

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

2 вариант

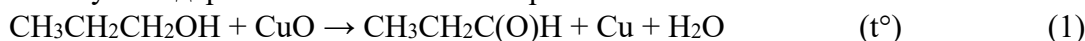
11 класс

Задача 11-1

Жидкое органическое соединение $C_3H_xO_y$ при нагревании с оксидом или гидроксидом меди(II) образует окрашенные продукты. Приведите по 1 примеру подходящих $C_3H_xO_y$ ($y=1-2$) из разных классов органических веществ, так, чтобы их молекулы не имели плоскости симметрии и не содержали двух разных функциональных групп. Составьте уравнения реакций, укажите условия их протекания, цвет окрашенных продуктов.

Решение

1а. Пропускание паров первичных и вторичных спиртов над нагретым черным оксидом меди(II) приводит к восстановлению его до красной меди и окислению спиртов до альдегидов и кетонов. Пропанол-1 превращается в пропаналь. Изопропиловый спирт не подходит, так как его молекула содержит плоскость симметрии.

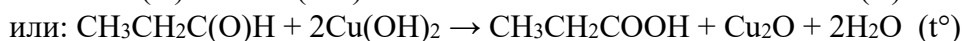
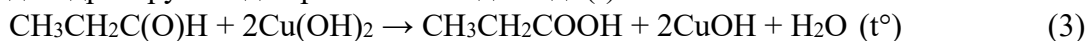


1б. Многоатомные спирты дают качественную реакцию со свежеприготовленным гидроксидом меди(II) с образованием хелатных комплексов меди(II), растворимых в воде и имеющих интенсивную синюю окраску. Пример - пропандиол-1,2. Пропандиол-1,2 не подходит, он имеет симметричную молекулу и не относится к альфа-диолам.

симметричную молекулу и не относится к альфа-диолам.



1в. Пропаналь при нагревании дает качественную реакцию с $Cu(OH)_2$ или с фелинговой жидкостью (включающей растворимый комплекс дигидроксида меди) с образованием пропановой кислоты и осадка гидроксида меди(I) оранжевого цвета. Последний дегидратируется до красного оксида меди(I).



1г. Пропановая кислота растворяет оксид и гидроксид меди при комнатной температуре с образованием пропионата меди(II) сине-зеленого цвета.



1д. Полное окисление любого вещества $C_3H_xO_y$ при сильном нагревании с большим избытком CuO приведет к выделению CO_2 , H_2O и красной меди:



Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За написание 5 уравнений реакций по 4 балла | 20 б. |
| 2. За верное указание условий реакции и цвета окрашенных продуктов | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 11-2

Сплав двух металлов не полностью растворяется в разбавленной серной кислоте, и масса при этом снижается в 3.771 раза. В избытке концентрированной азотной кислоты 239.65 г сплава растворяются полностью с выделением двух газообразных веществ в равных мольных долях и со средней плотностью 1.696 г/л при н.у. Каждый газ выделялся за счет своего металла, общая масса газообразной смеси 151.9616 г. Определите, какие нитраты $Met^1(NO_3)_2$ и $Met^2(NO_3)_2$ и в каких количествах получились в растворе. Составьте уравнения всех описанных

реакций. Определите металлы и их количества в сплаве, формулы и количества выделявшихся газообразных продуктов во всех реакциях. Атомные массы металлов берите с точностью до второго знака после запятой.

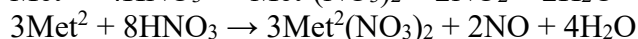
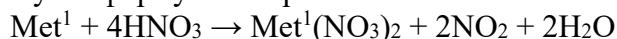
Решение

По условию сплав не полностью растворяется в растворе серной кислоты, значит один металл находится в электрохимическом ряду напряжений металлов правее водорода. Обозначим его Met^1 с молярной массой M^1 г/моль. Второй металл средней активности, Met^2 с молярной массой M^2 г/моль. Он должен занимать место в ряду напряжений металлов до водорода, поскольку реагирует с серной кислотой.

При растворении в концентрированной азотной кислоте малоактивный металл Met^1 должен выделять NO_2 . $M(\text{NO}_2) = 46$ г/моль. Однако средняя молярная масса смеси газов равна 38 г/моль, она может быть вычислена из известной плотности 1.696 г/л: $1.696 \cdot 22.4 = 38$ г/моль. $0.5M(\text{NO}_2) + 0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38$. $0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38 - 23 = 15$. Отсюда $M(\text{N}_x\text{O}_y) = 30$. Это NO . Неверно предположить вместо NO водород или N_2O , так как средняя молярная масса газов не получится равной 38.

Вычислим n газов: $151.9616 / 1.696 / 22.4 = 4$ моль. Значит $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$ моль.

Пусть формулы нитратов металлов имеют вид $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$.

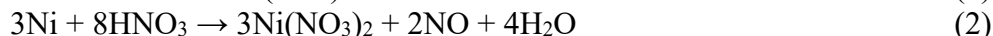
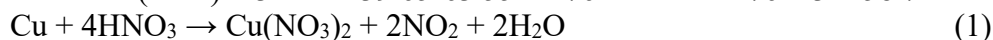


Поскольку $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$ моль., то $n(\text{Met}^1) = 1$ моль, а $n(\text{Met}^2) = 3$ моль.

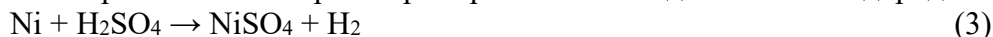
$m(\text{Met}^1) = 1M^1$ г, а $m(\text{Met}^2) = 3M^2$ г.

По условию $239.65 = 3.771M^1$. Отсюда $M^1 = 239.65 / 3.771 = 63.55$ г/моль. Это Cu .

Значит $m(\text{Met}^2) = 3M^2 = 239.65 - 63.55 = 176.1$ г. $M^2 = 176.1 / 3 = 58.7$ г/моль. Это Ni . Уравнения:



Растворение никеля в растворе серной кислоты дает 3 моль водорода:



Ответ: Сплав состоит из меди (1 моль) и никеля (3 моль). В реакции никеля с серной кислотой выделяется водород (3 моль). В реакции меди с азотной кислотой выделяется NO_2 (2 моль), реакции никеля с азотной кислотой - NO (2 моль). Состав нитратов: $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 3 моль, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1 моль.

Разбалловка

За формулы: Cu , Ni , NO_2 , NO , H_2 по 2 б. 10 б.

