

LXXXII Московская олимпиада школьников по химии

Отборочный этап

декабрь 2025 г.

10 класс

Каждое задание оценивается максимально в 10 баллов

Всего за выполнение варианта – максимально 100 баллов

10-1-1

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, N_2O_5 , BaSO_4 , CH_3COCH_3 , CaF_2 , SrH_2 , Na — поместили в бидистиллированную воду и тщательно перемешали. Из предложенного списка веществ выберите те, которые при растворении в воде образуют растворы, способные хорошо проводить электрический ток.

Решение

Хорошо проводить электрический ток способны растворы, образованные сильными электролитами. К сильным электролитам относятся большинство растворимых солей, сильные кислоты и сильные основания. Среди предложенных веществ к таким относится только нитрат бария. Однако соединения упомянутых выше классов способны образовываться при взаимодействии веществ с водой. Оксид азота(V) при растворении в воде образует сильную азотную кислоту HNO_3 , гидрид стронция и натрий — сильные основания $\text{Sr}(\text{OH})_2$ и NaOH соответственно. BaSO_4 и CaF_2 являются солями, плохо растворимыми в воде, а ацетон в водных растворах является неэлектролитом.

Ответ

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, N_2O_5 , SrH_2 , Na

Оценивание: по 2,5 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-1-2

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, SO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$, PbS , BaH_2 , PCl_5 — поместили в бидистиллированную воду и тщательно перемешали. Из предложенного списка веществ выберите те, которые при растворении в воде образуют растворы, способные хорошо проводить электрический ток.

Решение

Хорошо проводить электрический ток способны растворы, образованные сильными электролитами. К сильным электролитам относятся большинство растворимых солей, сильные кислоты и сильные основания. Среди предложенных веществ к таким относится только нитрат кальция. Однако соединения упомянутых выше классов способны образовываться при взаимодействии веществ с водой. Оксид серы(VI) и хлорид фосфора(V) при растворении в воде образуют сильные кислоты H_2SO_4 и HCl соответственно, а гидрид бария — сильное основание $\text{Ba}(\text{OH})_2$. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и PbS являются солями, плохо растворимыми в воде, а бутанон-2 в водных растворах является неэлектролитом.

Ответ

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, SO_3 , BaH_2 , PCl_5

Оценивание: по 2,5 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-1-3

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка: $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, SO_2Cl_2 , Ag_3PO_4 , CH_3CHO , FeS , LiH , Ba — поместили в бидистиллированную воду и тщательно перемешали. Из предложенного списка веществ выберите те, которые при растворении в воде образуют растворы, способные хорошо проводить электрический ток.

Решение

Хорошо проводить электрический ток способны растворы, образованные сильными электролитами. К сильным электролитам относятся большинство растворимых солей, сильные кислоты и сильные основания. Среди предложенных веществ к таким относится только нитрат алюминия. Однако соединения упомянутых выше классов способны образовываться при взаимодействии веществ с водой. Оксохлорид серы(VI) при растворении в воде образует сильные серную H_2SO_4 и азотную HNO_3 кислоты, гидрид лития и барий — сильные основания LiOH и $\text{Ba}(\text{OH})_2$ соответственно. Ag_3PO_4 и FeS являются солями, плохо растворимыми в воде, а ацетальдегид в водных растворах является неэлектролитом.

Ответ

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, SO_2Cl_2 , LiH , Ba

Оценивание: по 2,5 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-1-4

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, POCl_3 , Ag_3PO_4 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$, MnS , KH , Sr — поместили в бидистиллированную воду и тщательно перемешали. Из предложенного списка веществ выберите те, которые при растворении в воде образуют растворы, способные хорошо проводить электрический ток.

Решение

Хорошо проводить электрический ток способны растворы, образованные сильными электролитами. К сильным электролитам относятся большинство растворимых солей, сильные кислоты и сильные основания. Среди предложенных веществ к таким относится только нитрат железа(II). Однако соединения упомянутых выше классов способны образовываться при взаимодействии веществ с водой. Оксохлорид фосфора(V) при растворении в воде образует сильную соляную кислоту HCl , гидрид калия и стронций — сильные основания KOH и $\text{Sr}(\text{OH})_2$ соответственно. Ag_3PO_4 и MnS являются солями, плохо растворимыми в воде, а пропаналь в водных растворах является неэлектролитом.

Ответ

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, POCl_3 , KH , Sr

10-2-1

Соли и солеобразные соединения при помещении в воду способны вступать во взаимодействие с растворителем. В результате этого полученные растворы могут обладать реакцией среды, отличной от нейтральной. Такой процесс называется гидролизом. Соотнесите формулы химических веществ с типом их гидролиза в водном растворе.

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
Li_3N	Гидролиз не протекает
LiClO_4	Обратимый гидролиз по катиону
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Обратимый гидролиз по аниону
Na_2S	Обратимый гидролиз по катиону и аниону
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	Полный необратимый гидролиз

Решение

Нитрид лития является бинарным соединением, которое при контакте с водой подвергается полному необратимому гидролизу.

Перхлорат лития образован сильным основанием LiOH и сильной кислотой HClO₄, поэтому не гидролизуется в водных растворах.

Нитрат меди(II) образован слабым основанием Cu(OH)₂ и сильной кислотой HNO₃, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону.

Сульфид натрия образован сильным основанием NaOH и слабой кислотой H₂S, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по аниону.

Карбонат аммония образован слабым основанием NH₃·H₂O и слабой кислотой H₂CO₃, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону и аниону.

Ответ

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
Li ₃ N	Полный необратимый гидролиз
LiClO ₄	Гидролиз не протекает
Cu(NO ₃) ₂	Обратимый гидролиз по катиону
Na ₂ S	Обратимый гидролиз по аниону
(NH ₄) ₂ CO ₃	Обратимый гидролиз по катиону и аниону

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-2-2

Соли и солеобразные соединения при помещении в воду способны вступать во взаимодействие с растворителем. В результате этого полученные растворы могут обладать реакцией среды, отличной от нейтральной. Такой процесс называется гидролизом. Соотнесите формулы химических веществ с типом их гидролиза в водном растворе.

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
NaBrO ₄	Гидролиз не протекает
Al(NO ₃) ₃	Обратимый гидролиз по катиону
Mg ₃ N ₂	Обратимый гидролиз по аниону
Na ₂ CO ₃	Обратимый гидролиз по катиону и аниону
(NH ₄) ₂ S	Полный необратимый гидролиз

Решение

Пербромат натрия образован сильным основанием NaOH и сильной кислотой HBrO₄, поэтому не гидролизуется в водных растворах.

Нитрат алюминия(III) образован слабым основанием Al(OH)₃ и сильной кислотой HNO₃, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону.

Нитрид магния является бинарным соединением, которое при контакте с водой подвергается полному необратимому гидролизу.

Карбонат натрия образован сильным основанием NaOH и слабой кислотой H₂CO₃, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по аниону.

Сульфид аммония образован слабым основанием NH₃·H₂O и слабой кислотой H₂S, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону и аниону.

Ответ

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
NaBrO ₄	Гидролиз не протекает
Al(NO ₃) ₃	Обратимый гидролиз по катиону

Mg_3N_2	Полный необратимый гидролиз
Na_2CO_3	Обратимый гидролиз по аниону
$(NH_4)_2S$	Обратимый гидролиз по катиону и аниону

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-2-3

Соли и солеобразные соединения при помещении в воду способны вступать во взаимодействие с растворителем. В результате этого полученные растворы могут обладать реакцией среды, отличной от нейтральной. Такой процесс называется гидролизом. Соотнесите формулы химических веществ с типом их гидролиза в водном растворе.

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
CaC_2	Гидролиз не протекает
$Fe(NO_3)_3$	Обратимый гидролиз по катиону
KI	Обратимый гидролиз по аниону
Na_2SO_3	Обратимый гидролиз по катиону и аниону
NH_4F	Полный необратимый гидролиз

Решение

Ацетиленид кальция является бинарным соединением, которое при контакте с водой подвергается полному необратимому гидролизу.

Нитрат железа(III) образован слабым основанием $Fe(OH)_3$ и сильной кислотой HNO_3 , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуются по катиону.

Иодид калия образован сильным основанием KOH и сильной кислотой HI, поэтому не гидролизуются в водных растворах.

Сульфит натрия образован сильным основанием NaOH и кислотой средней силы H_2SO_3 , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуются по аниону.

Фторид аммония образован слабым основанием $NH_3 \cdot H_2O$ и слабой кислотой HF, поэтому в водных растворах обратимо гидролизуются по катиону и аниону.

