

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. 2024–2025 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

**Максимальный балл за работу – 100.**

**Задача 1 (1)**

Известняк, из которого построен Дмитриевский собор во Владимире (XII век), в течение многих столетий разрушается под действием газов, присутствующих в атмосфере и образующихся в результате сжигания топлива. Какие из веществ, содержащихся в воздухе, в присутствии водяного пара приводят к разрушению известняка?



- ✓ Углекислый газ
- Кислород
- ✓ Сернистый газ
- Водород
- Азот

**За каждый верный ответ – 4 балла**

**Штраф за каждый лишний выбор – 2 балла**

*Решение.*

Углекислый и сернистый газы взаимодействуют с водой с образованием растворов слабых кислот, которые реагируют с известняком с образованием растворимых веществ, что приводит к разрушению известняка.



**Максимальный балл за задание №1 — 8**

### Задача 2 (2–5)

Школьники исследовали минеральную воду, на бутылке с которой была следующая этикетка:

**МИНЕРАЛЬНАЯ ВОДА**  
**ГАЗИРОВАННАЯ**  
**ПИТЬЕВАЯ**

Химический состав, мг/дм<sup>3</sup>

гидрокарбонаты 200-250

хлориды 200-250

натрий 50-100

кальций 50-100



В таблице приведены результаты количественного анализа этой воды.

Анализируемый ион	Концентрация, ммоль/л
$\text{HCO}_3^-$	4.0
$\text{Cl}^-$	6.0
$\text{Na}^+$	5.0
$\text{Ca}^{2+}$	2.5

2. Концентрация какого иона превышена по сравнению с тем, что указано на этикетке?

**Ответ:**

- $\text{HCO}_3^-$
- $\text{Cl}^-$
- $\text{Na}^+$
- $\text{Ca}^{2+}$

**Точное совпадение ответа – 2 балла**

*Решение.*

Пересчитаем молярные концентрации ионов в массовые (1 л = 1 дм<sup>3</sup>).

$\text{HCO}_3^-$ : 4.0 ммоль/л · 61 мг/ммоль = 244 мг/л – в пределах нормы.

$\text{Cl}^-$ : 6.0 ммоль/л · 35.5 мг/ммоль = 213 мг/л – в пределах нормы.

$\text{Na}^+$ : 5.0 ммоль/л · 23 мг/ммоль = 115 мг/л – выше нормы.

$\text{Ca}^{2+}$ : 2.5 ммоль/л · 40 мг/ммоль = 100 мг/л – в пределах нормы.

**3–5.** Исследуемую минеральную воду можно имитировать, растворив в дистиллированной воде три соли. Определите массы навесок солей, необходимых для приготовления 1 л данной воды. Ответы выразите в миллиграммах, округлите до целых.

**Ответ:**

	Формула соли	Масса навески, мг
<b>3.</b>	$\text{NaHCO}_3$	засчитывается в диапазоне [334; 338]
<b>4.</b>	$\text{NaCl}$	засчитывается в диапазоне [57; 61]
<b>5.</b>	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	засчитывается в диапазоне [546; 550]

**За каждый верный ответ – 2 балла**

*Решение.*

Ион  $\text{HCO}_3^-$  (4.0 ммоль) содержится только в  $\text{NaHCO}_3$ .

$$m(\text{NaHCO}_3) = 4.0 \cdot 84 = 336 \text{ мг.}$$

Иона  $\text{Na}^+$  требуется 5.0 ммоль, из них 4.0 ммоль уже есть в составе  $\text{NaHCO}_3$ . Необходимо добавить 1.0 ммоль в составе  $\text{NaCl}$ .

$$m(\text{NaCl}) = 1.0 \cdot 58.5 = 58.5 \approx 59 \text{ мг.}$$

Для того, чтобы раствор содержал 2.5 ммоль  $\text{Ca}^{2+}$ , надо добавить 2.5 ммоль  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 2.5 \cdot 219 = 547.5 \approx 548 \text{ мг.}$$

**Максимальный балл за задания №2–5 — 8**

### Задача 3 (6)

Для лечения некоторых внутренних воспалений используют озон-кислородные смеси с небольшим содержанием озона  $\text{O}_3$ . Одна из таких смесей содержит 10 мг/л (н.у.) озона. Во сколько раз число молекул озона в такой смеси меньше числа молекул кислорода? Ответ округлите до целых.

