

# Цели ВсОШ

## **Порядок проведения всероссийской олимпиады школьников:**

Олимпиада проводится в целях *выявления* и *развития* у обучающихся творческих способностей и *интереса* к научной деятельности, *пропаганды* научных знаний, *отбора* лиц, проявивших выдающиеся способности в составы сборных команд Российской Федерации для участия в международных олимпиадах по общеобразовательным предметам.



# Всероссийская Олимпиада Школьников по химии

Всемирная олимпиада –  
4 человека

Заключительный этап

5%

Региональный этап

6%

Муниципальный этап

17%

Школьный этап (~500 000 участников)

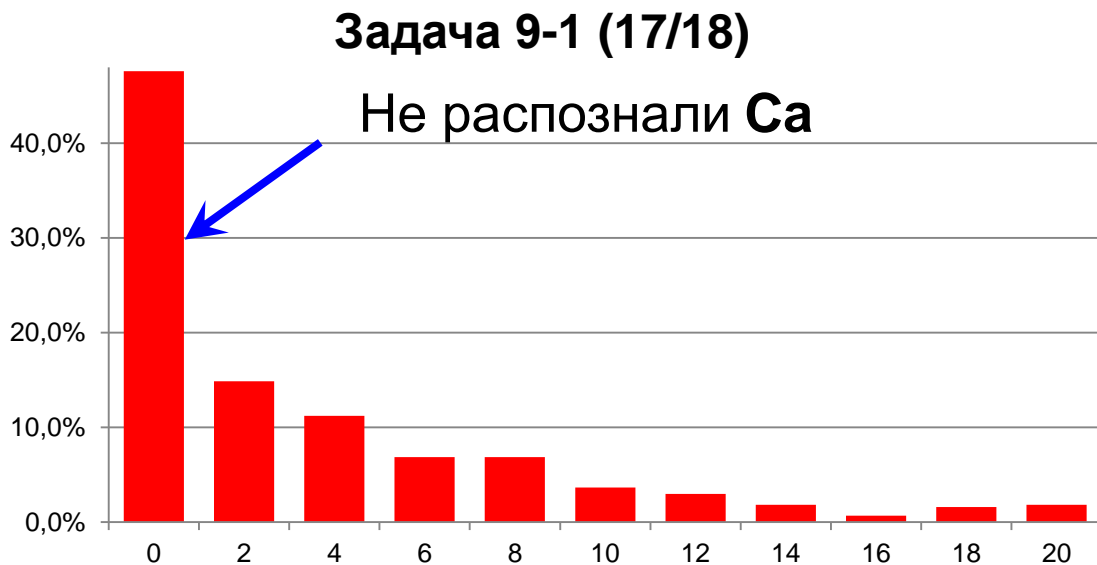
# Типичная структура олимпиадной задачи



# Типы задач

## 1. «Что у меня в руке?»

Венская известь из **1 кг X** можно прокалить, то с белого кристаллического соляной кислоты насыщенного кристаллического вещества массой **10 г** при



**СМЕСЬ!**

мала X, причем и долго образуя **619.5 г** кта в избытке ением избытка **934.8 г** белого этого вещества

**H<sub>2</sub>O**

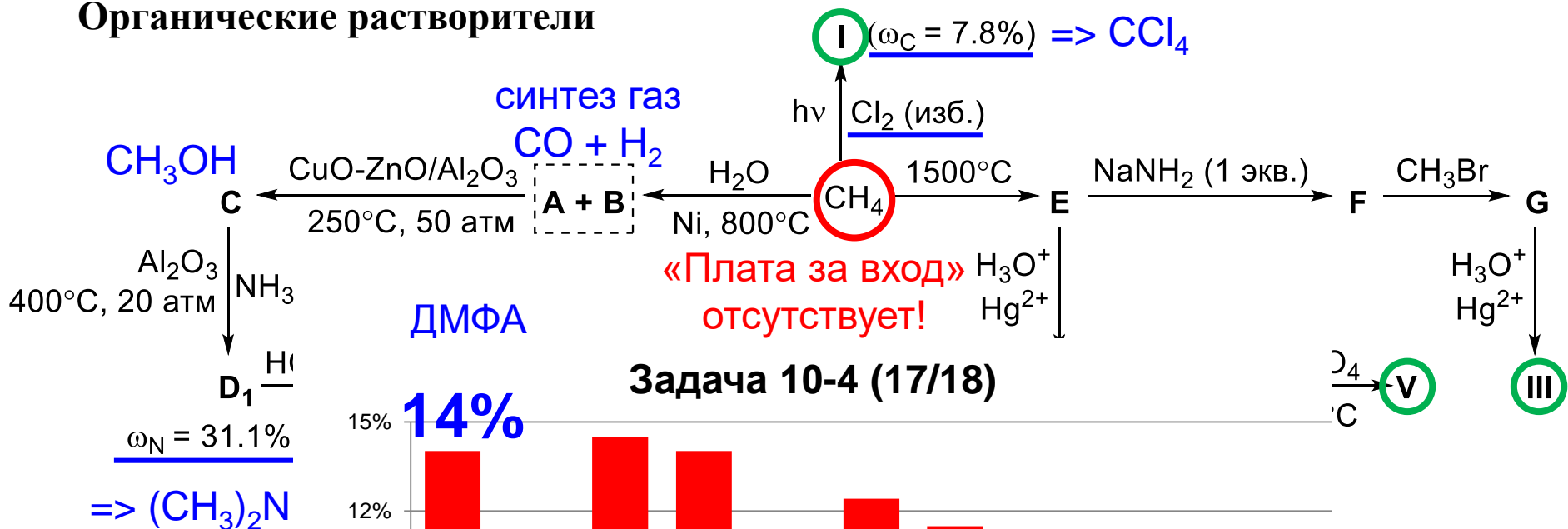
**Вопросы:**  
**Система оценивания:**

- 1) Определите состав венской извести в массовых процентах, если известно, что она окрашивает пламя в кирпично-красный цвет
- 2) Найдите формулу минерала X и вещества Y. Приведите тривиальные названия этих веществ
- 3) Запишите уравнение реакции взаимодействия X с соляной кислотой. Рассчитайте минимальный объем 20%-ной соляной кислоты (плотность 1.1 г/мл), необходимой для перевода в раствор 1 г минерала X.
- 4) На сколько увеличится масса венской извести при её обработке водой без предварительного сильного нагревания.

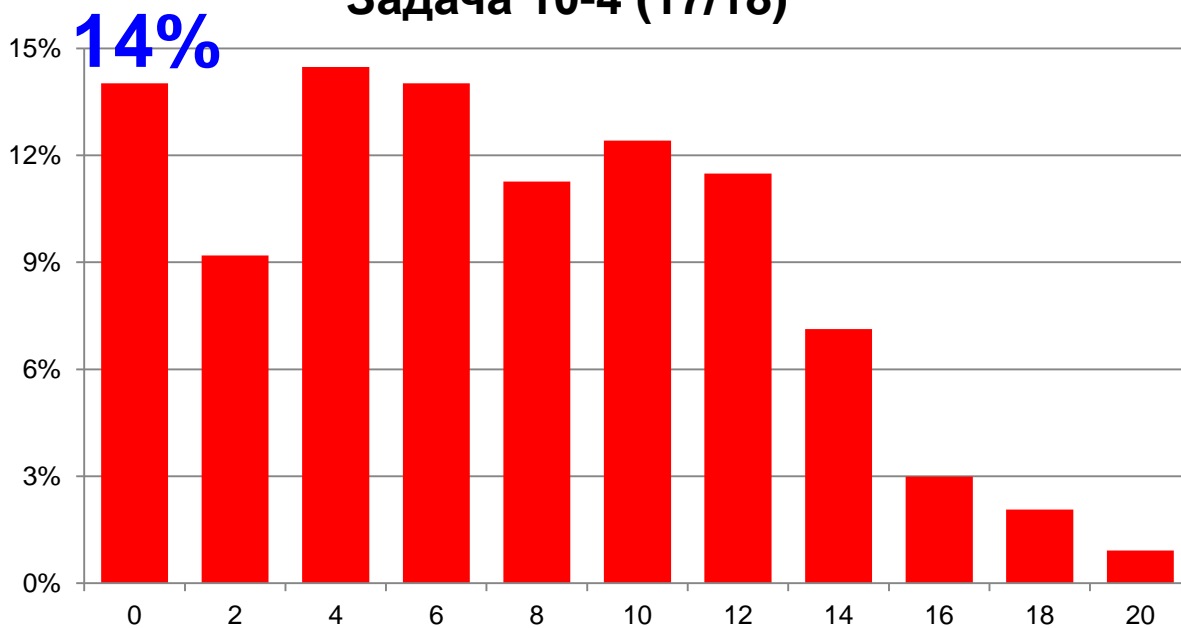
# Типы задач

## 2. Бесхитростная «Цепочка»

Органические растворители



Задача 10-4 (17/18)