Ответ

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
CaC_2	Полный необратимый гидролиз
$Fe(NO_3)_3$	Обратимый гидролиз по катиону
KI	Гидролиз не протекает
Na_2SO_3	Обратимый гидролиз по аниону
NH_4F	Обратимый гидролиз по катиону и аниону

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-2-4

Соли и солеобразные соединения при помещении в воду способны вступать во взаимодействие с растворителем. В результате этого полученные растворы могут обладать реакцией среды, отличной от нейтральной. Такой процесс называется гидролизом. Соотнесите формулы химических веществ с типом их гидролиза в водном растворе.

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
$Zn(CH_3COO)_2$	Гидролиз не протекает
$Zn(NO_3)_2$	Обратимый гидролиз по катиону
$NaNO_3$	Обратимый гидролиз по аниону
CH_3COONa	Обратимый гидролиз по катиону и аниону
Al_4C_3	Полный необратимый гидролиз

Решение

Ацетат цинка образован слабым основанием $Zn(OH)_2$ и слабой кислотой CH_3COOH , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону и аниону.

Нитрат цинка(II) образован слабым основанием $Zn(OH)_2$ и сильной кислотой HNO_3 , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону.

Нитрат натрия образован сильным основанием $NaOH$ и сильной кислотой HNO_3 , поэтому не гидролизуется в водных растворах.

Ацетат натрия образован сильным основанием $NaOH$ и слабой кислотой CH_3COOH , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по аниону.

Карбид алюминия является бинарным соединением, которое при контакте с водой подвергается полному необратимому гидролизу.

Ответ

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
$Zn(CH_3COO)_2$	Обратимый гидролиз по катиону и аниону
$Zn(NO_3)_2$	Обратимый гидролиз по катиону
$NaNO_3$	Гидролиз не протекает
CH_3COONa	Обратимый гидролиз по аниону
Al_4C_3	Полный необратимый гидролиз

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-3-1

В лаборатории был проведён анализ вещества **X**, использующегося в качестве удобрения. В ходе него установлено, что при добавлении к его водным растворам гидроксида натрия, нитрата серебра, сульфата калия и фосфата натрия не образуется осадок и не выделяется газ. При внесении в пламя проволоки, смоченной раствором **X**, последнее окрашивается в жёлтый цвет.

1. Определите молекулярную формулу вещества **X**, если информация о его растворимости в воде содержится в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Приведите общее название группы удобрений, к которым относится **X**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

Решение

В качестве удобрений обычно используются соединения, содержащие атомы азота N, фосфора P и калия K. Азот, как правило, присутствует в виде катионов аммония NH_4^+ или нитрат-ионов NO_3^- , а также в виде мочевины $(NH_2)_2CO$. Все фосфорные удобрения представляют собой кислые фосфаты или их смеси. Поскольку вещество **X** не образует осадка при добавлении нитрата серебра, то оно не содержит солей фосфорной кислоты и галогенид-ионов. Характерная окраска пламени, возникающая при внесении в него раствора **X**, свидетельствует о наличии в его составе катионов натрия Na^+ . В анионе данной соли должны присутствовать атомы азота. Единственный вариант, подходящий под условие задачи — нитрат натрия $NaNO_3$, обладающий молярной массой 85 г/моль. Нитрат натрия относится к группе селитр — азотных удобрений, содержащих нитрат-ионы.

Ответы

1. 85
2. Селитра

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

10-3-2

В лаборатории был проведён анализ вещества **X**, использующегося в качестве удобрения. В ходе него установлено, что при добавлении к его водным растворам гидроксида натрия и нитрата серебра не образуется осадок и не выделяется газ, в то время как в случае сульфата калия и фосфата натрия образуется белый осадок. При внесении в пламя проволоки, смоченной раствором **X**, последнее окрашивается в кирпично-красный цвет.

1. Определите молекулярную формулу вещества **X**, если информация о его растворимости в воде содержится в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Приведите общее название группы удобрений, к которым относится **X**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

Решение

В качестве удобрений обычно используются соединения, содержащие атомы азота N, фосфора P и калия K. Азот, как правило, присутствует в виде катионов аммония NH_4^+ или нитрат-ионов NO_3^- , а также в виде мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Все фосфорные удобрения представляют собой кислые фосфаты или их смеси. Поскольку вещество **X** не образует осадка при добавлении нитрата серебра, то оно не содержит солей фосфорной кислоты и галогенид-ионов. Характерная окраска пламени, возникающая при внесении в него раствора **X**, свидетельствует о наличии в его составе катионов кальция Ca^{2+} , образующего малорастворимый сульфат и фосфат. В анионе данной соли должны присутствовать атомы азота. Единственный вариант, подходящий под условие задачи — нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, обладающий молярной массой 164 г/моль. Нитрат кальция относится к группе селитр — азотных удобрений, содержащих нитрат-ионы.

Ответы

1. 164
2. Селитра

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

10-3-3

В лаборатории был проведён анализ вещества **X**, использующегося в качестве удобрения. В ходе него установлено, что при добавлении к его водным растворам нитрата серебра, сульфата калия и фосфата натрия не образуется осадок и не выделяется газ, в то время как в случае избытка гидроксида натрия выделяется бесцветный газ. При внесении в пламя проволоки, смоченной раствором **X**, окраска последнего не меняется.

1. Определите молекулярную формулу вещества **X**, если информация о его растворимости в воде содержится в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Приведите общее название группы удобрений, к которым относится **X**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

Решение

В качестве удобрений обычно используются соединения, содержащие атомы азота N, фосфора P и калия K. Азот, как правило, присутствует в виде катионов аммония NH_4^+ или нитрат-ионов NO_3^- , а также в виде мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Все фосфорные удобрения представляют собой кислые фосфаты или их смеси. Поскольку вещество **X** не образует осадка при добавлении нитрата серебра, то оно не содержит солей фосфорной кислоты и галогенид-ионов. Выделение бесцветного газа при добавлении к **X** избытка гидроксида натрия свидетельствует о наличии в составе данной соли катиона аммония. В анионе данной соли должны присутствовать атомы азота. Единственный

вариант, подходящий под условие задачи — нитрат аммония NH_4NO_3 , обладающий молярной массой 80 г/моль. Нитрат аммония относится к группе селитр — азотных удобрений, содержащих нитрат-ионы.

Ответы

1. 80
2. Селитра

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

10-3-4

В лаборатории был проведён анализ вещества **X**, использующегося в качестве удобрения. В ходе него установлено, что при добавлении к его водным растворам гидроксида натрия, нитрата серебра, сульфата калия и фосфата натрия не образуется осадок и не выделяется газ. При внесении в пламя проволоки, смоченной раствором **X**, последнее окрашивается в фиолетовый цвет.

1. Определите молекулярную формулу вещества **X**, если информация о его растворимости в воде содержится в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Приведите общее название группы удобрений, к которым относится **X**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

Решение

В качестве удобрений обычно используются соединения, содержащие атомы азота N, фосфора P и калия K. Азот, как правило, присутствует в виде катионов аммония NH_4^+ или нитрат-ионов NO_3^- , а также в виде мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Все фосфорные удобрения представляют собой кислые фосфаты или их смеси. Поскольку вещество **X** не образует осадка при добавлении нитрата серебра, то оно не содержит солей фосфорной кислоты и галогенид-ионов. Характерная окраска пламени, возникающая при внесении в него раствора **X**, свидетельствует о наличии в его составе катионов калия K^+ . В анионе данной соли должны присутствовать атомы азота. Единственный вариант, подходящий под условие задачи — нитрат калия KNO_3 , обладающий молярной массой 101 г/моль. Нитрат калия относится к группе селитр — азотных удобрений, содержащих нитрат-ионы.

Ответы

1. 101
2. Селитра

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

10-4-1

При окислении моноциклического неразветвлённого алкена **X** стехиометрическим количеством охлаждённого водного раствора перманганата калия образуется единственный углеродсодержащий продукт, молярная масса которого на 41,5% больше, чем у **X**.

1. Определите состав и структуру вещества **X**. В первом поле для ответа укажите его систематическое название по номенклатуре ИЮПАК с помощью одного существительного в именительном падеже со строчной буквы и его молярную массу в г/моль с точностью до целых без пробелов, например, бутан58.
2. Запишите уравнение реакции, описанной в условии задачи. Во втором поле для ответа укажите удвоенную сумму минимальных целочисленных коэффициентов в нём.

Решение

Ряд алкенов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алкена с помощью охлаждённого водного раствора перманганата калия приводит к двухатомному спирту, формула которого в данном случае может быть записана в виде $C_nH_{2n-2}(OH)_2$.

$$\frac{M(C_nH_{2n-2}(OH)_2)}{M(C_nH_{2n-2})} = \frac{14n + 32}{14n - 2} = 1,415; n = 6$$

Молярная масса циклогексена $X = C_6H_{10}$ равна 82 г/моль.

Уравнение реакции окисления вещества X подкисленным раствором перманганата калия:



Сумма минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции равна 16, а удвоенная — 32.