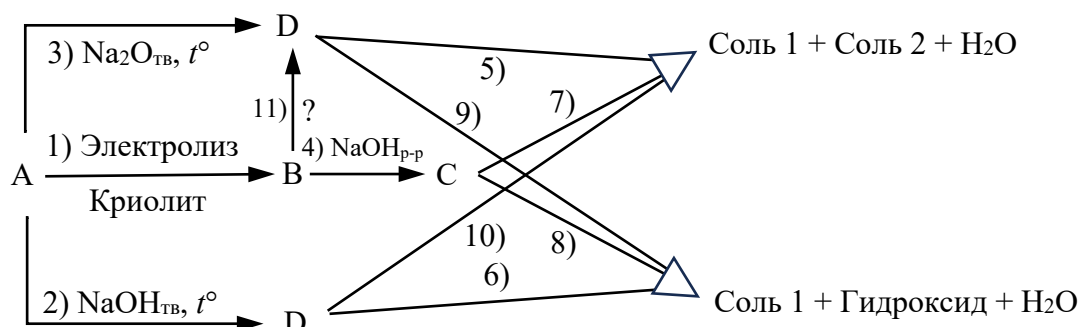
За количества Cu , Ni , NO_2 , NO , H_2 по 1 б. 5 б.

За 3 уравнения реакций 10 б.

Всего: 25 б.

Задача 11-3

В 1827 г. Вёлер выделил металл В нагреванием его хлорида с металлическим калием. Реакция $\text{A} \rightarrow \text{B}$ положена в основу промышленного способа получения металла В. Исходная масса вещества А 300 г. Отношение масс порций А, вступивших в реакции 1), 2) и 3) соответственно составляет 3:2:1.

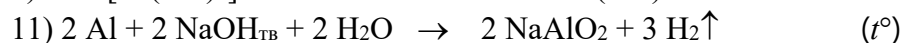
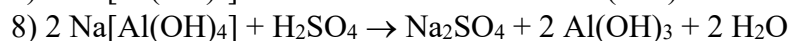
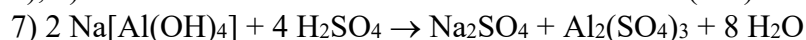
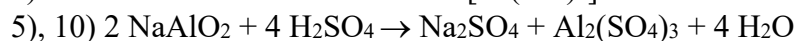
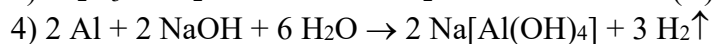
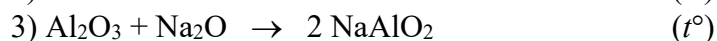
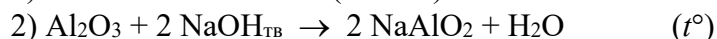
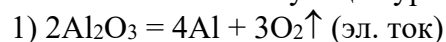


- 1) Определите вещества А, В, С, D, соль 1, соль 2 и гидроксид.
- 2) Запишите формулу криолита и приведите его нетривиальное название. Для чего при получении В применяется криолит?
- 3) Какой объем раствора серной кислоты с молярной концентрацией 1.2 моль/л нужно добавить к С, чтобы образовались две соли, если реакция 1) протекает с выходом 85%, а реакции 4) и 7) количественно?
- 4) Какую массу воды можно получить из газов, образовавшихся в реакциях 1) и 4)?

Решение

1. Исходя из цепочек превращений и условий проведения электролиза вещество В – это алюминий.

Запишем соответствующие уравнения реакций:



Следовательно: А – Al_2O_3 , В – Al, С – $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, D – NaAlO_2 , соль 1 – Na_2SO_4 , соль 2 – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, основание – $\text{Al}(\text{OH})_3$.

2. Формула криолита $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$, т.е. это гексафтороалюминат натрия. Криолит применяют при электролизе расплава оксида алюминия (глинозема) для понижения его температуры плавления приблизительно до 900°C .

3. Отношения масс порций А, вступивших в реакции 1), 2) и 3) соответственно составляет 3:2:1, то есть $6x = 300$, $x = 50$ и масса порции оксида алюминия, подвергнутого электролизу будет равна $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 50 \cdot 3 = 150$ г. Количество вещества оксида алюминия $n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 150/102 = 1.47$ моль. Первая реакция протекает с выходом 85%, значит образуется $1.47 \cdot 0.85 \cdot 2 = 1.25 \cdot 2 = 2.50$ моль алюминия. Из 2.50 моль Al образуется столько же моль комплекса. Значит для перевода комплекса в соль по реакции 7) нужно $2.50 \cdot 2 = 5.0$ моль серной кислоты. Найдем объем раствора серной кислоты заданной концентрации: $V = n/C = 5.0/1.2 = 4.17$ л.

4. В реакции 1 образуется $1.47 \cdot 0.85 \cdot 1.5 = 1.875$ моль O_2 . Из 2.50 моль алюминия получается 3.75 моль H_2 . Соотношение количеств газов 2:1 соответствует уравнению $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$. Соотношение количественное, значит можно получить $m(\text{H}_2\text{O}) = 3.75 \cdot 18 = 67.5$ г.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Уравнения реакций (3 по 1 б)	3
Формулы А, В, С, D, соль 1, соль 2, гидроксида (7 по 2 б)	14
Формула криолита и название 2 по 1 б, пояснение 1 б	3
Объем раствора серной кислоты	3
Масса воды	2
Всего	25

Задача 11-4

Физические свойства растворов веществ часто линейно зависят от содержания растворенного вещества в определенном диапазоне концентраций. В этом случае вместо таблиц

удобно пользоваться этой функциональной зависимостью для определения или прогнозирования различных физических свойств растворов.

Известно, что плотность растворов серной кислоты при температуре 20°C в диапазоне массовой доли от 0.1 до 0.9 выражается линейной зависимостью: $\rho = 0.9562\omega + 0.9409$, где ρ – плотность раствора в г/мл, ω – массовая доля в долях.

1) Какие массы раствора серной кислоты с массовой долей 0.21 и 0.57 нужно смешать, чтобы получить раствор плотностью 1.43 г/мл?

2) Вычислите молярную концентрацию раствора серной кислоты плотностью 1.36 г/мл.

3) Определите, как изменится плотность раствора серной кислоты массой 200 г с массовой долей 0.27 при добавлении к нему 25 г олеума, содержащего 35% свободного серного ангидрида по массе.

4) Какие другие физико-химические свойства растворов зависят от концентрации?