**Ответ: засчитывается в диапазоне [212; 216]**

**Точное совпадение ответа – 8 баллов**

**Максимальный балл за задание №6 — 8 баллов**

*Решение.*

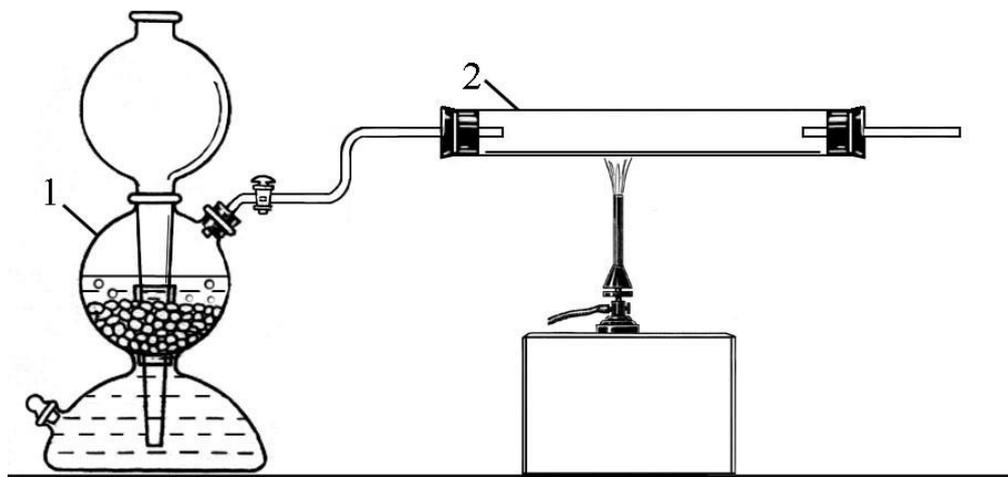
Составим общую формулу для всех клонов. Возьмём 22.4 л (1 моль) смеси, в ней содержится  $\frac{22.4 \cdot X}{48} = 0.467X$  ммоль  $\text{O}_3$ , остальное  $(1 - 0.467 \cdot 10^{-3}X)$  ммоль – кислород. Отношение числа молекул равно отношению молей:

$$\frac{v(O_2)}{v(O_3)} = \frac{1 - 0.467 \cdot 10^{-3}X}{0.467 \cdot 10^{-3}X} = \frac{2143}{X} - 1.$$

Например, при  $X = 10$ , получаем ответ 213.

#### Задача 4 (7–11)

Смешали 5.6 г порошка некоторого металла А и 3.2 г порошка некоторого неметалла В. При нагревании смеси образовалось 8.8 г соединения Х. Частички Х загрузили в аппарат Киппа (на рисунке обозначен цифрой 1). Под действием разбавленной серной кислоты на соединение Х из аппарата Киппа выделялся газ Y, имеющий неприятный запах (этот же газ образуется при протухании яиц). Газ Y поступал в трубку (2). При сильном нагревании Y обратимо разлагался на два простых вещества, одним из которых является газ Z вещество без цвета и без запаха. Второе вещество – неметалл В.



7–8. Запишите химические символы элементов, которыми образованы простые вещества А и В.

Ответ:

7.	А	Fe
8.	В	S

За каждый верный ответ – 1 балл

Решение.

Газ Y, судя по описанию, –  $H_2S$ . При сильном нагревании он разлагается на простые вещества – газообразный  $H_2$  (газ Z) и серу S (неметалл В).

9–11. Запишите химические формулы веществ X, Y и Z.

Ответ:

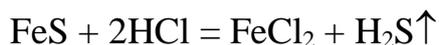
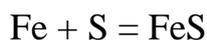
9.	X	FeS
10.	Y	H <sub>2</sub> S
11.	Z	H <sub>2</sub>

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

$\nu(\text{S}) = \frac{3.2}{32} = 0.1$  моль. Если предположить, что металл реагировал с серой в соотношении 1 : 1, то  $\nu(\text{A}) = 0.1$  моль,  $M(\text{A}) = \frac{5.6}{0.1} = 56$  г/моль – это железо Fe. Тогда соединение X – FeS.

Уравнения реакций:



Максимальный балл за задания №7–11 — 8

### Задача 5 (12–15)

К каждому описанию подберите соответствующее(-ую) вещество / пару веществ.

