

LXXXI Московская олимпиада школьников по химии

Отборочный этап декабрь 2024 г.

10 класс

Каждое задание оценивается максимально в 10 баллов

Всего за выполнение варианта – максимально 100 баллов

№ 1-1

Показатель кислотности pH – это величина, показывающая содержание катионов водорода  $[H^+]$  в растворе. В зависимости от типа растворённого вещества он может принимать различные значения. Нейтральной среде в водном растворе при 25°C соответствует pH = 7,0. Соотнесите формулы химических веществ со значениями pH их водных растворов с концентрацией 0,01 М.

Вещество	pH 0,01 М раствора
$H_2SeO_4$	2,90
$TiOH$	8,34
$NH_4N_3$	1,70
$NaHCO_3$	6,98
$HCOOH$	12,00

Решение

Среди предложенного перечня соединений присутствуют сильная двухосновная кислота  $H_2SeO_4$ , слабая одноосновная кислота  $HCOOH$ , соль слабой кислоты и слабого основания  $NH_4N_3$ , соль слабой кислоты и сильного основания  $NaHCO_3$  и сильное основание  $TiOH$ . Значения pH, лежащие в сильнокислой области, соответствуют  $H_2SeO_4$  и  $HCOOH$ , причём меньшее из них характеризует раствор более сильной селеновой кислоты. Азид аммония образован кислотой и основанием с сопоставимой силой, поэтому pH его раствора близок к нейтральному. Вследствие гидролиза гидрокарбонат натрия создаёт в растворе слабощелочную реакцию среды с pH = 8,34. В то же время сильное основание  $TiOH$  диссоциирует нацело.

Ответ

Вещество	pH 0,01 М раствора
$H_2SeO_4$	1,70
$TiOH$	12,00
$NH_4N_3$	6,98
$NaHCO_3$	8,34
$HCOOH$	2,90

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

**№ 1-2**

Показатель кислотности рН – это величина, показывающая содержание катионов водорода  $[H^+]$  в растворе. В зависимости от типа растворённого вещества он может принимать различные значения. Нейтральной среде в водном растворе при 25°C соответствует рН = 7,0. Соотнесите формулы химических веществ со значениями рН их водных растворов с концентрацией 0,01 М.

<b>Вещество</b>	<b>рН 0,01 М раствора</b>
$Sr(OH)_2$	9,91
$HNO_3$	3,39
$NH_4N_3$	12,30
$Na_2HPO_4$	6,98
$CH_3COOH$	2,00

**Решение**

Среди предложенного перечня соединений присутствуют сильная одноосновная кислота  $HNO_3$ , слабая одноосновная кислота  $CH_3COOH$ , соль слабой кислоты и слабого основания  $NH_4N_3$ , соль слабой кислоты и сильного основания  $Na_2HPO_4$  и сильное основание  $Sr(OH)_2$ . Значения рН, лежащие в сильнокислой области, соответствуют  $HNO_3$  и  $CH_3COOH$ , причём меньшее из них характеризует раствор более сильной азотной кислоты. Азид аммония образован кислотой и основанием с сопоставимой силой, поэтому рН его раствора близок к нейтральному. Вследствие гидролиза гидрофосфат натрия создаёт в растворе щелочную реакцию среды с рН = 9,91. В то же время сильное основание  $Sr(OH)_2$  диссоциирует нацело.

**Ответ**

<b>Вещество</b>	<b>рН 0,01 М раствора</b>
$Sr(OH)_2$	12,30
$HNO_3$	2,00
$NH_4N_3$	6,98
$Na_2HPO_4$	9,91
$CH_3COOH$	3,39

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

**№ 1-3**

Показатель кислотности pH – это величина, показывающая содержание катионов водорода  $[H^+]$  в растворе. В зависимости от типа растворённого вещества он может принимать различные значения. Нейтральной среде в водном растворе при 25°C соответствует pH = 7,0. Соотнесите формулы химических веществ со значениями pH их водных растворов с концентрацией 0,01 М.

<b>Вещество</b>	<b>pH 0,01 М раствора</b>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,39
CsOH	8,34
NH <sub>4</sub> N <sub>3</sub>	1,70
KHCO <sub>3</sub>	6,98
CH <sub>3</sub> COOH	12,00

**Решение**

Среди предложенного перечня соединений присутствуют сильная двухосновная кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, слабая одноосновная кислота CH<sub>3</sub>COOH, соль слабой кислоты и слабого основания NH<sub>4</sub>N<sub>3</sub>, соль слабой кислоты и сильного основания NaHCO<sub>3</sub> и сильное основание CsOH. Значения pH, лежащие в сильнокислой области, соответствуют H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и CH<sub>3</sub>COOH, причём меньшее из них характеризует раствор более сильной серной кислоты. Азид аммония образован кислотой и основанием с сопоставимой силой, поэтому pH его раствора близок к нейтральному. Вследствие гидролиза гидрокарбонат калия создаёт в растворе слабощелочную реакцию среды с pH = 8,34. В то же время сильное основание CsOH диссоциирует нацело.

**Ответ**

<b>Вещество</b>	<b>pH 0,01 М раствора</b>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,70
CsOH	12,00
NH <sub>4</sub> N <sub>3</sub>	6,98
KHCO <sub>3</sub>	8,34
CH <sub>3</sub> COOH	3,39

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

**№ 1-4**

Показатель кислотности рН – это величина, показывающая содержание катионов водорода  $[H^+]$  в растворе. В зависимости от типа растворённого вещества он может принимать различные значения. Нейтральной среде в водном растворе при  $25^{\circ}C$  соответствует  $pH = 7,0$ . Соотнесите формулы химических веществ со значениями рН их водных растворов с концентрацией 0,01 М.

<b>Вещество</b>	<b>pH 0,01 М раствора</b>
$Ba(OH)_2$	9,91
$HClO_4$	2,90
$NH_4N_3$	12,30
$K_2HPO_4$	6,98
$HCOOH$	2,00

**Решение**

Среди предложенного перечня соединений присутствуют сильная одноосновная кислота  $HClO_4$ , слабая одноосновная кислота  $HCOOH$ , соль слабой кислоты и слабого основания  $NH_4N_3$ , соль слабой кислоты и сильного основания  $K_2HPO_4$  и сильное основание  $Ba(OH)_2$ . Значения рН, лежащие в сильнокислой области, соответствуют  $HClO_4$  и  $HCOOH$ , причём меньшее из них характеризует раствор более сильной хлорной кислоты. Азид аммония образован кислотой и основанием с сопоставимой силой, поэтому рН его раствора близок к нейтральному. Вследствие гидролиза гидрофосфат калия создаёт в растворе щелочную реакцию среды с  $pH = 9,91$ . В то же время сильное основание  $Ba(OH)_2$  диссоциирует нацело.

**Ответ**

<b>Вещество</b>	<b>pH 0,01 М раствора</b>
$Ba(OH)_2$	12,30
$HClO_4$	2,00
$NH_4N_3$	6,98
$K_2HPO_4$	9,91
$HCOOH$	2,90

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

**№ 2-1.**

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка:  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{SO}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{PBr}_5$ ,  $\text{SOCl}_2$  – поместили в децимолярный 0,1 М водный раствор гидроксида бария. Из предложенного списка веществ выберите те, добавление которых к гидроксиду бария приведёт к выпадению белого осадка, растворимого в большинстве сильных кислот.

**Решение**

$\text{POCl}_3$  и  $\text{PBr}_5$  полностью разлагаются водным раствором гидроксида бария с образованием фосфата бария  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$  и соответствующей соли галогеноводородной кислоты. Аналогично из нерастворимых солей при разложении  $\text{SO}_2\text{Br}_2$  и  $\text{SOCl}_2$  в растворе образуются  $\text{BaSO}_4$  и  $\text{BaSO}_3$  соответственно.  $\text{SF}_6$  является инертным веществом и не разлагается водным раствором гидроксида бария. Добавление  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  к  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  приводит к выпадению осадка  $\text{BaCO}_3$ . Среди образующихся малорастворимых веществ в большинстве сильных кислот растворимы только  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_3$  и  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ . Таким образом, под условие задачи подходят  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{PBr}_5$ ,  $\text{SOCl}_2$ .