Ответ

1. циклогексен82
2. 32

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-4-2

При окислении моноциклического неразветвлённого алкена X стехиометрическим количеством охлаждённого водного раствора перманганата калия образуется единственный углеродсодержащий продукт, молярная масса которого на 50,0% больше, чем у X .

1. Определите состав и структуру вещества X . В первом поле для ответа укажите его систематическое название по номенклатуре ИЮПАК с помощью одного существительного в именительном падеже со строчной буквы и его молярную массу в г/моль с точностью до целых без пробелов, например, бутан58.
2. Запишите уравнение реакции, описанной в условии задачи. Во втором поле для ответа укажите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в нём.

Решение

Ряд алкенов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алкена с помощью охлаждённого водного раствора перманганата калия приводит к двухатомному спирту, формула которого в данном случае может быть записана в виде $C_nH_{2n-2}(OH)_2$.

$$\frac{M(C_nH_{2n-2}(OH)_2)}{M(C_nH_{2n-2})} = \frac{14n + 32}{14n - 2} = 1,500; n = 5$$

Молярная масса цикlopентена $X = C_5H_8$ равна 68 г/моль.

Уравнение реакции окисления вещества X подкисленным раствором перманганата калия:



Сумма минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции равна 16.

Ответ

1. цикlopентен68
2. 16

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-4-3

При окислении моноциклического неразветвлённого алкена **X** стехиометрическим количеством охлаждённого водного раствора перманганата калия образуется единственный углеродсодержащий продукт, молярная масса которого на 35,4% больше, чем у **X**.

1. Определите состав и структуру вещества **X**. В первом поле для ответа укажите его систематическое название по номенклатуре ИЮПАК с помощью одного существительного в именительном падеже со строчной буквы и его молярную массу в г/моль с точностью до целых без пробелов, например, бутан58.
2. Запишите уравнение реакции, описанной в условии задачи. Во втором поле для ответа укажите утроенную сумму минимальных целочисленных коэффициентов в нём.

Решение

Ряд алкенов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алкена с помощью охлаждённого водного раствора перманганата калия приводит к двухатомному спирту, формула которого в данном случае может быть записана в виде $C_nH_{2n-2}(OH)_2$.

$$\frac{M(C_nH_{2n-2}(OH)_2)}{M(C_nH_{2n-2})} = \frac{14n + 32}{14n - 2} = 1,354; n = 7$$

Молярная масса циклогептена **X** = C_7H_{12} равна 96 г/моль.

Уравнение реакции окисления вещества **X** подкисленным раствором перманганата калия:



Сумма минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции равна 16, а утроенная — 48.

Ответ

1. циклогептен96
2. 48

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-4-4

При окислении моноциклического неразветвлённого алкена **X** стехиометрическим количеством охлаждённого водного раствора перманганата калия образуется единственный углеродсодержащий продукт, молярная масса которого на 30,9% больше, чем у **X**.

1. Определите состав и структуру вещества **X**. В первом поле для ответа укажите его систематическое название по номенклатуре ИЮПАК с помощью одного существительного в именительном падеже со строчной буквы и его молярную массу в г/моль с точностью до целых без пробелов, например, бутан58.
2. Запишите уравнение реакции, описанной в условии задачи. Во втором поле для ответа укажите удвоенную сумму минимальных целочисленных коэффициентов в нём.

Решение

Ряд алкенов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алкена с помощью охлаждённого водного раствора перманганата калия приводит к двухатомному спирту, формула которого в данном случае может быть записана в виде $C_nH_{2n-2}(OH)_2$.

$$\frac{M(C_nH_{2n-2}(OH)_2)}{M(C_nH_{2n-2})} = \frac{14n + 32}{14n - 2} = 1,309; n = 8$$

Молярная масса циклооктена **X** = C_8H_{14} равна 110 г/моль.

Уравнение реакции окисления вещества **X** подкисленным раствором перманганата калия:



Сумма минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции равна 16, а удвоенная — 32.

Ответ

1. циклооктен110
2. 32

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-5-1

Одной из важных характеристик, описывающих способность плохо растворимых веществ распадаться на ионы в водных растворах, является произведение растворимости K_s . Для вещества ионного строения A_xB_y оно записывается в виде:

$$K_s = [A^{y+}]^x[B^{x-}]^y,$$

где $[A^{y+}]$ и $[B^{x-}]$ — равновесные концентрации катиона и аниона соответственно. Они, в свою очередь, связаны с растворимостью вещества S следующим образом:

$$[A^{y+}] = xS,$$

$$[B^{x-}] = yS.$$

1. Рассчитайте молярную растворимость фосфата кальция в воде, если его произведение растворимости равно $K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 2,0 \cdot 10^{-29}$. Ответ выразите в моль/л запишите в виде $X,XX \cdot 10^{(-X)}$.
2. Какую массу фосфата кальция можно растворить в 1 л воды при комнатной температуре. Ответ выразите в микрограммах с точностью до целых.

Решение

Процесс диссоциации фосфата кальция при растворении может быть описан уравнением:



Равновесные концентрации катиона кальция и фосфат-иона будут равны $3S$ и $2S$ моль/л соответственно. Подставим полученные значения в выражение для произведения растворимости и рассчитаем S :

$$K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = [\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3S)^3(2S)^2 = 108S^5,$$

$$108S^5 = 2,0 \cdot 10^{-29},$$

$$S = 7,14 \cdot 10^{-7}.$$

Таким образом, растворимость фосфата кальция в воде составляет $7,14 \cdot 10^{-7}$ моль/л или $2,21 \cdot 10^{-4}$ г/л. В 1 литре воды при комнатной температуре можно растворить 221 мкг фосфата кальция.

Ответ

1. $7,14 \cdot 10^{(-7)}$
2. 221

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-5-2

Одной из важных характеристик, описывающих способность плохо растворимых веществ распадаться на ионы в водных растворах, является произведение растворимости K_s . Для вещества ионного строения A_xB_y оно записывается в виде:

$$K_s = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y,$$

где $[A^{y+}]$ и $[B^{x-}]$ — равновесные концентрации катиона и аниона соответственно. Они, в свою очередь, связаны с растворимостью вещества S следующим образом:

$$[A^{y+}] = xS,$$

$$[B^{x-}] = yS.$$

1. Рассчитайте молярную растворимость фосфата свинца в воде, если его произведение растворимости равно $K_s(\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2) = 7,9 \cdot 10^{-43}$. Ответ выразите в моль/л запишите в виде $X,XX \cdot 10^{(-X)}$.
2. Какую массу фосфата свинца можно растворить в 1 л воды при комнатной температуре. Ответ выразите в микрограммах с точностью до десятых.

Решение

Процесс диссоциации фосфата свинца при растворении может быть описан уравнением:



Равновесные концентрации катиона свинца и фосфат-иона будут равны $3S$ и $2S$ моль/л соответственно. Подставим полученные значения в выражение для произведения растворимости и рассчитаем S :

$$K_s(\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2) = [\text{Pb}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3S)^3 (2S)^2 = 108S^5,$$

$$108S^5 = 7,9 \cdot 10^{-43},$$

$$S = 1,49 \cdot 10^{-9}.$$

Таким образом, растворимость фосфата свинца в воде составляет $1,49 \cdot 10^{-9}$ моль/л или $1,2 \cdot 10^{-6}$ г/л. В 1 литре воды при комнатной температуре можно растворить 1,2 мкг фосфата свинца.

Ответ

1. $1,49 \cdot 10^{(-9)}$
2. 1,2

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-5-3

Одной из важных характеристик, описывающих способность плохо растворимых веществ распадаться на ионы в водных растворах, является произведение растворимости K_s . Для вещества ионного строения A_xB_y оно записывается в виде:

$$K_s = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y,$$

где $[A^{y+}]$ и $[B^{x-}]$ — равновесные концентрации катиона и аниона соответственно. Они, в свою очередь, связаны с растворимостью вещества S следующим образом:

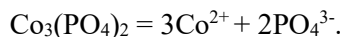
$$[A^{y+}] = xS,$$

$$[B^{x-}] = yS.$$

1. Рассчитайте молярную растворимость фосфата(II) кобальта в воде, если его произведение растворимости равно $K_s(\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2) = 2,0 \cdot 10^{-35}$. Ответ выразите в моль/л запишите в виде $X,XX \cdot 10^{(-X)}$.
2. Какую массу фосфата кобальта(II) можно растворить в 1 л воды при комнатной температуре. Ответ выразите в микрограммах с точностью до десятых.