- Сероводородная кислота
- Кремниевая кислота
- Азотная кислота
- Соляная кислота
- Гидроксид натрия
- Гидроксид железа (II)
- Гидроксид алюминия
- Гидрокарбонат натрия

Ответ:

	Описание	Вещества (Пары веществ)
12.	Кислота, не изменяющая окраску лакмуса	✓ Кремниевая кислота
13.	Кислота и основание, способные вступать друг с другом в окислительно-восстановительную реакцию	✓ Азотная кислота ✓ Гидроксид железа (II)

14.	Два гидроксида металла, вступающие друг с другом в водном растворе в химическую реакцию	✓ Гидроксид натрия ✓ Гидроксид алюминия
15.	Два вещества, вступающие в химические реакции как с кислотами, так и с щелочами	✓ Гидроксид алюминия ✓ Гидрокарбонат натрия

**За каждый верный ответ – 1 балл. Если выбрано более 2 пунктов – 0 баллов.**

*Решение.*

А) Кислоты обычно изменяют окраску лакмуса, однако кремниевая кислота является слабой и практически не растворяется в воде, поэтому она не изменяет окраску лакмуса.

Б) Азотная кислота является сильным окислителем и может реагировать с основанием, например, с гидроксидом железа (II), который проявляет восстановительные свойства.

В) Гидроксид натрия и гидроксид алюминия вступают в реакцию, образуя растворимую комплексную соль.

Г) Как с кислотами, так и со щелочами реагируют амфотерные гидроксиды и кислые соли, в нашем случае – гидроксид алюминия и гидрокарбонат натрия.

**Максимальный балл за задания №12–15 — 7**

### Задача 6 (16–17)

Один из радиоактивных нуклидов, применяемых в медицине для лечения рака, при распаде испускает бета-частицу (электрон) и превращается в устойчивый нуклид, цирконий-90. Определите исходный нуклид.

**Ответ:**

16.	Химический символ элемента	Y
17.	Массовое число	90

**За каждый верный ответ – 4 балла**

*Решение.*

При  $\beta^-$ -распаде заряд ядра увеличивается на 1. Заряд ядра Zr равен 40, значит, у исходного нуклида  $Z = 39$ , это – иттрий Y. Массовое число при  $\beta^-$ -распаде не меняется, у исходного нуклида оно было равно 90.

**Максимальный балл за задания №16–17 — 8**

### Задача 7 (18–20)

Для приготовления популярного лабораторного реактива взяли навеску вещества X массой 14.0 г, растворили в небольшом количестве воды, а затем водой довели объём раствора до 250 мл. В полученном растворе молярная концентрация X равна 1.40 моль/л.

**18.** Определите молярную массу вещества X. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

**Ответ: 40**

**Точное совпадение ответа – 4 балла**

**19.** Запишите формулу вещества X.

**Ответ: NaOH**

**Точное совпадение ответа – 2 балла**

*Решение.*

$$v(X) = CV = 1.40 \text{ моль/л} \cdot 0.25 \text{ л} = 0.35 \text{ моль.}$$

$$M(X) = \frac{14.0 \text{ г}}{0.35 \text{ моль}} = 40 \text{ г/моль} - \text{NaOH.}$$

**20.** Сколько миллилитров воды надо добавить к раствору объёмом 250 мл, чтобы концентрация X стала равна 1.00 моль/л? Ответ округлите до целых.

**Ответ: 100**

**Точное совпадение ответа – 2 балла**

*Решение.*

Если  $C = 1.00 \text{ моль/л}$ , то  $V = \frac{0.35}{1.00} = 0.35 \text{ л} = 350 \text{ мл}$ . Надо добавить  $350 - 250 = 100 \text{ мл}$  воды. Предполагаем, что объёмы при смешивании суммируются.

**Максимальный балл за задания №18–20 — 8**

### Задача 8 (21–24)

Одно из самых твёрдых веществ, X, состоит из двух элементов, которые содержатся в нём в равных мольных долях. При сжигании 4.0 г X в кислороде получили белый порошок Y массой 6.0 г, при этом выделился газ, реагирующий с известковой водой с образованием белого осадка Z массой 10.0 г

**21–23.** Запишите химические формулы веществ X, Y и Z.

**Ответ:**

21.	X	SiC
22.	Y	SiO <sub>2</sub>
23.	Z	CaCO <sub>3</sub>

**За каждый верный ответ – 2 балла**

*Решение.*

Газ, реагирующий с известковой водой с образованием белого осадка, –  $\text{CO}_2$  или  $\text{SO}_2$ . Очень твёрдое вещество  $X$  – скорее всего, карбид, тогда газ –  $\text{CO}_2$ , а вещество  $Z$  –  $\text{CaCO}_3$ .