**Ответ:**

$\text{POCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{PBr}_5$ ,  $\text{SOCl}_2$

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

**№ 2-2**

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка:  $\text{POBr}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SOBr}_2$  – поместили в децимолярный 0,1 М водный раствор гидроксида стронция. Из предложенного списка веществ выберите те, добавление которых к гидроксиду стронция приведёт к выпадению белого осадка, растворимого в большинстве сильных кислот.

**Решение**

$\text{POCl}_3$  и  $\text{PBr}_5$  полностью разлагаются водным раствором гидроксида стронция с образованием фосфата стронция  $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$  и соответствующей соли галогеноводородной кислоты. Аналогично из нерастворимых солей при разложении  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{SOBr}_2$  в растворе образуются  $\text{SrSO}_4$  и  $\text{SrSO}_3$  соответственно.  $\text{SF}_6$  является инертным веществом и не разлагается водным раствором гидроксида стронция. Добавление  $\text{KHCO}_3$  к  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  приводит к выпадению осадка  $\text{SrCO}_3$ . Среди образующихся малорастворимых веществ в большинстве сильных кислот растворимы только  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{SrSO}_3$  и  $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$ . Таким образом, под условие задачи подходят  $\text{POBr}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SOBr}_2$ .

**Ответ:**

$\text{POBr}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SOBr}_2$

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

### № 2-3

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка:  $\text{POBr}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{SO}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  – поместили в децимолярный 0,1 М водный раствор гидроксида бария. Из предложенного списка веществ выберите те, добавление которых к гидроксиду бария приведёт к выпадению белого осадка, растворимого в большинстве сильных кислот.

#### Решение

$\text{POBr}_3$  и  $\text{PCl}_5$  полностью разлагаются водным раствором гидроксида бария с образованием фосфата бария  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$  и соответствующей соли галогеноводородной кислоты. Аналогично из нерастворимых солей при разложении  $\text{SO}_2\text{Br}_2$  и  $\text{COCl}_2$  в растворе образуются  $\text{BaSO}_4$  и  $\text{BaCO}_3$  соответственно.  $\text{SF}_6$  является инертным веществом и не разлагается водным раствором гидроксида бария. Добавление  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  к  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  приводит к выпадению осадка  $\text{BaSO}_3$ . Среди образующихся малорастворимых веществ в большинстве сильных кислот растворимы только  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{BaSO}_3$  и  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ . Таким образом, под условие задачи подходят  $\text{POBr}_3$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .

#### Ответ:

$\text{POBr}_3$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$

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

### № 2-4

Образцы, содержащие по 1 г веществ из следующего списка:  $\text{POBr}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{COBr}_2$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{NaHSO}_3$  – поместили в децимолярный 0,1 М водный раствор гидроксида стронция. Из предложенного списка веществ выберите те, добавление которых к гидроксиду стронция приведёт к выпадению белого осадка, растворимого в большинстве сильных кислот.

#### Решение

$\text{POBr}_3$  и  $\text{PCl}_5$  полностью разлагаются водным раствором гидроксида стронция с образованием фосфата стронция  $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$  и соответствующей соли галогеноводородной кислоты. Аналогично из нерастворимых солей при разложении  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{COBr}_2$  в растворе образуются  $\text{SrSO}_4$  и  $\text{SrCO}_3$  соответственно.  $\text{SF}_6$  является инертным веществом и не разлагается водным раствором гидроксида стронция. Добавление  $\text{NaHSO}_3$  к  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  приводит к выпадению осадка  $\text{SrSO}_3$ . Среди образующихся малорастворимых веществ в большинстве сильных кислот растворимы только  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{SrSO}_3$  и  $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$ . Таким образом, под условие задачи подходят  $\text{POBr}_3$ ,  $\text{COBr}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{NaHSO}_3$ .

#### Ответ:

$\text{POBr}_3$ ,  $\text{COBr}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{NaHSO}_3$

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

**№ 3-1.** При добавлении хлорида бария к смеси кислой и средней натриевых солей двухосновной кислоты **X** образуется белый осадок **A** массой 0,25 г, не растворимый в концентрированной соляной и азотной кислотах. При действии на раствор, содержащий такие же натриевые соли, смесью хлорида бария и гидроксида натрия образуется тот же осадок **A** массой 0,25 г.

1. Определите молекулярную формулу кислоты **X**, если её анион приведён в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите относительную массу её двухзарядного аниона в а.е.м. с точностью до целых.

2. Приведите название природного минерала, основным компонентом которого является вещество **A**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

#### **Решение**

Среди анионов двухосновных кислот, приведённых в школьной таблице растворимости, есть сульфид  $S^{2-}$ , сульфит  $SO_3^{2-}$ , сульфат  $SO_4^{2-}$ , карбонат  $CO_3^{2-}$ , силикат  $SiO_3^{2-}$ , хромат  $CrO_4^{2-}$  и бихромат  $Cr_2O_7^{2-}$ . Заметим, что масса образующегося осадка соединения **A** не зависит от типа используемой соли кислоты **X**, поэтому можно исключить из рассмотрения те кислоты, кислые бариевые соли которых растворимы. Это гидросульфит  $HSO_3^-$ , гидросульфид  $HS^-$  и гидрокарбонат  $HCO_3^-$ . Кислых силикатов в растворах не существует, а осадки солей бария с анионами шестивалентного хрома обладают окраской. Единственным возможным вариантом, подходящим под условие задачи является сульфат  $SO_4^{2-}$ . Его относительная масса равна 96 а.е.м. Сульфат бария встречается в природе в составе минерала барита  $BaSO_4$ .

**Ответы:** 1) 96; 2) Барит

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

**№ 3-2.** При добавлении хлорида бария к смеси кислой и средней натриевых солей двухосновной кислоты **X** образуется белый осадок **A** массой 0,35 г, не растворимый в концентрированной соляной и азотной кислотах. При действии на раствор, содержащий такие же натриевые соли, смесью хлорида бария и гидроксида натрия образуется тот же осадок **A** массой 0,35 г.

1. Определите молекулярную формулу кислоты **X**, если её анион приведён в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите относительную массу её двухзарядного аниона в а.е.м. с точностью до целых.

2. Приведите название природного минерала, основным компонентом которого является вещество **A**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

#### **Решение**

Среди анионов двухосновных кислот, приведённых в школьной таблице растворимости, есть сульфид  $S^{2-}$ , сульфит  $SO_3^{2-}$ , сульфат  $SO_4^{2-}$ , карбонат  $CO_3^{2-}$ , силикат  $SiO_3^{2-}$ , хромат  $CrO_4^{2-}$  и бихромат  $Cr_2O_7^{2-}$ . Заметим, что масса образующегося осадка соединения **A** не зависит от типа используемой соли кислоты **X**, поэтому можно исключить из рассмотрения те кислоты, кислые бариевые соли которых растворимы. Это гидросульфит  $HSO_3^-$ , гидросульфид  $HS^-$  и гидрокарбонат  $HCO_3^-$ . Кислых силикатов в растворах не существует, а осадки солей бария с анионами шестивалентного хрома обладают окраской. Единственным возможным вариантом, подходящим под условие задачи является сульфат  $SO_4^{2-}$ . Его относительная масса равна 96 а.е.м. Сульфат бария встречается в природе в составе минерала барита  $BaSO_4$ .

**Ответы:** 1) 96; 2) Барит

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

**№ 3-3.** При добавлении хлорида бария к смеси кислой и средней натриевых солей двухосновной кислоты **X** образуется белый осадок **A** массой 0,45 г, не растворимый в концентрированной соляной и азотной кислотах. При действии на раствор, содержащий такие же натриевые соли, смесью хлорида бария и гидроксида натрия образуется тот же осадок **A** массой 0,45 г.

1. Определите молекулярную формулу кислоты **X**, если её анион приведён в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите относительную массу её двухзарядного аниона в а.е.м. с точностью до целых.