Система оц

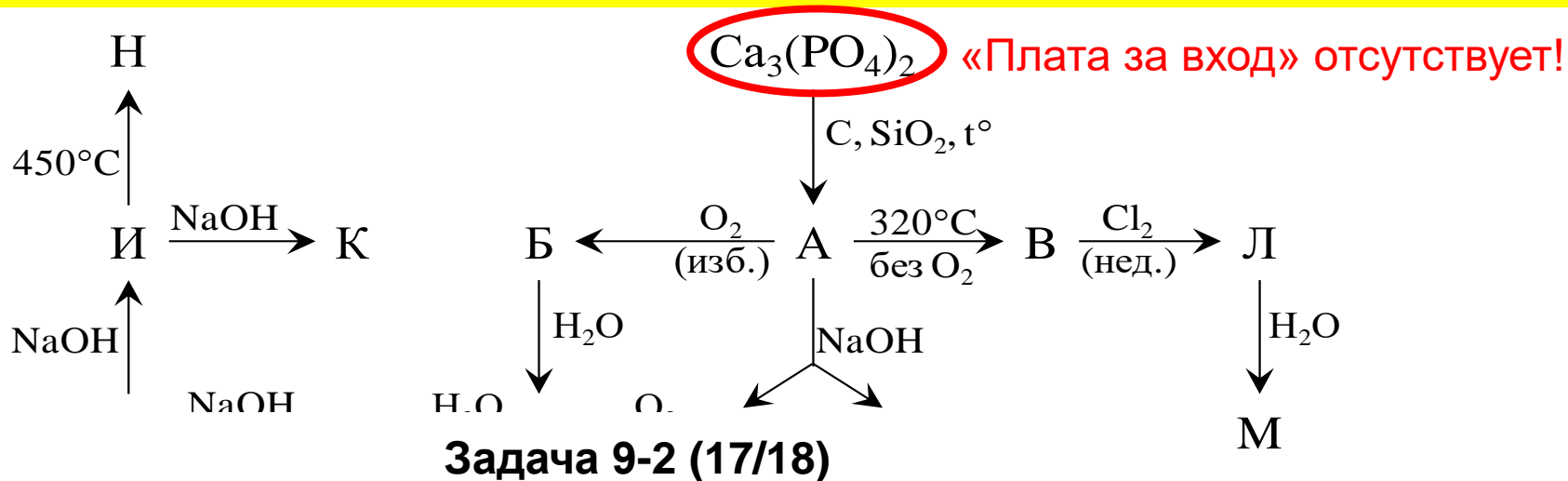
1-2	По 1 бал
3	Правиль формула

18  
баллов  
2 балла

итого: 20 баллов

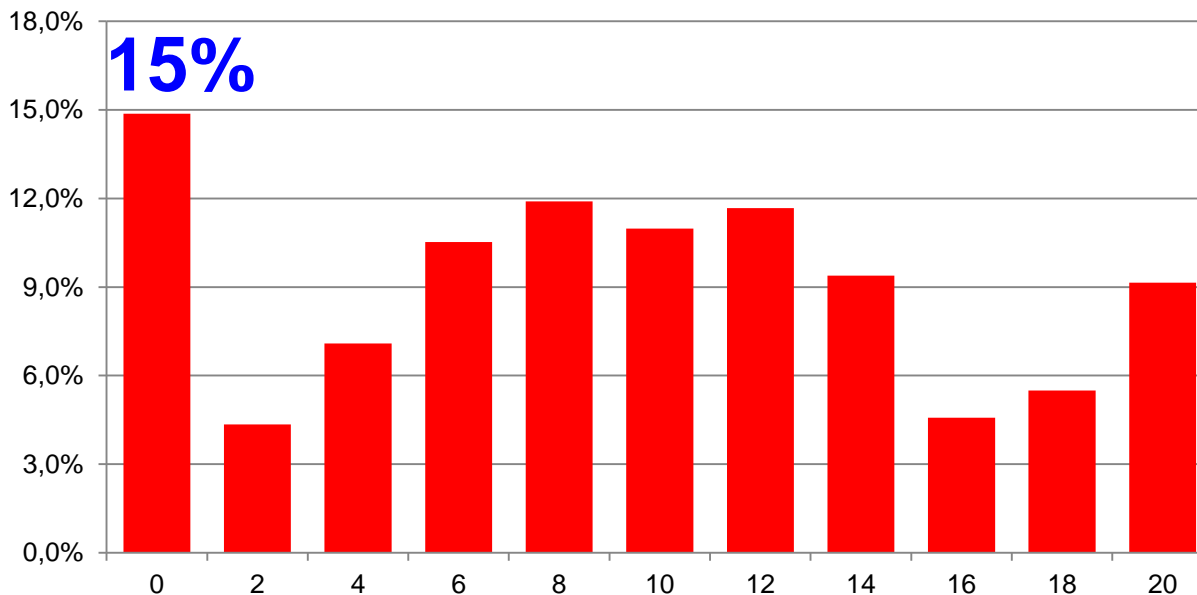
# Типы задач

## 3. «Сказка»



**Система**

1. Элементы
2. Вещества
3. Уравнения
4. Состав
5. Структура
6. Основные
7. Обоснование



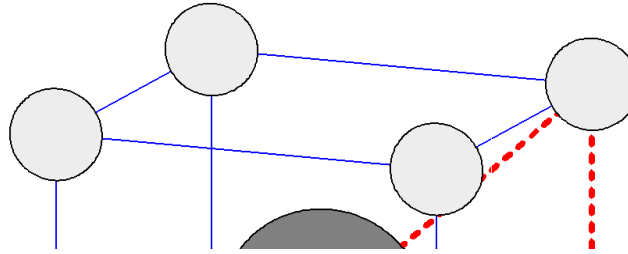
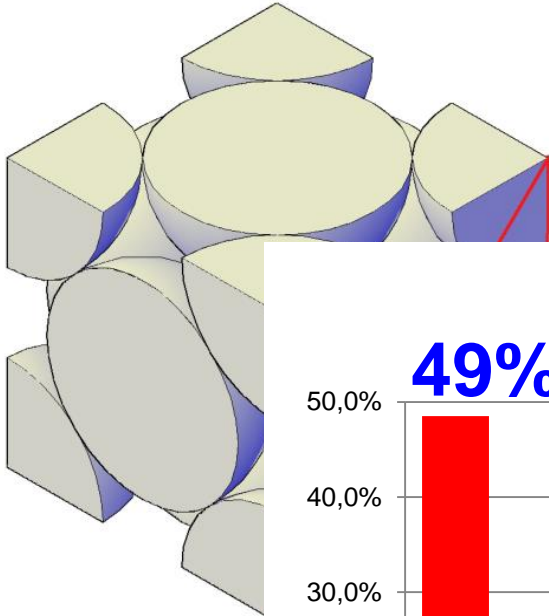
ЭМНИЯ ОТГОНЯЮТ

- |           |
|-----------|
| 1 балл    |
| 6.5 балла |
| 6.5 балла |
| 1 балл    |
| 2 балла   |
| 2 балла   |
| 1 балл    |

**ИТОГО: 20 баллов**

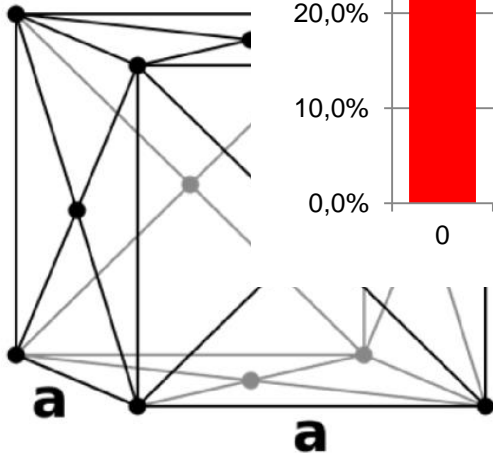
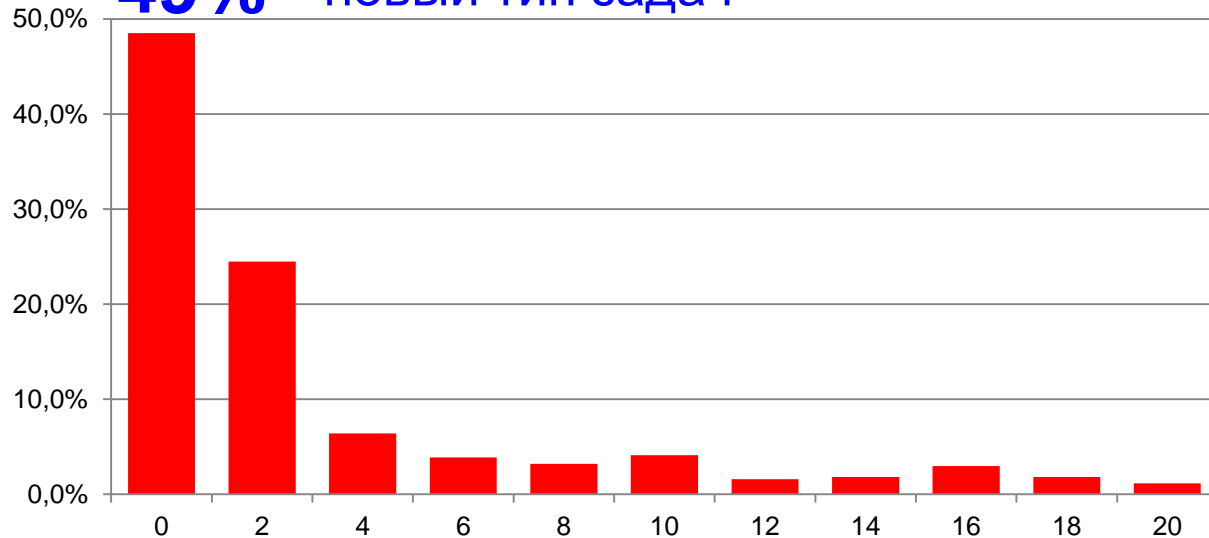
# Типы задач

