

LXXXII Московская олимпиада школьников по химии

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

Ba(NO₃)₂, N₂O₅, SrH₂, 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 $Ba(OH)_2$. $Ca_3(PO_4)_2$ 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. Оксахлорид 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. Оксахлорид 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 HClO_4 , поэтому не гидролизуется в водных растворах.

Нитрат меди(II) образован слабым основанием $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и сильной кислотой HNO_3 , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону.

Сульфид натрия образован сильным основанием NaOH и слабой кислотой H_2S , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по аниону.

Карбонат аммония образован слабым основанием $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и слабой кислотой H_2CO_3 , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону и аниону.

Ответ

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
Li_3N	Полный необратимый гидролиз
LiClO_4	Гидролиз не протекает
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Обратимый гидролиз по катиону
Na_2S	Обратимый гидролиз по аниону
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	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
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	Обратимый гидролиз по катиону
Mg_3N_2	Обратимый гидролиз по аниону
Na_2CO_3	Обратимый гидролиз по катиону и аниону
$(\text{NH}_4)_2\text{S}$	Полный необратимый гидролиз

Решение

Пербромат натрия образован сильным основанием NaOH и сильной кислотой HBrO_4 , поэтому не гидролизуется в водных растворах.

Нитрат алюминия(III) образован слабым основанием $\text{Al}(\text{OH})_3$ и сильной кислотой HNO_3 , 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 H_2CO_3 , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по аниону.

Сульфид аммония образован слабым основанием $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и слабой кислотой H_2S , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется по катиону и аниону.

Ответ

Вещество	Тип гидролиза в водном растворе
NaBrO_4	Гидролиз не протекает
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	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 гидролизуется по катиону.

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

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

Фторид аммония образован слабым основанием $NH_3 \cdot H_2O$ и слабой кислотой NF , поэтому в водных растворах обратимо гидролизуется 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 алканов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алекна 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 алканов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алекна 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 алkenов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алkena 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 алkenов циклического строения описывается общей формулой C_nH_{2n-2} . Окисление любого алkena 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. циклооктен 110
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 $K_s(Pb_3(PO_4)_2) = 7,9 \cdot 10^{-43}$. 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:

$$K_s(Pb_3(PO_4)_2) = [Pb^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2 = (3S)^3(2S)^2 = 108S^5,$$

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

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

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:

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

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

- 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 $X,XX \cdot 10^{(-X)}$.
- 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 :

$$\begin{aligned} K_s(\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2) &= [\text{Co}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3S)^3(2S)^2 = 108S^5, \\ 108S^5 &= 2,0 \cdot 10^{-35}, \\ S &= 4,50 \cdot 10^{-8}. \end{aligned}$$

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

- $4,50 \cdot 10^{-8}$
- 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:

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

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

- 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 $X,XX \cdot 10^{(-X)}$.
- 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
$\text{C}_3\text{H}_8, \text{Br}_2(\text{h}\nu)$	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 бромида железа(III), являющегося кислотой Льюиса, представляет собой реакцию замещения. Реакционноспособной частицей в ней является электрофил Br^+ , генерируемый из брома и бромида 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 этана с реагентом 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
$\text{C}_3\text{H}_8, \text{Br}_2(\text{h}\nu)$	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 ₂ H ₄ , HBr	Радикальное замещение
C ₆ H ₆ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄	Радикальное присоединение
C ₆ H ₆ , Cl ₂ (hv)	Электрофильное замещение
CH ₃ CHO, C ₂ H ₅ MgBr	Электрофильное присоединение
C ₄ H 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 NO₂⁺, генерируемый из азотной кислоты под действием серной.