Решение

Процесс диссоциации фосфата кобальта при растворении может быть описан уравнением:



Равновесные концентрации катиона кобальта(II) и фосфат-иона будут равны $3S$ и $2S$ моль/л соответственно. Подставим полученные значения в выражение для произведения растворимости и рассчитаем S :

$$K_s(\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2) = [\text{Co}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3S)^3(2S)^2 = 108S^5,$$

$$108S^5 = 2,0 \cdot 10^{-35},$$

$$S = 4,50 \cdot 10^{-8}.$$

Таким образом, растворимость фосфата кобальта(II) в воде составляет $4,50 \cdot 10^{-8}$ моль/л или $1,65 \cdot 10^{-5}$ г/л. В 1 литре воды при комнатной температуре можно растворить 16,5 мкг фосфата кобальта(II).

Ответ

1. $4,50 \cdot 10^{(-8)}$
2. 16,5

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-5-4

Одной из важных характеристик, описывающих способность плохо растворимых веществ распадаться на ионы в водных растворах, является произведение растворимости K_s . Для вещества ионного строения A_xB_y оно записывается в виде:

$$K_s = [A^{y+}]^x[B^{x-}]^y,$$

где $[A^{y+}]$ и $[B^{x-}]$ — равновесные концентрации катиона и аниона соответственно. Они, в свою очередь, связаны с растворимостью вещества S следующим образом:

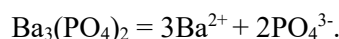
$$[A^{y+}] = xS,$$

$$[B^{x-}] = yS.$$

1. Рассчитайте молярную растворимость фосфата бария в воде, если его произведение растворимости равно $K_s(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = 6,3 \cdot 10^{-39}$. Ответ выразите в моль/л запишите в виде $X,XX \cdot 10^{(-X)}$.
2. Какую массу фосфата бария можно растворить в 1 л воды при комнатной температуре. Ответ выразите в микрограммах с точностью до десятых.

Решение

Процесс диссоциации фосфата бария при растворении может быть описан уравнением:



Равновесные концентрации катиона бария и фосфат-иона будут равны $3S$ и $2S$ моль/л соответственно. Подставим полученные значения в выражение для произведения растворимости и рассчитаем S :

$$K_s(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = [\text{Ba}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3S)^3(2S)^2 = 108S^5,$$

$$108S^5 = 6,3 \cdot 10^{-39},$$

$$S = 8,98 \cdot 10^{-9}.$$

Таким образом, растворимость фосфата бария в воде составляет $8,98 \cdot 10^{-9}$ моль/л или $5,4 \cdot 10^{-6}$ г/л. В 1 литре воды при комнатной температуре можно растворить 5,4 мкг фосфата бария.

Ответ

1. $8,98 \cdot 10^{-9}$
2. 5,4

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-6-1

Основываясь на особенностях механизмов, можно разделить реакции, протекающие в органической химии на несколько основных типов. Из предложенного выпадающего списка выберите механизм реакции, к которому относится взаимодействие между веществами, указанными в левом столбце:

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
$\text{C}_3\text{H}_8, \text{Br}_2 (h\nu)$	Радикальное замещение
$\text{C}_6\text{H}_6, \text{Br}_2, \text{FeBr}_3$	Радикальное присоединение
$\text{C}_3\text{H}_6, \text{HBr}, \text{H}_2\text{O}_2$	Электрофильное замещение
$\text{CH}_3\text{CHO}, \text{CH}_3\text{MgBr}$	Электрофильное присоединение
$\text{CH}_3\text{Cl}, \text{NaOH}, \text{H}_2\text{O}$	Нуклеофильное замещение
	Нуклеофильное присоединение

Решение

Взаимодействие пропана и брома на свету протекает по радикальному механизму и представляет собой реакцию, в ходе которой атом водорода в молекуле пропана замещается на бром.

Взаимодействие бензола с бромом в присутствии бромиды железа(III), являющегося кислотой Льюиса, представляет собой реакцию замещения. Реакционноспособной частицей в ней является электрофил Br^+ , генерируемый из брома и бромиды железа(III).

Взаимодействие пропена и бромоводорода в присутствии пероксида водорода представляет собой реакцию присоединения, которая протекает по радикальному механизму. Это можно определить по наличию среди реагентов H_2O_2 , способного легко распадаться с образованием радикалов.

Взаимодействие этанала с реактивом Гриньяра представляет собой реакцию присоединения нуклеофильной частицы CH_3^- к карбонильной группе альдегида.

Взаимодействие хлорметана с водным раствором гидроксида натрия представляет собой реакцию замещения атома хлора на гидроксильную группу под действием нуклеофила OH^- .

Ответ

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
$\text{C}_3\text{H}_8, \text{Br}_2 (h\nu)$	Радикальное замещение
$\text{C}_6\text{H}_6, \text{Br}_2, \text{FeBr}_3$	Электрофильное замещение
$\text{C}_3\text{H}_6, \text{HBr}, \text{H}_2\text{O}_2$	Радикальное присоединение
$\text{CH}_3\text{CHO}, \text{CH}_3\text{MgBr}$	Нуклеофильное присоединение
$\text{CH}_3\text{Cl}, \text{NaOH}, \text{H}_2\text{O}$	Нуклеофильное замещение

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-6-2

Основываясь на особенностях механизмов, можно разделить реакции, протекающие в органической химии на несколько основных типов. Из предложенного выпадающего списка выберите механизм реакции, к которому относится взаимодействие между веществами, указанными в левом столбце:

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
C_2H_4 , HBr	Радикальное замещение
C_6H_6 , HNO_3 , H_2SO_4	Радикальное присоединение
C_6H_6 , Cl_2 (hv)	Электрофильное замещение
CH_3CHO , C_2H_5MgBr	Электрофильное присоединение
C_4H_{10} , Br_2 (hv)	Нуклеофильное замещение
	Нуклеофильное присоединение

Решение

Взаимодействие этилена с бромоводородом представляет собой реакцию присоединения, в которой реакционноспособной частицей является электрофил H^+ .

Взаимодействие бензола со смесью концентрированных серной и азотной кислот представляет собой реакцию замещения. Реакционноспособной частицей в ней является электрофил NO_2^+ , генерируемый из азотной кислоты под действием серной.

Взаимодействие бензола и хлора при облучении ультрафиолетом представляет собой реакцию присоединения, которая протекает по радикальному механизму.

Взаимодействие этанала с реактивом Гриньяра представляет собой реакцию присоединения нуклеофильной частицы $C_2H_5^-$ к карбонильной группе альдегида.

Взаимодействие бутана и брома на свету протекает по радикальному механизму и представляет собой реакцию, в ходе которой атом водорода в молекуле бутана замещается на бром.

Ответ

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
C_2H_4 , HBr	Электрофильное присоединение
C_6H_6 , HNO_3 , H_2SO_4	Электрофильное замещение
C_6H_6 , Cl_2 (hv)	Радикальное присоединение
CH_3CHO , C_2H_5MgBr	Нуклеофильное присоединение
C_4H_{10} , Br_2 (hv)	Радикальное замещение

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-6-3

Основываясь на особенностях механизмов, можно разделить реакции, протекающие в органической химии на несколько основных типов. Из предложенного выпадающего списка выберите механизм реакции, к которому относится взаимодействие между веществами, указанными в левом столбце:

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
C_3H_6 , H_2O , H_2SO_4	Радикальное замещение
C_7H_8 , HNO_3 , H_2SO_4	Радикальное присоединение
C_2H_4 , HBr, H_2O_2	Электрофильное замещение
C_2H_5CHO , CH_3MgBr	Электрофильное присоединение
C_2H_5Cl , NaOH, H_2O	Нуклеофильное замещение
	Нуклеофильное присоединение

Решение

Взаимодействие пропена с водой в присутствии серной кислоты представляет собой реакцию присоединения, в которой реакционноспособной частицей является электрофил H^+ .

Взаимодействие толуола со смесью концентрированных серной и азотной кислот представляет собой реакцию замещения. Реакционноспособной частицей в ней является электрофил NO_2^+ , генерируемый из азотной кислоты под действием серной.

Взаимодействие этена и бромоводорода в присутствии пероксида водорода представляет собой реакцию присоединения, которая протекает по радикальному механизму. Это можно определить по наличию среди реагентов H_2O_2 , способного легко распадаться с образованием радикалов.

Взаимодействие пропаналя с реактивом Гриньяра представляет собой реакцию присоединения нуклеофильной частицы CH_3^- к карбонильной группе альдегида.

Взаимодействие хлорэтана с водным раствором гидроксида натрия представляет собой реакцию замещения атома хлора на гидроксильную группу под действием нуклеофила OH^- .