Решение

1) Найдем массовую долю серной кислоты в растворе плотностью 1.43 г/мл по функциональной зависимости:

$$\omega(1.43) = (1.43 - 0.9409)/0.9562 = 0.512$$

Примем массу раствора серной кислоты с заданной плотностью за 100 г, тогда масса серной кислоты в нем будет $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.512 = 51.2 \text{ г}$.

Пусть масса раствора серной кислоты с массовой долей 0.21 – это x , а с массовой долей 0.57 – это y . Тогда в первом растворе масса серной кислоты это $0.21x$, а во втором – $0.57y$. В полученном растворе масса серной кислоты будет $0.21x + 0.57y = 51.2 \text{ г}$, а масса полученного раствора составит $x + y = 100 \text{ г}$. Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0.21x + 0.57y = 51.2 \\ x + y = 100 \end{cases}$$

И получаем, что нужно взять $x = 16.1 \text{ г}$ раствора с массовой долей 0.21 и $y = 83.9 \text{ г}$ раствора с массовой долей 0.57.

2) Найдем массовую долю серной кислоты в растворе плотностью 1.36 г/мл по функциональной зависимости:

$$\omega(1.36) = (1.36 - 0.9409)/0.9562 = 0.438$$

Далее выразим массовую долю серной кислоты через молярную концентрацию:

$$C = \frac{n_{\text{р.в.}}}{V_{\text{р-ра}}}, \text{ откуда } n_{\text{р.в.}} = C \cdot V_{\text{р-ра}};$$
$$\omega = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{C \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}}} = \frac{C \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\rho_{\text{р-ра}}}; \text{ откуда } C = \frac{\omega \cdot \rho_{\text{р-ра}}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}.$$

Тогда получим молярную концентрацию раствора серной кислоты с плотностью 1.36 г/мл:

$$C = \frac{0.438 \cdot 1.36 \cdot 10^3 \frac{\text{г}}{\text{л}}}{98 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 6.08 \frac{\text{моль}}{\text{л}}.$$

3) Найдем плотность исходного раствора серной кислоты по функциональной зависимости $\rho = 0.9562 \cdot 0.27 + 0.9409 = 1.199 \text{ г/мл}$.

В 25 г олеума содержится $25 \cdot 0.35 = 8.75 \text{ г}$ чистого SO_3 и $25 - 8.75 = 16.25 \text{ г}$ H_2SO_4 .

В исходном растворе содержится $0.27 \cdot 200 = 54 \text{ г}$ H_2SO_4 .

При растворении олеума в растворе серной кислоты чистый SO_3 перейдет в серную кислоту: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.

Найдем его количество вещества: $n(\text{SO}_3) = 8.75/80 = 0.109 \text{ моль}$, тогда по уравнению реакции количество образующейся серной кислоты будет таким же 0.109 моль. Масса серной кислоты, образовавшейся из ангидрида, составит $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.109 \cdot 98 = 10.68 \text{ г}$.

Значит в конечном растворе масса серной кислоты составит

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 54 + 16.25 + 10.68 = 80.93 \text{ г}$. Найдем массовую долю серной кислоты в конечном растворе $\omega = \frac{80.93}{225} = 0.36$.

Далее вычислим плотность раствора по функциональной зависимости $\rho = 0.9562 \cdot 0.36 + 0.9409 = 1.285$ г/мл.

Тогда плотность полученного раствора серной кислоты будет больше плотности исходного раствора в $1.285/1.199 = 1.07$ раза.

4) От содержания растворенного вещества зависят многие свойства растворов, например, электропроводность растворов электролитов, показатель преломления, температура кипения и температура замерзания раствора, давление пара растворителя над раствором и многие другие.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Массы раствора серной кислоты (2 по 3 б)	6
Молярная концентрация раствора	6
Изменение плотности раствора	8
Физико-химические свойства 5 по 1 б	5
Всего	25

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

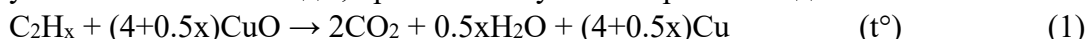
2 вариант
10 класс

Задача 10-1

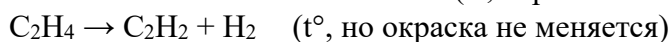
Предложите примеры реакций веществ CuX_n ($n=0-2$) с соединениями $\text{C}_2\text{H}_x\text{Cl}_y$, ($y=0-1$), приводящих к изменению окраски. Запишите уравнения реакций, укажите условия их протекания, цвет окрашенных продуктов.

Решение

1а. Этан, этен и этин при сильном нагревании окисляются черным оксидом меди(II) до углекислого газа и воды, при этом получается красная медь.

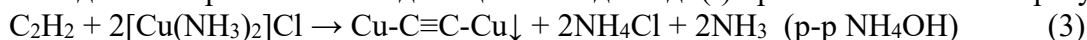


1б. Этилен может быть дегидрирован в ацетилен при катализе CuO . На первой стадии происходит стехиометрическое восстановление алкеном CuO до Cu , затем Cu -катализируемое дегидрирование этилена до ацетилена.



Медь менее активна по сравнению с другими переходными металлами, но это может обеспечить более высокую селективность.

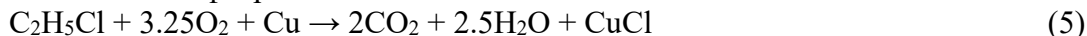
1в. Ацетилен при пропускании через аммиачный раствор хлорида меди(I) приводит к выпадению коричневого осадка ацетиленида меди(I) при комнатной температуре.



1г. Ацетиленид меди при нагревании или при ударе взрывообразно превращается в красную медь.



1д. Галогенпроизводные углеводородов различного строения могут быть подтверждены качественной реакцией – пробой Бейльштейна по зеленовато-голубому окрашиванию пламени горелки при сжигании вещества на предварительно прокаленной медной проволочке. Зеленая окраска пламени возникает за счет летучих хлоридов, бромидов, йодидов меди(I), за исключением фторидов.



Разбалловка

- | | |
|---|-------|
| 1. За написание 5 уравнений реакций по 4 балла | 20 б. |
| 2. За указание условий протекания, цвета окрашенных продуктов | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 10-2

Сплав двух металлов не полностью растворяется в разбавленной серной кислоте, и масса при этом снижается в 3.771 раза. В избытке концентрированной азотной кислоты 239.65 г сплава растворяются полностью с выделением двух газообразных веществ в равных мольных долях и со средней плотностью 1.696 г/л при н.у. Каждый газ выделялся за счет своего металла, общая масса газообразной смеси 151.9616 г. Определите, какие нитраты $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$ и в каких количествах получились в растворе. Составьте уравнения всех описанных реакций. Определите металлы и их количества в сплаве, формулы и количества выделявшихся

газообразных продуктов во всех реакциях. Атомные массы металлов берите с точностью до второго знака после запятой.