## 4. «Кристаллохимия» - задача по геометрии



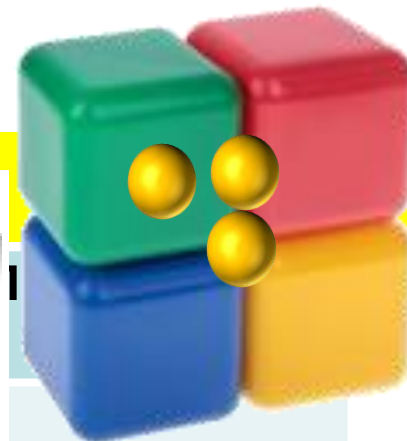
Задача 9-3 (17/18)

**49%** - НОВЫЙ ТИП ЗАДАЧ

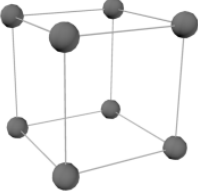
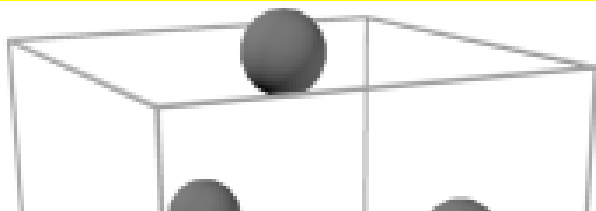
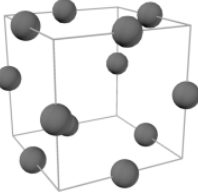
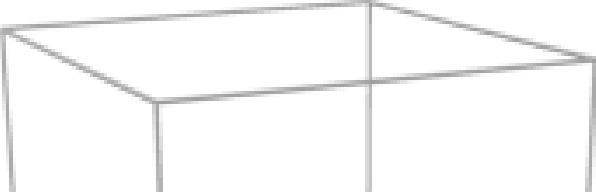
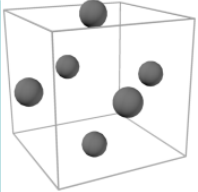
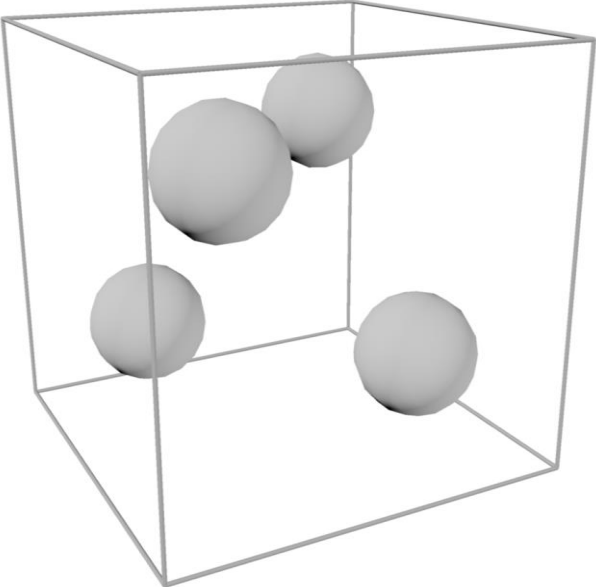
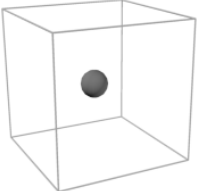
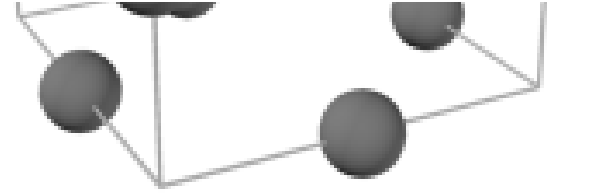
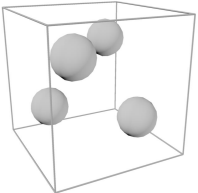


$$6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}} \cdot (4.0781 \cdot 10^{-8} \text{см})^3 = 0.09797 M_X = 19.30 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$$

# Типы задач



## Анализ структуры

Расположение в ячейке	Описание		
	В вершинах		1
	В центрах рёбер		3
	В центрах граней		3
	В центре		1
	Внутри		4



# Типы задач

## 4. «Давайте сложно посчитаем» - задача по арифметике

Задача 10-6 (17/18)

Один из и  
понижения  
плавления ч  
Если темпер  
раствора не  
плавления м



Не смогли подставить  
числа в формулу

Подставили числа,  
получили верный  
результат

измерение  
температурой  
плавления  
температуры

1. Моляр  
Колич  
Моляр

6 баллов

2. Формулы веществ  $A_1$  и  $B_1$  – по 2 балла

4 балла

3. Формулы солей  $A_2$  и  $B_2$  – по 2 балла

4 балла

4. Верное объяснение (увеличение числа частиц из-за гидролиза)

2 балла

Выбор раствора с меньшей температурой плавления

2 балла

5. Температура плавления раствора цианата аммония

2 балла

ИТОГО: 20

баллов

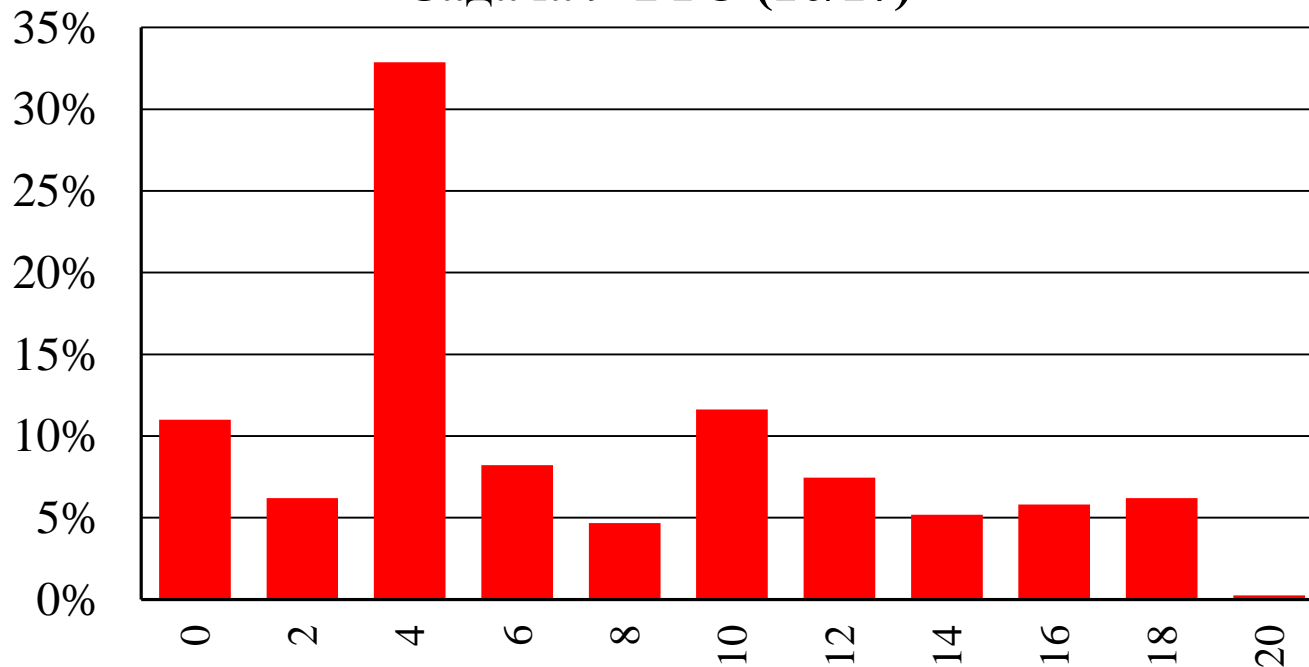
# Типы задач

## 5. «Периодический закон»

Найдите три идущих подряд в периодической системе химических элемента **X**, **Y** и **Z** (**X** – с наименьшим порядковым номером, **Z** – с наибольшим, например, **X** – водород, **Y** – гелий, **Z** – литий), отвечающих указанному условию. В решении для каждого из пунктов 1–4 укажите по одной тройке элементов. **В каждом пункте тройки разные.**

1. Может протекать реакция  $\text{XZ}_{(\text{газ})} + \text{YZ}_{2(\text{газ})} = \text{XZ}_{2(\text{газ})} + \text{YZ}_{(\text{газ})}$ . Напишите уравнение реакции.