2. Приведите название природного минерала, основным компонентом которого является вещество **A**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

#### **Решение**

Среди анионов двухосновных кислот, приведённых в школьной таблице растворимости, есть сульфид  $S^{2-}$ , сульфит  $SO_3^{2-}$ , сульфат  $SO_4^{2-}$ , карбонат  $CO_3^{2-}$ , силикат  $SiO_3^{2-}$ , хромат  $CrO_4^{2-}$  и бихромат  $Cr_2O_7^{2-}$ . Заметим, что масса образующегося осадка соединения **A** не зависит от типа используемой соли кислоты **X**, поэтому можно исключить из рассмотрения те кислоты, кислые бариевые соли которых растворимы. Это гидросульфит  $HSO_3^-$ , гидросульфид  $HS^-$  и гидрокарбонат  $HCO_3^-$ . Кислых силикатов в растворах не существует, а осадки солей бария с анионами шестивалентного хрома обладают окраской. Единственным возможным вариантом, подходящим под условие задачи является сульфат  $SO_4^{2-}$ . Его относительная масса равна 96 а.е.м. Сульфат бария встречается в природе в составе минерала барита  $BaSO_4$ .

**Ответы:** 1) 96; 2) Барит

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

**№ 3-4.** При добавлении хлорида бария к смеси кислой и средней натриевых солей двухосновной кислоты **X** образуется белый осадок **A** массой 0,15 г, не растворимый в концентрированной соляной и азотной кислотах. При действии на раствор, содержащий такие же натриевые соли, смесью хлорида бария и гидроксида натрия образуется тот же осадок **A** массой 0,15 г.

1. Определите молекулярную формулу кислоты **X**, если её анион приведён в обычной школьной таблице растворимости. В ответе запишите относительную массу её двухзарядного аниона в а.е.м. с точностью до целых.

2. Приведите название природного минерала, основным компонентом которого является вещество **A**. Для записи ответа используйте одно существительное в именительном падеже единственного числа с заглавной буквы, например, Сода.

#### **Решение**

Среди анионов двухосновных кислот, приведённых в школьной таблице растворимости, есть сульфид  $S^{2-}$ , сульфит  $SO_3^{2-}$ , сульфат  $SO_4^{2-}$ , карбонат  $CO_3^{2-}$ , силикат  $SiO_3^{2-}$ , хромат  $CrO_4^{2-}$  и бихромат  $Cr_2O_7^{2-}$ . Заметим, что масса образующегося осадка соединения **A** не зависит от типа используемой соли кислоты **X**, поэтому можно исключить из рассмотрения те кислоты, кислые бариевые соли которых растворимы. Это гидросульфит  $HSO_3^-$ , гидросульфид  $HS^-$  и гидрокарбонат  $HCO_3^-$ . Кислых силикатов в растворах не существует, а осадки солей бария с анионами шестивалентного хрома обладают окраской. Единственным возможным вариантом, подходящим под условие задачи является сульфат  $SO_4^{2-}$ . Его относительная масса равна 96 а.е.м. Сульфат бария встречается в природе в составе минерала барита  $BaSO_4$ .

**Ответы:** 1) 96; 2) Барит

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

#### № 4-1

При жёстком окислении углеводорода **A** с одной кратной связью избытком подкисленного раствора перманганата калия образуется единственный органический продукт **B**, молекула которого содержит в два раза меньше атомов углерода и водорода, чем **A**. **B** легко взаимодействует с водным раствором гидроксида натрия с образованием соли, электролиз водного раствора которой может использоваться для лабораторного получения 2,3-диметилбутана.

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

#### Решение

В ходе электролиза водного раствора натриевой соли карбоновой кислоты образуется углеводород, состоящий из двух заместителей R-R, расположенных при карбоксильной группе:



Образование 2,3-диметилбутана в ходе данного превращения свидетельствует о наличии в исходном соединении изопропильного фрагмента: R – (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH-. Соединение **B** представляет собой 2-метилпропионовую кислоту **B** – (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHCOOH. При окислении исходного углеводорода вещество **B** образуется в качестве единственного продукта, поэтому **A** представляет собой симметричный алкин или алкен, содержащий водороды при двойной связи. Поскольку число атомов водорода в **B** ровно вдвое меньше атомов водорода, чем **A**, сделаем выбор в пользу алкена: **A** – (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH-CH=CH-CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Условию задачи соответствуют оба геометрических изомера углеводорода **A**: *цис*- и *транс*-

#### Ответ

1. 112
2. 88
3. 2

Оценивание: по 4 балла за верные ответы 1 и 2, 2 балла за верный ответ 3, максимум 10 баллов

#### № 4-2

При жёстком окислении углеводорода **A** с одной кратной связью избытком подкисленного раствора перманганата калия образуется единственный органический продукт **B**, молекула которого содержит в два раза меньше атомов углерода и водорода, чем **A**. **B** легко взаимодействует с водным раствором гидроксида натрия с образованием соли, электролиз водного раствора которой может использоваться для лабораторного получения *n*-гексана.

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

#### Решение

В ходе электролиза водного раствора натриевой соли карбоновой кислоты образуется углеводород, состоящий из двух заместителей R-R, расположенных при карбоксильной группе:



Образование *n*-гексана в ходе данного превращения свидетельствует о наличии в исходном соединении *n*-пропильного фрагмента: R – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-. Соединение **B** представляет собой бутановую кислоту **B** – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH. При окислении исходного углеводорода вещество **B** образуется в качестве единственного продукта, поэтому **A** представляет собой симметричный алкин или алкен, содержащий водороды при двойной связи. Поскольку число атомов водорода в **B** ровно вдвое меньше атомов водорода, чем **A**, сделаем выбор в пользу алкена: **A** – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>. Условию задачи соответствуют оба геометрических изомера углеводорода **A**: *цис*- и *транс*-.

#### Ответ

1. 112
2. 88
3. 2

Оценивание: по 4 балла за верные ответы 1 и 2, 2 балла за верный ответ 3, максимум 10 баллов

### № 4-3

При жёстком окислении углеводорода **A** с одной кратной связью избытком подкисленного раствора перманганата калия образуется единственный органический продукт **B**, молекула которого содержит в два раза меньше атомов углерода и водорода, чем **A**. **B** легко взаимодействует с водным раствором гидроксида натрия с образованием соли, электролиз водного раствора которой может использоваться для лабораторного получения *n*-бутана.

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

### Решение

В ходе электролиза водного раствора натриевой соли карбоновой кислоты образуется углеводород, состоящий из двух заместителей R-R, расположенных при карбоксильной группе:



Образование *n*-бутана в ходе данного превращения свидетельствует о наличии в исходном соединении этильного фрагмента: R – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-. Соединение **B** представляет собой пропионовую кислоту **B** – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH. При окислении исходного углеводорода вещество **B** образуется в качестве единственного продукта, поэтому **A** представляет собой симметричный алкин или алкен, содержащий водороды при двойной связи. Поскольку число атомов водорода в **B** ровно вдвое меньше атомов водорода, чем **A**, сделаем выбор в пользу алкена: **A** – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>. Условию задачи соответствуют оба геометрических изомера углеводорода **A**: *цис*- и *транс*-.

### Ответ

1. 84
2. 74
3. 2

Оценивание: по 4 балла за верные ответы 1 и 2, 2 балла за верный ответ 3, максимум 10 баллов

#### № 4-4

При жёстком окислении углеводорода **A** с одной кратной связью избытком подкисленного раствора перманганата калия образуется единственный органический продукт **B**, молекула которого содержит в два раза меньше атомов углерода и водорода, чем **A**. **B** легко взаимодействует с водным раствором гидроксида натрия с образованием соли, электролиз водного раствора которой может использоваться для лабораторного получения *n*-октана.

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

#### Решение

В ходе электролиза водного раствора натриевой соли карбоновой кислоты образуется углеводород, состоящий из двух заместителей R-R, расположенных при карбоксильной группе:



Образование *n*-октана в ходе данного превращения свидетельствует о наличии в исходном соединении *n*-бутильного фрагмента: R – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-. Соединение **B** представляет собой пентановую кислоту **B** – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH. При окислении исходного углеводорода вещество **B** образуется в качестве единственного продукта, поэтому **A** представляет собой симметричный алкин или алкен, содержащий водороды при двойной связи. Поскольку число атомов водорода в **B** ровно вдвое меньше атомов водорода, чем **A**, сделаем выбор в пользу алкена: **A** – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>. Условию задачи соответствуют оба геометрических изомера углеводорода **A**: *цис*- и *транс*-.

