2$ $2 \text{H}^{+1} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2^0 \quad \quad 3$	$\text{Al}^0 + 4 \text{OH}^- - 3\text{e} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4^- \quad \quad 2$ $2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^- \quad \quad 3$



б) Электронный баланс	Электронно-ионный баланс
$\text{Al}^0 - 3\text{e} \rightarrow \text{Al}^{+3} \quad \quad 8$ $\text{N}^{+5} + 8\text{e} \rightarrow \text{N}^{-3} \quad \quad 3$	$\text{Al}^0 - 3\text{e} \rightarrow \text{Al}^{3+} \quad \quad 8$ $\text{NO}_3^- + 10 \text{H}^+ + 8\text{e} \rightarrow \text{NH}_4^+ + 3 \text{H}_2\text{O} \quad \quad 3$

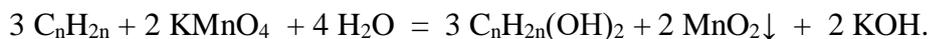
Во всех реакциях восстановителем является алюминий, а окислителями углерод (1), серная кислота (2), вода (3) и азотная кислота (4)

Система оценивания: уравнения реакций и любой из вариантов баланса – 5 баллов, указание восстановителя и окислителя – 1 балл.

Решения задач и система оценивания – 11 класс (2022 г)

Задача № 1

Окисление алкена раствором перманганата калия на холоду протекает по уравнению



Образовавшийся осадок MnO_2 реагирует с соляной кислотой



Рассчитаем количество образовавшегося оксида марганца:

$$n(MnO_2) = n(HCl) / 4 = [c(HCl) \text{ моль/л} \cdot V \text{ л}] / 4 = (4 \cdot 0,2) / 4 = 0,2 \text{ моль},$$

тогда количество алкена равно $n(C_nH_{2n}) = [n(MnO_2) / 2] \cdot 3 = [0,2 / 2] \cdot 3 = 0,3 \text{ моль}$.

Молярная масса алкена $16,8 \text{ г} / 0,3 \text{ моль} = 56 \text{ г/моль}$, тогда $M(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 56$ и $n = 4$.

Искомый алкен C_4H_8 .

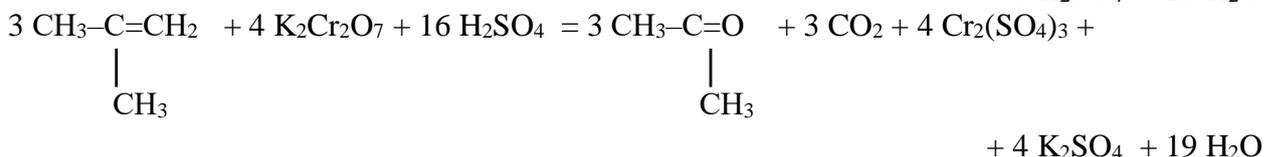
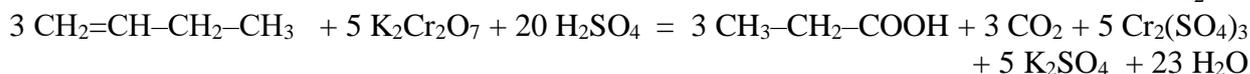
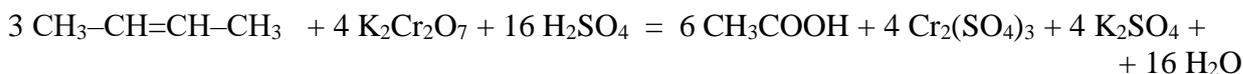
Возможные изомеры: $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ – бутен-1

$CH_3-CH=CH-CH_3$ – бутен-2

$CH_3-C=CH_2$ – изобутен или 2-метилпропен



Все три изомера удовлетворяют условию задачи, поскольку при окислении их подкисленным раствором дихромата калия образуется одно органическое соединение: бутен-1 – пропановая кислота и CO_2 , бутен-2 – уксусная кислота, 2-метилпропен – ацетон и CO_2 .