Задача 9-1 РЭ (16/17)



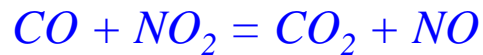
	Оценка
	4 балла
	8 баллов
	6 баллов
и хлора с	
	2 балла
<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

# Типы задач

## 5. «Периодический закон»

1. Может протекать реакция  $XZ_{(газ)} + YZ_{2(газ)} = XZ_{2(газ)} + YZ_{(газ)}$ . Напишите уравнение реакции.

Вопрос на химическую эрудицию:



/ 4 балла

2. **X** образует только один оксид белого цвета (**A**), **Y** образует фиолетовый (**B**) и белый (**C**) оксиды, последний содержит 40 % кислорода по массе, **Z** образует несколько оксидов различного состава чёрного цвета и оранжевый оксид (**D**).

Запишите формулы оксидов **A – D**. Состав **C** подтвердите расчетом.

$$Y_2O_n: 2M_Y + 16n = 16n / 0,4;$$

$$M_Y = 12n. \Rightarrow \cancel{MgO}, \cancel{Cl_2O_3}, TiO_2$$

11 22,989769 <b>Na</b> НАТРИЙ	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	39,948 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> <b>Г</b> АРГОН
19 39,0983 <b>К</b> КАЛИЙ	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> белый	Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> фиолетовый	TiO <sub>2</sub> белый	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> оранжевый	45 s <sup>1</sup> 26 <b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО

/ 8 баллов

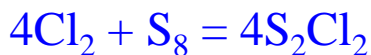
# Типы задач

## 5. «Периодический закон»

3. Простые вещества, образованные **X**, **Y** и **Z** были взяты в мольном соотношении 1 : 1 : 1, при этом их массы составили 1,00 г, 2,07 г и 0,57 г соответственно. Приведите по одному уравнению реакции между простыми веществами образованными **X** и **Z**, а также **Y** и **Z**.

*Предполагая близость атомных масс X, Y и Z простые вещества имеют состав:  
 $X_2$ ,  $Y_4$ ,  $Z$  или  $X_4$ ,  $Y_8$ ,  $Z_2$*

11	22,98976928	12	24,305	13	26,9815385	14	28,085	15	30,973762	16	32,06	17	35,452	18	39,948	
<b>Na</b>	3s <sup>1</sup>	<b>Mg</b>	3s <sup>1</sup>	<b>Al</b>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	<b>Si</b>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	<b>P</b>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	<b>S</b>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	<b>Cl</b>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	<b>Ar</b>	3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	
НАТРИЙ		МАГНИЙ		АЛЮМИНИЙ		КРЕМНИЙ		ФОСФОР		СЕРА		ХЛОР		АРГОН		
19	39,0983	20	40,078	44,95591	21	47,867	22	50,9415	23	51,996	24	54,938044	25	55,845	26	
<b>K</b>	4s <sup>1</sup>	<b>Ca</b>	4s <sup>1</sup>	3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	<b>Sc</b>	3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	<b>Ti</b>	3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	<b>V</b>	3d <sup>3</sup> 4s <sup>1</sup>	<b>Cr</b>	3d <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup>	<b>Mn</b>	3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	<b>Fe</b>	3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
КАЛИЙ		КАЛЬЦИЙ		СКАНДИЙ		ТИТАН		ВАНАДИЙ		ХРОМ		МАРГАНЕЦ		ЖЕЛЕЗО		



или



или

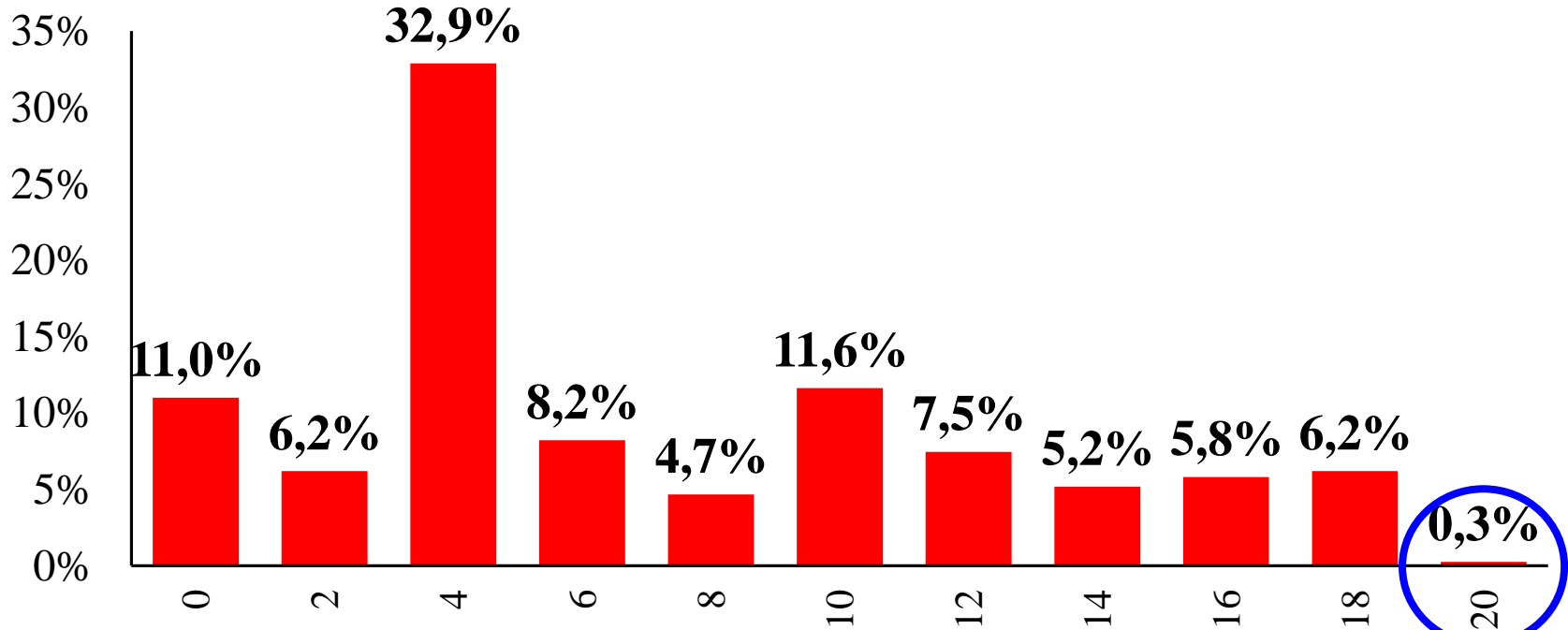


# Типы задач

## 5. «Периодический закон»

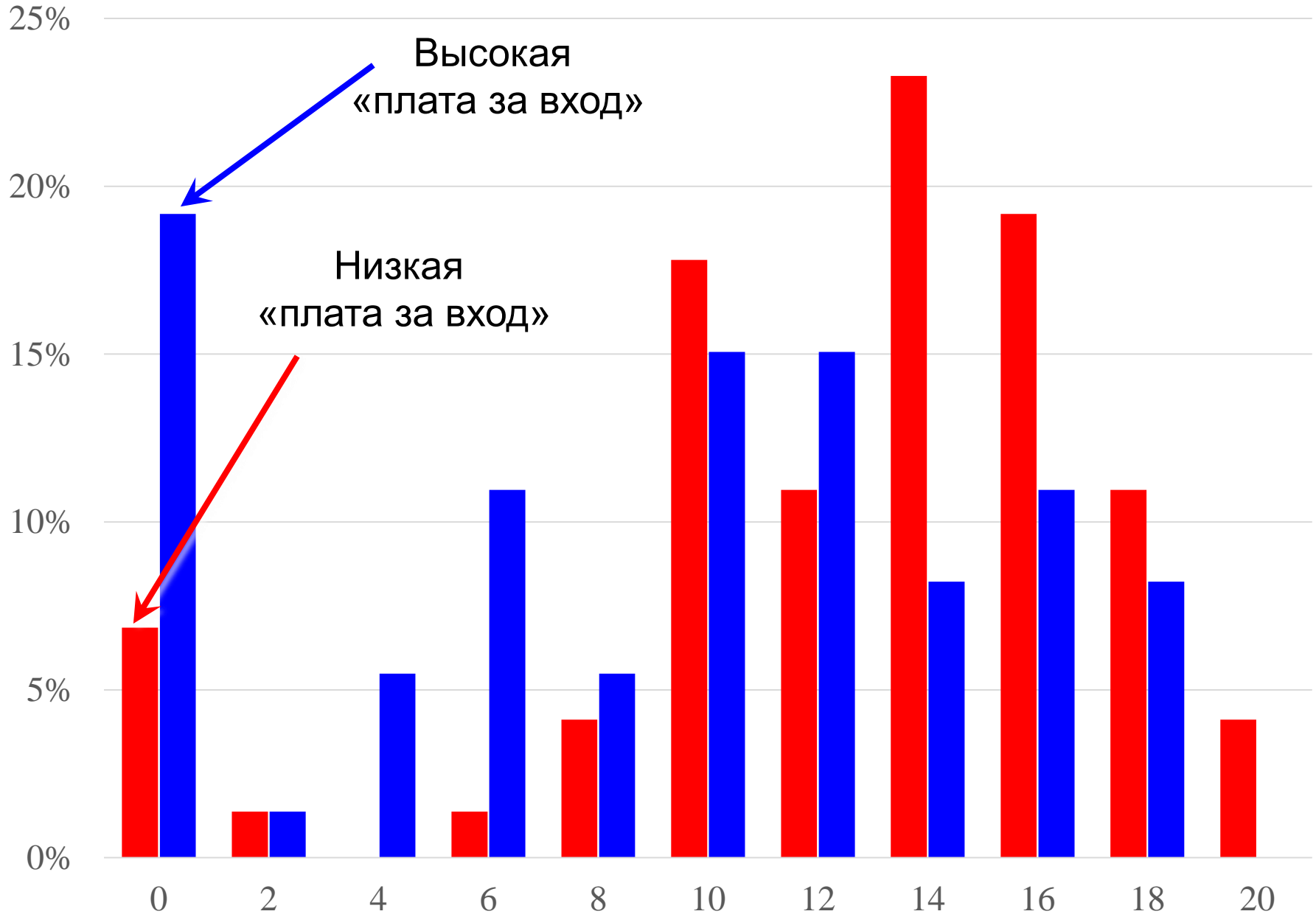
4. **X** в большинстве своих соединений проявляет степень окисления +3, в редких случаях он способен проявлять степень окисления +2, степень окисления **Y** – в соединениях только +3, а **Z** – в основном проявляет степень окисления +4 и очень редко +2 и +3.

