

## 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  $\text{NO}_2$ , состоящих только из изотопов  $^{15}\text{N}$  и  $^{18}\text{O}$ . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 %  $^{14}\text{N}$  и 1,36%  $^{15}\text{N}$ . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 %  $^{16}\text{O}$ , 0,04 %  $^{17}\text{O}$  и 0,20 %  $^{18}\text{O}$ . Средние атомные массы азота и кислорода примите равным 14 и 16.

#### Решение:

Возьмем 1 моль молекул  $\text{NO}_2$

Масса  $\text{NO}_2$  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  $\text{N}_2\text{O}_3$ , состоящих только из изотопов  $^{15}\text{N}$  и  $^{18}\text{O}$ . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 %  $^{14}\text{N}$  и 1,36%  $^{15}\text{N}$ . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 %  $^{16}\text{O}$ , 0,04 %  $^{17}\text{O}$  и 0,20 %  $^{18}\text{O}$ . 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  $\text{N}_2\text{O}_5$ , состоящих только из изотопов  $^{15}\text{N}$  и  $^{18}\text{O}$ . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 %  $^{14}\text{N}$  и 1,36%  $^{15}\text{N}$ . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 %  $^{16}\text{O}$ , 0,04 %  $^{17}\text{O}$  и 0,20 %  $^{18}\text{O}$ . 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  $^{15}\text{N}$  и  $^{18}\text{O}$ . Изотопный состав азота (атомная доля): 98,64 %  $^{14}\text{N}$  и 1,36%  $^{15}\text{N}$ . Изотопный состав кислорода (атомная доля): 99,76 %  $^{16}\text{O}$ , 0,04 %  $^{17}\text{O}$  и 0,20 %  $^{18}\text{O}$ . 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, 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

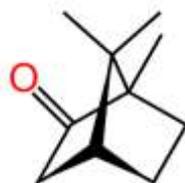
В лаборатории есть баллоны с аммиаком, аргоном, водородом, хлороводородом и хлором. Какие пары газов нужно взять и в каких объёмных соотношениях их нужно смешать, чтобы плотность полученной смеси по воздуху была равна: 0.9. Приведите все возможные решения.

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

### Задача 3 (25 баллов)

#### Вариант 1

В медицине для предупреждения пролежней у лежачих 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:  $C_{10}OH_{16}$ . 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

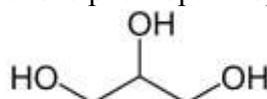
$(0,066 \cdot 84 + 1,182 \cdot 26 + 2,118 \cdot 10) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,46 \cdot 10^{25}$  протонов

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

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

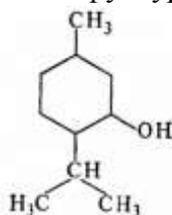


Обратите внимание, что ненадписанные «уголки» в этой формуле означают атомы углерода, притом углерод в составе глицерина, как и в любом другом органическом соединении, четырехвалентен.

**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