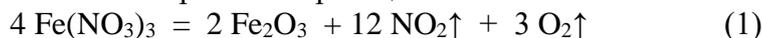


Система оценивания: уравнения реакций – 2 балла, определение количества, молярной массы и формулы алкена – 3 балла, возможные изомеры и одно из уравнений окисления – 2 балла.

Задача № 2

Пусть в смеси содержится x моль нитрата железа (III) и y моль перманганата калия.

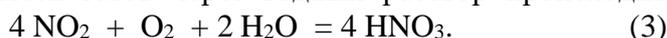
При прокаливании смеси протекают реакции:



Количества образовавшихся газов:

$$n(NO_2) = (x / 4) \cdot 12 = 3x \text{ моль} \quad \text{и} \quad n(O_2) = (x / 4) \cdot 3 + y / 2 = 0,75x + 0,5y \text{ моль}.$$

При пропускании данной смеси газов через водный раствор происходит образование азотной кислоты:



Задача № 4

Одноатомные катионы и анионы имеют одинаковую электронную конфигурацию, если она соответствует замкнутой электронной конфигурации инертного газа, например,
электронная конфигурация Ne – F^- , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} ;
электронная конфигурация Ar – Cl^- , S^{2-} , K^+ , Ca^{2+} ;
электронная конфигурация Kr – Br^- , Se^{2-} , Rb^+ , Sr^{2+} ;
электронная конфигурация Xe – I^- , Te^{2-} , Cs^+ , Ba^{2+} .

Набор хорошо растворимых и существующих в водной среде солей, отвечающих условию задачи: NaF , KCl , K_2S , $RbBr$, $SrBr_2$, CsI , BaI_2

Для задачи на распознавание растворов солей выберем, например, бесцветные растворы NaF , KCl , K_2S , и CsI – их можно различить с помощью одного реактива – раствора нитрата серебра:

$NaF + AgNO_3 =$ видимых признаков нет, оба продукта растворимы;

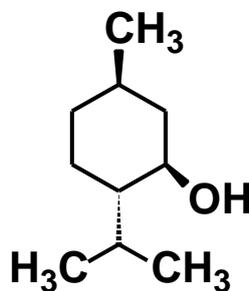
$KCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + KNO_3$ – белый осадок;

$K_2S + 2 AgNO_3 = Ag_2S\downarrow + 2 KNO_3$ – черный осадок;

$CsI + AgNO_3 = AgI\downarrow + KNO_3$ – желтый осадок;

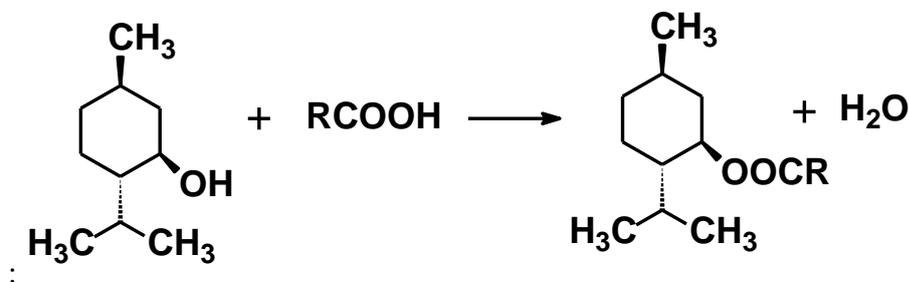
Система оценивания: обоснование и примеры ионов – 2 балла, возможный набор солей и методика распознавания растворов с уравнениями реакций и указанием опознавательных признаков – 3 балла.

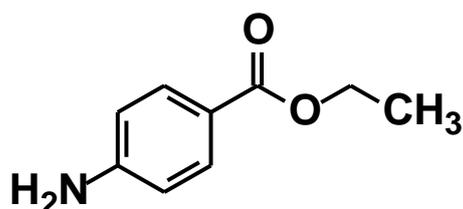
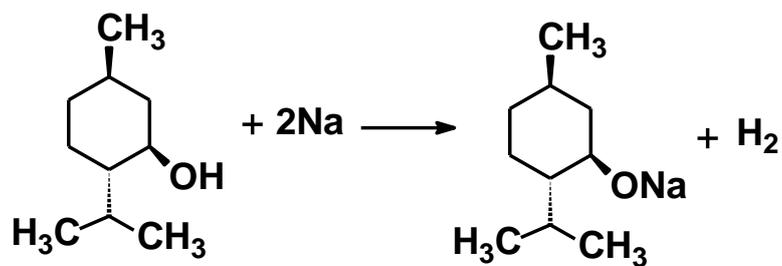
Задача № 5