### Задача 9-1 РЭ (16/17)



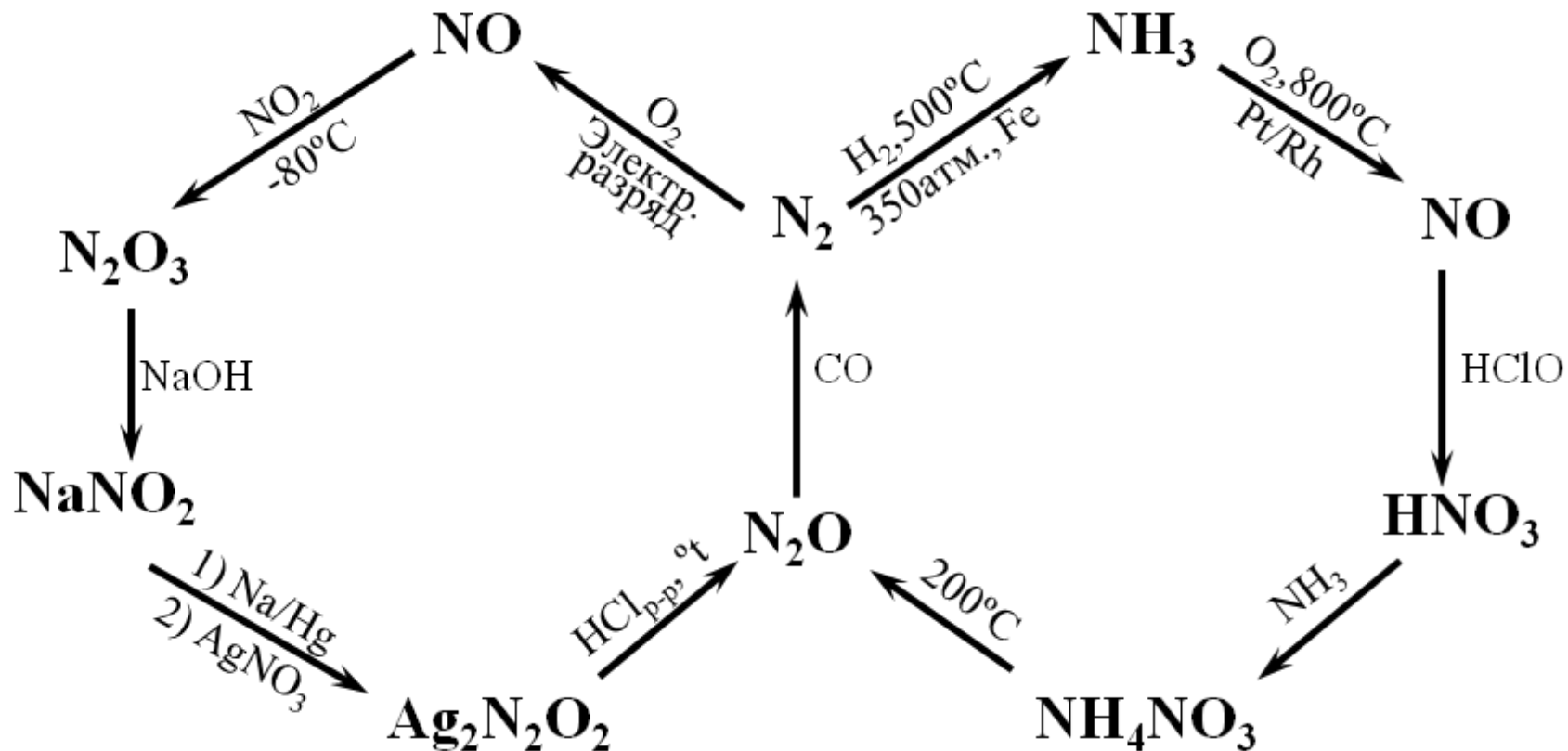
58 Ce ЦЕРИЙ	140,116 4f <sup>5</sup> d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 Pr ПРАЗЕОДИМ	140,90766 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	60 Nd НЕОДИМ	144,242 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	61 Pm ПРОМЕТИЙ	[145]	62 Sm САМАРИЙ	150,36 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	63 Eu ЕВРОПИЙ	151,964 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	64 Gd ГАДОЛИНИЙ	157,25 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	65 Tb ТЕРБИЙ	158,92535 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	66 Dy ДИСПРОЗИЙ	162,500 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	67 Ho ГОЛЬМИЙ	164,93033 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	68 Er ЭРБИЙ	167,259 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	69 Tm ТУЛИЙ	168,93422 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	70 Yb ИТТЕРБИЙ	173,045 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	71 Lu ЛУТЕЦИЙ	174,9668 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
-------------------	---	-----------------------	--	--------------------	--	----------------------	-------	---------------------	---	---------------------	--	-----------------------	---	--------------------	--	-----------------------	--	---------------------	--	-------------------	---	-------------------	---	----------------------	---	---------------------	--

# 9 класс 3Э (15/16)



# 9 класс (15/16)

Задача 1 (НХ) – схема превращений неизвестного элемента



1. Формулы веществ по 0,5 балла, названия по 0,5 балла

9 баллов

2. Уравнения реакций по 1 баллу

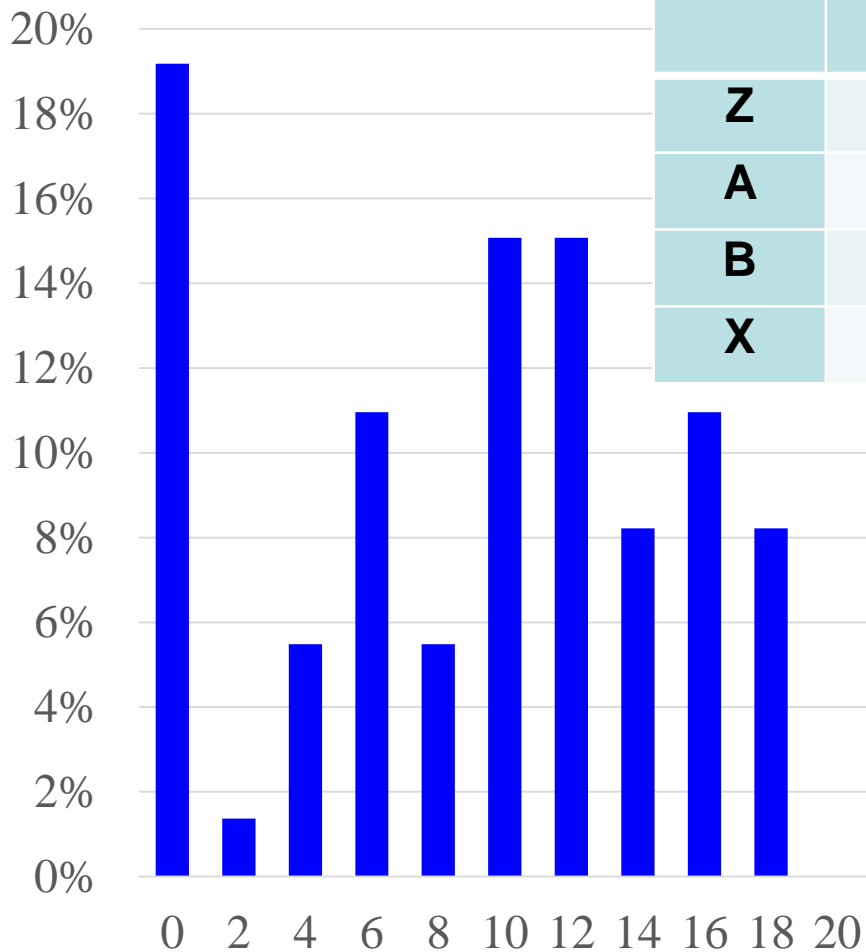
11 баллов

**ИТОГО:**

20 баллов

# 9 класс 3Э (15/16)

**Задача 2 (НХ)** – схема превращений неизвестного элемента, но сам элемент менее очевиден, хотя и высчитывается из массовой доли в оксиде.