#### Ответ

1. 140
2. 102
3. 2

Оценивание: по 4 балла за верные ответы 1 и 2, 2 балла за верный ответ 3, максимум 10 баллов

### № 5-1

Для оценки влияния растворённых веществ на температуру кипения раствора исследователь приготовил смесь твёрдых хлорида магния и сульфата алюминия, в которой мольная доля первой соли составляет 40,0%. Далее он поместил её в чистую дистиллированную воду до концентрации 0,20 моль/кг и нагрел полученный раствор до кипения.

1. Вычислите среднее число моль ионов, образующихся при полной диссоциации одного моль смеси. Ответ выразите с точностью до десятых, единицы измерения указывать не нужно.
2. Какую температуру покажет термомпара, помещённая в кипящий раствор? Ответ выразите в °С с точностью до сотых, единицу измерения указывать не нужно. Температуру кипения воды примите равной 100,00°С.

### Справочные данные

Повышение температуры кипения водного раствора [°С] может быть рассчитано по формуле:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m},$$

где  $i$  – среднее число моль ионов, образовавшихся из одного моля смеси,  $\tilde{m}$  – моляльная концентрация раствора [моль/кг].

### Решение

В 1 моле исходной смеси содержится 0,4 моль хлорида магния и 0,6 моль сульфата алюминия. В ходе полной диссоциации 1 моль  $MgCl_2$  превращается в 3 моля ионов, а 1 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – в 5 моль. Из 0,4 моль  $MgCl_2$  образуется 1,2 моль ионов, а из 0,6 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – 3,0 моль ионов. Таким образом, из 1 моля смеси солей образуется 4,2 моль ионов.

Рассчитаем повышение температуры кипения раствора:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m} = 0,526 \frac{^{\circ}C \cdot кг}{моль} \cdot 4,2 \cdot 0,20 \frac{моль}{кг} = 0,44^{\circ}C.$$

Таким образом, температура кипения конечного раствора составит 100,44°С.

### Ответ

1. 4,2
2. 100,44

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

## № 5-2

Для оценки влияния растворённых веществ на температуру кипения раствора исследователь приготовил смесь твёрдых хлорида магния и сульфата алюминия, в которой мольная доля первой соли составляет 30,0%. Далее он поместил её в чистую дистиллированную воду до концентрации 0,40 моль/кг и нагрел полученный раствор до кипения.

1. Вычислите среднее число моль ионов, образующихся при полной диссоциации одного моль смеси. Ответ выразите с точностью до десятых, единицы измерения указывать не нужно.
2. Какую температуру покажет термометр, помещённый в кипящий раствор? Ответ выразите в °С с точностью до сотых, единицу измерения указывать не нужно. Температуру кипения воды примите равной 100,00°С.

### Справочные данные

Повышение температуры кипения водного раствора [°С] может быть рассчитано по формуле:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m},$$

где  $i$  – среднее число моль ионов, образовавшихся из одного моля смеси,  $\tilde{m}$  – моляльная концентрация раствора [моль/кг].

### Решение

В 1 моле исходной смеси содержится 0,3 моль хлорида магния и 0,7 моль сульфата алюминия. В ходе полной диссоциации 1 моль  $MgCl_2$  превращается в 3 моля ионов, а 1 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – в 5 моль. Из 0,3 моль  $MgCl_2$  образуется 0,9 моль ионов, а из 0,6 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – 3,5 моль ионов. Таким образом, из 1 моля смеси солей образуется 4,4 моль ионов.

Рассчитаем повышение температуры кипения раствора:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m} = 0,526 \frac{^{\circ}C \cdot кг}{моль} \cdot 4,4 \cdot 0,40 \frac{моль}{кг} = 0,93^{\circ}C.$$

Таким образом, температура кипения конечного раствора составит 100,93°С.

### Ответ

1. 4,4
2. 100,93

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

### № 5-3

Для оценки влияния растворённых веществ на температуру кипения раствора исследователь приготовил смесь твёрдых хлорида магния и сульфата алюминия, в которой мольная доля первой соли составляет 60,0%. Далее он поместил её в чистую дистиллированную воду до концентрации 0,30 моль/кг и нагрел полученный раствор до кипения.

1. Вычислите среднее число моль ионов, образующихся при полной диссоциации одного моль смеси. Ответ выразите с точностью до десятых, единицы измерения указывать не нужно.
2. Какую температуру покажет термомпара, помещённая в кипящий раствор? Ответ выразите в °С с точностью до сотых, единицу измерения указывать не нужно. Температуру кипения воды примите равной 100,00°С.

### Справочные данные

Повышение температуры кипения водного раствора [°С] может быть рассчитано по формуле:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m},$$

где  $i$  – среднее число моль ионов, образовавшихся из одного моля смеси,  $\tilde{m}$  – моляльная концентрация раствора [моль/кг].

### Решение

В 1 моле исходной смеси содержится 0,6 моль хлорида магния и 0,4 моль сульфата алюминия. В ходе полной диссоциации 1 моль  $MgCl_2$  превращается в 3 моля ионов, а 1 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – в 5 моль. Из 0,6 моль  $MgCl_2$  образуется 1,8 моль ионов, а из 0,4 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – 2,0 моль ионов. Таким образом, из 1 моля смеси солей образуется 3,8 моль ионов.

Рассчитаем повышение температуры кипения раствора:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m} = 0,526 \frac{^{\circ}C \cdot кг}{моль} \cdot 3,8 \cdot 0,30 \frac{моль}{кг} = 0,60^{\circ}C.$$

Таким образом, температура кипения конечного раствора составит 100,60°С.

### Ответ

1. 3,8
2. 100,60

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

#### № 5-4

Для оценки влияния растворённых веществ на температуру кипения раствора исследователь приготовил смесь твёрдых хлорида магния и сульфата алюминия, в которой мольная доля первой соли составляет 20,0%. Далее он поместил её в чистую дистиллированную воду до концентрации 0,26 моль/кг и нагрел полученный раствор до кипения.

1. Вычислите среднее число моль ионов, образующихся при полной диссоциации одного моль смеси. Ответ выразите с точностью до десятых, единицы измерения указывать не нужно.
2. Какую температуру покажет термометр, помещённый в кипящий раствор? Ответ выразите в °С с точностью до сотых, единицу измерения указывать не нужно. Температуру кипения воды примите равной 100,00°С.
- 3.

#### Справочные данные

Повышение температуры кипения водного раствора [°С] может быть рассчитано по формуле:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m},$$

где  $i$  – среднее число моль ионов, образовавшихся из одного моля смеси,  $\tilde{m}$  – моляльная концентрация раствора [моль/кг].

#### Решение

В 1 моле исходной смеси содержится 0,2 моль хлорида магния и 0,8 моль сульфата алюминия. В ходе полной диссоциации 1 моль  $MgCl_2$  превращается в 3 моля ионов, а 1 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – в 5 моль. Из 0,2 моль  $MgCl_2$  образуется 0,6 моль ионов, а из 0,8 моль  $Al_2(SO_4)_3$  – 4,0 моль ионов. Таким образом, из 1 моля смеси солей образуется 4,6 моль ионов.

Рассчитаем повышение температуры кипения раствора:

$$\Delta T = 0,526 \cdot i \cdot \tilde{m} = 0,526 \frac{^{\circ}C \cdot кг}{моль} \cdot 4,6 \cdot 0,26 \frac{моль}{кг} = 0,63^{\circ}C.$$

Таким образом, температура кипения конечного раствора составит 100,63°С.

#### Ответ

1. 4,6
2. 100,63

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

**№ 6-1**

Из предложенного выпадающего списка выберите условия протекания реакции, название которой представлено в левом столбце:

Название реакции	Условия протекания реакции
Эпокси́дирование алкенов	ОН/Н <sub>2</sub> O
Озонолиз алкенов	Н <sub>2</sub> O/HgSO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Полимеризация алкенов	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> Li/C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
Гидратация алкинов	O <sub>2</sub> /Co(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>
Гидролиз хлорангидридов	CH <sub>3</sub> COONa/CH <sub>3</sub> COOH/t°
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /CF <sub>3</sub> COOH
	O <sub>3</sub> /C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O/25°C
	O <sub>2</sub> /Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> /PdCl <sub>2</sub>

**Рекомендации к решению**

Эпокси́дирование алкенов обычно проводят с помощью перкислот RCOOOH, которые генерируют непосредственно в реакционной смеси из соответствующей кислоты и пероксида водорода.

