

Отборочный этап

8 класс

Задача 1 (25 баллов)

Вариант 1.

В периодической системе элементов атомная масса многих элементов не является целым числом вследствие наличия различных изотопов, а также из-за дефекта массы. Определите массовую долю молекул NO_2 , состоящих только из изотопов ^{15}N и ^{18}O . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 % ^{14}N и 1,36% ^{15}N . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 % ^{16}O , 0,04 % ^{17}O и 0,20 % ^{18}O . Средние атомные массы азота и кислорода примите равным 14 и 16.

Решение:

Возьмем 1 моль молекул NO_2

Масса NO_2 составляет $m(\text{NO}_2) = 1 \text{ моль} \cdot (14 + 16 \cdot 2) \text{ г/моль} = 46 \text{ г}$

Мольная доля молекул $^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2$ составляет $x(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) = 0,0136 \cdot 0,002 \cdot 0,002 = 5,44 \cdot 10^{-8}$

Количество вещества $^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2$ составляет $\nu(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) = x(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) \cdot \nu(\text{NO}_2) = 5,44 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \text{ моль} = 5,44 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$

Масса $^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2$ составляет $m(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) = \nu(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) \cdot \mu(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) = 5,44 \cdot 10^{-8} \text{ моль} \cdot (15 + 18 \cdot 2) \text{ г/моль} = 2,77 \cdot 10^{-8} \text{ г}$

Массовая доля $^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2$ составляет $\omega(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) = m(^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2) / m(\text{NO}_2) \cdot 100\% = 2,77 \cdot 10^{-8} \text{ г} / 46 \text{ г} \cdot 100\% = 6,03 \cdot 10^{-6} \%$

Вариант 2.

В периодической системе элементов атомная масса многих элементов не является целым числом вследствие наличия различных изотопов, а также из-за дефекта массы. Определите массовую долю молекул N_2O_3 , состоящих только из изотопов ^{15}N и ^{18}O . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 % ^{14}N и 1,36% ^{15}N . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 % ^{16}O , 0,04 % ^{17}O и 0,20 % ^{18}O . Средние атомные массы азота и кислорода примите равным 14 и 16.

Ответ: Массовая доля $^{15}\text{N}_2^{18}\text{O}_3$ составляет $\omega(^{15}\text{N}_2^{18}\text{O}_3) = 1,64 \cdot 10^{-10} \%$

Вариант 3.

В периодической системе элементов атомная масса многих элементов не является целым числом вследствие наличия различных изотопов, а также из-за дефекта массы. Определите массовую долю молекул N_2O_5 , состоящих только из изотопов ^{15}N и ^{18}O . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 % ^{14}N и 1,36% ^{15}N . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 % ^{16}O , 0,04 % ^{17}O и 0,20 % ^{18}O . Средние атомные массы азота и кислорода примите равным 14 и 16.

Ответ: Массовая доля $^{15}\text{N}_2^{18}\text{O}_5$ составляет $\omega\%(^{15}\text{N}_2^{18}\text{O}_5) = 6,58 \cdot 10^{-16} \%$

Вариант 4.

В периодической системе элементов атомная масса многих элементов не является целым числом вследствие наличия различных изотопов, а также из-за дефекта массы. Определите массовую долю молекул NO, состоящих только из изотопов ^{15}N и ^{18}O . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 % ^{14}N и 1,36% ^{15}N . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 % ^{16}O , 0,04 % ^{17}O и 0,20 % ^{18}O . Средние атомные массы азота и кислорода примите равным 14 и 16.

Ответ: Массовая доля $^{15}\text{N}^{18}\text{O}$ составляет $\omega\%(^{15}\text{N}^{18}\text{O}) = 2,99 \cdot 10^{-3} \%$

Задача 2 (25 баллов)

Вариант 1

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргонном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.0. Приведите все возможные решения.

Решение. Относительные плотности указанных газов по воздуху составляют:

$$D_{\text{возд}}(\text{Ar}) = 40/29 = 1.38; D_{\text{возд}}(\text{NH}_3) = 17/29 = 0.59; D_{\text{возд}}(\text{H}_2) = 2/29 = 0.069; D_{\text{возд}}(\text{HCl}) = 36.5/29 = 1.26; D_{\text{возд}}(\text{Cl}_2) = 70/29 = 2.41.$$

Анализ показывает, что для удовлетворения условия задачи это должны быть смеси одного из двух лёгких газов (водород, аммиак) с одним из тяжёлых газов (аргон, хлороводород, хлор). Однако при этом следует исключить пары веществ, между которыми протекает химическая реакция: аммиак и хлороводород (образуется нелетучий хлорид аммония: $\text{NH}_{3(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})} = \text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})}$), аммиак и хлор (образуется азот и хлороводород: $2\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{HCl}_{(\text{г})}$), а также неустойчивая на свету смесь водорода с хлором (образуется хлороводород: $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{HCl}_{(\text{г})}$).

Таким образом, возможными вариантами остаются смеси: водород – аргон, водород – хлороводород, аммиак – аргон.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = nRT$, соотношение объёмов газов равно мольному соотношению газов.

Средняя молекулярная масса смеси должна быть равна молекулярной массе воздуха. Пусть мольная доля легкого газа x , тогда мольная доля тяжелого газа $(1-x)$, тогда для смеси водород – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 40$, откуда $x = (40-29/40-2) = 0.29$; $(1-x) = 0.71$; мольное отношение аргон – водород $(1-x)/x = 2.45$, тогда соотношение объёмов водорода и аргона 1:2.45.

для смеси водород – хлороводород: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение водород – хлороводород 1:3.6.

для смеси аммиак – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение аммиак – аргон. 1:1.09.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:2.45; водород – хлороводород 1:3.6; аммиак – аргон 1:1.09.

Вариант 2

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.8. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.26; водород – хлороводород 1:1.59; аммиак – аргон 2.71:1.

Вариант 3

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.2. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:6.31; водород – хлороводород 1:19.3; аммиак – аргон 1:3.42

Вариант 4

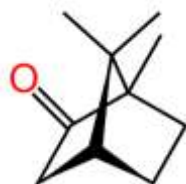
В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.9. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.73; водород – хлороводород 1:2.32; аммиак – аргон 1.53:1.

Задача 3 (25 баллов)

Вариант 1

В медицине для предупреждения пролежней у лежащих больных используют камфорный спирт. При его приготовлении 10 г камфоры растворяют в 70 мл 90% водного этилового спирта (плотность 0,863 г/мл) и добавляют 20 мл воды. Определите, сколько протонов содержится в 20 г полученного препарата. Структурная формула камфоры приведена ниже.



Обратите внимание, что ненадписанные «уголки» в этой формуле означают атомы углерода, притом углерод в составе камфоры, как и в любом другом органическом соединении, четырехвалентен.

Решение.

1. Определим брутто-формулу камфоры: $C_{10}H_{16}O$. В 1 молекуле камфоры содержится $6 \cdot 10 + 8 + 16 = 84$ протона

В 1 молекуле этанола C_2H_5OH содержится $6 \cdot 2 + 8 + 6 = 26$ протонов

В 1 молекуле воды $8 + 2 = 10$ протонов

Смесь, приготовление которой описано в условии, содержит $10/152 = 0,066$ моль камфоры, $70 \cdot 0,863 \cdot 0,9/46 = 1,182$ моль этилового спирта, $70 \cdot 0,863 \cdot 0,3/18 = 2,118$ моль воды

В данной смеси содержится

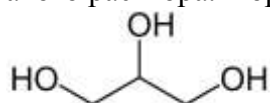
$$(0,066 \cdot 84 + 1,182 \cdot 26 + 2,118 \cdot 10) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,46 \cdot 10^{25} \text{ протонов}$$

В условии задачи описано получение $10 + 70 \cdot 0,863 + 20 = 90,41$ г препарата. Тогда в 20 г его будет содержаться

$$3,46 \cdot 10^{25} \cdot 20/90,41 = 7,65 \cdot 10^{24} \text{ протонов}$$

Вариант 2

Раствор Люголя с глицерином, применяемый в медицине при лечении ангины, состоит из иода (1 масс. %), иодида калия (2 %) и 97%-ного водного раствора глицерина. Определите, сколько электронов содержит 20 г такого раствора. Формула глицерина приведена ниже.

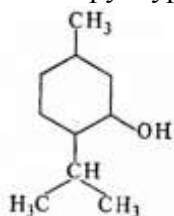


Обратите внимание, что ненадписанные «уголки» в этой формуле означают атомы углерода, притом углерод в составе глицерина, как и в любом другом органическом соединении, четырехвалентен.

Ответ: $6,38 \cdot 10^{25}$ электронов

Вариант 3

В медицине в качестве успокоительного средства применяется ментоловый спирт. При его приготовлении 0,5 г ментола растворяют в 50 мл 90% водного этилового спирта (плотность 0,863 г/мл) и добавляют 10 мл воды. Определите, сколько протонов содержится в 30 г полученного препарата. Структурная формула ментола приведена ниже.



Обратите внимание, что ненадписанные «уголки» в этой формуле означают атомы углерода, притом углерод в составе ментола, как и в любом другом органическом соединении, четырехвалентен.