Ответ

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
C_3H_6, H_2O, H_2SO_4	Электрофильное присоединение
C_7H_8, HNO_3, H_2SO_4	Электрофильное замещение
C_2H_4, HBr, H_2O_2	Радикальное присоединение
C_2H_5CHO, CH_3MgBr	Нуклеофильное присоединение
$C_2H_5Cl, NaOH, H_2O$	Нуклеофильное замещение

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-6-4

Основываясь на особенностях механизмов, можно разделить реакции, протекающие в органической химии на несколько основных типов. Из предложенного выпадающего списка выберите механизм реакции, к которому относится взаимодействие между веществами, указанными в левом столбце:

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
C_2H_4, H_2O, H_2SO_4	Радикальное замещение
C_6H_6, HNO_3, H_2SO_4	Радикальное присоединение
$C_6H_6, Cl_2 (h\nu)$	Электрофильное присоединение
$C_2H_5Cl, NaOH, H_2O$	Электрофильное присоединение
$CH_4, Br_2 (h\nu)$	Нуклеофильное замещение
	Нуклеофильное присоединение

Решение

Взаимодействие этена с водой в присутствии серной кислоты представляет собой реакцию присоединения, в которой реакционноспособной частицей является электрофил H^+ .

Взаимодействие бензола со смесью концентрированных серной и азотной кислот представляет собой реакцию замещения. Реакционноспособной частицей в ней является электрофил NO_2^+ , генерируемый из азотной кислоты под действием серной.

Взаимодействие бензола и хлора при облучении ультрафиолетом представляет собой реакцию присоединения, которая протекает по радикальному механизму.

Взаимодействие хлорэтана с водным раствором гидроксида натрия представляет собой реакцию замещения атома хлора на гидроксильную группу под действием нуклеофила OH^- .

Взаимодействие метана и брома на свету протекает по радикальному механизму и представляет собой реакцию, в ходе которой атом водорода в молекуле метана замещается на бром.

Ответ

Взаимодействующие вещества	Механизм реакции
C_2H_4, H_2O, H_2SO_4	Электрофильное присоединение
C_6H_6, HNO_3, H_2SO_4	Электрофильное замещение
$C_6H_6, Cl_2 (h\nu)$	Радикальное присоединение
$C_2H_5Cl, NaOH, H_2O$	Нуклеофильное замещение
$CH_4, Br_2 (h\nu)$	Радикальное замещение

Оценивание: по 2 балла за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

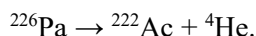
10-7-1

При радиоактивном распаде ядра протактиния-226 ($m = 226,027948$ а.е.м.) образуется ядро актиния-222 ($m = 222,017844$ а.е.м.) и ядро атома гелия ($m = 4,002603$ а.е.м.). Известно, что 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг.

1. Рассчитайте энергию радиоактивного распада. Ответ выразите в МэВ с точностью до десятых. Единицы измерения указывать не нужно. $1 \text{ МэВ} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.
2. Какую массу воды можно нагреть на 80°C с помощью энергии распада 1 ммоль ^{226}Pa . Считайте, что энергия распада полностью превращается в теплоту. Удельная теплоёмкость воды равна $4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$. Ответ выразите в тоннах с точностью до десятков.

Решение

Уравнение радиоактивного распада ^{226}Pa может быть записано в виде:



Для расчёта энергии распада воспользуемся формулой Эйнштейна:

$$\Delta m = 226,027948 \text{ а.е.м.} - 222,017844 \text{ а.е.м.} - 4,002603 \text{ а.е.м.} = 0,007501 \text{ а.е.м.} = 1,24517 \cdot 10^{-29} \text{ кг},$$

$$E_{\text{расп}} = \Delta m \cdot c^2 = 1,24517 \cdot 10^{-29} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 1,12065 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \approx 7,0 \text{ МэВ}.$$

Вычислим энергию, выделяющуюся при распаде 1 ммоль ^{226}Pa :

$$E = E_{\text{расп}} \cdot N_{\text{расп}} = 1,12065 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 6,75 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

Для нагрева 1 кг воды на 80°C требуется 336 кДж тепла, в то время как при распаде 1 ммоль ^{226}Pa выделяется $675\,000 \text{ кДж}$ тепла. Этого количества энергии хватит на нагрев 2010 тонн воды.

Ответ

1. $7,0$
2. 2010

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

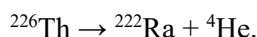
10-7-2

При радиоактивном распаде ядра тория-226 ($m = 226,024904$ а.е.м.) образуется ядро радия-222 ($m = 222,015373$ а.е.м.) и ядро атома гелия ($m = 4,002603$ а.е.м.). Известно, что 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг.

1. Рассчитайте энергию радиоактивного распада. Ответ выразите в МэВ с точностью до десятых. Единицы измерения указывать не нужно. $1 \text{ МэВ} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.
2. Какую массу воды можно нагреть на 80°C с помощью энергии распада 1 ммоль ^{226}Th . Считайте, что энергия распада полностью превращается в теплоту. Удельная теплоёмкость воды равна $4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$. Ответ выразите в тоннах с точностью до десятков.

Решение

Уравнение радиоактивного распада ^{226}Th может быть записано в виде:



Для расчёта энергии распада воспользуемся формулой Эйнштейна:

$$\Delta m = 226,024904 \text{ а. е. м.} - 222,015373 \text{ а. е. м.} - 4,002603 \text{ а. е. м.} = 0,006928 \text{ а. е. м.} = 1,15005 \cdot 10^{-29} \text{ кг},$$

$$E_{\text{расп}} = \Delta m \cdot c^2 = 1,15005 \cdot 10^{-29} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 1,035 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \approx 6,5 \text{ МэВ}.$$

Вычислим энергию, выделяющуюся при распаде 1 ммоль ^{226}Th :

$$E = E_{\text{расп}} \cdot N_{\text{расп}} = 1,035 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 6,23 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

Для нагрева 1 кг воды на 80°C требуется 336 кДж тепла, в то время как при распаде 1 ммоль ^{226}Th выделяется 623 000 кДж тепла. Этого количества энергии хватит на нагрев 1855 тонн воды. Возможно округление до 1850 или 1860 тонн.

Ответ

1. 6,5
2. 1850 или 1860

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

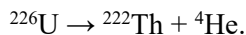
10-7-3

При радиоактивном распаде ядра урана-226 ($m = 226,029339 \text{ а. е. м.}$) образуется ядро тория-222 ($m = 222,018468 \text{ а. е. м.}$) и ядро атома гелия ($m = 4,002603 \text{ а. е. м.}$). Известно, что $1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

1. Рассчитайте энергию радиоактивного распада. Ответ выразите в МэВ с точностью до десятых. Единицы измерения указывать не нужно. $1 \text{ МэВ} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.
2. Какую массу воды можно нагреть на 80°C с помощью энергии распада 1 ммоль ^{226}U . Считайте, что энергия распада полностью превращается в теплоту. Удельная теплоёмкость воды равна $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. Ответ выразите в тоннах с точностью до десятков.

Решение

Уравнение радиоактивного распада ^{226}U может быть записано в виде:



Для расчёта энергии распада воспользуемся формулой Эйнштейна:

$$\Delta m = 226,029339 \text{ а. е. м.} - 222,018468 \text{ а. е. м.} - 4,002603 \text{ а. е. м.} = 0,008268 \text{ а. е. м.} = 1,37249 \cdot 10^{-29} \text{ кг},$$

$$E_{\text{расп}} = 1,37249 \cdot 10^{-29} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 1,235 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \approx 7,7 \text{ МэВ}.$$

Вычислим энергию, выделяющуюся при распаде 1 ммоль ^{226}U :

$$E = E_{\text{расп}} \cdot N_{\text{расп}} = 1,235 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 7,44 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

Для нагрева 1 кг воды на 80°C требуется 336 кДж тепла, в то время как при распаде 1 ммоль ^{226}U выделяется 744 000 кДж тепла. Этого количества энергии хватит на нагрев 2210 тонн воды.

Ответ

1. 7,7
2. 2210

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

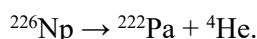
10-7-4

При радиоактивном распаде ядра нептуния-226 ($m = 226,035231$ а.е.м.) образуется ядро протактиния-222 ($m = 222,023699$ а.е.м.) и ядро атома гелия ($m = 4,002603$ а.е.м.). Известно, что $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

1. Рассчитайте энергию радиоактивного распада. Ответ выразите в МэВ с точностью до десятых. Единицы измерения указывать не нужно. $1 \text{ МэВ} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$.
2. Какую массу воды можно нагреть на 80°C с помощью энергии распада $1 \text{ ммоль } ^{226}\text{Np}$. Считайте, что энергия распада полностью превращается в теплоту. Удельная теплоёмкость воды равна $4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$. Ответ выразите в тоннах с точностью до десятков.