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

Взаимодействие этаналя с реагентом Гриньяра представляет собой реакцию присоединения нуклеофильной частицы C₂H₅⁻ 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 ₂ H ₄ , HBr	Электрофильное присоединение
C ₆ H ₆ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄	Электрофильное замещение
C ₆ H ₆ , Cl ₂ (hv)	Радикальное присоединение
CH ₃ CHO, C ₂ H ₅ MgBr	Нуклеофильное присоединение
C ₄ H 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 ₃ H ₆ , H ₂ O, H ₂ SO ₄	Радикальное замещение
C ₇ H ₈ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄	Радикальное присоединение
C ₂ H ₄ , HBr, H ₂ O ₂	Электрофильное замещение
C ₂ H ₅ CHO, CH ₃ MgBr	Электрофильное присоединение
C ₂ H ₅ Cl, NaOH, H ₂ O	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 реагентом 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
$\text{C}_3\text{H}_6, \text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{SO}_4$	Электрофильное присоединение
$\text{C}_7\text{H}_8, \text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$	Электрофильное замещение
$\text{C}_2\text{H}_4, \text{HBr}, \text{H}_2\text{O}_2$	Радикальное присоединение
$\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}, \text{CH}_3\text{MgBr}$	Нуклеофильное присоединение
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}, \text{NaOH}, \text{H}_2\text{O}$	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
$\text{C}_2\text{H}_4, \text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{SO}_4$	Радикальное замещение
$\text{C}_6\text{H}_6, \text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$	Радикальное присоединение
$\text{C}_6\text{H}_6, \text{Cl}_2 (\text{hv})$	Электрофильное присоединение
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}, \text{NaOH}, \text{H}_2\text{O}$	Электрофильное присоединение
$\text{CH}_4, \text{Br}_2 (\text{hv})$	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 ₂ H ₄ , H ₂ O, H ₂ SO ₄	Электрофильное присоединение
C ₆ H ₆ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄	Электрофильное замещение
C ₆ H ₆ , Cl ₂ (hv)	Радикальное присоединение
C ₂ H ₅ Cl, NaOH, H ₂ O	Нуклеофильное замещение
CH ₄ , Br ₂ (hv)	Радикальное замещение

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

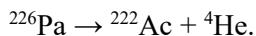
10-7-1

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 МэВ = $1,602 \cdot 10^{-13}$ Дж.
2. Какую массу воды можно нагреть на 80°C с помощью энергии распада 1 ммоль ^{226}Ra . Считайте, что энергия распада полностью превращается в теплоту. Удельная теплоёмкость воды равна 4,2 кДж/(кг·°C). Ответ выразите в тоннах с точностью до десятков.

Решение

Уравнение радиоактивного распада ^{226}Ra 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}Ra :

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

Для нагрева 1 кг воды на 80°C требуется 336 кДж тепла, в то время как при распаде 1 ммоль ^{226}Ra выделяется 675 000 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

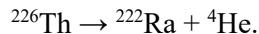
10-7-2

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 МэВ = $1,602 \cdot 10^{-13}$ 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 кДж/(кг·°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

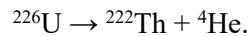
10-7-3

При радиоактивном распаде ядра урана-226 ($m = 226,029339$ а.е.м.) образуется ядро тория-222 ($m = 222,018468$ 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 МэВ = $1,602 \cdot 10^{-13}$ 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 кДж/(кг· $^\circ\text{C}$). 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

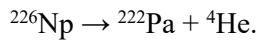
10-7-4

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 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 МэВ = $1,602 \cdot 10^{-13}$ Дж.
2. Какую массу воды можно нагреть на 80°C с помощью энергии распада 1 ммоль ^{226}Np . 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}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 ммоль ^{226}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 ммоль ^{226}Np выделяется 803 000 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 г образовалось 2,70 г воды и 7,60 г бесцветной газовой смеси (при н.у.), которая полностью поглощается избытком раствора гидроксида кальция с образованием 16,00 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 :

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

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

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 бруттоформуле 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 бруттоформуле 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 **A** 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 **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 :

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

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 **A**. 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 бруттоформуле 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 **A** 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.