Ответ: $6,28 \cdot 10^{24}$ электронов

Задача 4 (25 баллов)

Вариант 1

Массовые доли двух растворов щелочи отличаются на 10%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 800 г., во втором 600 г. щелочи, а при их сливании получили раствор массой 10 кг.

Решение:

Решение. Обозначим массы растворов за x и y . Тогда можно составить два уравнения:

$$x+y = 10$$

$0.8/x - 0.6/y = 0.1$ (в данной ситуации неважно в каком растворе процент содержания кислоты выше).

Решая систему получаем $x=4$ и $y=6$. Другие решения физического смысла не имеют.

Ответ: 4 кг и 6 кг

Вариант 2

Массовые доли двух растворов сульфата натрия отличаются на 5%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 500 г., во втором 300 г. соли, а при их сливании получили раствор массой 4,5 кг.

Ответ: 2 кг и 2,5 кг

Вариант 3

Массовые доли двух растворов хлорида кальция отличаются на 40%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 700 г., во втором 100 г. соли, а при их сливании получили раствор массой 12 кг.

Ответ: 7 кг и 5 кг

Вариант 4

Массовые доли двух растворов серной кислоты отличаются на 10%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 200 г., во втором 300 г. кислоты, а при их сливании получили раствор массой 2 кг.

Ответ: 1 кг и 1 кг

9 класс

Задача 1 (20 баллов)

Вариант 1

Элемент бор представлен в природе двумя изотопами – ^{10}B и ^{11}B с атомными массами $1,663 \cdot 10^{-26}$ и $1,828 \cdot 10^{-26}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;
- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов бора не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.
- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра бора-10 из нуклонов.

Решение.

1. Средняя атомная масса бора составляет 10,810 а.е.м. Для расчета содержания изотопов в природном боре переведем атомные массы изотопов в а.е.м. Они составят 10,015 и 11,008 а.е.м., соответственно.

Пусть атомная доля бора-11 составляет $x\%$. Тогда справедливо соотношение:

$$10,015 \cdot (100 - x) + 11,008 \cdot x = 10,810 \cdot 100$$

$$x = 80,06\%.$$

Для определения массовых долей изотопов примем, что общее количество ядер бора составляет 1 моль. Тогда массовая доля бора-11 составит:

$$80,06 \cdot 11,008 / (19,94 \cdot 10,015 + 80,06 \cdot 11,008) = 81,53\%, \text{ соответственно массовая доля бора-10} \\ - 18,47\%$$

2. Масса атома бора меньше суммы масс нуклонов вследствие дефекта масс.

3. Масса ядра бора-10 составляет $1,663 \cdot 10^{-26} - 5 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} = 1,663 \cdot 10^{-26}$ кг

Дефект масс составит $\Delta m = 1,663 \cdot 10^{-26} - 5 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} - 5 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27} = -1,1 \cdot 10^{-28}$ кг

$$E = \Delta m c^2 = 1,1 \cdot 10^{-28} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 9,9 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$$

Вариант 2

Элемент калий представлен в природе двумя изотопами – ^{39}K и ^{41}K с атомными массами $6,470 \cdot 10^{-26}$ и $6,808 \cdot 10^{-26}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;
- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов калия не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.
- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра калия-41 из нуклонов.

Ответ: а) 93,08% калия-39 и 6,92% калия-41

б) $5,0 \cdot 10^{-11}$ Дж

Вариант 3

Элемент медь представлен в природе двумя изотопами – ^{63}Cu и ^{65}Cu с атомными массами $1,045 \cdot 10^{-25}$ и $1,078 \cdot 10^{-25}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;
- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов меди не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.

- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра меди-63 из нуклонов.

Ответ: а) 68,48% меди-63 и 31,52% меди-65

Б) $6,7 \cdot 10^{-11}$ Дж

Вариант 4

Элемент сурьма представлен в природе двумя изотопами – ^{121}Sb и ^{123}Sb с атомными массами $2,008 \cdot 10^{-25}$ и $2,041 \cdot 10^{-25}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;

- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов сурьмы не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.

- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра сурьмы-121 из нуклонов.

Ответ: а) 56,8% сурьмы-121 и 43,2% сурьмы-123

Б) $1,6 \cdot 10^{-10}$ Дж

Задача 2 (20 баллов)

Вариант 1

Навеску цинка массой 3,00 г сожгли при 150°C и давлении 0,8 атм в закрытом сосуде объемом 5,0 л, заполненном газообразным веществом с плотностью паров по *веселящему* газу 5,77. По окончании реакции сосуд охладили до комнатной температуры и внесли в него 1 литр 50% водного раствора азотной кислоты (плотность 1,30 г/мл). Определите мольную долю атомов кислорода в полученном растворе. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Решение.

1. Определим неизвестное вещество. Его молярная масса составляет:

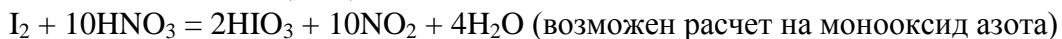
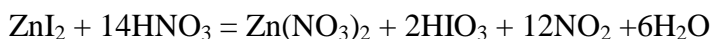
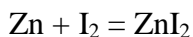
$M = 5,77 \cdot 44 = 254$ г/моль – очевидно, искомое вещество иод (I_2)

Рассчитаем количество вещества иода в сосуде:

$n = pV/RT = 0,8 \cdot 101325 \cdot 5 \cdot 10^{-3} / (8,31 \cdot 423,15) = 0,115$ моль

Количество вещества цинка составляет $3/64,5 = 0,047$ моль. Таким образом, иод взят в избытке

Реакции:



По окончании реакций в растворе содержится:

0,047 моль нитрата цинка

0,230 моль иодноватой кислоты

8,980 моль азотной кислоты

36,665 моль воды

Количество вещества отдельных элементов составляет:

Цинка – 0,047 моль

Иода – 0,230 моль

Азота – 9,074 моль

Водорода – 73,56 моль

Кислорода - 64,577 моль

Мольная доля атомов кислорода составляет **43,78%**.

Вариант 2

Навеску алюминия массой 2,00 г сожгли при 200 °С и давлении 0,5 атм в закрытом сосуде объемом 6,0 л, заполненном газообразным веществом с плотностью паров по *лисьему хвосту* 5,52. По окончании реакции сосуд охладили до комнатной температуры и внесли в него 1,5 литра 40% водного раствора азотной кислоты (плотность 1,25 г/мл). Определите мольную долю атомов кислорода в полученном растворе. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Ответ: $2\text{Al} + 3\text{I}_2 = 2\text{AlI}_3$

$\text{AlI}_3 + \text{HNO}_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Al} + \text{HNO}_3$ – пассивация

Мольная доля атомов кислорода 41,25%

Задача 3 (20 баллов)

Вариант 1

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.0. Приведите все возможные решения.

Решение. Относительные плотности указанных газов по воздуху составляют:

$D_{\text{возд}}(\text{Ar}) = 40/29 = 1.38$; $D_{\text{возд}}(\text{NH}_3) = 17/29 = 0.59$; $D_{\text{возд}}(\text{H}_2) = 2/29 = 0.069$; $D_{\text{возд}}(\text{HCl}) = 36.5/29 = 1.26$; $D_{\text{возд}}(\text{Cl}_2) = 70/29 = 2.41$.

Анализ показывает, что для удовлетворения условия задачи это должны быть смеси одного из двух лёгких газов (водород, аммиак) с одним из тяжёлых газов (аргон, хлороводород, хлор). Однако при этом следует исключить пары веществ, между которыми протекает химическая реакция: аммиак и хлороводород (образуется нелетучий хлорид аммония: $\text{NH}_{3(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})} = \text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})}$), аммиак и хлор (образуется азот и хлороводород: $2\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{HCl}_{(\text{г})}$), а также неустойчивая на свету смесь водорода с хлором (образуется хлороводород: $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{HCl}_{(\text{г})}$).

Таким образом, возможными вариантами остаются смеси: водород – аргон, водород – хлороводород, аммиак – аргон.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = nRT$, соотношение объёмов газов равно мольному соотношению газов.

Средняя молекулярная масса смеси должна быть равна молекулярной массе воздуха. Пусть мольная доля легкого газа x , тогда мольная доля тяжелого газа $(1-x)$, тогда для смеси водород – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 40$, откуда $x = (40-29/40-2) = 0.29$; $(1-x) = 0.71$; мольное отношение аргон – водород $(1-x)/x = 2.45$, тогда соотношение объёмов водорода и аргона 1:2.45.

для смеси водород – хлороводород: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение водород – хлороводород 1:3.6.

для смеси аммиак – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение аммиак – аргон. 1:1.09.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:2.45; водород – хлороводород 1:3.6; аммиак – аргон 1:1.09.

Вариант 2

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.8. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.26; водород – хлороводород 1:1.59; аммиак – аргон 2.71:1.

Вариант 3

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.2. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:6.31; водород – хлороводород 1:19.3; аммиак – аргон 1:3.42

Вариант 4

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.9. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.73; водород – хлороводород 1:2.32; аммиак – аргон 1.53:1.

Задача 4 (20 баллов)

Вариант 1

Массовые доли двух растворов щелочи отличаются на 10%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 800 г., во втором 600 г. щелочи, а при их сливании получили раствор массой 10 кг.