Решение

Уравнение радиоактивного распада ^{226}Np может быть записано в виде:



Для расчёта энергии распада воспользуемся формулой Эйнштейна:

$$\Delta m = 226,035231 \text{ а.е.м.} - 222,023699 \text{ а.е.м.} - 4,002603 \text{ а.е.м.} = 0,008929 \text{ а.е.м.} = 1,4822 \cdot 10^{-29} \text{ кг},$$

$$E_{\text{расп}} = 1,4822 \cdot 10^{-29} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 1,334 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \approx 8,3 \text{ МэВ}.$$

Вычислим энергию, выделяющуюся при распаде $1 \text{ ммоль } ^{226}\text{Np}$:

$$E = E_{\text{расп}} \cdot N_{\text{расп}} = 1,334 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 8,03 \cdot 10^8 \text{ Дж}.$$

Для нагрева 1 кг воды на 80°C требуется 336 кДж тепла, в то время как при распаде $1 \text{ ммоль } ^{226}\text{Np}$ выделяется $803\,000 \text{ кДж}$ тепла. Этого количества энергии хватит на нагрев 2390 тонн воды.

Ответ

1. 8,3
2. 2390

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-8-1

При сгорании органического вещества **A** массой $3,10 \text{ г}$ образовалось $2,70 \text{ г}$ воды и $7,60 \text{ г}$ бесцветной газовой смеси (при н.у.), которая полностью поглощается избытком раствора гидроксида кальция с образованием $16,00 \text{ г}$ белого осадка, растворимого в соляной кислоте. При этом в растворе осталось лишь гидроксид кальция.

1. Установите состав органического соединения **A**. В ответе укажите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Определите число изомеров вещества **A**, соответствующих условию задачи.

Решение

При сгорании органических веществ, содержащих различные гетероатомы, могут образовываться следующие газообразные (при н.у.) соединения: CO_2 , SO_2 , N_2 , HCl , HBr . Из них полностью способны поглощаться гидроксидом кальция с образованием белого осадка лишь CO_2 и SO_2 . Пусть исходная

газовая смесь содержала x моль CO_2 и y моль SO_2 , тогда осадок представляет собой смесь x моль CaCO_3 и y моль CaSO_3 . На основе этих данных определим значения x и y :

$$\begin{cases} 44x + 64y = 7,60 \\ 100x + 120y = 16,00 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,10 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

Рассчитаем количество вещества атомов водорода в исходном соединении:

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 2 \frac{2,70 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,30 \text{ моль.}$$

Общая масса 0,10 моль атомов углерода, 0,05 моль атомов серы и 0,30 моль атомов водорода равна 3,10 г, что соответствует массе вещества **A**. Это означает, что оно состоит лишь из атомов трёх элементов — углерода, серы и водорода — и обладает простейшей формулой $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$. Молярная масса данного соединения равна 62 г/моль. Общее число изомеров, соответствующих данной брутто-формуле равно 2: этантиол $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ и диметилсульфид $(\text{CH}_3)_2\text{S}$.

Ответ

1. 62
2. 2

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-8-2

При сгорании органического вещества **A** массой 3,10 г образовалось 2,70 г воды и 7,60 г бесцветной газовой смеси (при н.у.), которая полностью поглощается избытком раствора гидроксида бария с образованием 30,55 г белого осадка, растворимого в соляной кислоте. При этом в растворе осталось лишь гидроксид бария.

1. Установите состав органического соединения **A**. В ответе укажите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Определите число изомеров вещества **A**, соответствующих условию задачи.

Решение

При сгорании органических веществ, содержащих различные гетероатомы, могут образовываться следующие газообразные (при н.у.) соединения: CO_2 , SO_2 , N_2 , HCl , HBr . Из них полностью способны поглощаться гидроксидом бария с образованием белого осадка лишь CO_2 и SO_2 . Пусть исходная газовая смесь содержала x моль CO_2 и y моль SO_2 , тогда осадок представляет собой смесь x моль BaCO_3 и y моль BaSO_3 . На основе этих данных определим значения x и y :

$$\begin{cases} 44x + 64y = 7,60 \\ 197x + 217y = 30,55 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,10 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

Рассчитаем количество вещества атомов водорода в исходном соединении:

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 2 \frac{2,70 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,30 \text{ моль.}$$

Общая масса 0,10 моль атомов углерода, 0,05 моль атомов серы и 0,30 моль атомов водорода равна 3,10 г, что соответствует массе вещества **A**. Это означает, что оно состоит лишь из атомов трёх элементов — углерода, серы и водорода — и обладает простейшей формулой $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$. Молярная масса

данного соединения равна 62 г/моль. Общее число изомеров, соответствующих данной брутто-формуле равно 2: этантиол C_2H_5SH и диметилсульфид $(CH_3)_2S$.

Ответ

1. 62
2. 2

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-8-3

При сгорании органического вещества А массой 3,80 г образовалось 3,60 г воды и 9,80 г бесцветной газовой смеси (при н.у.), которая полностью поглощается избытком раствора гидроксида бария с образованием 40,40 г белого осадка, растворимого в соляной кислоте. При этом в растворе осталось лишь гидроксид бария.

1. Установите состав органического соединения А. В ответе укажите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Определите число изомеров вещества А, соответствующих условию задачи.

Решение

При сгорании органических веществ, содержащих различные гетероатомы, могут образовываться следующие газообразные (при н.у.) соединения: CO_2 , SO_2 , N_2 , HCl , HBr . Из них полностью способны поглощаться гидроксидом бария с образованием белого осадка лишь CO_2 и SO_2 . Пусть исходная газовая смесь содержала x моль CO_2 и y моль SO_2 , тогда осадок представляет собой смесь x моль $BaCO_3$ и y моль $BaSO_3$. На основе этих данных определим значения x и y :

$$\begin{cases} 44x + 64y = 9,80 \\ 197x + 217y = 40,40 \end{cases}$$
$$\begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

Рассчитаем количество вещества атомов водорода в исходном соединении:

$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = 2 \frac{2,70 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,40 \text{ моль.}$$

Общая масса 0,15 моль атомов углерода, 0,05 моль атомов серы и 0,40 моль атомов водорода равна 3,80 г, что соответствует массе вещества А. Это означает, что оно состоит лишь из атомов трёх элементов — углерода, серы и водорода — и обладает простейшей формулой C_3H_8S . Молярная масса данного соединения равна 76 г/моль. Общее число изомеров, соответствующих данной брутто-формуле равно 3: пропантиол-1 C_3H_7SH , пропантиол-2 $(CH_3)_2CHSH$ и метилэтилсульфид $CH_3SCH_2CH_3$.

Ответ

1. 76
2. 3

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

10-8-4

При сгорании органического вещества А массой 3,80 г образовалось 3,60 г воды и 9,80 г бесцветной газовой смеси (при н.у.), которая полностью поглощается избытком раствора гидроксида кальция с образованием 21,00 г белого осадка, растворимого в соляной кислоте. При этом в растворе осталось лишь гидроксид кальция.

1. Установите состав органического соединения **A**. В ответе укажите его молярную массу в г/моль с точностью до целых. Единицы измерения указывать не нужно.
2. Определите число изомеров вещества **A**, соответствующих условию задачи.

Решение

При сгорании органических веществ, содержащих различные гетероатомы, могут образовываться следующие газообразные (при н.у.) соединения: CO_2 , SO_2 , N_2 , HCl , HBr . Из них полностью способны поглощаться гидроксидом кальция с образованием белого осадка лишь CO_2 и SO_2 . Пусть исходная газовая смесь содержала x моль CO_2 и y моль SO_2 , тогда осадок представляет собой смесь x моль CaCO_3 и y моль CaSO_3 . На основе этих данных определим значения x и y :

$$\begin{cases} 44x + 64y = 9,80 \\ 100x + 120y = 21,00 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

Рассчитаем количество вещества атомов водорода в исходном соединении:

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 2 \frac{2,70 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,40 \text{ моль.}$$

Общая масса 0,15 моль атомов углерода, 0,05 моль атомов серы и 0,40 моль атомов водорода равна 3,80 г, что соответствует массе вещества **A**. Это означает, что оно состоит лишь из атомов трёх элементов — углерода, серы и водорода — и обладает простейшей формулой $\text{C}_3\text{H}_8\text{S}$. Молярная масса данного соединения равна 76 г/моль. Общее число изомеров, соответствующих данной брутто-формуле равно 3: пропантиол-1 $\text{C}_3\text{H}_7\text{SH}$, пропантиол-2 $(\text{CH}_3)_2\text{CHSH}$ и метилэтилсульфид $\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_3$.

Ответ

1. 76
2. 3

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов

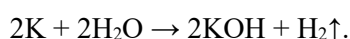
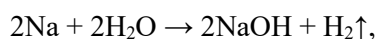
10-9-1

6,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 15 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончании всех реакций выделилось 2,24 л газа (н.у.).

1. Рассчитайте мольную долю натрия в смеси с калием. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.
2. Определите массовую долю воды в конечном растворе. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.