Озонолиз алкенов проводят с помощью озона в тетрагидрофуране при комнатной температуре.

Для анионной полимеризации алкенов используется гексановый раствор н-бутиллития.

Гидратация алкинов проходит под действием подкисленного водного раствора сульфата двухвалентной ртути.

Гидролиз хлорангидридов карбоновых кислот происходит под действием водного раствора щёлочи.

**Ответ**

Реагенты	Название реакций
Эпокси́дирование алкенов	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /CF <sub>3</sub> COOH
Озонолиз алкенов	O <sub>3</sub> /C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O/25°C
Полимеризация алкенов	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> Li/C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
Гидратация алкинов	H <sub>2</sub> O/HgSO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Гидролиз хлорангидридов	ОН/Н <sub>2</sub> O

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

**№ 6-2**

Из предложенного выпадающего списка выберите условия протекания реакции, название которой представлено в левом столбце:

Название реакции	Условия протекания реакции
Эпокси́дирование алкенов	$C_4H_9O^-/C_4H_9OH$
Гидратация алкенов	$H_2O/H_2SO_4$
Дегидрогалогенирование хлоралканов	$Na/C_6H_{14}$
Полимеризация алкенов	$O_2/Co(CH_3COO)_2$
Озонолиз алкинов	$CH_3COONa/CH_3COOH/t^\circ$
	$C_6H_4ClCOOH$
	$O_3/C_4H_8O/25^\circ C$
	$O_2/Cu_2Cl_2/PdCl_2$

**Рекомендации к решению**

Эпокси́дирование алкенов обычно проводят с помощью пероксидов  $RCOOH$ , например, мета-хлорпербензойной кислоты  $C_6H_4ClCOOH$ .

Гидратация алкенов проходит под действием водного раствора серной кислоты.

Дегидрогалогенирование хлоралканов осуществляется под действием алкоголятов в соответствующих спиртах.

Для анионной полимеризации алкенов используется гексановый раствор натрия.

Озонолиз алкинов проводят с помощью озона в тетрагидрофуране при комнатной температуре.

**Ответ**

Реагенты	Название реакций
Эпокси́дирование алкенов	$C_6H_4ClCOOH$
Гидратация алкенов	$H_2O/H_2SO_4$
Дегидрогалогенирование хлоралканов	$C_4H_9O^-/C_4H_9OH$
Полимеризация алкенов	$Na/C_6H_{14}$
Озонолиз алкинов	$O_3/C_4H_8O/25^\circ C$

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

**№ 6-3**

Из предложенного выпадающего списка выберите условия протекания реакции, название которой представлено в левом столбце:

Название реакции	Условия протекания реакции
Дигидроксилирование алкенов	$C_4H_9O^-/C_4H_9OH$
Гидратация алкинов	$H_2O/HgSO_4/H_2SO_4$
Дегидрогалогенирование хлоралкенов	$TiCl_4/Al(C_2H_5)_3$
Полимеризация алкенов	$Cl_2/SO_3/h\nu$
Сульфохлорирование алканов	$CH_3COONa/CH_3COOH/t^\circ$
	$KMnO_4/H_2O/0^\circ C$
	$Cl_2/SO_2/h\nu$
	$O_2/Cu_2Cl_2/PdCl_2$

**Рекомендации к решению**

Дигидроксилирование алкенов, также известное как реакция Вагнера, представляет собой взаимодействие алкена с охлаждённым водным раствором перманганата калия.

Гидратация алкинов проходит под действием подкисленного водного раствора сульфата двухвалентной ртути.

Дегидрогалогенирование хлоралкенов осуществляется под действием алкоголятов в соответствующих спиртах.

Для координационно-ионной полимеризации алкенов используется катализатор Циглера-Натты, состоящий из тетрахлорида титана и триэтилалюминия.

Сульфохлорирование алканов представляет собой обработку исходного вещества смесью хлора и диоксида серы на свету.

**Ответ**

Реагенты	Название реакций
Дигидроксилирование алкенов	$KMnO_4/H_2O/0^\circ C$
Гидратация алкинов	$H_2O/HgSO_4/H_2SO_4$
Дегидрогалогенирование хлоралкенов	$C_4H_9O^-/C_4H_9OH$
Полимеризация алкенов	$TiCl_4/Al(C_2H_5)_3$
Сульфохлорирование алканов	$Cl_2/SO_2/h\nu$

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

**№ 6-4**

Из предложенного выпадающего списка выберите условия протекания реакции, название которой представлено в левом столбце:

Название реакции	Условия протекания реакции
Дигидроксилирование алкенов	$C_4H_9O^-/C_4H_9OH$
Дегидрогалогенирование дибромалканов	$H_2O/H_2SO_4$
Полимеризация алкенов	$TiCl_4/Al(C_2H_5)_3$
Сульфохлорирование алканов	$Cl_2/SO_3/h\nu$
Гидратация алкенов	$CH_3COONa/CH_3COOH/t^\circ$
	$KMnO_4/H_2O/0^\circ C$
	$Cl_2/SO_2/h\nu$
	$O_2/Cu_2Cl_2/PdCl_2$

**Рекомендации к решению**

Дигидроксилирование алкенов, также известное как реакция Вагнера, представляет собой взаимодействие алкена с охлаждённым водным раствором перманганата калия.

Дегидрогалогенирование дибромалканов осуществляется под действием алкоголятов в соответствующих спиртах.

Для координационно-ионной полимеризации алкенов используется катализатор Циглера-Натты, состоящий из тетрахлорида титана и триэтилалюминия.

Сульфохлорирование алканов представляет собой обработку исходного вещества смесью хлора и диоксида серы на свету.

Гидратация алкенов проходит под действием водного раствора серной кислоты.

**Ответ**

Реагенты	Название реакций
Дигидроксилирование алкенов	$KMnO_4/H_2O/0^\circ C$
Дегидрогалогенирование дибромалканов	$C_4H_9O^-/C_4H_9OH$
Полимеризация алкенов	$TiCl_4/Al(C_2H_5)_3$
Сульфохлорирование алканов	$Cl_2/SO_2/h\nu$
Гидратация алкенов	$H_2O/H_2SO_4$

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

### № 7-1

Бомбардировка нейтронами является удобным способом образования более тяжёлых изотопов элемента из более лёгких. При облучении образца **X** потоком нейтронов его ядра поглощают по 2 нейтрона, а далее претерпевают бета-минус, альфа и бета-минус распады соответственно. Конечным продуктом описанной серии превращений является ядро урана-233. В первом поле для ответа укажите массовое число **X**, а во втором – число нейтронов в его ядре.

### Решение

В ходе каждого из бета-минус распадов заряд ядра увеличивается на 1, а масса остаётся неизменной, в то время как при альфа-распаде, напротив, и заряд ядра, и масса уменьшаются на 2 и 4 соответственно. В описанной серии из трёх превращений заряд ядра не изменился, в то время как масса уменьшилась на 4. Значит, начальный продукт распада – уран-237, а ядро **X** – уран-235. Число нейтронов в этом ядре равно 143.

### Ответ

1. 235
2. 143

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

### № 7-2

Бомбардировка нейтронами является удобным способом образования более тяжёлых изотопов элемента из более лёгких. При облучении образца **X** потоком нейтронов его ядра поглощают по 1 нейтрону, а далее претерпевают два альфа и бета-минус распад соответственно. Конечным продуктом описанной серии превращений является ядро актиния-228. В первом поле для ответа укажите массовое число **X**, а во втором – число нейтронов в его ядре.

### Решение

В ходе бета-минус распада заряд ядра увеличивается на 1, а масса остаётся неизменной, в то время как при каждом из альфа-распадов, напротив, и заряд ядра, и масса уменьшаются на 2 и 4 соответственно. В описанной серии из трёх превращений заряд уменьшился на 3, а масса – на 8. Значит, начальный продукт распада – уран-236, а ядро **X** – уран-235. Число нейтронов в этом ядре равно 143.

### Ответ

1. 235
2. 143

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

### № 7-3

Бомбардировка нейтронами является удобным способом образования более тяжёлых изотопов элемента из более лёгких. При облучении образца **X** потоком нейтронов его ядра поглощают по 1 нейтрону, а далее претерпевают два бета-минус и альфа-распад соответственно. Конечным продуктом описанной серии превращений является ядро урана-235. В первом поле для ответа укажите массовое число **X**, а во втором – число нейтронов в его ядре.