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

Решение

При сгорании органических веществ, содержащих различные гетероатомы, могут образовываться следующие газообразные (при н.у.) соединения: CO₂, SO₂, N₂, HCl, HBr. Из них полностью способны поглощаться гидроксидом кальция с образованием белого осадка лишь CO₂ и SO₂. Пусть исходная газовая смесь содержала x моль CO₂ и y моль SO₂, тогда осадок представляет собой смесь x моль CaCO₃ и y моль CaSO₃. 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:

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

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 C₃H₈S. Молярная масса данного соединения равна 76 г/моль. Общее число изомеров, соответствующих данной бруттоформуле равно 3: пропантиол-1 C₃H₇SH, пропантиол-2 (CH₃)₂CHSH и метилэтилсульфид CH₃SCH₂CH₃.

Ответ

- 76
- 3

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

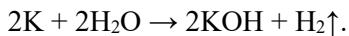
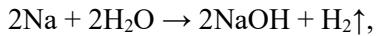
10-9-1

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

- Рассчитайте мольную долю натрия в смеси с калием. Ответ выразите в процентах с точностью до целых, знак % указывать не нужно.
- 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(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:

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

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, массы 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.

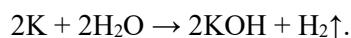
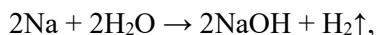
10-9-2

12,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 20 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончанию 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:

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

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, массы 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.

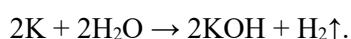
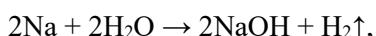
10-9-3

6,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 10 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончанию 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:

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

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, массы 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.

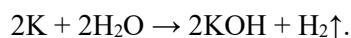
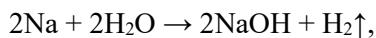
10-9-4

12,00 г смеси натрия с калием поместили в 250,0 г 25 %-ного раствора гидроксида натрия. По окончанию 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:

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

Масса конечного раствора можно рассчитать, как сумму массы изначального раствора, массы 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 (Å), а ρ — плотность вещества (г/см³). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 7,74 \text{ г/см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 5,14 \text{ Å}$. 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, CaSO4*0,5H2O или Ba(BrO3)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 $2,57\text{\AA}$.

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на $\text{г}/\text{см}^3$ и \AA^3 получается $\text{г}/\text{моль}$. 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 :

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

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 $\text{г}/\text{моль}$ 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 3, 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 ($\text{г}/\text{моль}$), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (\AA), а ρ — плотность вещества ($\text{г}/\text{см}^3$). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 7,46 \text{ г}/\text{см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 5,168 \text{\AA}$. 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 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, выражим молярную массу вещества:

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

Кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке галита равно половине длины ребра, то есть $2,584\text{\AA}$.

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на $\text{г}/\text{см}^3$ и \AA^3 получается $\text{г}/\text{моль}$. 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 :

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

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 $\text{г}/\text{моль}$ 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 ($\text{г}/\text{моль}$), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (\AA), а ρ — плотность вещества ($\text{г}/\text{см}^3$). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 9,93 \text{ г}/\text{см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 4,906 \text{\AA}$. 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 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, выражим молярную массу вещества:

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

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

Размерность константы 1,2044 можно определить из того, что при умножении её на $\text{г}/\text{см}^3$ и \AA^3 получается $\text{г}/\text{моль}$. 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 :

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

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 $\text{г}/\text{моль}$ 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 ($\text{г}/\text{моль}$), d — кратчайшее расстояние между катионом и анионом в решётке (\AA), а ρ — плотность вещества ($\text{г}/\text{см}^3$). Вещество **X**, обладающее плотностью $\rho = 6,57 \text{ г}/\text{см}^3$ кристаллизуется в элементарной ячейке типа NaCl со стороной $a = 5,516 \text{\AA}$. 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 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, выражим 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 $\text{г}/\text{см}^3$ и \AA^3 получается $\text{г}/\text{моль}$. 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 $\text{г}/\text{моль}$ 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 3, максимум 10 баллов