Решение:

Решение. Обозначим массы растворов за x и y . Тогда можно составить два уравнения:

$$x + y = 10$$

$0.8/x - 0.6/y = 0.1$ (в данной ситуации неважно в каком растворе процент содержания кислоты выше).

Решая систему получаем $x=4$ и $y=6$. Другие решения физического смысла не имеют.

Ответ: 4 кг и 6 кг

Вариант 2

Массовые доли двух растворов сульфата натрия отличаются на 5%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 500 г., во втором 300 г. соли, а при их сливании получили раствор массой 4,5 кг.

Ответ: 2 кг и 2,5 кг

Вариант 3

Массовые доли двух растворов хлорида кальция отличаются на 40%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 700 г., во втором 100 г. соли, а при их сливании получили раствор массой 12 кг.

Ответ: 7 кг и 5 кг

Вариант 4

Массовые доли двух растворов серной кислоты отличаются на 10%. Определите массы этих растворов, если в первом содержится 200 г., во втором 300 г. кислоты, а при их сливании получили раствор массой 2 кг.

Ответ: 1 кг и 1 кг

Задача 5 (20 баллов)

Вариант 1

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 0,782 разделили на две части. Первую часть пропустили через горячий раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 5,8 %. Вторую часть пропустили через холодный разбавленный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 82,36 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях.

Решение:

Поскольку смесь эквимольная, то количества и объемы входящих в ее состав газов одинаковы. При пропускании через горячий раствор кислоты поглощается только один газ (объем уменьшается в 1,5 раза), при пропускании через раствор щелочи поглощаются два газа (объем уменьшается в 3 раза).

Молярная масса начальной газовой смеси

$$M(\text{смеси}) = D_{\text{возд}} \cdot M_{\text{возд}} = 0,782 \cdot 29 = 22,678 \text{ г/моль}$$

Таким образом, можно определить молярную массу газа, оставшегося после пропускании через раствор щелочи. Возможно два варианта – плотность газа увеличивается по сравнению с начальной или уменьшается. Если плотность увеличивается, то

$$M(\text{газа 3}) = 22,678 \cdot 1,8236 = 41,35 \text{ г/моль},$$

такого газа нет. Если плотность уменьшается, то

$$M(\text{газа 3}) = 22,678 \cdot 0,1764 = 4 \text{ г/моль}$$

Этот газ не растворяется ни в воде, ни в растворе щелочи. Таким газом может быть He или водород, содержащий тяжелые изотопы D₂, HT (подходит любой вариант).

Газовая смесь, оставшаяся после пропускания через горячий раствор кислоты содержит третий газ (He) и еще один газ в эквимольных количествах. Ее молярная масса

$$M(\text{смеси 2х газов}) = 22,678 \cdot 1,058 = 24 \text{ г/моль.}$$

Обозначим молярную массу второго газа за M₂ и составим уравнение:

$$M(\text{смеси 2х газов}) = \frac{M_2 + M_{He}}{2}$$

$$24 = \frac{M_2 + 4}{2}, \quad M_2 = 44 \text{ г/моль}$$

Этот газ растворяется в щелочи, но не растворяется в горячем растворе кислоты, следовательно, это углекислый газ CO₂.

Обозначив молярную массу первого газа за M₁ и зная молярную массу исходной смеси, можно найти молярную массу первого газа:

$$M(\text{исходной смеси}) = \frac{M_1 + M(CO_2) + M(He)}{3}$$

$$22,678 = \frac{M_1 + 44 + 4}{3}, \quad M_1 = 20 \text{ г/моль}$$

Этот газ растворяется и в горячей кислоте, и в холодном растворе щелочи. Таким газом может быть дейтерированный аммиак ND₃.

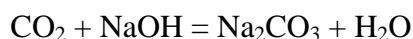
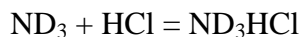
Определим массовые доли газов:

$$\omega(He) = \frac{m(He)}{m(\text{смеси})} = \frac{M(He)}{M(He) + M(CO_2) + M(ND_3)} = 0,0588 \text{ (5,88\%)}$$

$$\omega(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{m(\text{смеси})} = \frac{M(CO_2)}{M(He) + M(CO_2) + M(ND_3)} = 0,6471 \text{ (64,71\%)}$$

$$\omega(ND_3) = 0,2941 \text{ (29,41\%)}$$

Уравнения проведенных реакций (в молекулярной или в ионно-молекулярной форме):



Вариант 2

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 0,931 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 18,5 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 25,9 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси

(в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: NH_3 (20,99%), CO_2 (54,32%), CD_4 (24,69%).

Вариант 3

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 2,471 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 36,1 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 82,8 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: ND_3 (9,3%), SO_2 (29,77%), Xe (60,93%).

Вариант 4

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 1,161 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 24,7 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 40,6 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: NH_3 (16,83%), SO_2 (63,37%), CD_4 (19,8%).

10 класс

Задача 1 (20 баллов)

Вариант 1

Элемент бор представлен в природе двумя изотопами – ^{10}B и ^{11}B с атомными массами $1,663 \cdot 10^{-26}$ и $1,828 \cdot 10^{-26}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;
- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов бора не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.
- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра бора-10 из нуклонов.

Решение.

1. Средняя атомная масса бора составляет 10,810 а.е.м. Для расчета содержания изотопов в природном боре переведем атомные массы изотопов в а.е.м. Они составят 10,015 и 11,008 а.е.м., соответственно.

Пусть атомная доля бора-11 составляет $x\%$. Тогда справедливо соотношение:

$$10,015 \cdot (100 - x) + 11,008 \cdot x = 10,810 \cdot 100$$

$$x = 80,06\%.$$

Для определения массовых долей изотопов примем, что общее количество ядер бора составляет 1 моль. Тогда массовая доля бора-11 составит:

$$80,06 \cdot 11,008 / (19,94 \cdot 10,015 + 80,06 \cdot 11,008) = 81,53\%, \text{ соответственно массовая доля бора-10} \\ - 18,47\%$$

2. Масса атома бора меньше суммы масс нуклонов вследствие дефекта масс.

3. Масса ядра бора-10 составляет $1,663 \cdot 10^{-26} - 5 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} = 1,663 \cdot 10^{-26}$ кг

Дефект масс составит $\Delta m = 1,663 \cdot 10^{-26} - 5 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} - 5 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27} = -1,1 \cdot 10^{-28}$ кг

$$E = \Delta m c^2 = 1,1 \cdot 10^{-28} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 9,9 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$$

Вариант 2

Элемент калий представлен в природе двумя изотопами – ^{39}K и ^{41}K с атомными массами $6,470 \cdot 10^{-26}$ и $6,808 \cdot 10^{-26}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;
- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов калия не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.
- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра калия-41 из нуклонов.

Ответ: а) 93,08% калия-39 и 6,92% калия-41

б) $5,0 \cdot 10^{-11}$ Дж

Вариант 3

Элемент медь представлен в природе двумя изотопами – ^{63}Cu и ^{65}Cu с атомными массами $1,045 \cdot 10^{-25}$ и $1,078 \cdot 10^{-25}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;
- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов меди не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.

- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра меди-63 из нуклонов.

Ответ: а) 68,48% меди-63 и 31,52% меди-65

Б) $6,7 \cdot 10^{-11}$ Дж

Вариант 4

Элемент сурьма представлен в природе двумя изотопами – ^{121}Sb и ^{123}Sb с атомными массами $2,008 \cdot 10^{-25}$ и $2,041 \cdot 10^{-25}$ кг, соответственно.

- Определите содержание данных изотопов в природе в массовых долях;

- Массы покоя протона и нейтрона составляют, соответственно, $1,673 \cdot 10^{-27}$ и $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона – $9,110 \cdot 10^{-31}$ кг. Объясните, почему массы атомов сурьмы не равны сумме масс составляющих их элементарных частиц.

- Определите, какая энергия выделяется (поглощается) при синтезе ядра сурьмы-121 из нуклонов.

Ответ: а) 56,8% сурьмы-121 и 43,2% сурьмы-123

Б) $1,6 \cdot 10^{-10}$ Дж

Задача 2 (15 баллов)

Вариант 1

Навеску цинка массой 3,00 г сожгли при 150°C и давлении 0,8 атм в закрытом сосуде объемом 5,0 л, заполненном газообразным веществом с плотностью паров по *веселящему* газу 5,77. По окончании реакции сосуд охладили до комнатной температуры и внесли в него 1 литр 50% водного раствора азотной кислоты (плотность 1,30 г/мл). Определите мольную долю атомов кислорода в полученном растворе. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Решение.