### Решение

В ходе каждого из бета-минус распадов заряд ядра увеличивается на 1, а масса остаётся неизменной, в то время как при альфа-распаде, напротив, и заряд ядра, и масса уменьшаются на 2 и 4 соответственно. В описанной серии из трёх превращений заряд ядра не изменился, в то время как масса уменьшилась на 4. Значит, начальный продукт распада – уран-239, а ядро **X** – уран-238. Число нейтронов в этом ядре равно 146.

### Ответ

1. 238
2. 146

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

### № 7-4

Бомбардировка нейтронами является удобным способом образования более тяжёлых изотопов элемента из более лёгких. При облучении образца **X** потоком нейтронов его ядра поглощают по 2 нейтрона, а далее претерпевают два бета-минус и альфа-распад соответственно. Конечным продуктом описанной серии превращений является ядро урана-236. В первом поле для ответа укажите массовое число **X**, а во втором – число нейтронов в его ядре.

### Решение

В ходе каждого из бета-минус распадов заряд ядра увеличивается на 1, а масса остаётся неизменной, в то время как при альфа-распаде, напротив, и заряд ядра, и масса уменьшаются на 2 и 4 соответственно. В описанной серии из трёх превращений заряд ядра не изменился, в то время как масса уменьшилась на 4. Значит, начальный продукт распада – уран-240, а ядро **X** – уран-238. Число нейтронов в этом ядре равно 146.

### Ответ

1. 238
2. 146

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

### № -8-1

Вещество **A**, формульная единица которого состоит из атомов четырёх элементов, при нагревании до 800°C разлагается с потерей массы в 73,08% и образованием чёрного бинарного соединения **B**. Оно легко растворяется в азотной кислоте с образованием синего раствора вещества **C**, при пропускании через который сероводорода выпадает чёрный осадок вещества **D**, нерастворимого в соляной кислоте. Дополнительно известно, что из 1,00 г **B** может быть получено 1,20 г вещества **D**, а вещество **C** является промежуточным продуктом термического разложения **A**. Установите вещества **A-D**. В ответе укажите их химические формулы, например,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$ .

При расчётах используйте молярные массы веществ с точностью до сотых.

### Решение

Бинарное вещество **B**, образующееся при разложении соединения **A**, скорее всего представляет собой оксид, поскольку легко растворяется в азотной кислоте. При этом образуется окрашенный в синий цвет раствор вещества **C**, при пропускании сероводорода через который выпадает чёрный осадок сульфида **D**. Представленная в условии информация об окраске соединений и соотношении масс соединений **B** и **D** позволяет предположить, что речь идёт о соединениях двухвалентной меди **B** –  $\text{CuO}$  и **D** –  $\text{CuS}$ . Вещество **A**, при термическом разложении которого образуется нитрат **C** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , – это кристаллогидрат  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Исходя из информации о потере массы установим его состав:

$$\frac{M(\text{CuO})}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,7308;$$
$$\frac{79,55}{187,55 + 18x} = 0,2692;$$
$$x = 6.$$

Таким образом, **A** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

### Ответ

1.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
2.  $\text{CuO}$
3.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
4.  $\text{CuS}$

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

### № 8-2

Вещество **A**, формульная единица которого состоит из атомов четырёх элементов, при нагревании до 800°C разлагается с потерей массы в 67,07% и образованием чёрного бинарного соединения **B**. Оно легко растворяется в азотной кислоте с образованием синего раствора вещества **C**, при пропускании через который сероводорода выпадает чёрный осадок вещества **D**, нерастворимого в соляной кислоте. Дополнительно известно, что из 1,00 г **B** может быть получено 1,20 г вещества **D**, а вещество **C** является промежуточным продуктом термического разложения **A**. Установите вещества **A-D**. В ответе укажите их химические формулы, например,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$ .

При расчётах используйте молярные массы веществ с точностью до сотых.

### Решение

Бинарное вещество **B**, образующееся при разложении соединения **A**, скорее всего представляет собой оксид, поскольку легко растворяется в азотной кислоте. При этом образуется окрашенный в синий цвет раствор вещества **C**, при пропускании сероводорода через который выпадает чёрный осадок сульфида **D**. Представленная в условии информация об окраске соединений и соотношении масс соединений **B** и **D** позволяет предположить, что речь идёт о соединениях двухвалентной меди **B** –  $\text{CuO}$  и **D** –  $\text{CuS}$ . Вещество **A**, при термическом разложении которого образуется нитрат **C** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , – это кристаллогидрат  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Исходя из информации о потере массы установим его состав:

$$\frac{M(\text{CuO})}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,6707;$$
$$\frac{79,55}{187,55 + 18x} = 0,3293;$$
$$x = 3.$$

Таким образом, **A** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

### Ответ

1.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
2.  $\text{CuO}$
3.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
4.  $\text{CuS}$

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

### № 8-3

Вещество **A**, формульная единица которого состоит из атомов четырёх элементов, при нагревании до 800°C разлагается с потерей массы в 65,79% и образованием чёрного бинарного соединения **B**. Оно легко растворяется в азотной кислоте с образованием синего раствора вещества **C**, при пропускании через который сероводорода выпадает чёрный осадок вещества **D**, нерастворимого в соляной кислоте. Дополнительно известно, что из 1,00 г **B** может быть получено 1,20 г вещества **D**, а вещество **C** является промежуточным продуктом термического разложения **A**. Установите вещества **A-D**. В ответе укажите их химические формулы, например,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$ .

При расчётах используйте молярные массы веществ с точностью до сотых.

### Решение

Бинарное вещество **B**, образующееся при разложении соединения **A**, скорее всего представляет собой оксид, поскольку легко растворяется в азотной кислоте. При этом образуется окрашенный в синий цвет раствор вещества **C**, при пропускании сероводорода через который выпадает чёрный осадок сульфида **D**. Представленная в условии информация об окраске соединений и соотношении масс соединений **B** и **D** позволяет предположить, что речь идёт о соединениях двухвалентной меди **B** –  $\text{CuO}$  и **D** –  $\text{CuS}$ . Вещество **A**, при термическом разложении которого образуется нитрат **C** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , – это кристаллогидрат  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Исходя из информации о потере массы установим его состав:

$$\frac{M(\text{CuO})}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,6579;$$
$$\frac{79,55}{187,55 + 18x} = 0,3421;$$
$$x = 2,5.$$

Таким образом, **A** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$

### Ответ

1.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$
2.  $\text{CuO}$
3.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
4.  $\text{CuS}$

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

#### № 8-4

Вещество **A**, формульная единица которого состоит из атомов четырёх элементов, при нагревании до 800°C разлагается с потерей массы в 62,92% и образованием чёрного бинарного соединения **B**. Оно легко растворяется в азотной кислоте с образованием синего раствора вещества **C**, при пропускании через который сероводорода выпадает чёрный осадок вещества **D**, нерастворимого в соляной кислоте. Дополнительно известно, что из 1,00 г **B** может быть получено 1,20 г вещества **D**, а вещество **C** является промежуточным продуктом термического разложения **A**. Установите вещества **A-D**. В ответе укажите их химические формулы, например,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$ .

При расчётах используйте молярные массы веществ с точностью до сотых.

#### Решение

Бинарное вещество **B**, образующееся при разложении соединения **A**, скорее всего представляет собой оксид, поскольку легко растворяется в азотной кислоте. При этом образуется окрашенный в синий цвет раствор вещества **C**, при пропускании сероводорода через который выпадает чёрный осадок сульфида **D**. Представленная в условии информация об окраске соединений и соотношении масс соединений **B** и **D** позволяет предположить, что речь идёт о соединениях двухвалентной меди **B** –  $\text{CuO}$  и **D** –  $\text{CuS}$ . Вещество **A**, при термическом разложении которого образуется нитрат **C** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , – это кристаллогидрат  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Исходя из информации о потере массы установим его состав:

$$\frac{M(\text{CuO})}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = 1 - 0,6292;$$
$$\frac{79,55}{187,55 + 18x} = 0,3708;$$
$$x = 1,5.$$

Таким образом, **A** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$

#### Ответ

1.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$
2.  $\text{CuO}$
3.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
4.  $\text{CuS}$

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

### № 9-1

При определении пространственного строения частиц их обычно разделяют на группы типа  $AB_xE_y$ , характеризующиеся различными значениями параметров  $x$  и  $y$ . В данных обозначениях  $A$  – это центральный атом,  $B$  – соседний атом, а  $E$  – неподелённая электронная пара. Из предложенного перечня частиц выберите те, строение которых можно описать формулой  $AB_4$ :  $BrF_4^-$ ,  $SF_4$ ,  $SiCl_4$ ,  $NF_4^+$ ,  $XeF_4$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $BeF_4^{2-}$ .