Решение

Процессы растворения натрия и калия в воде описываются следующими уравнениями реакций:



Пусть количество вещества натрия в смеси составляет x моль, а количество вещества калия — y моль. Тогда количество вещества водорода, выделяющееся в ходе реакций, составляет $0,5 \cdot (x+y)$ моль. Общая масса смеси щелочных металлов равна $(23x + 39y)$ г. Составим систему из двух уравнений и найдём значения x и y :

$$\begin{cases} 0,5 \cdot (x + y) \text{ моль} = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}}; \\ (23x + 39y) \text{ г} = 6,00 \text{ г} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,20 \\ 23x + 39y = 6,00 \end{cases};$$

$$\begin{cases} x = 0,1125 \\ y = 0,0875 \end{cases}$$

Рассчитаем мольную долю натрия в смеси с калием:

$$\chi(\text{Na}) = \frac{n(\text{Na})}{n(\text{Na}) + n(\text{K})} = \frac{0,1125 \text{ моль}}{0,20 \text{ моль}} = 0,5625 \text{ (56,25\%)}.$$

Вычислим массу воды в конечном растворе:

$$m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{изн}}(\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{реак}}(\text{H}_2\text{O}) = 250,0 \text{ г} \cdot (1 - 0,15) - 0,20 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 208,9 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, масс добавленного к нему натрия и калия и за вычетом массы выделяющегося водорода:

$$m_{\text{кон р-ра}} = m_{\text{изн р-ра}} + m_{\text{смеси}} - m(\text{H}_2) = 250,0 \text{ г} + 6,0 \text{ г} - \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 255,8 \text{ г}.$$

Рассчитаем массовую долю воды в конечном растворе:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O})}{m_{\text{кон р-ра}}} = \frac{208,9 \text{ г}}{255,8 \text{ г}} = 0,8167 \text{ (81,67\%)}.$$

Ответ

1. 56
2. 82

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

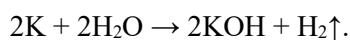
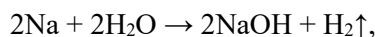
10-9-2

12,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 20 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончании всех реакций выделилось 4,48 л газа (н.у.).

1. Рассчитайте мольную долю натрия в смеси с калием. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.
2. Определите массовую долю воды в конечном растворе. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.

Решение

Процессы растворения натрия и калия в воде описываются следующими уравнениями реакций:



Пусть количество вещества натрия в смеси составляет x моль, а количество вещества калия — y моль. Тогда количество вещества водорода, выделяющееся в ходе реакций, составляет $0,5 \cdot (x + y)$ моль. Общая масса смеси щелочных металлов равна $(23x + 39y)$ г. Составим систему из двух уравнений и найдём значения x и y :

$$\begin{cases} 0,5 \cdot (x + y) \text{ моль} = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}}; \\ (23x + 39y) \text{ г} = 12,00 \text{ г} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,40 \\ 23x + 39y = 12,00 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,2250 \\ y = 0,1750 \end{cases}$$

Рассчитаем мольную долю натрия в смеси с калием:

$$\chi(\text{Na}) = \frac{n(\text{Na})}{n(\text{Na}) + n(\text{K})} = \frac{0,2250 \text{ моль}}{0,40 \text{ моль}} = 0,5625 \text{ (56,25\%)}.$$

Вычислим массу воды в конечном растворе:

$$m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{изн}}(\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{реаг}}(\text{H}_2\text{O}) = 250,0 \text{ г} \cdot (1 - 0,20) - 0,40 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 192,8 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, масс добавленного к нему натрия и калия и за вычетом массы выделяющегося водорода:

$$m_{\text{кон р-ра}} = m_{\text{изн р-ра}} + m_{\text{смеси}} - m(\text{H}_2) = 250,0 \text{ г} + 12,0 \text{ г} - \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 261,6 \text{ г}.$$

Рассчитаем массовую долю воды в конечном растворе:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O})}{m_{\text{кон р-ра}}} = \frac{192,8 \text{ г}}{261,6 \text{ г}} = 0,7370 \text{ (73,70\%)}.$$

Ответ

1. 56
2. 74

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

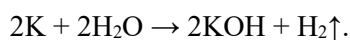
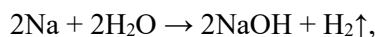
10-9-3

6,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 10 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончании всех реакций выделилось 2,80 л газа (н.у.).

1. Рассчитайте мольную долю натрия в смеси с калием. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.
2. Определите массовую долю воды в конечном растворе. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.

Решение

Процессы растворения натрия и калия в воде описываются следующими уравнениями реакций:



Пусть количество вещества натрия в смеси составляет x моль, а количество вещества калия — y моль. Тогда количество вещества водорода, выделяющееся в ходе реакций, составляет $0,5 \cdot (x + y)$ моль. Общая масса смеси щелочных металлов равна $(23x + 39y)$ г. Составим систему из двух уравнений и найдём значения x и y :

$$\begin{cases} 0,5 \cdot (x + y) \text{ моль} = \frac{2,80 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}}; \\ (23x + 39y) \text{ г} = 6,00 \text{ г} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,25 \\ 23x + 39y = 6,00 \end{cases};$$

$$\begin{cases} x = 0,2344 \\ y = 0,0156 \end{cases}$$

Рассчитаем мольную долю натрия в смеси с калием:

$$\chi(\text{Na}) = \frac{n(\text{Na})}{n(\text{Na}) + n(\text{K})} = \frac{0,2344 \text{ моль}}{0,25 \text{ моль}} = 0,9376 \text{ (93,76\%)}$$

Вычислим массу воды в конечном растворе:

$$m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{изн}}(\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{реаг}}(\text{H}_2\text{O}) = 250,0 \text{ г} \cdot (1 - 0,10) - 0,25 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 220,5 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, масс добавленного к нему натрия и калия и за вычетом массы выделяющегося водорода:

$$m_{\text{кон р-ра}} = m_{\text{изн р-ра}} + m_{\text{смеси}} - m(\text{H}_2) = 250,0 \text{ г} + 6,0 \text{ г} - \frac{2,80 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 255,75 \text{ г}.$$

Рассчитаем массовую долю воды в конечном растворе:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O})}{m_{\text{кон р-ра}}} = \frac{220,5 \text{ г}}{255,75 \text{ г}} = 0,8622 \text{ (86,22\%)}$$

Ответ

1. 94
2. 86

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

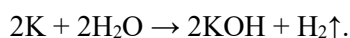
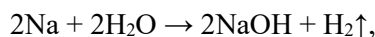
10-9-4

12,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 25 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончании всех реакций выделилось 5,60 л газа (н.у.).

1. Рассчитайте мольную долю натрия в смеси с калием. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.
2. Определите массовую долю воды в конечном растворе. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.

Решение

Процессы растворения натрия и калия в воде описываются следующими уравнениями реакций:



Пусть количество вещества натрия в смеси составляет x моль, а количество вещества калия — y моль. Тогда количество вещества водорода, выделяющееся в ходе реакций, составляет $0,5 \cdot (x + y)$ моль. Общая масса смеси щелочных металлов равна $(23x + 39y)$ г. Составим систему из двух уравнений и найдём значения x и y :

$$\begin{cases} 0,5 \cdot (x + y) \text{ моль} = \frac{5,60 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}}; \\ (23x + 39y) \text{ г} = 12,00 \text{ г} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,50 \\ 23x + 39y = 12,00 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,46875 \\ y = 0,03125 \end{cases}$$

Рассчитаем мольную долю натрия в смеси с калием:

$$\chi(\text{Na}) = \frac{n(\text{Na})}{n(\text{Na}) + n(\text{K})} = \frac{0,46875 \text{ моль}}{0,50 \text{ моль}} = 0,9375 \text{ (93,75\%)}$$

Вычислим массу воды в конечном растворе:

$$m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{изн}}(\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{реак}}(\text{H}_2\text{O}) = 250,0 \text{ г} \cdot (1 - 0,25) - 0,50 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 178,5 \text{ г}$$

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, масс добавленного к нему натрия и калия и за вычетом массы выделяющегося водорода:

$$m_{\text{кон р-ра}} = m_{\text{изн р-ра}} + m_{\text{смеси}} - m(\text{H}_2) = 250,0 \text{ г} + 12,0 \text{ г} - \frac{5,60 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 261,5 \text{ г}$$

Рассчитаем массовую долю воды в конечном растворе:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{кон}}(\text{H}_2\text{O})}{m_{\text{кон р-ра}}} = \frac{178,5 \text{ г}}{261,5 \text{ г}} = 0,6826 \text{ (68,26\%)}$$

Ответ

1. 94
2. 68

Оценивание: по 5 баллов за каждый верный ответ, максимум 10 баллов.