Буква	Формула вещества	Буква	Формула вещества
Z	Pb	Y	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
A	$\text{Pb}_3\text{O}_4$	D	$\text{PbCO}_3$
B	$\text{PbO}_2$	E	$\text{PbO}$
X	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_4$	C	$\text{PbCl}_2$



# Статистика по задачам регионального этапа 2016-2018

## Число участников в статистике

	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
9 класс	456 (28,5%)	791 (47,2%)	437 (~26%)
10 класс	455 (27,6%)	751 (43,3%)	435 (~25%)
11 класс	442 (25,1%)	730 (41,3%)	368 (~21%)

[Doljenko\\_VD@inorg.chem.msu.ru](mailto:Doljenko_VD@inorg.chem.msu.ru)

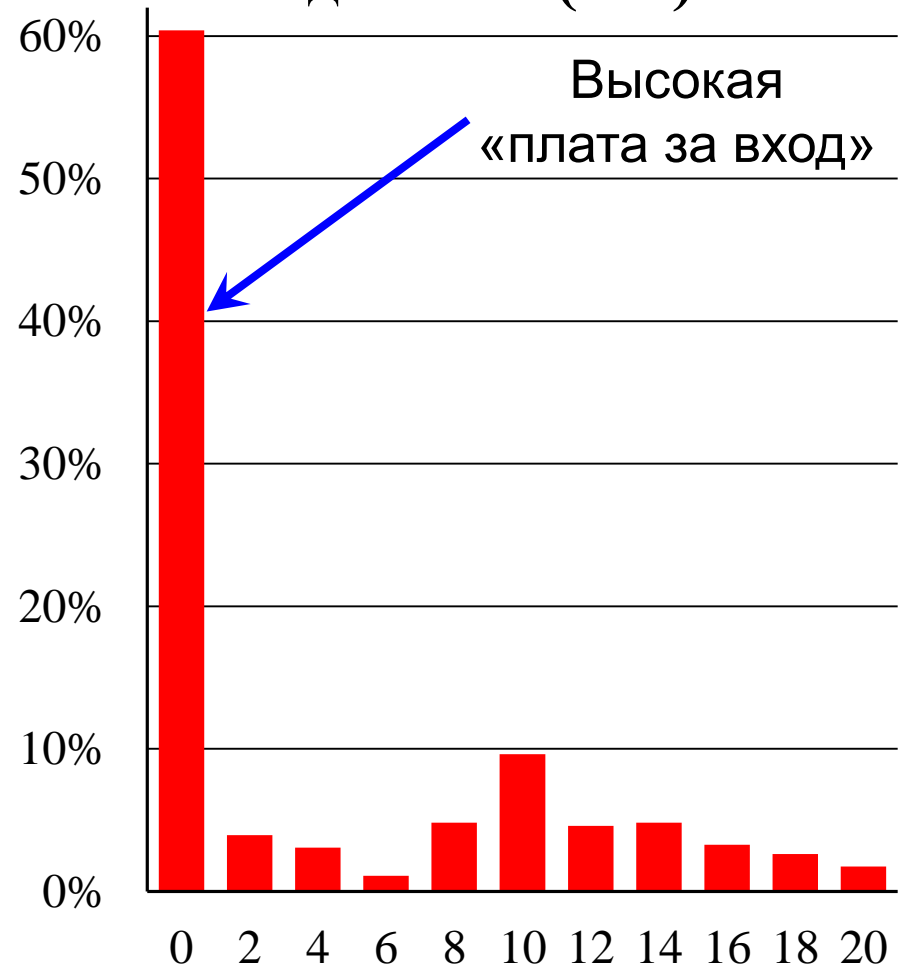
[Olga.arkh@gmail.com](mailto:Olga.arkh@gmail.com)

# 9 класс РЭ (15/16)

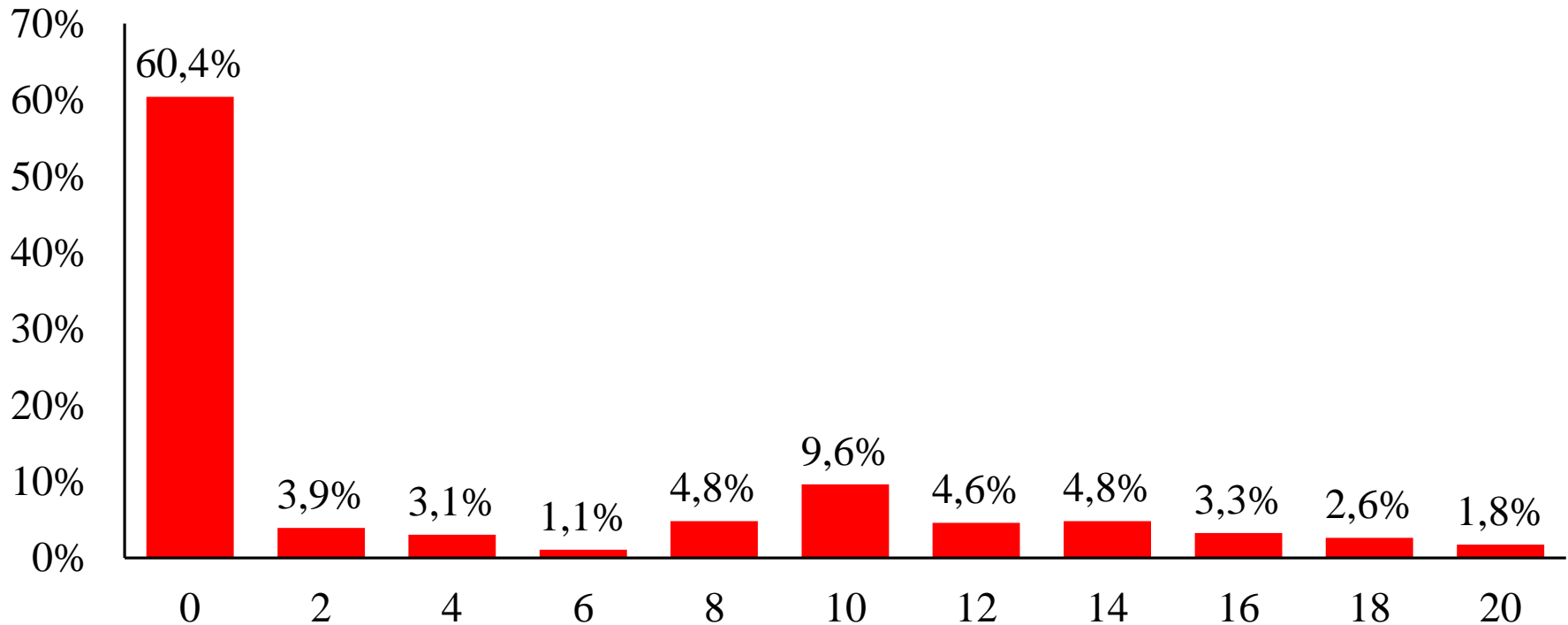
## Задача 9-1 (НХ)