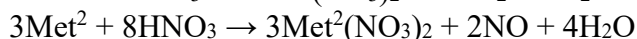
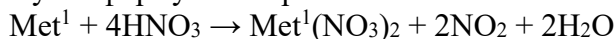
Решение

По условию сплав не полностью растворяется в растворе серной кислоты, значит один металл находится в электрохимическом ряду напряжений металлов правее водорода. Обозначим его Met^1 с молярной массой M^1 г/моль. Второй металл средней активности, Met^2 с молярной массой M^2 г/моль. Он должен занимать место в ряду напряжений металлов до водорода, поскольку реагирует с серной кислотой.

При растворении в концентрированной азотной кислоте малоактивный металл Met^1 должен выделять NO_2 . $M(\text{NO}_2) = 46$ г/моль. Однако средняя молярная масса смеси газов равна 38 г/моль, она может быть вычислена из известной плотности 1.696 г/л: $1.696 \cdot 22.4 = 38$ г/моль. $0.5M(\text{NO}_2) + 0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38$. $0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38 - 23 = 15$. Отсюда $M_r(\text{N}_x\text{O}_y) = 30$. Это NO . Неверно предположить вместо NO водород или N_2O , так как средняя молярная масса газов не получится равной 38.

Вычислим n газов: $151.9616 / 1.696 / 22.4 = 4$ моль. Значит $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$ моль.

Пусть формулы нитратов металлов имеют вид $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$.

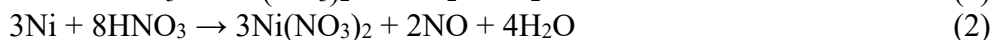
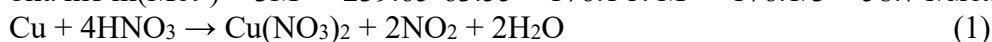


Поскольку $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$ моль., то $n(\text{Met}^1) = 1$ моль, а $n(\text{Met}^2) = 3$ моль.

$m(\text{Met}^1) = 1M^1$ г, а $m(\text{Met}^2) = 3M^2$ г.

По условию $239.65 = 3.771M^1$. Отсюда $M^1 = 239.65 / 3.771 = 63.55$ г/моль. Это Cu .

Значит $m(\text{Met}^2) = 3M^2 = 239.65 - 63.55 = 176.1$ г. $M^2 = 176.1 / 3 = 58.7$ г/моль. Это Ni . Уравнения:



Растворение никеля в растворе серной кислоты дает 3 моль водорода:



Ответ: Сплав состоит из меди (1 моль) и никеля (3 моль). В реакции никеля с серной кислотой выделяется водород (3 моль). В реакции меди с азотной кислотой выделяется NO_2 (2 моль), реакции никеля с азотной кислотой - NO (2 моль). Состав нитратов: $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 3 моль, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1 моль.

Разбалловка

За формулы: Cu , Ni , NO_2 , NO , H_2 по 2 б. 10 б.

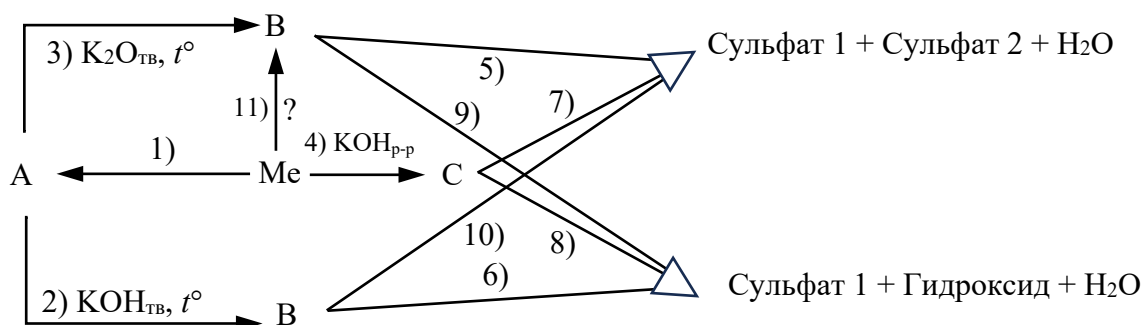
За количества Cu , Ni , NO_2 , NO , H_2 по 1 б. 5 б.

За 3 уравнения реакций 10 б.

Всего: 25 б.

Задача 10-3

Одной из разновидностей этого минерала является изумруд. Общий состав минерала может быть охарактеризован формулой $\text{Me}_3\text{X}_2\text{Y}_6\text{O}_{18}$, где Me – это двухвалентный металл с постоянной валентностью, а X и Y – элементы, расположенные в периодической системе друг за другом, начиная с X , общее число протонов в ядрах их атомов составляет 27. Массовая доля кислорода в минерале больше массовой доли металла в 10.66 раз.



- 1) Определите Me, состав и название минерала, вещества А, В, С, соль 1, соль 2 и гидроксид.
- 2) Запишите уравнения реакций, назовите вещество С.
- 3) Какая пойдет реакция: 7) или 8), если на 10 г вещества С подействовать 55 мл серной кислоты плотностью 1.13 г/мл с массовой долей 20%.

Решение

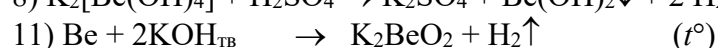
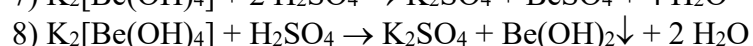
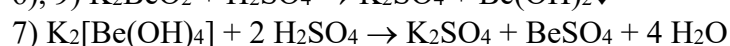
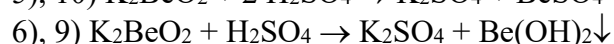
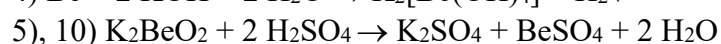
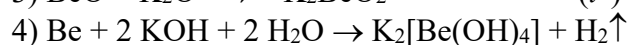
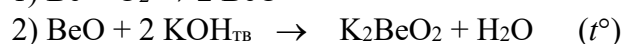
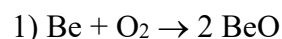
1. Суммарное число протонов в ядрах атомов будет 27, если взять алюминий и кремний (13+14). Значит формула минерала будет $Me_3Al_2Si_6O_{18}$.

