

### Задача 1

Атомы, содержащие разное количество нейтронов и одинаковое количество протонов в ядре, называются **изотопами**.

Количество протонов определяет заряд ядра, оно соответствует порядковому номеру элемента в таблице Д. И. Менделеева. Для каждого элемента характерно своё определённое число протонов в ядре.

Нейтроны — нейтральные частицы, их количество не влияет на заряд ядра атома и не меняет порядковый номер элемента. Но влияет на атомную массу.

Таким образом, изотопы — это виды одного и того же элемента, отличающиеся атомной массой. Атомная масса равна сумме числа протонов и числа нейтронов.

Соответственно:

- а) 6 протонов в ядре — углерод, изотоп с атомной массой 12 ( $^{12}\text{C}$ )
- б) 8 протонов в ядре — кислород, изотоп с атомной массой 16 ( $^{16}\text{O}$ )
- в) 6 протонов в ядре — углерод, изотоп атомной массой 13 ( $^{13}\text{C}$ )
- г) 8 протонов в ядре — кислород, изотоп с атомной массой 17 ( $^{17}\text{O}$ )
- д) 79 протонов в ядре — золото с атомной массой 197

**Максимальная оценка — 8 баллов** (по 1 баллу за пункты а, б, в, г, д; 3 балла за ответ на вопрос про изотопы («Как называются ... ?») и пояснение, что б, г и а, в — изотопы).

### Задача 2

Внесение 42 кг азота на 1 гектар соответствует внесению 42 г азота на 10 м<sup>2</sup>.

Найдём количество аммиачной селитры, которая содержит 42 г азота.

Молярная масса  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  составляет 80 г/моль. Азота в молекуле два атома, значит на 1 моль селитры его приходится 28 г.

В 80 г — 28 г азота.

в  $x$  г — 42 г азота,  $x = 120$ .

Одна ложка вмещает  $120 : 8 = 15$  г.

**Максимальная оценка — 7 баллов** (в т.ч. 4 балла за расчёт соотношения массы аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) и массы азота, содержащейся в этом количестве  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и 3 балла — за вспомогательные вычисления, перевод единиц измерения и верный ответ).

### Задача 3

1) Растворимость кристаллических веществ, как правило, повышается с повышением температуры. Поэтому при охлаждении образуется пересыщенный раствор и «лишнее» вещество выпадает в осадок.

Однако в некоторых случаях растворимость не повышается с повышением температуры, а остаётся практически постоянной или даже снижается. В этом случае при охлаждении раствора ничего не выпадет.

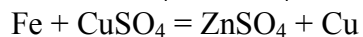
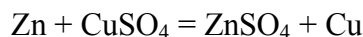
Кроме того, чтобы при охлаждении образовался пересыщенный раствор, горячий раствор должен быть насыщенным (или близким к насыщенному).

Наконец, пересыщенный раствор может сохраняться долгое время без кристаллизации, если в нем нет центра кристаллизации, в качестве которого может выступить, например, мельчайшая пылинка.

2) Примеси присутствуют в веществе в значительно меньшем количестве, чем само вещество, и по отношению к ним раствор не будет пересыщенным, поэтому они останутся в растворённом состоянии.

**Максимальная оценка — 7 баллов за первый вопрос + 3 балла за второй вопрос.**

#### Задача 4



Пусть в смеси  $x$  моль Zn и  $y$  моль Fe, тогда

$$\text{для исходной смеси: } 56y + 65x = 4,10$$

$$\text{для полученной меди: } 64(x + y) = 4,48.$$

Решая систему уравнений, получаем  $x = 0,02$ ,  $y = 0,05$ .

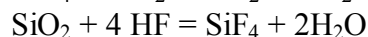
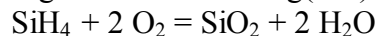
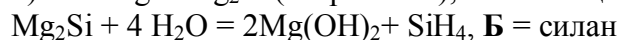
Ответ Zn — 1,3 г (0,02 моль, 31,7%) и Fe — 2,8 г (0,05 моль, 68,3%).