## Задача 9-2 (НХ)



# Задача 9-2 РЭ (15/16)

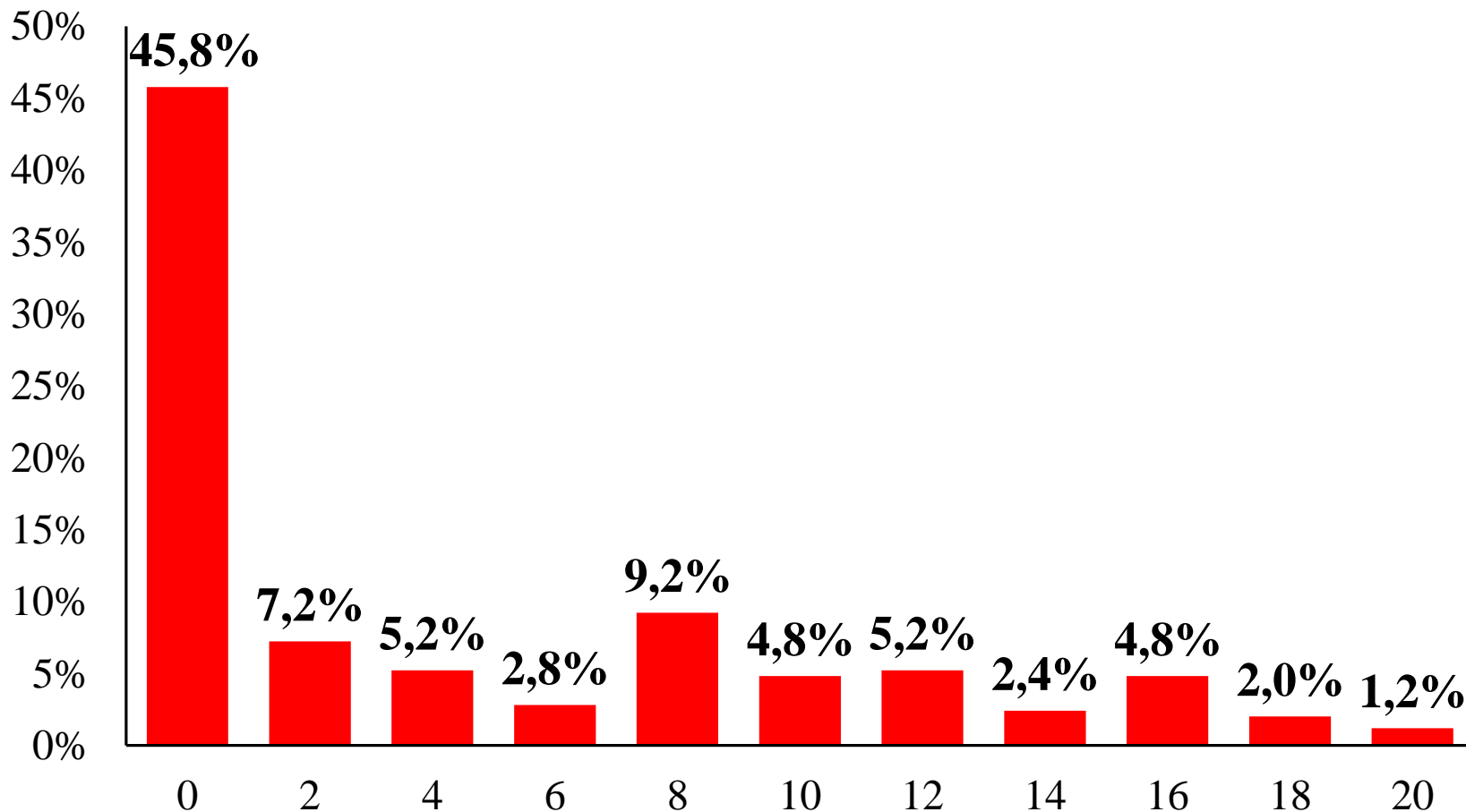


*Если  $Y$  - самородный металл (Cu, Ag, Au, Hg), то все возможные  $X$  не подходят под описание, значит  $X$  и  $Y$  – неметаллы.*

*Кислота 1 –  $H_nXO_m$   $\Rightarrow \omega = \frac{M_X}{M_X + n + 16m} \Rightarrow M_X = \frac{\omega}{1 - \omega} (n + 16m)$*

*Перебором по  $n$  и  $m$  получается единственный разумный ответ :  $H_2SeO_3$*

# Задача 11-1 РЭ (15/16)



- 1) Описание качественных реакций позволяет предполагать, что А, В и С соли фосфорных кислот.
- 2) Приведенных чисел достаточно для определения природы соединений.

# Задача 11-1 РЭ (15/16)

$$M_D = 1.518 \text{ г/л} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 34.00 \text{ г/моль.} \Rightarrow D = \text{H}_2\text{S или PH}_3$$

$$\text{Na}(\text{H}_n\text{PO}_m) \quad M_A = 23 / 0.3239 = 71 \text{ г/моль} \quad M(\text{H}_n\text{PO}_m^-) = 48 \text{ г/моль} = 31 + 16 + 1$$

$$M(\text{H}_n\text{SO}_m^-) = 48 \text{ г/моль} = 32 + 16$$

$$\text{Na}_2(\text{H}_n\text{PO}_m) \quad M_A = 46 / 0.3239 = 142 \text{ г/моль} \quad M(\text{H}_n\text{PO}_m^{2-}) = 96 \text{ г/моль} = 31 + 16 \cdot 4 + 1$$

$$A = \text{Na}_2\text{HPO}_4 \text{ или } \del{\text{Na}_2\text{SO}_4}$$

$$M(\text{H}_n\text{SO}_m^-) = 96 \text{ г/моль} = 32 + 16 \cdot 4$$

аналогично:

$$B = \text{Na}_2\text{HPO}_3 \text{ или } \del{\text{Na}_2\text{SO}_3}$$

$$C = \text{NaH}_2\text{PO}_2 \text{ или } \del{\text{NaHSO}_2}$$

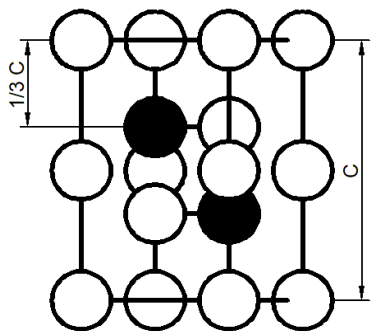
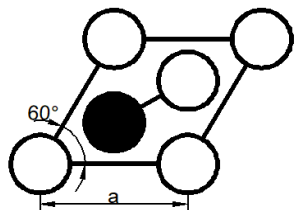
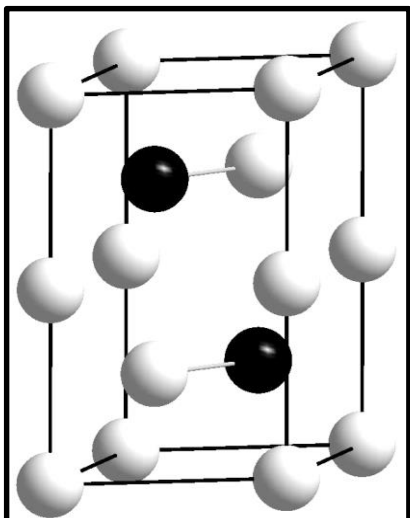
Соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;  $\text{NaHSO}_2$  имеют различный качественный состав

# Задача 9-4 РЭ 2017/18 (запасной)

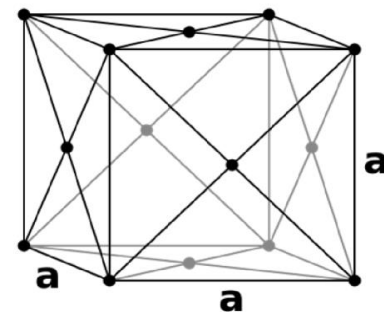
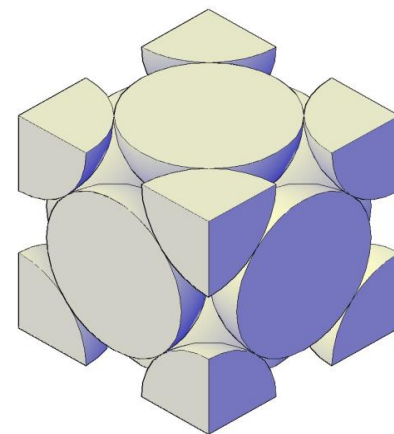
Металл **X** имеет кубическую гранецентрированную кристаллическую решетку. Плотность металла  $21.52 \text{ г/см}^3$ , параметр  $a$  элементарной ячейки равен  $3.920 \text{ \AA}$ .

При сплавлении металла **X** с металлом **Y** при  $700^\circ\text{C}$  образуется прозрачное кристаллическое вещество жёлтого цвета **Z**.

Элементарная ячейка кристалла **Z** изображена рисунке. Приведены виды сверху и спереди. Белые атомы расположены в вершинах ячейки и в центре вертикальных рёбер. На виде сверху атомы расположены в центре треугольника, а на виде спереди – черные атомы на уровне  $\frac{1}{3}c$ . Плотность вещества составляет  $5.795 \text{ г/см}^3$ , параметры  $a$  и  $c$  равны  $5.676 \text{ \AA}$  и  $9.471 \text{ \AA}$ , соответственно.

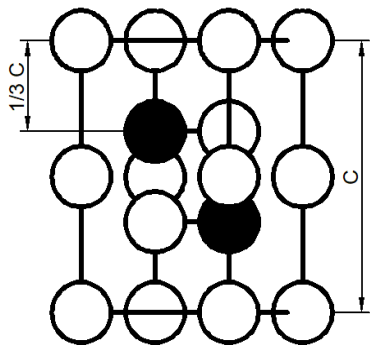
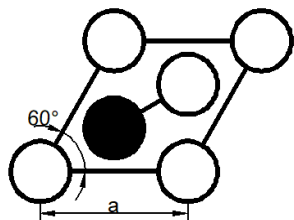
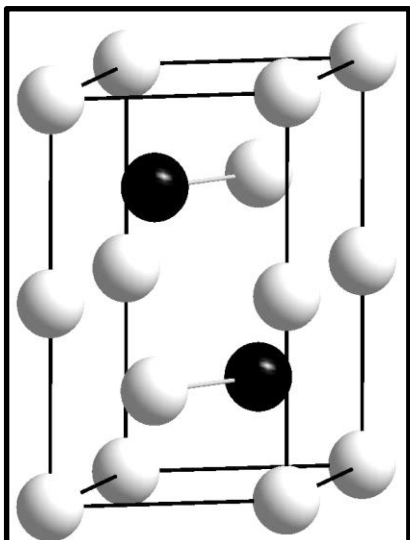


Элементарная  
ячейка **Z**



Элементарная  
ячейка **X**

# Задача 9-4 РЭ 2017/18



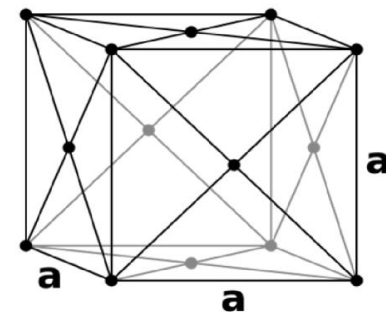
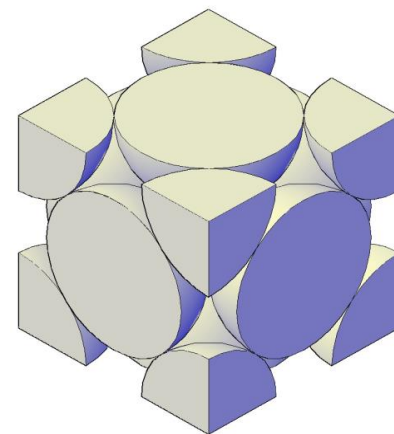
Элементарная  
ячейка **Z**

1. Рассчитайте радиус атома **X**, определите число атомов в элементарной ячейке, учитывая, что атомы могут принадлежать одновременно нескольким ячейкам. Определите металл **X**.