1. Определим неизвестное вещество. Его молярная масса составляет:

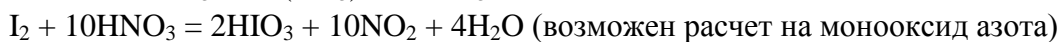
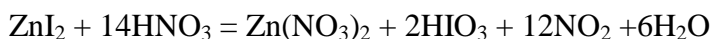
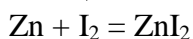
$M = 5,77 \cdot 44 = 254$ г/моль – очевидно, искомое вещество иод (I_2)

Рассчитаем количество вещества иода в сосуде:

$n = pV/RT = 0,8 \cdot 101325 \cdot 5 \cdot 10^{-3} / (8,31 \cdot 423,15) = 0,115$ моль

Количество вещества цинка составляет $3/64,5 = 0,047$ моль. Таким образом, иод взят в избытке

Реакции:



По окончании реакций в растворе содержится:

0,047 моль нитрата цинка

0,230 моль иодноватой кислоты

8,980 моль азотной кислоты

36,665 моль воды

Количество вещества отдельных элементов составляет:

Цинка – 0,047 моль

Иода – 0,230 моль

Азота – 9,074 моль

Водорода – 73,56 моль

Кислорода - 64,577 моль

Мольная доля атомов кислорода составляет **43,78%**.

Вариант 2

Навеску алюминия массой 2,00 г сожгли при 200 °С и давлении 0,5 атм в закрытом сосуде объемом 6,0 л, заполненном газообразным веществом с плотностью паров по *лисьему хвосту* 5,52. По окончании реакции сосуд охладили до комнатной температуры и внесли в него 1,5 литра 40% водного раствора азотной кислоты (плотность 1,25 г/мл). Определите мольную долю атомов кислорода в полученном растворе. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Ответ: $2\text{Al} + 3\text{I}_2 = 2\text{AlI}_3$

$\text{AlI}_3 + \text{HNO}_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Al} + \text{HNO}_3$ – пассивация

Мольная доля атомов кислорода 41,25%

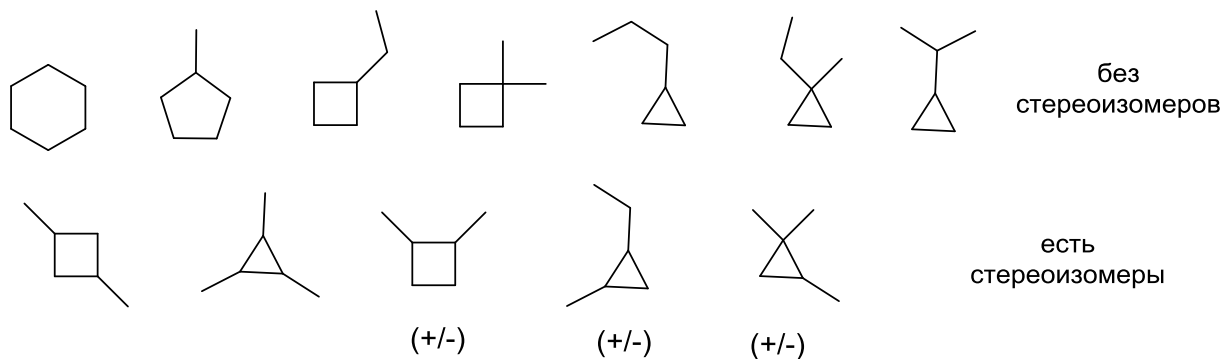
Задача 3 (20 баллов)

Вариант 1

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без кратных связей соответствует брутто-формуле C_6H_{12} ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 12, со стереоизомерами – 5, хиральных – 3

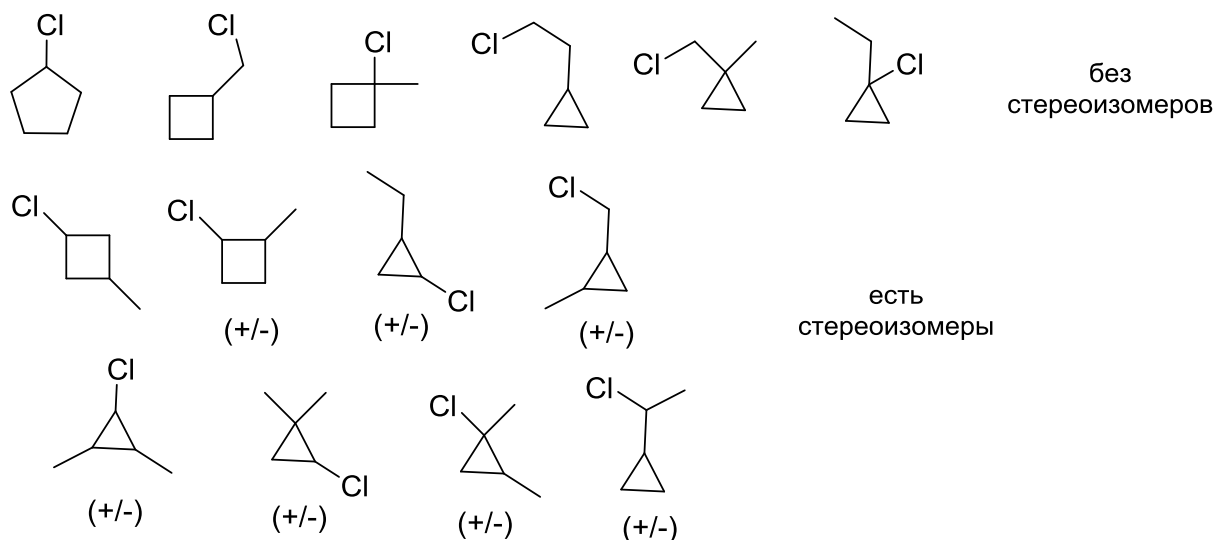


Вариант 2

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без кратных связей соответствует брутто-формуле $\text{C}_5\text{H}_9\text{Cl}$? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 14, со стереоизомерами – 8, хиральных – 7

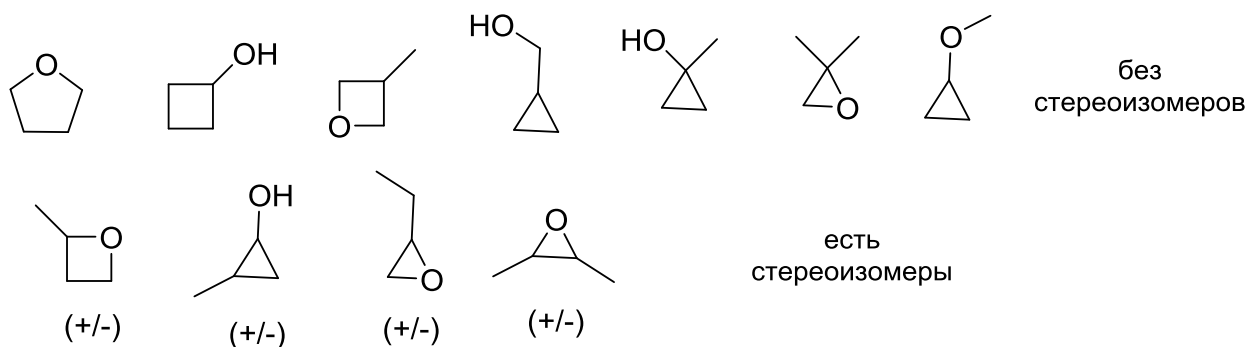


Вариант 3

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без кратных связей соответствует брутто-формуле C_4H_8O ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 11, со стереоизомерами – 4, хиральных – 4

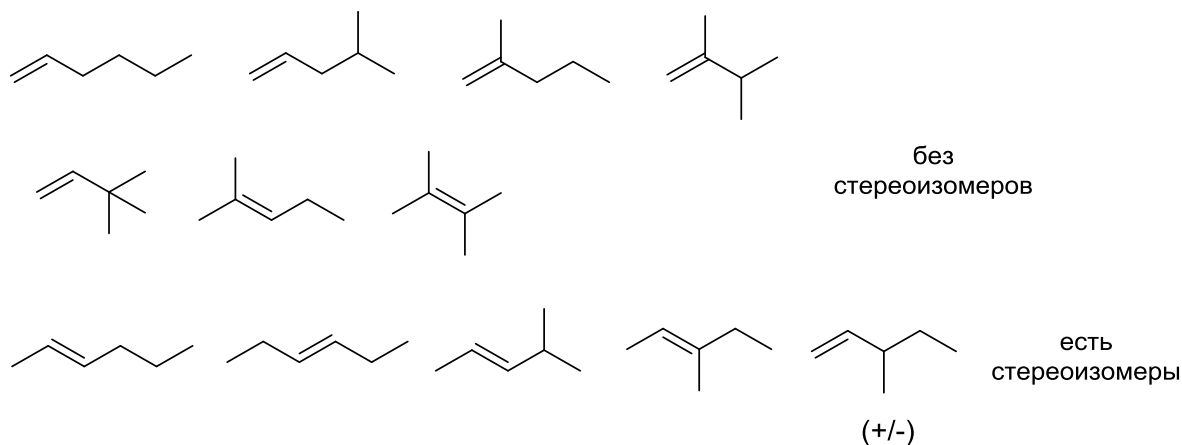


Вариант 4

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без цикла соответствует брутто-формуле C_6H_{12} ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 12, со стереоизомерами – 5, хиральных – 1



Задача 4 (15 баллов)

Вариант 1

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргонном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.0. Приведите все возможные решения.