Найдем молярную массу Me из соотношения молярных долей кислорода и Me:

$$\frac{16 \cdot 18}{M(Me) \cdot 3} = 10.66, \text{ тогда } M(Me) = 9 \text{ (г/моль)}, \text{ значит металл – это бериллий, что}$$

подтверждается данными условия, поскольку изумруд есть разновидность минерала берилла.

2. Запишем соответствующие уравнения реакций:



Следовательно: А – BeO, В – K_2BeO_2 , С – $K_2[Be(OH)_4]$ (тетрагидроксобериллат калия), соль 1 – K_2SO_4 , соль 2 – $BeSO_4$, гидроксид – $Be(OH)_2$.

3. Найдем количества веществ:

$$n(K_2[Be(OH)_4]) = 10/155 = 0.065 \text{ моль.}$$

$$n(H_2SO_4) = 55 \cdot 1.13 \cdot 0.2 / 98 = 0.127 \text{ моль}$$

В реакции 7) соотношение количеств комплекса и серной кислоты 1:2, значит на взаимодействие с 0.065 моль комплекса необходимо 0.13 моль кислоты, а имеется только 0.127 моль, значит кислота в недостатке, и пойдет реакция 8).

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Уравнения реакций 9 по 1 б	9
Me – 2 б, состав и название минерала – 2 по 2 б	6
Вещества А, В, С, соль 1, соль 2 и гидроксид 6 по 1 б	6
Обоснование выбора реакции	4
Всего	25

Задача 10-4

Физические свойства растворов веществ часто линейно зависят от содержания растворенного вещества в определенном диапазоне концентраций. В этом случае вместо таблиц удобно пользоваться этой функциональной зависимостью для определения или прогнозирования различных физических свойств растворов.

Известно, что плотность растворов серной кислоты при температуре 20°C в диапазоне массовой доли от 10% до 90% выражается линейной зависимостью: $\rho = 0.0096\omega + 0.9409$, где ρ – плотность раствора в г/мл, ω – массовая доля в %.

1) Определите плотность растворов серной кислоты, полученных растворением 45 г серной кислоты в 300 г воды, 0.5 моль серной кислоты в 7 моль воды.

- 2) Сколько мл воды нужно добавить к раствору серной кислоты плотностью 1.7 г/мл, чтобы получить раствор плотностью 1.2 г/мл?
- 3) Какие массы раствора серной кислоты с массовой долей 7% и 45% нужно смешать, чтобы получить раствор плотностью 1.32 г/мл?
- 4) Какие другие физико-химические свойства растворов зависят от концентрации?

Решение

1) Определим массовую долю (в %) растворов:

$$\omega_1 = \frac{45 \cdot 100}{(300 + 45)} = 13\%, \quad \omega_2 = \frac{0.5 \cdot 98 \cdot 100}{(7 \cdot 18 + 0.5 \cdot 98)} = 28\%.$$

Определим плотность растворов при заданных значениях массовой доли, подставив их в функциональную зависимость:

$$\rho(13\%) = 0.0096 \cdot 13 + 0.9409 = 1.07 \text{ г/мл};$$

$$\rho(28\%) = 0.0096 \cdot 28 + 0.9409 = 1.21 \text{ г/мл};$$

2) По условию требуется разбавить раствор. Пусть исходный объем раствора составляет 100 мл, тогда конечный объем можно вычислить по формуле:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = 100 \cdot \frac{1.7}{1.2} = 141.67 \text{ мл},$$

где $\rho_1 = 1.7 \text{ г/мл}$ и $\rho_2 = 1.2 \text{ г/мл}$ – плотности исходного и приготавливаемого раствора соответственно.

$$\text{Вычислим объем воды } V(\text{H}_2\text{O}) = V_1 - V_2 = 141.67 - 100 = 41.7 \text{ мл}.$$

3) Найдем массовую долю серной кислоты в растворе плотностью 1.32 г/мл по функциональной зависимости:

$$\omega(1.32) = (1.32 - 0.9409)/0.0096 = 39.5\%$$

Примем массу раствора серной кислоты с заданной плотностью за 100 г, тогда масса серной кислоты в нем будет $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.395 = 39.5 \text{ г}$.

Пусть масса раствора серной кислоты с массовой долей 7% – это x , а с массовой долей 45% – это y . Тогда в первом растворе масса серной кислоты это $0.07x$, а во втором – $0.45y$. В полученном растворе масса серной кислоты будет $0.07x + 0.45y = 39.5 \text{ г}$, а масса полученного раствора составит $x + y = 100 \text{ г}$. Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0.07x + 0.45y = 39.5 \\ x + y = 100 \end{cases}$$

И получаем, что нужно взять $x = 14.5 \text{ г}$ раствора с массовой долей 7% и $y = 85.5 \text{ г}$ раствора с массовой долей 45%.

4) От содержания растворенного вещества зависят многие свойства растворов, например, электропроводность растворов электролитов, показатель преломления, температура кипения и температура замерзания раствора, давление пара растворителя над раствором и многие другие.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Плотности растворов серной кислоты 3 по 3 б	6
Объем воды	4
Массы растворов серной кислоты (2 по 5 б)	10
Физико-химические свойства 5 по 1 б	5
Всего	25

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

2 вариант

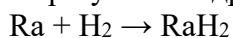
9 класс

Задача 9-1

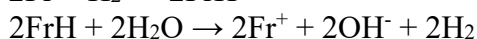
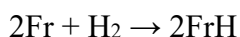
Графит способен реагировать с водородом при повышенной температуре. К полученному при этом веществу добавили 0.1%-ный водный раствор метилового оранжевого и зафиксировали его окраску. Затем такие же операции провели с простыми веществами на основе элементов Ra, I, N, Fr вместо графита. Предположите окраску индикатора во всех 4 случаях, подтвердите выводы уравнениями реакций, сопровождающихся образованием ионов, ответственных за окраску.

Решение

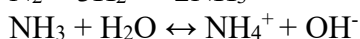
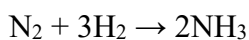
Образуются гидрид радия, франция, аммиак, метан, йодоводород.