**24.** Запишите химические формулы веществ, образующихся при сплавлении 1 моль  $Y$  с 2 моль гидроксида натрия. Каждый ответ записывайте в отдельном поле.

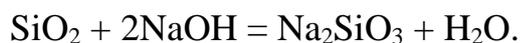
**Ответ:**

<b>24.</b>	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	$\text{H}_2\text{O}$
------------	---------------------------	----------------------

**Точное совпадение ответа – 2 балла**

*Решение.*

Найдём второй элемент в составе  $X$ .  $\nu(\text{C}) = \nu(\text{CaCO}_3) = \frac{10.0}{0.1 \text{ моль}}$ ,  $m(\text{C}) = 0.1 \cdot 12 = 1.2$  г, масса второго элемента в  $X$  равна  $4 - 1.2 = 2.8$  г, а количество вещества тоже 0.1 моль. Значит его молярная масса 28 г/моль, это – кремний.  $X$  –  $\text{SiC}$ . Белый порошок, который образуется при сгорании  $\text{SiC}$  – это  $\text{SiO}_2$ .



**Максимальный балл за задания №21–24 — 8**

### **Задача 9 (25–27)**

Серо-чёрное кристаллическое вещество  $X$  необычного состава образовано двумя элементами в соотношении 2 : 1 по числу атомов и 8 : 1 по массе. При сгорании вещества  $X$  в кислороде образуются бесцветный газ  $Y$ , являющийся основным компонентом воздуха, и красно-коричневый порошок  $Z$ , содержащий 30 % кислорода по массе. Запишите химические формулы веществ  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ .

**Ответ:**

**25.**  $X$  –  $\text{Fe}_2\text{N}$

**Точно совпадение ответа – 4 балла**

**Ответ:**

<b>26.</b>	<b>Y</b>	$\text{N}_2$
<b>27.</b>	<b>Z</b>	$\text{Fe}_2\text{O}_3$

**За каждый верный ответ – 2 балл**

*Решение.*

Основной компонент воздуха –  $\text{N}_2$  (газ  $Y$ ). Красно-коричневый порошок  $Z$  –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\omega(\text{O}) = \frac{48}{160} = 0.3 = 30\%$ ). Вещество  $X$  состоит из Fe и N, это –  $\text{Fe}_2\text{N}$  или

$\text{FeN}_2$ . В первом случае  $m(\text{Fe}) : m(\text{N}) = \frac{2 \cdot 56}{14} = \frac{8}{1}$ , подходит, X – нитрид железа  $\text{Fe}_2\text{N}$ .

**Максимальный балл за задания №25–27 — 8**

**Задача 10 (28–32)**

Для исследования были выданы образцы трёх бинарных соединений элемента А:  $\text{AX}_2$ ,  $\text{AY}_2$  и  $\text{AZ}$ . Химические элементы X, Y и Z – «соседи» по одной подгруппе в Периодической системе Д.И. Менделеева. Некоторые свойства этих соединений представлены в таблице ниже:

<b>Свойство</b>	<b><math>\text{AX}_2</math></b>	<b><math>\text{AY}_2</math></b>	<b><math>\text{AZ}</math></b>
<b>Цвет безводных кристаллов</b>	Голубовато-зелёный	Практически чёрный	Белый
<b>Растворимость в воде</b>	Хорошо растворяется, раствор имеет голубую окраску	Хорошо растворяется, раствор имеет голубую окраску	Не растворяется
<b>Взаимодействие раствора с цинком</b>	На поверхности цинка выделяется металл золотисто-розового цвета	На поверхности цинка выделяется металл золотисто-розового цвета	—
<b>Взаимодействие раствора с нитратом серебра</b>	Выпадает творожистый осадок белого цвета	Выпадает творожистый осадок светло-жёлтого, практически белого цвета	—
<b>Взаимодействие кристаллов с концентрированной серной кислотой</b>	Выделяется бесцветный газ с резким запахом; газ хорошо растворяется в воде; раствор этого газа является кислотой	Выделяются газы с резким запахом и пары простого вещества, имеющие красно-бурый цвет	Выделяются газ с резким запахом и пары простого вещества, имеющие фиолетовый цвет

Запишите химические символы элементов, которыми образованы исследуемые вещества.