Решение. Относительные плотности указанных газов по воздуху составляют:

$$D_{\text{возд}}(\text{Ar}) = 40/29 = 1.38; D_{\text{возд}}(\text{NH}_3) = 17/29 = 0.59; D_{\text{возд}}(\text{H}_2) = 2/29 = 0.069; D_{\text{возд}}(\text{HCl}) = 36.5/29 = 1.26; D_{\text{возд}}(\text{Cl}_2) = 70/29 = 2.41.$$

Анализ показывает, что для удовлетворения условия задачи это должны быть смеси одного из двух лёгких газов (водород, аммиак) с одним из тяжёлых газов (аргон, хлороводород, хлор). Однако при этом следует исключить пары веществ, между которыми протекает химическая реакция: аммиак и хлороводород (образуется нелетучий хлорид аммония: $\text{NH}_{3(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})} = \text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})}$), аммиак и хлор (образуется азот и хлороводород: $2\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{HCl}_{(\text{г})}$), а также неустойчивая на свету смесь водорода с хлором (образуется хлороводород: $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{HCl}_{(\text{г})}$).

Таким образом, возможными вариантами остаются смеси: водород – аргон, водород – хлороводород, аммиак – аргон.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = nRT$, соотношение объёмов газов равно мольному соотношению газов.

Средняя молекулярная масса смеси должна быть равна молекулярной массе воздуха. Пусть мольная доля легкого газа x , тогда мольная доля тяжелого газа $(1-x)$, тогда для смеси водород – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 40$, откуда $x = (40-29/40-2) = 0.29$; $(1-x) = 0.71$; мольное отношение аргон – водород $(1-x)/x = 2.45$, тогда соотношение объёмов водорода и аргона 1:2.45.

для смеси водород – хлороводород: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение водород – хлороводород 1:3.6.

для смеси аммиак – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение аммиак – аргон. 1:1.09.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:2.45; водород – хлороводород 1:3.6; аммиак – аргон 1:1.09.

Вариант 2

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.8. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.26; водород – хлороводород 1:1.59; аммиак – аргон 2.71:1.

Вариант 3

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.2. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:6.31; водород – хлороводород 1:19.3; аммиак – аргон 1:3.42

Вариант 4

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.9. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.73; водород – хлороводород 1:2.32; аммиак – аргон 1.53:1.

Задача 5 (15 баллов)

Вариант 1

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 0,782 разделили на две части. Первую часть пропустили через горячий раствор кислоты, в результате объём смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 5,8 %. Вторую часть пропустили через холодный разбавленный раствор щелочи, в результате объём смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 82,36 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях.

Решение:

Поскольку смесь эквимольная, то количества и объёмы входящих в ее состав газов одинаковы. При пропускании через горячий раствор кислоты поглощается только один газ

(объем уменьшается в 1,5 раза), при пропускании через раствор щелочи поглощаются два газа (объем уменьшается в 3 раза).

Молярная масса начальной газовой смеси

$$M(\text{смеси}) = D_{\text{возд}} \cdot M_{\text{возд}} = 0,782 \cdot 29 = 22,678 \text{ г/моль}$$

Таким образом, можно определить молярную массу газа, оставшегося после пропускании через раствор щелочи. Возможно два варианта – плотность газа увеличивается по сравнению с начальной или уменьшается. Если плотность увеличивается, то

$$M(\text{газа 3}) = 22,678 \cdot 1,8236 = 41,35 \text{ г/моль},$$

такого газа нет. Если плотность уменьшается, то

$$M(\text{газа 3}) = 22,678 \cdot 0,1764 = 4 \text{ г/моль}$$

Этот газ не растворяется ни в воде, ни в растворе щелочи. Таким газом может быть He или водород, содержащий тяжелые изотопы D₂, HT (подходит любой вариант).

Газовая смесь, оставшаяся после пропускании через горячей раствор кислоты содержит третий газ (He) и еще один газ в эквимольных количествах. Ее молярная масса

$$M(\text{смеси 2х газов}) = 22,678 \cdot 1,058 = 24 \text{ г/моль}.$$

Обозначим молярную массу второго газа за M₂ и составим уравнение:

$$M(\text{смеси 2х газов}) = \frac{M_2 + M_{\text{He}}}{2}$$

$$24 = \frac{M_2 + 4}{2}, \quad M_2 = 44 \text{ г/моль}$$

Этот газ растворяется в щелочи, но не растворяется в горячем растворе кислоты, следовательно, это углекислый газ CO₂.

Обозначив молярную массу первого газа за M₁ и зная молярную массу исходной смеси, можно найти молярную массу первого газа:

$$M(\text{исходной смеси}) = \frac{M_1 + M(\text{CO}_2) + M(\text{He})}{3}$$

$$22,678 = \frac{M_1 + 44 + 4}{3}, \quad M_1 = 20 \text{ г/моль}$$

Этот газ растворяются и в горячей кислоте, и в холодном растворе щелочи. Таким газом может быть дейтерированный аммиак ND₃.

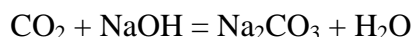
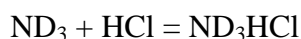
Определим массовые доли газов:

$$\omega(\text{He}) = \frac{m(\text{He})}{m(\text{смеси})} = \frac{M(\text{He})}{M(\text{He}) + M(\text{CO}_2) + M(\text{ND}_3)} = 0,0588 \text{ (5,88\%)}$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{смеси})} = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{He}) + M(\text{CO}_2) + M(\text{ND}_3)} = 0,6471 \text{ (64,71\%)}$$

$$\omega(\text{ND}_3) = 0,2941 \text{ (29,41\%)}$$

Уравнения проведенных реакций (в молекулярной или в ионно-молекулярной форме):



Вариант 2

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 0,931 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 18,5 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 25,9 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: NH_3 (20,99%), CO_2 (54,32%), CD_4 (24,69%).

Вариант 3

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 2,471 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 36,1 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 82,8 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: ND_3 (9,3%), SO_2 (29,77%), Xe (60,93%).

Вариант 4

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 1,161 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 24,7 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 40,6 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

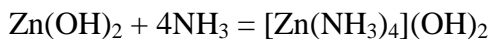
Ответ: NH_3 (16,83%), SO_2 (63,37%), CD_4 (19,8%).

Задача 6 (15 баллов)

Сплав двух металлов растворили в стехиометрическом количестве 5% щелочи. Через полученный раствор пропустили избыток сернистого газа, в результате выпал осадок, а массовая доля соли в растворе составила 17,4%. Осадок обработали концентрированным раствором аммиака, при этом его масса уменьшилась на 35,2%. Установить металлы, входящие в сплав и формулу соли, оставшейся в растворе, если мольная доля одного из металлов в исходном сплаве составляла 30%. Написать уравнения прошедших реакций. Растворимостью сернистого газа в воде пренебречь.

Решение

Из условия задачи понятно, что речь идет о металлах, чьи гидроксиды амфотерны (об этом свидетельствуют растворение в щелочи с образованием гидроксокомплексов, образование осадков гидроксидов при пропускании через раствор гидроксокомплексов сернистого газа). Поскольку один из гидроксидов растворяется в аммиаке, можно предположить, что одним из металлов был цинк:



Определим второй металл. Запишем формулу его гидроксида: $\text{M}(\text{OH})_x$. Так как мы не знаем, какого из металлов в сплаве было больше в смеси, рассмотрим два случая:

1) Пусть было 0,3 моль Zn и 0,7 моль второго металла, считая, что всего было 1 моль сплава. Зная, как меняется масса гидроксидов после растворения гидроксида цинка, можно составить уравнение:

$$\begin{aligned} 0,352 &= \frac{m(\text{Zn}(\text{OH})_2)}{m(\text{Zn}(\text{OH})_2) + m(\text{M}(\text{OH})_x)} \\ 0,352 &= \frac{0,3 \cdot 99}{0,3 \cdot 99 + 0,7 \cdot (M + 17x)} \\ M + 17x &= 51 \end{aligned}$$

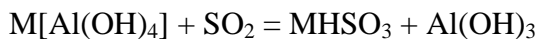
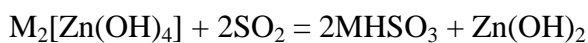
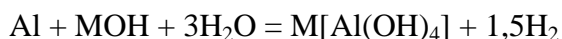
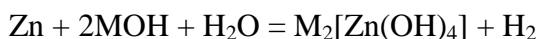
Есть единственное решение при $x = 3$ $M = 17$ г/моль, это алюминий.

2) Пусть было 0,7 моль Zn и 0,3 моль второго металла.

$$\begin{aligned} 0,352 &= \frac{m(\text{Zn}(\text{OH})_2)}{m(\text{Zn}(\text{OH})_2) + m(\text{M}(\text{OH})_x)} \\ 0,352 &= \frac{0,7 \cdot 99}{0,7 \cdot 99 + 0,3 \cdot (M + 17x)} \end{aligned}$$

В этом случае решения нет.

Теперь можно установить формулу соли. Запишем уравнения проведенных реакций, считая, что катион однозарядный:



В последних двух реакциях образуются кислые соли, так как сернистый газ пропускается в избытке.