10-10-1

Плотность вещества, кристаллизующегося в структурном типе галита (NaCl) может быть рассчитана по формуле:

$$\rho = \frac{M}{1,2044 \cdot d^3},$$

где M — молярная масса вещества (г/моль), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (\AA), а ρ — плотность вещества (г/см^3). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 7,74 \text{ г/см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 5,14 \text{ \AA}$. При его обработке избытком воды образуется раствор со щелочной реакцией среды, при кипячении которого выделяется бесцветный газ **Y**.

1. Установите размерность константы 1,2044. В ответе укажите сумму степеней, в которые возводятся все единицы длины в размерности данной константы.
2. Определите вещество **X**. В ответе укажите его химическую формулу, например, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$.
3. Установите формулу соединения **Y**. В ответе укажите число протонов в пяти молекулах этого вещества.

Возможное решение

Из представленной в условии задачи формулы, связывающей плотность вещества с его молярной массой и кратчайшим расстоянием между катионом и анионом в решётке, выразим молярную массу вещества:

$$M = 1,2044\rho d^3.$$

Кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке галита равно половине длины ребра, то есть $2,57\text{Å}$.

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на г/см^3 и Å^3 получается г/моль . Это возможно при размерности $\text{см}^3/(\text{моль}\cdot\text{Å}^3)$. Сумма степеней, в которые возводятся единицы длины в данной размерности, равна 6.

Рассчитаем молярную массу, используя значения ρ и d :

$$M = 1,2044\rho d^3 = 1,2044 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}\cdot\text{Å}^3} \cdot 7,74 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (2,57\text{Å})^3 = 158,24 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Бесцветный газ **Y**, придающий раствору щелочную реакцию среды, — это аммиак, который образуется при гидролизе нитридов. Молекула аммиака содержит 10 протонов, следовательно, их количество в 5 молекулах равно 50. Поскольку вещество **X** кристаллизуется в структурном типе галита, оно имеет формулу MN , где M — металл. Его молярной массе, равной $144,24\text{ г/моль}$ соответствует неодим.

Ответ

1. 6
2. NdN
3. 50

Оценивание: 3 балла за ответ на вопрос 1, 4 балла за ответ на вопрос 2, 3 балла за ответ на вопрос 2, максимум 10 баллов

10-10-2

Плотность вещества, кристаллизующегося в структурном типе галита (NaCl) может быть рассчитана по формуле:

$$\rho = \frac{M}{1,2044 \cdot d^3},$$

где M — молярная масса вещества (г/моль), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (Å), а ρ — плотность вещества (г/см^3). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 7,46\text{ г/см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 5,168\text{ Å}$. При его обработке избытком воды образуется раствор со щелочной реакцией среды, при кипячении которого выделяется бесцветный газ **Y**.

1. Установите размерность константы 1,2044. В ответе укажите сумму степеней, в которые возводятся все единицы длины в размерности данной константы.
2. Определите вещество **X**. В ответе укажите его химическую формулу, например, $\text{CaSO}_4\cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$.
3. Установите формулу соединения **Y**. В ответе укажите число протонов в семи молекулах этого вещества.

Возможное решение

Из представленной в условии задачи формулы, связывающей плотность вещества с его молярной массой и кратчайшим расстоянием между катионом и анионом в решётке, выразим молярную массу вещества:

$$M = 1,2044\rho d^3.$$

Кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке галита равно половине длины ребра, то есть 2,584 Å.

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на г/см³ и Å³ получается г/моль. Это возможно при размерности см³/(моль·Å³). Сумма степеней, в которые возводятся единицы длины в данной размерности, равна 6.

Рассчитаем молярную массу, используя значения ρ и d :

$$M = 1,2044\rho d^3 = 1,2044 \frac{\text{см}^3}{\text{моль} \cdot \text{Å}^3} \cdot 7,46 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (2,584 \text{ Å})^3 = 155,02 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Бесцветный газ **Y**, придающий раствору щелочную реакцию среды, — это аммиак, который образуется при гидролизе нитридов. Молекула аммиака содержит 10 протонов, следовательно, их количество в 7 молекулах равно 70. Поскольку вещество **X** кристаллизуется в структурном типе галита, оно имеет формулу MN, где **M** — металл. Его молярной массе, равной 141,02 г/моль соответствует празеодим.

Ответ

1. 6
2. PrN
3. 70

Оценивание: 3 балла за ответ на вопрос 1, 4 балла за ответ на вопрос 2, 3 балла за ответ на вопрос 2, максимум 10 баллов

10-10-3

Плотность вещества, кристаллизующегося в структурном типе галита (NaCl) может быть рассчитана по формуле:

$$\rho = \frac{M}{1,2044 \cdot d^3},$$

где M — молярная масса вещества (г/моль), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (Å), а ρ — плотность вещества (г/см³). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 9,93$ г/см³ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 4,906$ Å. При его обработке избытком воды образуется раствор со щелочной реакцией среды, при кипячении которого выделяется бесцветный газ **Y**.

1. Установите размерность константы 1,2044. В ответе укажите сумму степеней, в которые возводятся все единицы длины в размерности данной константы.
2. Определите вещество **X**. В ответе укажите его химическую формулу, например, CaSO₄·0,5H₂O или Ba(BrO₃)₂.
3. Установите формулу соединения **Y**. В ответе укажите число протонов в девяти молекулах этого вещества.

Возможное решение

Из представленной в условии задачи формулы, связывающей плотность вещества с его молярной массой и кратчайшим расстоянием между катионом и анионом в решётке, выразим молярную массу вещества:

$$M = 1,2044\rho d^3.$$

Кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке галита равно половине длины ребра, то есть $2,453\text{Å}$.

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на г/см^3 и Å^3 получается г/моль . Это возможно при размерности $\text{см}^3/(\text{моль}\cdot\text{Å}^3)$. Сумма степеней, в которые возводятся единицы длины в данной размерности, равна 6.

Рассчитаем молярную массу, используя значения ρ и d :

$$M = 1,2044\rho d^3 = 1,2044 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}\cdot\text{Å}^3} \cdot 9,93 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (2,453\text{Å})^3 = 176,53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Бесцветный газ **Y**, придающий раствору щелочную реакцию среды, — это аммиак, который образуется при гидролизе нитридов. Молекула аммиака содержит 10 протонов, следовательно, их количество в 9 молекулах равно 90. Поскольку вещество **X** кристаллизуется в структурном типе галита, оно имеет формулу MN , где M — металл. Его молярной массе, равной $162,53\text{ г/моль}$ соответствует диспрозий.

Ответ

1. 6
2. DyN
3. 90

Оценивание: 3 балла за ответ на вопрос 1, 4 балла за ответ на вопрос 2, 3 балла за ответ на вопрос 2, максимум 10 баллов

10-10-4

Плотность вещества, кристаллизующегося в структурном типе галита (NaCl) может быть рассчитана по формуле:

$$\rho = \frac{M}{1,2044 \cdot d^3},$$

где M — молярная масса вещества (г/моль), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (Å), а ρ — плотность вещества (г/см^3). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 6,57\text{ г/см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 5,516\text{ Å}$. При его обработке избытком воды образуется раствор со щелочной реакцией среды, при кипячении которого выделяется бесцветный газ **Y**.

1. Установите размерность константы 1,2044. В ответе укажите сумму степеней, в которые возводятся все единицы длины в размерности данной константы.
2. Определите вещество **X**. В ответе укажите его химическую формулу, например, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$.
3. Установите формулу соединения **Y**. В ответе укажите число протонов в одиннадцати молекулах этого вещества.

Возможное решение

Из представленной в условии задачи формулы, связывающей плотность вещества с его молярной массой и кратчайшим расстоянием между катионом и анионом в решётке, выразим молярную массу вещества:

$$M = 1,2044\rho d^3.$$

Кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке галита равно половине длины ребра, то есть $2,758\text{\AA}$.

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на г/см^3 и \AA^3 получается г/моль . Это возможно при размерности $\text{см}^3/(\text{моль}\cdot\text{\AA}^3)$. Сумма степеней, в которые возводятся единицы длины в данной размерности, равна 6.

Рассчитаем молярную массу, используя значения ρ и d :

$$M = 1,2044\rho d^3 = 1,2044 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}\cdot\text{\AA}^3} \cdot 6,57 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (2,758 \text{\AA})^3 = 166,00 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Бесцветный газ **Y**, придающий раствору щелочную реакцию среды, — это аммиак, который образуется при гидролизе нитридов. Молекула аммиака содержит 10 протонов, следовательно, их количество в 11 молекулах равно 110. Поскольку вещество **X** кристаллизуется в структурном типе галита, оно имеет формулу MN , где M — металл. Его молярной массе, равной $152,00 \text{ г/моль}$ соответствует европий.

Ответ

1. 6
2. EuN
3. 110

Оценивание: 3 балла за ответ на вопрос 1, 4 балла за ответ на вопрос 2, 3 балла за ответ на вопрос 2, максимум 10 баллов