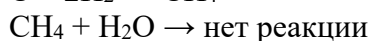
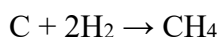
Желтый



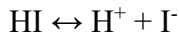
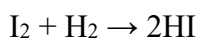
Желтый



Желтый



Оранжевый



Красный

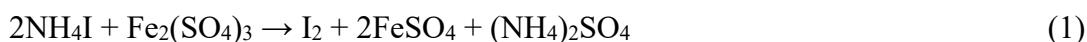
Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За 5 уравнений реакций по 3 б. | 15 б. |
| 3. За верный цвет индикатора в 5 случаях по 2 б. | 10 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 9-2

После приливания 100 г 8%-ного раствора сульфата железа(III) к 200 г 7.25%-ного раствора йодида аммония раствор приобрел темно-коричневую окраску за счет выделившегося йода, и эта окраска полностью исчезла после прибавления X г 6.32%-ного раствора тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. В другом опыте к такой же массе указанного раствора йодида аммония добавили Y г 1.264%-ного раствора перманганата калия в сернокислой среде, при этом фиолетовая окраска сменилась темно-коричневой, в полученном растворе молярная концентрация йодид-ионов стала в 3 раза больше молярной концентрации I_2 . Вычислите значения X, Y. Запишите 3 уравнения реакций (все они являются окислительно-восстановительными). Известно, что тиосульфат натрия способен реагировать с йодом и превращаться в тетраионат натрия $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$.

Решение



$$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 100 \cdot 0.08 / 400 = 0.02 \text{ моль.}$$

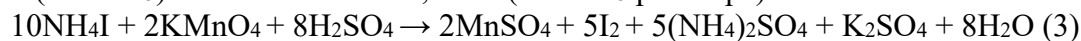
$$n(\text{NH}_4\text{I}) = 200 \cdot 0.0725 / 145 = 0.1 \text{ моль.} \quad \text{NH}_4\text{I в избытке.} \quad \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ в недостатке.}$$

$$n(\text{I}_2) = n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 0.02 \text{ моль.}$$



$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 2n(\text{I}_2) = 0.04 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.04 \cdot 158 = 6.32 \text{ г, } m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ раствора}) = 6.32/0.0632 = 100 \text{ г. } \mathbf{X=100.}$$



В реакции KMnO_4 с NH_4I окислитель взят в недостатке, о чем свидетельствует исчезновение фиолетовой окраски. Пусть a моль NH_4I окислилось до $0.5a$ моль йода, значит осталось непрореагировавшим $0.1-a$ моль NH_4I . По условию задачи в конечном растворе $n(\text{NH}_4\text{I}) = 3n(\text{I}_2)$. $0.1-a = 3 \cdot 0.5a$. Отсюда $a = 0.04$ моль.

По уравнению (3) $n(\text{KMnO}_4) = 0.2a = 0.008$ моль. $m(\text{KMnO}_4) = 0.008 \cdot 158 = 1.264$ г. Значит $m(\text{KMnO}_4 \text{ раствора}) = 1.264/0.01264 = 100$ г. $\mathbf{Y=100}$

Разбалловка

За 3 уравнения ОВР по 5 б.

15 б.

За расчет X и Y, равных 100, по 5 б.

10 б.

Всего:

25 б.

Задача 9-3

В двух бинарных соединениях щелочноземельного металла MeX (1) и MeX_2 (2) неметалл X имеет разные степени окисления. При комнатной температуре металл имеет серый цвет и неярко выраженный металлический блеск. Этот металл был открыт Карлом Шееле и Юханом Ганом. В природе встречается в том числе в виде карбоната в составе минерала витерита.

Массовая доля металла в соединении 1 составляет 89.5%, в соединении 2 – 81.1%.

1) Определите элементы и формулы бинарных соединений, изобразите их структурные формулы, укажите степень окисления неметалла.

2) Напишите уравнения реакций получения бинарных соединений, а также их реакции с водой и разбавленной соляной кислотой на холоду и при нагревании, с углекислым газом и угарным газом.

3) Определить массу и объем (н.у.) углекислого газа, который может быть поглощен смесью бинарных соединений массой 25 г, в которой количество вещества соединения с меньшей молярной массой относится к количеству вещества соединения с большей молярной массой как 2:3.

Решение

1) В виде карбоната в составе минерала витерита в природе встречается барий.

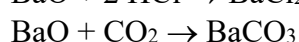
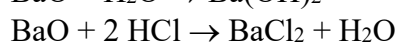
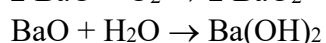
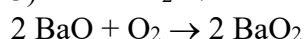
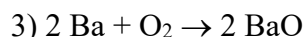
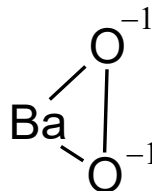
Составим уравнение с учетом массовой доли металла в соединениях:

$$0.895 \cdot (137 + X) = 0.811 \cdot (137 + 2X).$$

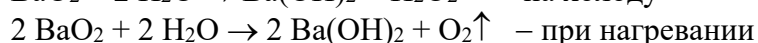
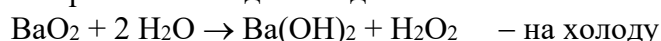
Решаем уравнение и получаем $X \approx 16$ г/моль. Значит неметалл – это кислород, соединение 1 – это оксид бария BaO , а соединение 2 – это пероксид бария BaO_2 .

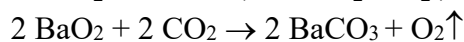
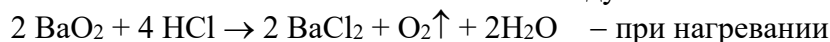
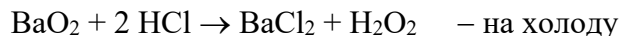
2) Изобразим структурные формулы соединений:

Оксид бария $\text{Ba}=\text{O}^{-2}$ Пероксид бария



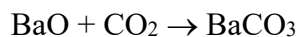
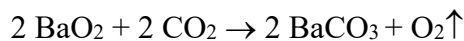
С горячей и холодной водой и соляной кислотой оксид бария реагирует одинаково.





Оксид бария с угарным газом не взаимодействует.

3) Еще раз запишем реакции взаимодействия оксида и пероксида бария с углекислым газом:



Пусть в исходной смеси содержится x моль пероксида бария и y моль оксида бария.

Тогда масса смеси будет равна: $169x + 153y = 25$.