Мы знаем, что в исходной смеси было 0,3 моль Zn и 0,7 моль Al, можно провести расчет по реакциям:

$$n(\text{MOH}) = 2n(\text{Zn}) + n(\text{Al}) = 1,3 \text{ моль}, m(\text{MOH}) = 1,3 \cdot (M + 17) \text{ г},$$

$$m_{\text{раствора}}(\text{MOH}) = 1,3 \cdot (M + 17) / 0,05 = 26 \cdot (M + 17) \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) + 1,5n(\text{Al}) = 1,35 \text{ моль}, m(\text{H}_2) = 1,35 \cdot 2 = 2,7 \text{ г}$$

$$n(\text{M}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = n(\text{Zn}) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{M}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = n(\text{Al}) = 0,7 \text{ моль}$$

$$n(\text{SO}_2) = 2n(\text{M}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) + n(\text{M}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = n(\text{MOH}) = 1,3 \text{ моль}, m(\text{SO}_2) = 1,3 \cdot 64 = 83,2 \text{ г}$$

$$n(\text{MHSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 1,3 \text{ моль}, m(\text{MHSO}_3) = 1,3 \cdot (M + 81) \text{ г}$$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = n(\text{Al}) = 0,7 \text{ моль}, m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,7 \cdot 78 = 54,6 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}(\text{OH})_2) = n(\text{Zn}) = 0,3 \text{ моль}, m(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 0,3 \cdot 99 = 29,7 \text{ г}$$

Найдем массу конечного раствора, воспользовавшись законом сохранения массы (то есть напишем, как менялась масса начального раствора щелочи в этих реакциях при добавлении сплава и пропускании сернистого газа):

$$m_{\text{кон раствора}} = m_{\text{раствора}}(\text{MOH}) + m(\text{Al}) + m(\text{Zn}) - m(\text{H}_2) + m(\text{SO}_2) - m(\text{Al}(\text{OH})_3) - m(\text{Zn}(\text{OH})_2)$$

$$m_{\text{кон раствора}} = 26 \cdot (M + 17) + 0,7 \cdot 27 + 0,3 \cdot 65 - 2,7 + 83,2 - 54,6 - 29,7 = 26M + 476,6 \text{ г}$$

Зная массовую долю соли в конечном растворе, можно составить уравнение:

$$\omega(\text{MHSO}_3) = \frac{m(\text{MHSO}_3)}{m_{\text{кон раствора}}}$$

$$0,174 = \frac{1,3(M+81)}{26M+476,6},$$

откуда $M \approx 7 \text{ г/моль}$, значит катионом был литий, а формула соли LiHSO_3 .

11 класс

Задача 1 (15 баллов)

Вариант 1

Навеску цинка массой 3,00 г сожгли при 150 °С и давлении 0,8 атм в закрытом сосуде объемом 5,0 л, заполненном газообразным веществом с плотностью паров по *веселящему* газу 5,77. По окончании реакции сосуд охладили до комнатной температуры и внесли в него 1 литр 50% водного раствора азотной кислоты (плотность 1,30 г/мл). Определите мольную долю атомов кислорода в полученном растворе. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Решение.

1. Определим неизвестное вещество. Его молярная масса составляет:

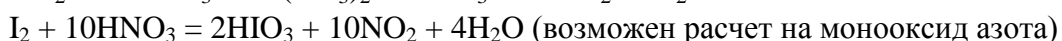
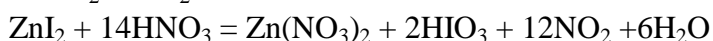
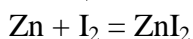
$M = 5,77 \cdot 44 = 254$ г/моль – очевидно, искомое вещество иод (I_2)

Рассчитаем количество вещества иода в сосуде:

$n = pV/RT = 0,8 \cdot 101325 \cdot 5 \cdot 10^{-3} / (8,31 \cdot 423,15) = 0,115$ моль

Количество вещества цинка составляет $3/64,5 = 0,047$ моль. Таким образом, иод взят в избытке

Реакции:



По окончании реакций в растворе содержится:

0,047 моль нитрата цинка

0,230 моль иодноватой кислоты

8,980 моль азотной кислоты

36,665 моль воды

Количество вещества отдельных элементов составляет:

Цинка – 0,047 моль

Иода – 0,230 моль

Азота – 9,074 моль

Водорода – 73,56 моль

Кислорода - 64,577 моль

Мольная доля атомов кислорода составляет **43,78%**.

Вариант 2

Навеску алюминия массой 2,00 г сожгли при 200 °С и давлении 0,5 атм в закрытом сосуде объемом 6,0 л, заполненном газообразным веществом с плотностью паров по *лисьему хвосту* 5,52. По окончании реакции сосуд охладили до комнатной температуры и внесли в него 1,5 литра 40% водного раствора азотной кислоты (плотность 1,25 г/мл). Определите мольную долю атомов кислорода в полученном растворе. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Ответ: $2Al + 3I_2 = 2AlI_3$



$Al + HNO_3$ – пассивация

Мольная доля атомов кислорода 41,25%

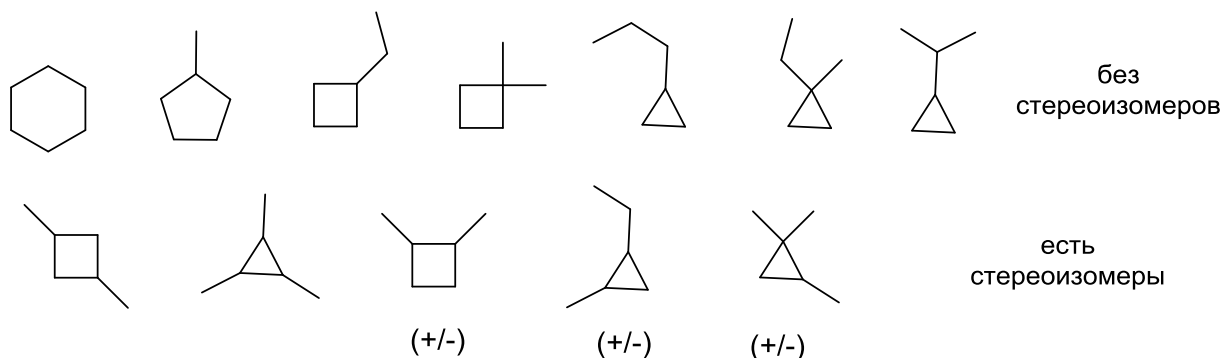
Задача 2 (15 баллов)

Вариант 1

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без кратных связей соответствует брутто-формуле C_6H_{12} ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 12, со стереоизомерами – 5, хиральных – 3

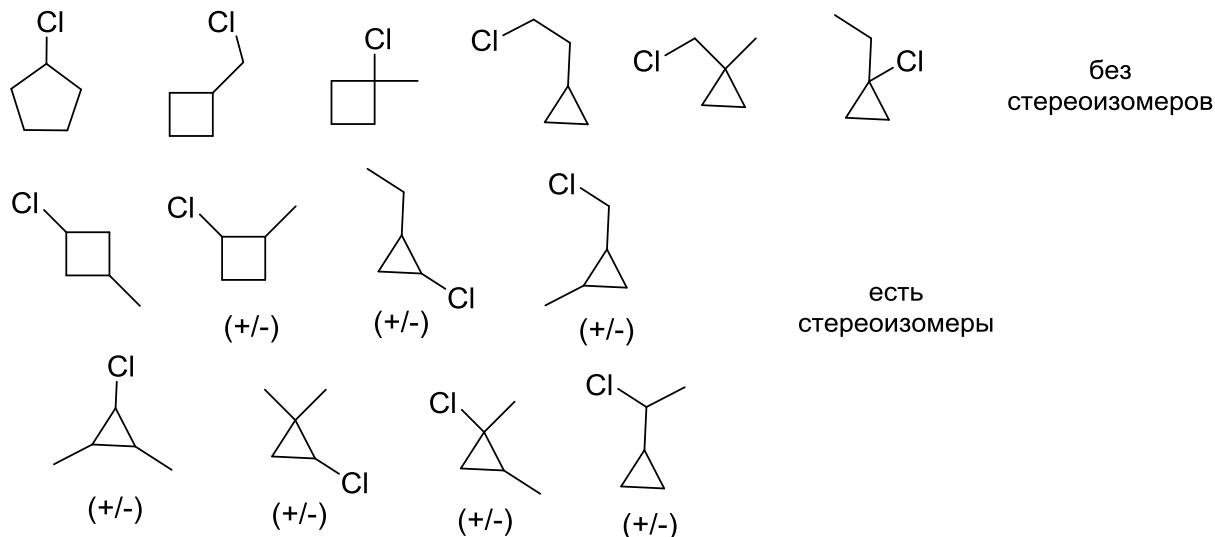


Вариант 2

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без кратных связей соответствует брутто-формуле C_5H_9Cl ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 14, со стереоизомерами – 8, хиральных – 7