**Максимальная оценка — 8 баллов** (в том числе за уравнения реакций — 1 балл, за расчёт — 5 баллов, за получение верного ответа — 2 балла).

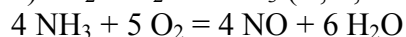
#### Задача 5

Приведён один из вариантов решения, возможны и другие варианты

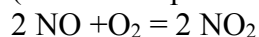
1)  $\text{Si} + \text{Mg} = \text{Mg}_2\text{Si}$  (нагревание), **A** = силицид магния



2)  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2 \text{NH}_3$  ( $t^\circ$ , P, кат.). **B** = аммиак



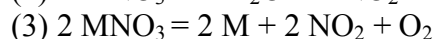
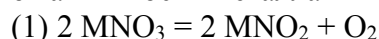
(катализатор — Pt, иначе при горении аммиака получится азот  $\text{N}_2$ )



**Максимальная оценка за задачу 10 баллов (5 баллов за каждую цепочку)**

#### Задача 6

Возможно три основных варианта разложения нитратов, которые реализуются в зависимости от активности металла



Предположим, что разложение нитрата соответствует первой реакции.

Пусть  $x$  — молярная масса металла.

Тогда:

$x + 62$  г нитрата дают  $x + 46$  г твёрдого продукта

250,00 г дают 158,75 г.

Чтобы получить более простое уравнение, можно сделать по-другому:

$2(x + 62)$  г нитрата дают уменьшение массы на 32 г

250,00 г дают 91,25 г.

Составив пропорцию и решив её, получаем,  $x = -18,16$ , то есть отрицательное число, что невозможно.

Разложение по второму уравнению можно не рассматривать, так как одновалентных металлов, которые разлагались бы таким образом, нет. Однако многие участники проводили расчёт именно по этому варианту.

$4(x + 62)$  г нитрата дают уменьшение массы на  $32 + 46 \times 4 = 216$  г

250,00 г дают 91,25 г.

Отсюда  $x = 85,9$  г,

по атомной массе подходит рубидий, однако это неправильный ответ, так как нитрат рубидия разлагается по уравнению (1)

Аналогичным образом рассмотрим разложение по уравнению (3)

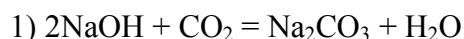
$2(x + 62)$  г нитрата дают уменьшение массы на  $32 + 46 \times 2 = 124$  г

250,00 г дают 91,25 г.

Отсюда  $x = 107,9$ , подходит металл — серебро, это и есть правильный ответ.

**Максимальная оценка за задачу 12 баллов (если рассмотрены разные варианты. Если рассмотрен только один третий вариант, 6 баллов).**

## Задача 7

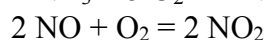
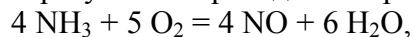


В водном растворе щёлочи поглотилось 1,12 л газа, что составляет 0,05 моль. Так как масса склянки при этом возросла на 2,2 г, то молярная масса газа 44, это углекислый газ.

2) Второй газ вероятнее всего аммиак. Проверим это предположение:

2,24 л аммиака — это 0,1 моль.

В результате проведённых реакций



из 0,1 моль аммиака получается по 0,05 моль каждой из солей, т.е. всего 9,3 г, что соответствует условию, значит предположение верно. (Заметим, что аммиак действительно не растворяется в водных щелочных растворах, хотя и хорошо растворим в воде.)

3) Исходное вещество вероятно карбонат аммония.

Разложение при нагревании:  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

При разложении 0,05 моль получается 0,1 моль аммиака и 0,05 моль углекислого газа, что соответствует условию.

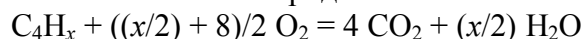
**Максимальная оценка за задачу 12 баллов** (в том числе за определение  $\text{CO}_2$  — 2 балла, за определение  $\text{NH}_3$  — 3 балла, за определение вещества А  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  — 3 балла, за реакцию разложения  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  при нагревании — 1 балл, за реакцию поглощения  $\text{CO}_2$  избытком щёлочи — 1 балл, за реакцию сжигания аммиака в избытке кислорода в присутствии катализатора — 1 балл, за реакцию поглощения  $\text{NO}_2$  избытком щёлочи — 1 балл).