Составим систему уравнений с учетом мольного соотношения компонентов в смеси:

$$\begin{cases} 169x + 153y = 150 \\ \frac{y}{x} = \frac{2}{3} \end{cases}$$

Решаем систему уравнений и получаем $x = 0.09225$ моль, $y = 0.0615$ моль.

Значит в реакцию с оксидом бария вступит 0.0615 моль углекислого газа, а в реакцию с пероксидом – 0.09225 моль. Общее количество углекислого газа $n(\text{CO}_2) = 0.15375$ моль. Тогда масса углекислого газа $m(\text{CO}_2) = 0.15375 \cdot 44 = 6.765$ г, а объем углекислого газа (н.у.) $V(\text{CO}_2) = 0.15375 \cdot 22.4 = 3.444$ л.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Состав и формулы соединений	4
Структурные формулы солей с верными степенями окисления	2
Уравнения 11 реакций по 1 б.	11
Масса и объем газа	8
Всего	25

Задача 9-4

Физические свойства растворов веществ часто линейно зависят от содержания растворенного вещества в определенном диапазоне концентраций. В этом случае вместо таблиц удобно пользоваться этой функциональной зависимостью для определения или прогнозирования различных физических свойств растворов.

Известно, что плотность растворов серной кислоты при температуре 20°C в диапазоне массовой доли от 10% до 90% выражается линейной зависимостью: $\rho = 0.0096\omega + 0.9409$, где ρ – плотность раствора в г/мл, ω – массовая доля в %.

1) Определите плотность растворов серной кислоты, полученных растворением 45 г серной кислоты в 300 г воды, 0.5 моль серной кислоты в 7 моль воды.

2) Сколько мл воды нужно добавить к раствору серной кислоты плотностью 1.7 мл, чтобы получить раствор плотностью 1.2 г/мл?

3) Какие массы раствора серной кислоты с массовой долей 7% и 45% нужно смешать, чтобы получить раствор плотностью 1.32 г/мл?

4) Какие другие физико-химические свойства растворов зависят от концентрации?

Решение

1) Определим массовую долю (в %) растворов:

$$\omega_1 = \frac{45 \cdot 100}{(300 + 45)} = 13\%, \quad \omega_2 = \frac{0.5 \cdot 98 \cdot 100}{(7 \cdot 18 + 0.5 \cdot 98)} = 28\%.$$

Определим плотность растворов при заданных значениях массовой доли, подставив их в функциональную зависимость:

$$\rho(13\%) = 0.0096 \cdot 13 + 0.9409 = 1.07 \text{ г/мл};$$

$$\rho(28\%) = 0.0096 \cdot 28 + 0.9409 = 1.21 \text{ г/мл};$$

2) По условию требуется разбавить раствор. Пусть исходный объем раствора составляет 100 мл, тогда конечный объем можно вычислить по формуле:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = 100 \cdot \frac{1.7}{1.2} = 141.67 \text{ мл},$$

где $\rho_1 = 1.7 \text{ г/мл}$ и $\rho_2 = 1.2 \text{ г/мл}$ – плотности исходного и приготавливаемого раствора соответственно.

Вычислим объем воды $V(\text{H}_2\text{O}) = V_1 - V_2 = 141.67 - 100 = 41.7 \text{ мл}$.

3) Найдем массовую долю серной кислоты в растворе плотностью 1.32 г/мл по функциональной зависимости:

$$\omega(1.32) = (1.32 - 0.9409)/0.0096 = 39.5\%$$

Примем массу раствора серной кислоты с заданной плотностью за 100 г, тогда масса серной кислоты в нем будет $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.395 = 39.5 \text{ г}$.

Пусть масса раствора серной кислоты с массовой долей 7% – это x , а с массовой долей 45% – это y . Тогда в первом растворе масса серной кислоты это $0.07x$, а во втором – $0.45y$. В полученном растворе масса серной кислоты будет $0.07x + 0.45y = 39.5 \text{ г}$, а масса полученного раствора составит $x + y = 100 \text{ г}$. Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0.07x + 0.45y = 39.5 \\ x + y = 100 \end{cases}$$

И получаем, что нужно взять $x = 14.5 \text{ г}$ раствора с массовой долей 7% и $y = 85.5 \text{ г}$ раствора с массовой долей 45%.

4) От содержания растворенного вещества зависят многие свойства растворов, например, электропроводность растворов электролитов, показатель преломления, температура кипения и температура замерзания раствора, давление пара растворителя над раствором и многие другие.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Плотности растворов серной кислоты 3 по 3 б	6
Объем воды	4
Массы растворов серной кислоты (2 по 5 б)	10
Физико-химические свойства 5 по 1 б	5
Всего	25

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

2 вариант

8 класс

Задача 8-1

Напишите уравнения химических реакций образования воды в результате: а) горения гидрида алюминия; б) нагревания гидроксида магния; в) взаимодействия серной кислоты с гидрокарбонатом натрия. Укажите, к какому типу химических реакций они относятся.

Решение

Окислительно-восстановительная: $2\text{AlH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)

Реакция разложения: $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ (2)

Реакция обмена: $2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ (3)

Разбалловка

За 3 уравнения по 5 б. 15 б.

За определение типа реакции 1 (4 б.), 2 (3 б.), 3 (3 б.) 10 б.

Всего: 25 б.

Задача 8-2

Какие реакции могут протекать при нагревании в атмосфере водорода по отдельности простых веществ: азота, углерода, йода? Если продукты реакций залить водой и добавить фиолетовый лакмус, то какую окраску лакмус приобретет?

Решение

Образуются аммиак, метан, йодоводород.

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ Лакмус синий (1)

$\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ Лакмус фиолетовый (2)

$\text{I}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ Лакмус красный (3)

Разбалловка

За 3 уравнения гидрирования по 5 б. 15 б.

За указание цвета лакмуса в случаях 1 и 2 (по 3 б.), в случае 3 (4 б.) 10 б.

Всего: 25 б.

Задача 8-3

В системе двух уравнений X и Y – молярные массы металла и неметалла, образующих бинарные соединения разного состава. Одно соединение может быть получено из другого. В соединении 1 на 1 атом металла приходится 1 атом неметалла, а в соединении 2 на 1 атом металла приходится 2 атома неметалла.

$$\begin{cases} 2.5x + 10y = 502.5 \\ 0.3x + 5y = 121.1 \end{cases}$$

1) Определите элементы и формулы бинарных соединений, изобразите их структурные формулы.

2) Напишите уравнения реакций получения бинарных соединений, а также взаимодействия их с водой и разбавленной соляной кислотой на холоду и при нагревании, с углекислым газом и угарным газом.