**Ответ:**

<b>28.</b>	<b>A</b>	<b>Cu</b>
<b>29.</b>	<b>X</b>	<b>Cl</b>
<b>30.</b>	<b>Y</b>	<b>Br</b>
<b>31.</b>	<b>Z</b>	<b>I</b>

**За каждый верный ответ – 2 балла**

*Решение.*

Металл золотисто-розового цвета – медь, элемент А – Cu. Творожистый осадок белого цвета, содержащий серебро, – AgCl, тогда элемент X – Cl. Элементы Y и Z – тоже галогены. Иодид серебра – жёлтый, а бромид – светло-жёлтый, почти белый, поэтому Y – Br. При взаимодействии CuZ с концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> выделяются фиолетовые пары, это – I<sub>2</sub>, а элемент Z – I.

**32.** Один из продуктов реакции концентрированной серной кислоты с веществом AY<sub>2</sub> образует пары красно-бурого цвета (вещество 1). В аналогичной реакции с AZ образуется вещество, пары которого имеют интенсивную фиолетовую окраску (вещество 2). Определите молярные массы описанных продуктов реакций. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

**Ответ:**

**Вещество 1 – 160 г/моль**

**Вещество 2 – 254 г/моль**

**За каждый верный ответ – 1 балл**

*Решение.*

Концентрированная H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – сильный окислитель, она окисляет бромид- и иодид-ионы.

$\text{CuBr}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , простое вещество – Br<sub>2</sub> (M = 160 г/моль),

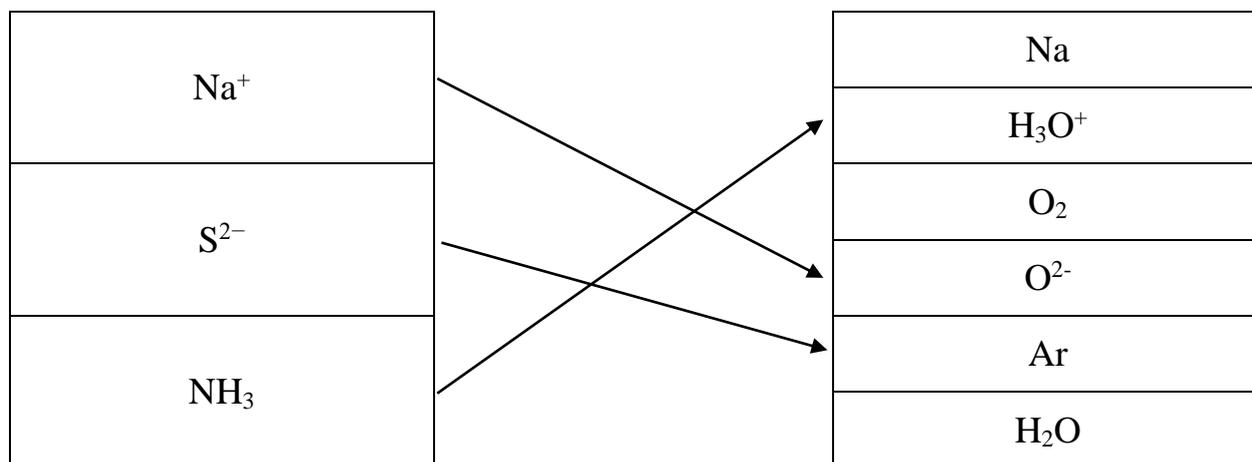
$2\text{CuI} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 2\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ , простое вещество – I<sub>2</sub> (M = 254 г/моль).

**Максимальный балл за задания №28–32 — 10**

### Задача 11 (33)

Частицы называются изоэлектронными, если они содержат одинаковое количество электронов и равное число атомов, например, ион  $\text{Li}^+$  и атом  $\text{He}$ , молекула  $\text{CH}_4$  и ион  $\text{NH}_4^+$ . Установите соответствие между парами изоэлектронных частиц.