Ментол (1-метил-3-гидрокси-4-изопропилциклогексан)

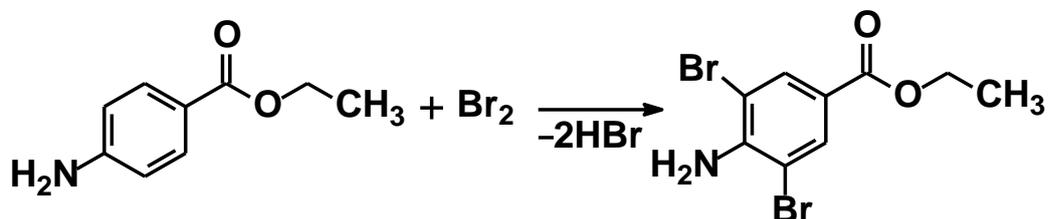
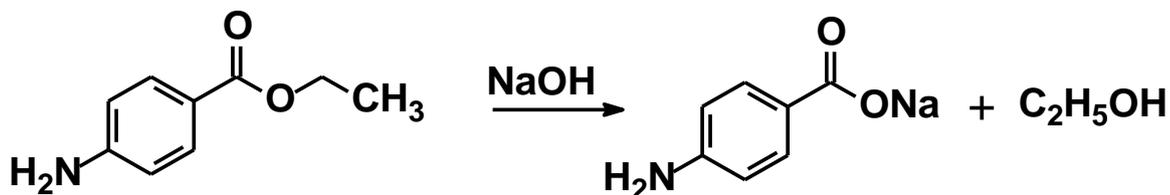
Реакции (возможны другие варианты):





Анастезин (этиловый эфир 4-аминобензойной кислоты)

Реакции (возможны другие варианты):



Система оценивания: две структуры и четыре уравнения реакций – 6 баллов.

Задача № 6

Пусть первый раствор содержит x моль H_2SO_4 и y моль Rb_2SO_4 , а второй раствор u моль BaI_2 (по условию задачи количества солей в растворах одинаково!) и z моль $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

При сливании растворов протекают реакции:

$\text{Rb}_2\text{SO}_4 + \text{BaI}_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2 \text{RbI}$ – обе соли прореагируют без остатка и в растворе остается $2y$ моль RbI ;

$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2 \text{H}_2\text{O}$ – поскольку $x \neq z$, то характер среды зависит от того, какой из реагентов находится в избытке и наша задача определить соотношение между x и z .

Отметим, что все четыре электролита – сильные, диссоциируют полностью и по условию задачи массы катионов и анионов в каждом из растворов одинаковы:

первый раствор содержит $2x$ моль H^+ , $2y$ моль Rb^+ и $(x + y)$ моль SO_4^{2-} , тогда

$m(\text{катионы}) = m(\text{анионы})$ или $2x \cdot 1 \text{ г/моль} + 2y \cdot 85 \text{ г/моль} = (x + y) \cdot 96 \text{ г/моль}$, откуда находим $y = 1,27x$;

второй раствор содержит $(y + z)$ моль Ba^{2+} , $2y$ моль I^- и $2z$ моль OH^- , тогда аналогично

$$(y + z) \cdot 137 = 2y \cdot 127 + 2z \cdot 17, \quad \text{откуда } y = 0,88z.$$

Приравнивая, получаем: $1,27x = 0,88z$ или $z = 1,44x$ или $z > x$. Иными словами, в смешанном растворе щелочь будет в избытке относительно кислоты и конечный раствор будет щелочным и содержать $(z - x)$ моль $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и $2y$ моль RbI .

Система оценивания: идея решения задачи и уравнения реакций – 3 балла, характер электролитов, определение количества ионов в растворах и установление взаимосвязи между количествами растворенных веществ – 3 балла, определение характера среды и состава смешанного раствора – 2 балла.