#### Решение

Атом брома изначально содержит 7 электронов на валентной оболочке, в процессе образования связей приобретает ещё 5: 3 за счёт связей по обменному механизму и 2 за счёт донорно-акцепторной связи. Таким образом, на его валентной оболочке содержится 12 электронов, образующих 6 электронных пар, 2 из которых являются неподелёнными. Обобщённая формула этого иона записывается в виде  $AB_4E_2$ . Аналогичными рассуждениями можно определить типы остальных частиц:  $SF_4$  –  $AB_4E$ ,  $SiCl_4$  –  $AB_4$ ,  $NF_4^+$  –  $AB_4$ ,  $XeF_4$  –  $AB_4E_2$ ,  $SO_4^{2-}$  –  $AB_4$ ,  $BeF_4^{2-}$  –  $AB_4$ .

#### Ответ

$SiCl_4$ ,  $NF_4^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $BeF_4^{2-}$

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

### № 9-2

При определении пространственного строения частиц их обычно разделяют на группы типа  $AB_xE_y$ , характеризующиеся различными значениями параметров  $x$  и  $y$ . В данных обозначениях  $A$  – это центральный атом,  $B$  – соседний атом, а  $E$  – неподелённая электронная пара. Из предложенного перечня частиц выберите те, строение которых можно описать формулой  $AB_4$ :  $ICl_4^-$ ,  $SF_4$ ,  $SiF_4$ ,  $PH_4^+$ ,  $BrF_4^+$ ,  $AsO_4^{3-}$ ,  $BH_4^-$ .

#### Решение

Атом иода изначально содержит 7 электронов на валентной оболочке, в процессе образования связей приобретает ещё 5: 3 за счёт связей по обменному механизму и 2 за счёт донорно-акцепторной связи. Таким образом, на его валентной оболочке содержится 12 электронов, образующих 6 электронных пар, 2 из которых являются неподелёнными. Обобщённая формула этого иона записывается в виде  $AB_4E_2$ . Аналогичными рассуждениями можно определить типы остальных частиц:  $SF_4$  –  $AB_4E$ ,  $SiF_4$  –  $AB_4$ ,  $PH_4^+$  –  $AB_4$ ,  $BrF_4^+$  –  $AB_4E$ ,  $AsO_4^{3-}$  –  $AB_4$ ,  $BH_4^-$  –  $AB_4$ .

#### Ответ

$SiF_4$ ,  $PH_4^+$ ,  $AsO_4^{3-}$ ,  $BH_4^-$

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

### № 9-3

При определении пространственного строения частиц их обычно разделяют на группы типа  $AB_xE_y$ , характеризующиеся различными значениями параметров  $x$  и  $y$ . В данных обозначениях  $A$  – это центральный атом,  $B$  – соседний атом, а  $E$  – неподелённая электронная пара. Из предложенного перечня частиц выберите те, строение которых можно описать формулой  $AB_4$ :  $BrF_4^-$ ,  $SeF_4$ ,  $Cl_4$ ,  $NH_4^+$ ,  $XeF_4$ ,  $SeO_4^{2-}$ ,  $BF_4^-$ .

#### Решение

Атом брома изначально содержит 7 электронов на валентной оболочке, в процессе образования связей приобретает ещё 5: 3 за счёт связей по обменному механизму и 2 за счёт донорно-акцепторной связи. Таким образом, на его валентной оболочке содержится 12 электронов, образующих 6 электронных пар, 2 из которых являются неподелёнными. Обобщённая формула этого иона записывается в виде  $AB_4E_2$ . Аналогичными рассуждениями можно определить типы остальных частиц:  $SeF_4$  –  $AB_4E$ ,  $Cl_4$  –  $AB_4$ ,  $NH_4^+$  –  $AB_4$ ,  $XeF_4$  –  $AB_4E_2$ ,  $SeO_4^{2-}$  –  $AB_4$ ,  $BF_4^-$  –  $AB_4$ .

#### Ответ

$Cl_4$ ,  $NH_4^+$ ,  $SeO_4^{2-}$ ,  $BF_4^-$

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

### № 9-4

При определении пространственного строения частиц их обычно разделяют на группы типа  $AB_xE_y$ , характеризующиеся различными значениями параметров  $x$  и  $y$ . В данных обозначениях  $A$  – это центральный атом,  $B$  – соседний атом, а  $E$  – неподелённая электронная пара. Из предложенного перечня частиц выберите те, строение которых можно описать формулой  $AB_4$ :  $ICl_4^-$ ,  $TeF_4$ ,  $GeH_4$ ,  $PH_4^+$ ,  $ClF_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $BCl_4^-$ .

#### Решение

Атом иода изначально содержит 7 электронов на валентной оболочке, в процессе образования связей приобретает ещё 5: 3 за счёт связей по обменному механизму и 2 за счёт донорно-акцепторной связи. Таким образом, на его валентной оболочке содержится 12 электронов, образующих 6 электронных пар, 2 из которых являются неподелёнными. Обобщённая формула этого иона записывается в виде  $AB_4E_2$ . Аналогичными рассуждениями можно определить типы остальных частиц:  $TeF_4$  –  $AB_4E$ ,  $GeH_4$  –  $AB_4$ ,  $PH_4^+$  –  $AB_4$ ,  $ClF_4^+$  –  $AB_4E$ ,  $PO_4^{3-}$  –  $AB_4$ ,  $BCl_4^-$  –  $AB_4$ .

#### Ответ

$GeH_4$ ,  $PH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $BCl_4^-$

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

## № 10-1

Два предельных углеводорода **X** и **Y** неразветвлённого строения являются ближайшими гомологами. Их смесь массой 58,8 г может максимально прореагировать с 29,12 л (н.у.) бромоводорода.

1. Определите формулу более лёгкого углеводорода **X**. В ответе запишите его название одним существительным в именительном падеже со строчной буквы, например, метан.
2. Установите массовую долю более тяжёлого углеводорода **Y** в исходной смеси. Ответ выразите в процентах (%) с точностью до десятых. Знак % в ответе указывать не нужно.

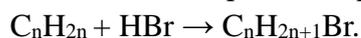
### Рекомендации к решению

Рассчитаем количество бромоводорода, вступающего в реакцию со смесью веществ **X** и **Y**:

$$n(\text{HBr}) = \frac{V(\text{HBr})}{V_m} = \frac{29,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,3 \text{ моль.}$$

Среди представителей предельных углеводородов с бромоводородом могут реагировать лишь циклоалканы, содержащие в себе малые циклы ( $\text{C}_3\text{-C}_4$ ), или полициклические алканы, имеющие в своём составе один или несколько малых циклов. Рассмотрим первую, наиболее простую, гипотезу:

Реакция взаимодействия таких циклоалканов с бромоводородом описывается уравнением:



Установим усреднённую формулу циклоалкана, вступающего в такую реакцию:

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{HBr}) = 1,3 \text{ моль;}$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{m_{\text{смеси}}}{n(\text{C}_n\text{H}_{2n})} = \frac{58,8 \text{ г}}{1,3 \text{ моль}} = 45,23 \text{ г/моль;}$$

$$n = \frac{M(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{14} = \frac{45,23 \text{ г/моль}}{14} = 3,231.$$

Усреднённое количество атомов углерода в молекуле циклоалкана в смеси составляет 3,231, следовательно, в её состав входят циклопропан  $\text{C}_3\text{H}_6$  и циклобутан  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Обозначим их количества за  $x$  моль и  $y$  моль соответственно, тогда:

$$\begin{cases} 3x + 4y = 3,231 \cdot (x + y) \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} 0,231x - 0,769y = 0 \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} x = 1,0 \\ y = 0,3 \end{cases}.$$

Таким образом, в исходную смесь входят 1,0 моль циклопропана и 0,3 моль циклобутана. Вычислим массовую долю последнего в ней:

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8)}{m_{\text{смеси}}} = \frac{0,3 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль}}{58,8 \text{ г}} = 0,286 (28,6\%).$$

**Ответ:** 1) циклопропан; 2) 28,6

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

## № 10-2

Два предельных углеводорода **X** и **Y** неразветвлённого строения являются ближайшими гомологами. Их смесь массой 63,0 г может максимально прореагировать с 29,12 л (н.у.) бромоводорода.