## Задача 8

Газ, оставшийся после реакции, представляет собой диоксид углерода (поглощается раствором щёлочи) и избыток кислорода (проходит через раствор щелочи). Таким образом, углекислого газа образовалось 16 мл из 4 мл углеводорода. Это означает, что молекула углеводорода содержит четыре атома С.

Найдём его формулу по количеству кислорода.

Избыток кислорода составил  $24 - 16 = 8$  мл, значит на сжигание потребовалось  $30 - 8 = 22$  мл кислорода.



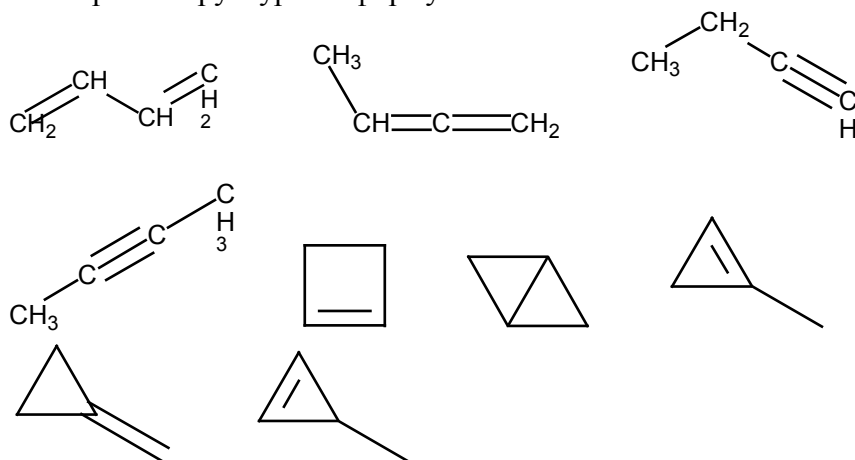
на 1 моль углеводорода требуется  $((x/2) + 8)/2$  моль кислорода

на 4 мл углеводорода потребовалось 22 мл кислорода.

Так как объёмы газов пропорциональны количеству вещества, то можно составить пропорцию. Решая её, находим  $x = 6$ .

Формула углеводорода  $C_4H_6$

Изомерные структурные формулы:



**Максимальная оценка за задачу 16 баллов**

**(7 баллов — брутто-формула и 9 баллов — структурные формулы).**

## Задача 9

Так как вещество гидрируется (содержит двойные связи), но не вступает в характерные для непредельных соединений реакции, то вещество ароматическое.

Расчёт формулы по сгоранию:

При сгорании образуется 2,24 л  $CO_2$  и 0,72 г воды, что соответствует 0,1 моль С и 0,08 моль Н.

Соотношение С и Н в соединении = 10 : 8

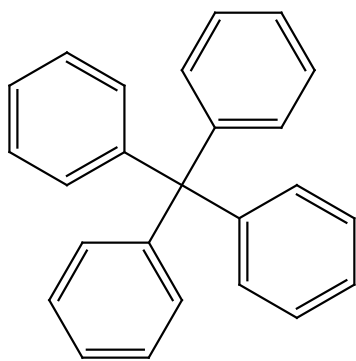
По массе это соответствует 1,2 г С и 0,08 г Н = 1,28 г.

Так как именно столько вещества было взято, можно сделать вывод, что это углеводород (других элементов в его составе нет).

С учётом молекулярной массы, брутто-формула вещества  $C_{25}H_{20}$ .

Другие варианты при нужном соотношении С и Н лежат за пределами указанного интервала.

С учётом данных по гидрированию и симметричности, можно предложить следующую структурную формулу:



**Максимальная оценка за задачу 16 баллов** (в том числе за определение того, что вещество ароматическое — 1 балл, за расчёт формулы по сгоранию — 3 балла, за подтверждение того, что вещество является углеводородом — 4 балла, за брутто-формулу — 3 балла, за структурную формулу — 5 баллов).