**Ответ:**



**За каждую верную пару – 2 балла.**

**Максимальный балл за задание №33 — 6**

*Решение.*

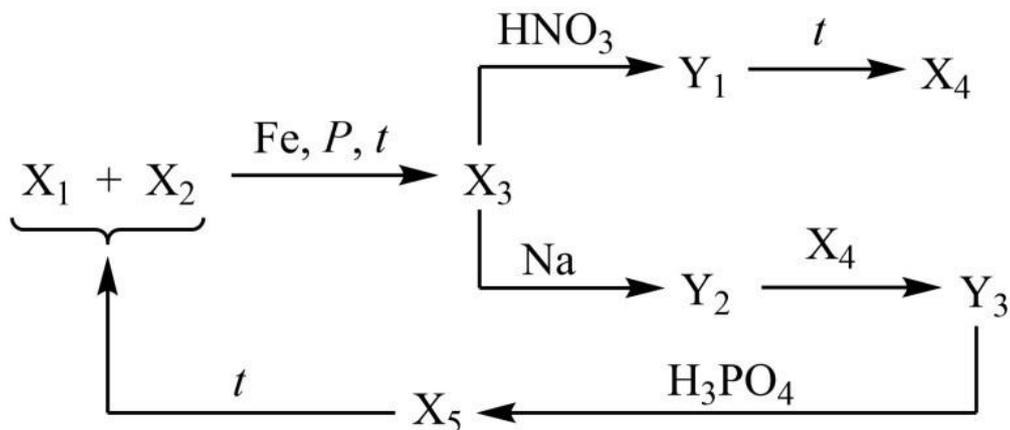
Ион  $\text{Na}^+$  содержит  $11 - 1 = 10$  электронов. Изоэлектронной ему является одноатомная частица с 10 электронами, в правом столбце это – ион  $\text{O}^{2-}$ .

Ион  $\text{S}^{2-}$  содержит  $16 + 2 = 18$  электронов. Изоэлектронной ему является любая одноатомная частица с 18 электронами, в правом столбце это – атом  $\text{Ar}$ .

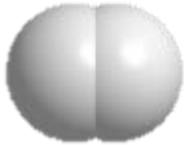
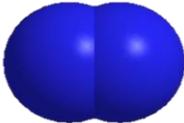
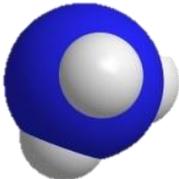
Молекула  $\text{NH}_3$  содержит  $7 + 3 = 10$  электронов. Изоэлектронной ей должна быть четырёхатомная частица с 10 электронами, в правом столбце это –  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Задача 12 (34–39)

Дана схема превращений.



Вещества  $X_1 - X_5$  имеют молекулярное строение. Ниже представлены масштабные модели молекул первых трёх из этих веществ, «шариками» одного цвета обозначены атомы одного и того же химического элемента. Вещества  $Y_1 - Y_3$  имеют ионное строение.

Вещество	Модель молекулы	Молярная масса, г/моль
$X_1$		2
$X_2$		28
$X_3$		17
$X_4$	–	44
$X_5$	–	43

**34–38.** Запишите химические формулы веществ  $X_1 - X_5$ .

**Ответ:**

<b>34.</b>	<b><math>X_1</math></b>	$H_2$
<b>35.</b>	<b><math>X_2</math></b>	$N_2$
<b>36.</b>	<b><math>X_3</math></b>	$NH_3$
<b>37.</b>	<b><math>X_4</math></b>	$N_2O$
<b>38.</b>	<b><math>X_5</math></b>	$HN_3$

**За каждый верный ответ – 2 балла**

*Решение.*

Формулы веществ  $X_1 - X_3$  находим по молярным массам и молекулярным моделям:

$X_1 - H_2$ ,  $X_2 - N_2$ ,  $X_3 - NH_3$ .

**39.** Определите молярные массы веществ  $Y_1 - Y_3$ . Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

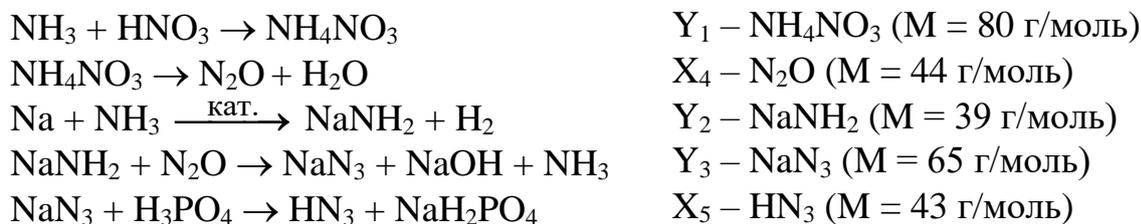
**Ответ:**

<b><math>Y_1</math></b>	<b><math>Y_2</math></b>	<b><math>Y_3</math></b>
80	39	65

**За каждый верный ответ – 1 балл**

*Решение.*

Дальше записываем схемы реакций (без коэффициентов) и определяем продукты:



**Максимальный балл за задания № 34–39 — 13**

**Максимальный балл за работу – 100.**