3) Определить, сколько мл ледяной воды потребуется для полного превращения в продукты реакции смеси бинарных соединений массой 30 г, содержащей 30% вещества с большей молярной массой.

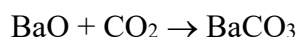
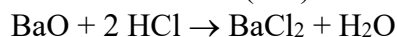
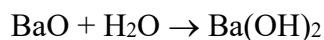
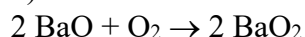
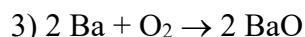
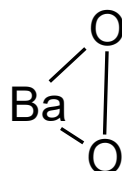
Решение

1) Решим систему уравнений и получим $x = 137$, $y = 16$. Получаем, что металл – это барий, а неметалл – кислород. Поскольку в условии указано соотношение элементов, то соединение 1 – это оксид бария BaO , а соединение 2 – это пероксид бария BaO_2 .

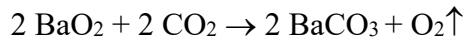
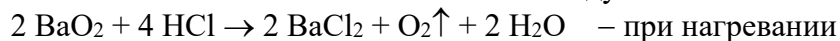
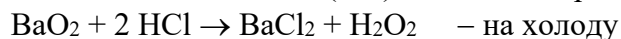
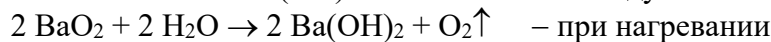
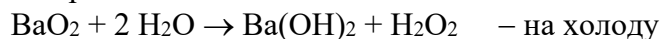
2) Изобразим структурные формулы соединений:

Оксид бария $\text{Ba}=\text{O}$

Пероксид
бария

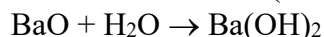
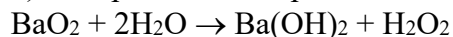


С горячей и холодной водой и соляной кислотой оксид бария реагирует одинаково.



Оксид бария с угарным газом не взаимодействует.

3) Еще раз запишем реакции оксида и пероксида бария с водой на холоду:



У пероксида бария бóльшая молярная масса, значит его масса в смеси будет $m(\text{BaO}_2) = 0.3 \cdot 30 = 9$ г, а оксида бария $m(\text{BaO}) = 21$ г, тогда количества веществ $n(\text{BaO}_2) = 9/169 = 0.053$ моль, а оксида бария $n(\text{BaO}) = 21/153 = 0.137$ моль. В реакцию с оксидом бария вступит 0.137 моль воды, а с пероксидом бария $0.053 \cdot 2 = 0.106$ моль воды. Всего в реакцию с обоими соединениями вступит $0.106 + 0.137 = 0.243$ моль или $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.243 \cdot 18 = 4.374$ г или, принимая плотность воды за ≈ 1 г/мл, 4.374 мл воды.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Состав и формулы соединений	4
Структурные формулы солей	2
Уравнения 11 реакций по 1 б.	11
Объем воды	8
Всего	25

Задача 8-4

Плотность раствора, определяемая массой единицы объема раствора, является очень важной физической характеристикой. Например, в строительстве растворы даже классифицируют по плотности (легкий раствор, тяжелый раствор). С помощью плотности объем раствора пересчитывают в массу, также плотность необходима в вычислениях при переводе одного способа выражения состава раствора в другой.

Часто плотность раствора линейно зависит от содержания растворенного вещества в определенном диапазоне концентраций. В этом случае вместо таблиц удобно пользоваться этой функциональной зависимостью для определения плотности растворов заданной концентрации.

Известно, что плотность растворов серной кислоты при температуре 20°C в диапазоне массовой доли от 0.1 до 0.9 описывается линейной зависимостью: $y = 956.17x + 940.92$, где y – плотность раствора в кг/м³, x – массовая доля серной кислоты в долях.

1) Запишите математическое уравнение с применением правильных обозначений величин.

2) Определите плотность растворов серной кислоты с массовой долей 0.23 и 0.57.

3) Вычислите массовую долю серной кислоты в растворах плотностью 1303 и 1611 кг/м³.

4) Найдите массу раствора серной кислоты с массовой долей 0.45 объемом 235 мл.

5) Какое количество (в моль) серной кислоты и воды нужно взять для приготовления раствора с плотностью 1458 кг/м³?

Решение

1) Запишем уравнение, используя обозначения величин:

$\rho = 956.17\omega + 940.92$, где ρ – плотность, ω – массовая доля кислоты в растворе.

2) Определим плотность растворов при заданных значениях массовой доли, подставив их в функциональную зависимость:

$$\rho(0.23) = 956.17 \cdot 0.23 + 940.92 = 1160.8 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho(0.57) = 956.17 \cdot 0.57 + 940.92 = 1486.0 \text{ кг/м}^3.$$

3) Выразим массовую долю серной кислоты:

$$\omega = (\rho - 940.92)/956.17.$$

Далее вычислим содержание серной кислоты в растворах с заданной плотностью:

$$\omega(1303) = (1303 - 940.92)/956.17 = 0.379$$

$$\omega(1611) = (1611 - 940.92)/956.17 = 0.701$$

4) Найдём плотность раствора серной кислоты с массовой долей 0.45:

$$\rho(0.45) = 956.17 \cdot 0.45 + 940.92 = 1371.2 \text{ кг/м}^3.$$

Переведем объем в м³ и вычислим массу раствора по формуле:

$$m = V \cdot \rho = 1371.2 \text{ кг/м}^3 \cdot 235 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 0.322 \text{ кг} = 322 \text{ г}$$

5) Определим по математическому уравнению массовую долю раствора серной кислоты с плотностью 1458 кг/м³:

$$\omega(1458) = (1458 - 940.92)/956.17 = 0.541$$

Пусть масса раствора, который нужно приготовить, равна 100 г, тогда серной кислоты нужно взять:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.541 = 54.1 \text{ г} \text{ и } n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/M = 54.1 \text{ г}/98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.552 \text{ моль}.$$

Далее найдем массу и количество вещества воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г} \cdot (1 - 0.541) = 45.9 \text{ г} \text{ и}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 45.9 \text{ г}/18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 2.55 \text{ моль}.$$

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Правильные обозначения величин	2
Плотности растворов серной кислоты 2 по 2 б	4
Содержание серной кислоты в растворах 2 по 3 б	6
Масса раствора серной кислоты	8
Количество серной кислоты	5
Всего	25