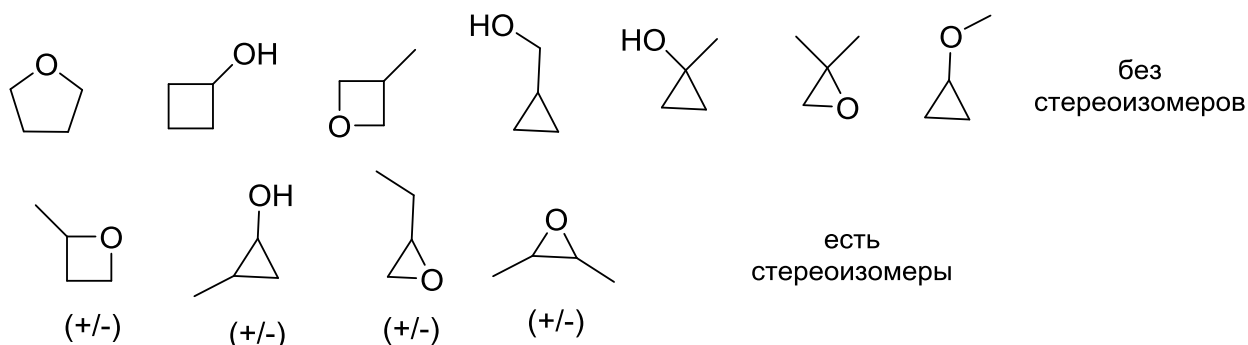


Вариант 3

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без кратных связей соответствует брутто-формуле C_4H_8O ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 11, со стереоизомерами – 4, хиральных – 4

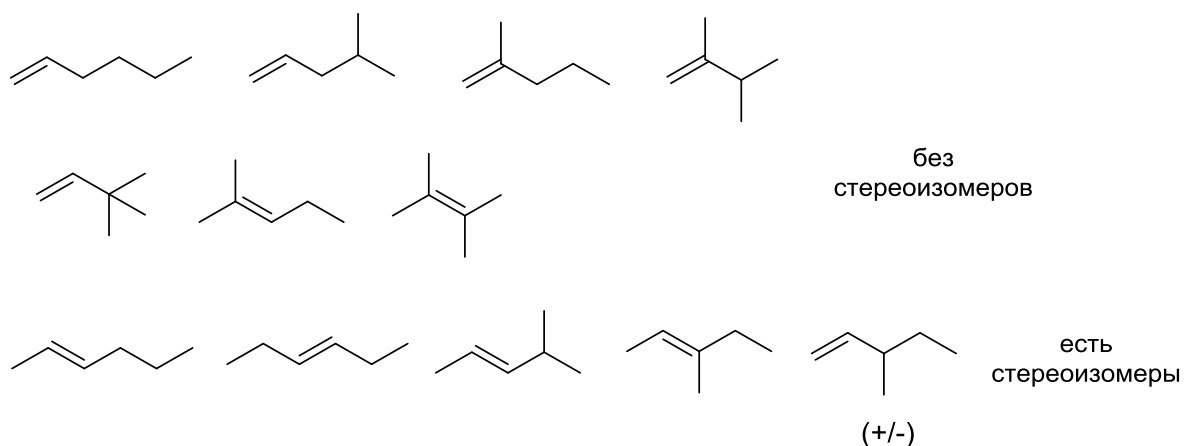


Вариант 4

Различие физических и химических свойств изомеров зависит прежде всего от порядка и типа связывания атомов и групп атомов в молекуле (структурные изомеры). При этом различное взаимное пространственное расположение структурных элементов молекулы при одинаковом порядке связывания определяет возможность существования стереоизомеров (диастереомеров и энантиомеров).

Сколько структурных изомеров без цикла соответствует брутто-формуле C_6H_{12} ? Сколько из них могут иметь стереоизомеры любого типа? Сколько из них являются хиральными (существуют в виде пары (пар) энантиомеров)?

Правильный ответ: всего – 12, со стереоизомерами – 5, хиральных – 1



Задача 3 (10 баллов)

Вариант 1

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.0. Приведите все возможные решения.

Решение. Относительные плотности указанных газов по воздуху составляют:

$$D_{\text{возд}}(\text{Ar}) = 40/29 = 1.38; D_{\text{возд}}(\text{NH}_3) = 17/29 = 0.59; D_{\text{возд}}(\text{H}_2) = 2/29 = 0.069; D_{\text{возд}}(\text{HCl}) = 36.5/29 = 1.26; D_{\text{возд}}(\text{Cl}_2) = 70/29 = 2.41.$$

Анализ показывает, что для удовлетворения условия задачи это должны быть смеси одного из двух лёгких газов (водород, аммиак) с одним из тяжёлых газов (аргон, хлороводород, хлор). Однако при этом следует исключить пары веществ, между которыми протекает химическая реакция: аммиак и хлороводород (образуется нелетучий хлорид аммония: $\text{NH}_{3(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})} = \text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})}$), аммиак и хлор (образуется азот и хлороводород: $2\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{HCl}_{(\text{г})}$), а также неустойчивая на свету смесь водорода с хлором (образуется хлороводород: $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{HCl}_{(\text{г})}$).

Таким образом, возможными вариантами остаются смеси: водород – аргон, водород – хлороводород, аммиак – аргон.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = nRT$, соотношение объёмов газов равно мольному соотношению газов.

Средняя молекулярная масса смеси должна быть равна молекулярной массе воздуха. Пусть мольная доля легкого газа x , тогда мольная доля тяжелого газа $(1-x)$, тогда для смеси водород – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 40$, откуда $x = (40-29/40-2) = 0.29$; $(1-x) = 0.71$; мольное отношение аргон – водород $(1-x)/x = 2.45$, тогда соотношение объёмов водорода и аргона 1:2.45.

для смеси водород – хлороводород: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение водород – хлороводород 1:3.6.

для смеси аммиак – аргон: $29 = 2 \cdot x + (1-x) \cdot 36.5$, откуда получаем объёмное соотношение аммиак – аргон. 1:1.09.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:2.45; водород – хлороводород 1:3.6; аммиак – аргон 1:1.09.

Вариант 2

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.8. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.26; водород – хлороводород 1:1.59; аммиак – аргон 2.71:1.

Вариант 3

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 1.2. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:6.31; водород – хлороводород 1:19.3; аммиак – аргон 1:3.42

Вариант 4

В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.9. Приведите все возможные решения.

Ответ: объёмное соотношение водород – аргон 1:1.73; водород – хлороводород 1:2.32; аммиак – аргон 1.53:1.

Задача 4 (15 баллов)

Вариант 1

Запишите формулу соединения, образованного не менее чем тремя различными элементами, символы которых начинаются на одну и ту же латинскую букву алфавита. Назовите это соединение.

Один из вариантов ответа $\text{Cs}_2[\text{CuCl}_4]$

Вариант 2

Запишите формулу реально существующего неорганического соединения, в которую входят как минимум четыре элемента, символ которых состоит из одной латинской буквы. Назовите это соединение.

Один из вариантов ответа KCNS

Задача 5 (15 баллов)

Вариант 1

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 0,782 разделили на две части. Первую часть пропустили через горячий раствор кислоты, в результате объём смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 5,8 %. Вторую часть пропустили через холодный разбавленный раствор щелочи, в результате объём смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 82,36 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях.

Решение:

Поскольку смесь эквимольная, то количества и объёмы входящих в ее состав газов одинаковы. При пропускании через горячий раствор кислоты поглощается только один газ (объём уменьшается в 1,5 раза), при пропускании через раствор щелочи поглощаются два газа (объём уменьшается в 3 раза).

Молярная масса начальной газовой смеси

$$M(\text{смеси}) = D_{\text{возд}} \cdot M_{\text{возд}} = 0,782 \cdot 29 = 22,678 \text{ г/моль}$$

Таким образом, можно определить молярную массу газа, оставшегося после пропускания через раствор щелочи. Возможно два варианта – плотность газа увеличивается по сравнению с начальной или уменьшается. Если плотность увеличивается, то

$$M(\text{газа 3}) = 22,678 \cdot 1,8236 = 41,35 \text{ г/моль},$$

такого газа нет. Если плотность уменьшается, то

$$M(\text{газа 3}) = 22,678 \cdot 0,1764 = 4 \text{ г/моль}$$

Этот газ не растворяется ни в воде, ни в растворе щелочи. Таким газом может быть He или водород, содержащий тяжелые изотопы D₂, HT (подходит любой вариант).

Газовая смесь, оставшаяся после пропускания через горячей раствор кислоты содержит третий газ (He) и еще один газ в эквимольных количествах. Ее молярная масса

$$M(\text{смеси 2х газов}) = 22,678 \cdot 1,058 = 24 \text{ г/моль}.$$

Обозначим молярную массу второго газа за M₂ и составим уравнение:

$$M(\text{смеси 2х газов}) = \frac{M_2 + M_{\text{He}}}{2}$$

$$24 = \frac{M_2 + 4}{2}, \quad M_2 = 44 \text{ г/моль}$$

Этот газ растворяется в щелочи, но не растворяется в горячем растворе кислоты, следовательно, это углекислый газ CO₂.

Обозначив молярную массу первого газа за M₁ и зная молярную массу исходной смеси, можно найти молярную массу первого газа:

$$M(\text{исходной смеси}) = \frac{M_1 + M(\text{CO}_2) + M(\text{He})}{3}$$

$$22,678 = \frac{M_1 + 44 + 4}{3}, \quad M_1 = 20 \text{ г/моль}$$

Этот газ растворяются и в горячей кислоте, и в холодном растворе щелочи. Таким газом может быть дейтерированный аммиак ND₃.