1. Определите формулу более лёгкого углеводорода **X**. В ответе запишите его название одним существительным в именительном падеже со строчной буквы, например, метан.
2. Установите массовую долю более тяжёлого углеводорода **Y** в исходной смеси. Ответ выразите в процентах (%) с точностью до десятых. Знак % в ответе указывать не нужно.

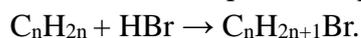
### Рекомендации к решению

Рассчитаем количество бромоводорода, вступающего в реакцию со смесью веществ **X** и **Y**:

$$n(\text{HBr}) = \frac{V(\text{HBr})}{V_m} = \frac{29,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,3 \text{ моль.}$$

Среди представителей предельных углеводородов с бромоводородом могут реагировать лишь циклоалканы, содержащие в себе малые циклы ( $\text{C}_3$ - $\text{C}_4$ ), или полициклические алканы, имеющие в своём составе один или несколько малых циклов. Рассмотрим первую, наиболее простую, гипотезу:

Реакция взаимодействия таких циклоалканов с бромоводородом описывается уравнением:



Установим усреднённую формулу циклоалкана, вступающего в такую реакцию:

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{HBr}) = 1,3 \text{ моль};$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{m_{\text{смеси}}}{n(\text{C}_n\text{H}_{2n})} = \frac{63,0 \text{ г}}{1,3 \text{ моль}} = 48,46 \text{ г/моль};$$

$$n = \frac{M(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{14} = \frac{48,46 \text{ г/моль}}{14} = 3,461.$$

Усреднённое количество атомов углерода в молекуле циклоалкана в смеси составляет 3,461, следовательно, в её состав входят циклопропан  $\text{C}_3\text{H}_6$  и циклобутан  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Обозначим их количества за  $x$  моль и  $y$  моль соответственно, тогда:

$$\begin{cases} 3x + 4y = 3,461 \cdot (x + y); \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} 0,461x - 0,539y = 0; \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} x = 0,7 \\ y = 0,6 \end{cases}.$$

Таким образом, в исходную смесь входят 0,7 моль циклопропана и 0,6 моль циклобутана. Вычислим массовую долю последнего в ней:

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8)}{m_{\text{смеси}}} = \frac{0,6 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль}}{63,0 \text{ г}} = 0,533 \text{ (53,3\%)}.$$

**Ответ:** 1) циклопропан; 2) 53,3

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

### № 10-3

Два предельных углеводорода **X** и **Y** неразветвлённого строения являются ближайшими гомологами. Их смесь массой 58,8 г может максимально прореагировать с 29,12 л (н.у.) бромоводорода.

1. Определите формулу более тяжёлого углеводорода **Y**. В ответе запишите его название одним существительным в именительном падеже со строчной буквы, например, метан.
2. Установите массовую долю более лёгкого углеводорода **X** в исходной смеси. Ответ выразите в процентах (%) с точностью до десятых. Знак % в ответе указывать не нужно.

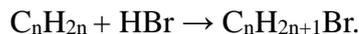
#### Рекомендации к решению

Рассчитаем количество бромоводорода, вступающего в реакцию со смесью веществ **X** и **Y**:

$$n(\text{HBr}) = \frac{V(\text{HBr})}{V_m} = \frac{29,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,3 \text{ моль.}$$

Среди представителей предельных углеводородов с бромоводородом могут реагировать лишь циклоалканы, содержащие в себе малые циклы ( $\text{C}_3$ - $\text{C}_4$ ), или полициклические алканы, имеющие в своём составе один или несколько малых циклов. Рассмотрим первую, наиболее простую, гипотезу:

Реакция взаимодействия таких циклоалканов с бромоводородом описывается уравнением:



Установим усреднённую формулу циклоалкана, вступающего в такую реакцию:

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{HBr}) = 1,3 \text{ моль;}$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{m_{\text{смеси}}}{n(\text{C}_n\text{H}_{2n})} = \frac{58,8 \text{ г}}{1,3 \text{ моль}} = 45,23 \text{ г/моль;}$$

$$n = \frac{M(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{14} = \frac{45,23 \text{ г/моль}}{14} = 3,231.$$

Усреднённое количество атомов углерода в молекуле циклоалкана в смеси составляет 3,231, следовательно, в её состав входят циклопропан  $\text{C}_3\text{H}_6$  и циклобутан  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Обозначим их количества за  $x$  моль и  $y$  моль соответственно, тогда:

$$\begin{cases} 3x + 4y = 3,231 \cdot (x + y) \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} 0,231x - 0,769y = 0 \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} x = 1,0 \\ y = 0,3 \end{cases}.$$

Таким образом, в исходную смесь входят 1,0 моль циклопропана и 0,3 моль циклобутана. Вычислим массовую долю первого в ней:

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_6)}{m_{\text{смеси}}} = \frac{1,0 \text{ моль} \cdot 42 \text{ г/моль}}{58,8 \text{ г}} = 0,714 (71,4\%).$$

**Ответ:** 1) циклобутан; 2) 71,4

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

#### № 10-4

Два предельных углеводорода **X** и **Y** неразветвлённого строения являются ближайшими гомологами. Их смесь массой 63,0 г может максимально прореагировать с 29,12 л (н.у.) бромоводорода.

1. Определите формулу более тяжёлого углеводорода **Y**. В ответе запишите его название одним существительным в именительном падеже со строчной буквы, например, метан.
2. Установите массовую долю более лёгкого углеводорода **X** в исходной смеси. Ответ выразите в процентах (%) с точностью до десятых. Знак % в ответе указывать не нужно.

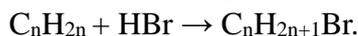
#### Рекомендации к решению

Рассчитаем количество бромоводорода, вступающего в реакцию со смесью веществ **X** и **Y**:

$$n(\text{HBr}) = \frac{V(\text{HBr})}{V_m} = \frac{29,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,3 \text{ моль.}$$

Среди представителей предельных углеводородов с бромоводородом могут реагировать лишь циклоалканы, содержащие в себе малые циклы ( $\text{C}_3\text{-C}_4$ ), или полициклические алканы, имеющие в своём составе один или несколько малых циклов. Рассмотрим первую, наиболее простую, гипотезу:

Реакция взаимодействия таких циклоалканов с бромоводородом описывается уравнением:



Установим усреднённую формулу циклоалкана, вступающего в такую реакцию:

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{HBr}) = 1,3 \text{ моль};$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{m_{\text{смеси}}}{n(\text{C}_n\text{H}_{2n})} = \frac{63,0 \text{ г}}{1,3 \text{ моль}} = 48,46 \text{ г/моль};$$

$$n = \frac{M(\text{C}_n\text{H}_{2n})}{14} = \frac{48,46 \text{ г/моль}}{14} = 3,461.$$

Усреднённое количество атомов углерода в молекуле циклоалкана в смеси составляет 3,461, следовательно, в её состав входят циклопропан  $\text{C}_3\text{H}_6$  и циклобутан  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Обозначим их количества за  $x$  моль и  $y$  моль соответственно, тогда:

$$\begin{cases} 3x + 4y = 3,461 \cdot (x + y) \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} 0,461x - 0,539y = 0 \\ x + y = 1,3 \end{cases};$$

$$\begin{cases} x = 0,7 \\ y = 0,6 \end{cases}$$

Таким образом, в исходную смесь входят 0,7 моль циклопропана и 0,6 моль циклобутана.

Вычислим массовую долю первого в ней:

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_6)}{m_{\text{смеси}}} = \frac{0,7 \text{ моль} \cdot 42 \text{ г/моль}}{63,0 \text{ г}} = 0,467 (46,7\%).$$

**Ответ:** 1) циклобутан; 2) 46,7

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