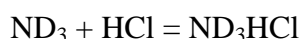
Определим массовые доли газов:

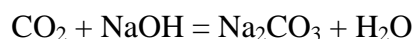
$$\omega(\text{He}) = \frac{m(\text{He})}{m(\text{смеси})} = \frac{M(\text{He})}{M(\text{He}) + M(\text{CO}_2) + M(\text{ND}_3)} = 0,0588 \text{ (5,88\%)}$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{смеси})} = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{He}) + M(\text{CO}_2) + M(\text{ND}_3)} = 0,6471 \text{ (64,71\%)}$$

$$\omega(\text{ND}_3) = 0,2941 \text{ (29,41\%)}$$

Уравнения проведенных реакций (в молекулярной или в ионно-молекулярной форме):





Вариант 2

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 0,931 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 18,5 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 25,9 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: NH_3 (20,99%), CO_2 (54,32%), CD_4 (24,69%).

Вариант 3

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 2,471 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 36,1 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 82,8 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: ND_3 (9,3%), SO_2 (29,77%), Xe (60,93%).

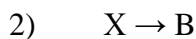
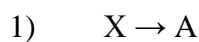
Вариант 4

Эквимольную смесь трех газов с плотностью по воздуху 1,161 разделили на две части. Первую часть пропустили через раствор кислоты, в результате объем смеси уменьшился в 1,5 раза, а ее плотность увеличилась на 24,7 %. Вторую часть пропустили через холодный раствор щелочи, в результате объем смеси уменьшился в три раза, а ее плотность изменилась на 40,6 %. Установить качественный и количественный состав газовой смеси (в% по массе) и написать уравнения проведенных реакций. Все газы находились при одинаковых условиях

Ответ: NH_3 (16,83%), SO_2 (63,37%), CD_4 (19,8%).

Задача 6 (15 баллов)

Вещество X термически неустойчиво и может одновременно распадаться по двум независимым реакциям, которые в кинетическом отношении можно считать простыми:



В первом эксперименте вещество X разлагалось при температуре 50 °C и в результате продукта A образовалось в 3 раза больше, чем продукта B.

Во втором опыте разложение проводилось при температуре 100 °С и соотношение продуктов оказалось равным.

На какую величину отличаются энергии активации двух протекающих реакций?

При какой температуре нужно провести разложение X, чтобы выход продукта В составил 90% ?

Связь энергии активации с температурой процесса определяется уравнение Аррениуса:

$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$, где k – константа скорости реакции, A – множитель, зависящий только от природы реагентов.

Решение:

По закону действия масс скорость образования А равна $\omega_A = k_1x$, а скорость образования В равна $\omega_B = k_2x$. Отношение скоростей будет равно

$$\frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{k_2x}{k_1x} = \frac{k_2}{k_1},$$

то есть будет сохраняться постоянным на протяжении реакции. Следовательно, соотношение количеств образовавшихся продуктов В и А будет равно отношению констант скорости k_2 и k_1 .

По условию

$$\frac{k_2(50^\circ\text{C})}{k_1(50^\circ\text{C})} = \frac{1}{3}, \quad \frac{k_2(100^\circ\text{C})}{k_1(100^\circ\text{C})} = 1.$$

Разделим второе соотношение на первое

$$\frac{k_2(100^\circ\text{C})}{k_2(50^\circ\text{C})} \bigg/ \frac{k_1(100^\circ\text{C})}{k_1(50^\circ\text{C})} = 3$$

и прологарифмируем

$$\ln \frac{k_2(100^\circ\text{C})}{k_2(50^\circ\text{C})} - \ln \frac{k_1(100^\circ\text{C})}{k_1(50^\circ\text{C})} = \ln 3.$$

По уравнению Аррениуса

$$\ln \frac{k(T_2)}{k(T_1)} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Подставляем:

$$\frac{E_{a,2}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) - \frac{E_{a,1}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \ln 3.$$

$$(E_{a,2} - E_{a,1}) \frac{1}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \ln 3.$$

Учитывая, что $T_1 = 323 \text{ K}$, $T_2 = 373 \text{ K}$, получаем

$$E_{a,2} - E_{a,1} = \frac{1}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} R \ln 3 = 22 \text{ кДж/моль}$$

Чтобы найти искомую температуру T_3 , запишем для неё аналогичное соотношение:

$$(E_{a,2} - E_{a,1}) \frac{1}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_3} \right) = \ln 9.$$

При этом мы учли, что относительное ускорение второй реакции по сравнению с первой при переходе от T_2 к T_3 составило 9.

$$\frac{1}{T_3} = \frac{1}{T_2} - \frac{R \ln 9}{E_{a,2} - E_{a,1}}.$$

Отсюда $T_3 = 540 \text{ K} = 267 \text{ }^\circ\text{C}$.

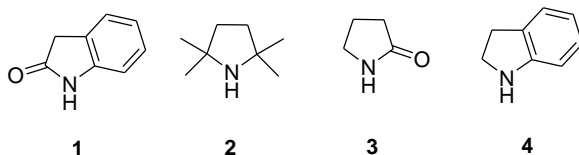
Ответ: Энергия активации второй реакции больше первой на 22 кДж/моль, температура необходима 267 $^\circ\text{C}$.

Задача 7 (15 баллов)

Вариант 1

Кислотность и основность органических молекул выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего их реакционную способность. Для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать их кислотно-основные свойства.

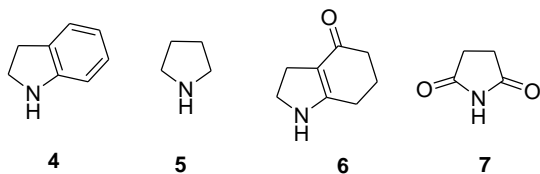
Расположите указанные соединения в порядке увеличения кислотности.



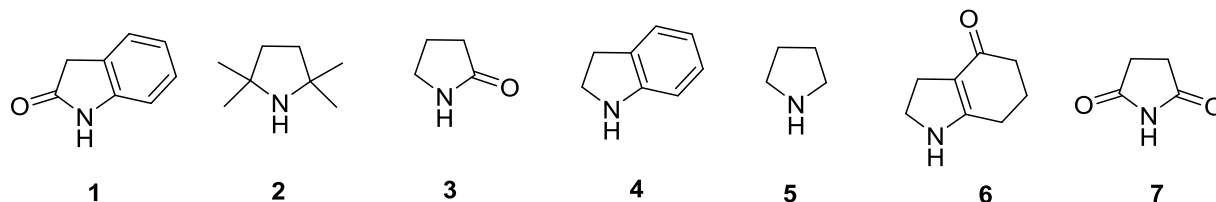
Вариант 2

Кислотность и основность органических молекул выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего их реакционную способность. Для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать их кислотно-основные свойства.

Расположите указанные соединения в порядке увеличения кислотности.



Решение вариантов 1 и 2.

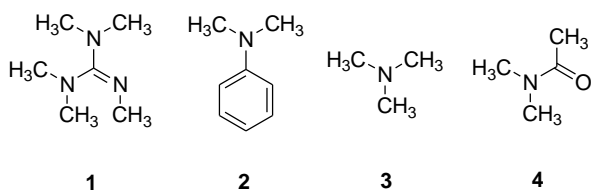


Ответ: $2 < 5 < 4 < 3 < 6 < 1 < 7$

Вариант 3

Кислотность и основность органических молекул выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего их реакционную способность. Для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать их кислотно-основные свойства.

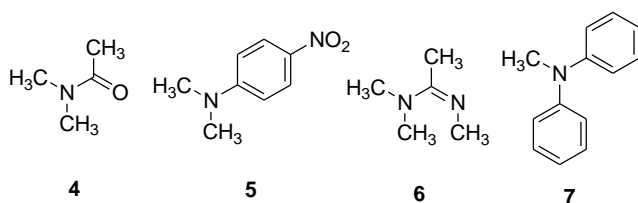
Расположите указанные соединения в порядке увеличения основности.



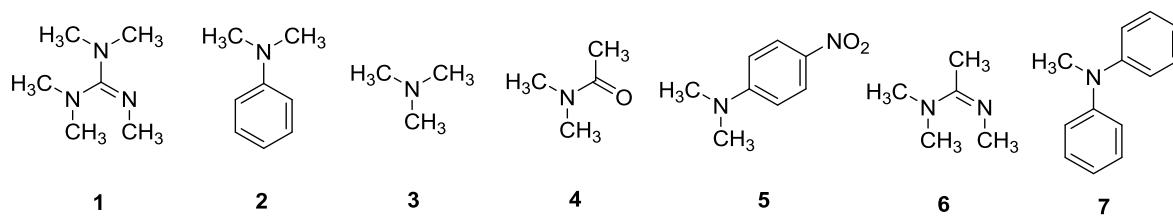
Вариант 4

Кислотность и основность органических молекул выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего их реакционную способность. Для предсказания реакционной способности соединений важно уметь оценивать их кислотно-основные свойства.

Расположите указанные соединения в порядке увеличения основности.



Решение вариантов 3 и 4.



Ответ: 4 < 5 < 7 < 2 < 3 < 6 < 1