2. В каком мольном отношении **X** и **Y** входят в это соединение? Определите металл **Y**.

3. Вещество **Z** имеет ионное строение, какие степени окисления **X** и **Y** в этом соединении, ответ обоснуйте. Оцените (больше или меньше какой-то величины) ионные радиусы, ответ обоснуйте. Назовите **Z**.

4. Запишите уравнения реакций металла **Y** и вещества **Z** с водой. Обсудите возможность взаимодействия **X**, **Y** и **Z** с кислородом, запишите уравнения реакций (не менее 3-х) и условия их протекания.



Элементарная  
ячейка **X**

# Задача 9-4 РЭ 2017/18

1	Расчет радиуса X – 1 балл Определение числа атомов в ячейке – 1 балл Расчет молярной массы X – 2 балла	4 балла
2	Определение мольного отношения X:Y – 1 балл Расчет молярной массы Y – 2 балла	3 балла
3	Определение степеней окисления с обоснованием – 1 балл Название соединения – 1 балл Идея, что катионы меньше атомов, а анионы больше – 1 балл	3 балла
4	Уравнения реакций Cs и Cs <sub>2</sub> Pt с водой по 2 балла Уравнения реакций Cs и Cs <sub>2</sub> Pt с кислородом по 2 балла При наличии абсурдных реакций (например, платина с кислородом при нормальных условиях) -2 балла за каждую (но не более 6)	10 баллов
ИТОГО:		20 баллов



Рассчитайте радиус атома **X**, определите число атомов в элементарной ячейке. Определите металл **X**.

Из рисунка видно, что радиус атома **X** равен  $\frac{1}{4}$  диагонали грани куба:  $r(X) = \frac{1}{4}a\sqrt{2} = 243.920 \text{ \AA} = \underline{1.386 \text{ \AA}}$

**+1**

Атомы, расположенные в вершинах куба (8 шт) принадлежат одновременно 8 ячейкам. А атомы, расположенные в центре граней (6 шт) только двум. Значит данной ячейке принадлежит:

$$1 \cdot 8 \text{ шт} + 12 \cdot 6 \text{ шт} = \underline{4 \text{ шт}} \quad \mathbf{+1}$$

Масса одного атома равна  $M_X / N_A$ .

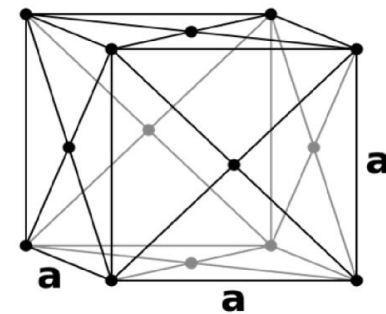
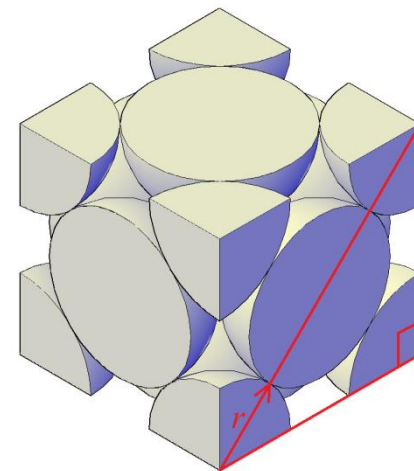
Тогда масса элементарной ячейки  $m = 4M_X \cdot N_A$ , а её объём  $V = a^3$ .

Плотность вещества:  $\rho = m/V = 4M_X / (N_A a^3) = 21.52 \text{ г/см}^3$ .

$$M_X = \underline{195.09 \text{ г/моль}}$$

Т.е. металл **X** – это **платина**.

**+2**

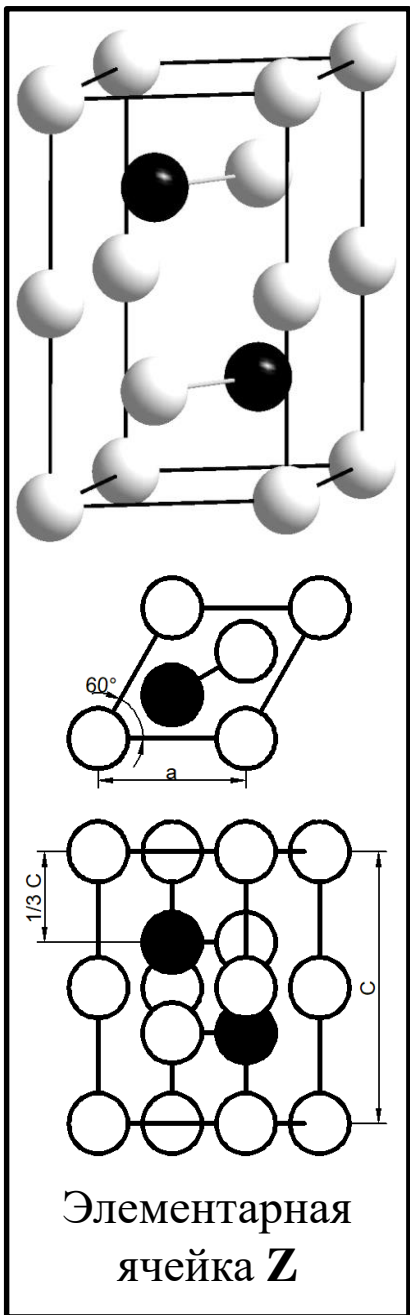


*Расчет радиуса **X** – 1 балл*

*Определение числа атомов в ячейке – 1 балл*

*Расчет молярной массы **X** – 2 балла*

В каком мольном отношении **X** и **Y** входят в это соединение? Определите металл **Y**.



В элементарной ячейке содержится **2 шт** черных атома и  $\left(\frac{1}{8} \cdot 8 \text{шт} + \frac{1}{4} \cdot 4 \text{шт} + 2 \text{шт}\right) = 4 \text{шт}$  белых атомов, значит атомы **X** и **Y** содержатся в **Z** в соотношении 1 : 2, или 2 : 1, т.е. **X<sub>1</sub>Y<sub>2</sub>** или **X<sub>2</sub>Y**. **+1**

Объём ячейки:  $V_{\text{яч}} = \frac{\sqrt{3}}{2} a^2 c$ , в ячейке содержится 2 формульные единицы **X<sub>1</sub>Y<sub>2</sub>** или **X<sub>2</sub>Y**

$$\rho = \frac{2 M_Z}{N_A \frac{\sqrt{3}}{2} a^2 c} = 0.01257 M_Z = 5.795 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$M_Z = 461.0 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M_Y = 461.0 - 2 * 195.05 = 70.9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



$$\text{или } M_Y = \frac{461.0 - 195.05}{2} = \underline{133.0} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \quad \mathbf{+2}$$

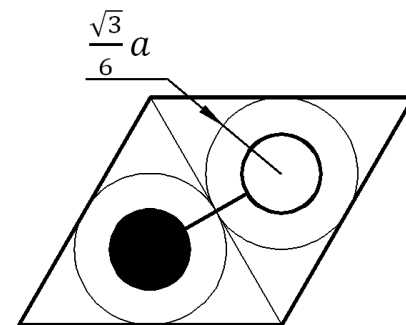
*Определение мольного отношения X:Y – 1 балл  
Расчет молярной массы Y – 2 балла*

Вещество Z имеет ионное строение, какие степени окисления X и Y в этом соединении, ответ обоснуйте. Оцените (больше или меньше какой-то величины) ионные радиусы, ответ обоснуйте. Назовите Z.

Т.к. в состав соединения входит самый активный металл, т.е. элемент, атом которого легче всего отдает электроны, логично предположить, что в соединении присутствуют катионы цезия и анионы платины, а т.к. у цезия единственный валентный электрон:  $\text{Cs}_2^+\text{Pt}^{2-}$ , по аналогии с сульфидом натрия это соединение должно называться платинид цезия. +1

Кратчайшее расстояние между атомами Cs и Pt равно удвоенному радиусу вписанной в правильный треугольник окружности:

$$r(\text{CsPt}) = a \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\sqrt{3}}{3} 5.676 \text{ \AA} = 3.277 \text{ \AA}$$



радиус аниона больше радиуса незаряженного атома, а радиус катиона меньше, поэтому можно утверждать, что

$$r(\text{Pt}^{2-}) > 1.386 \text{ \AA}$$

$$r(\text{Cs}^+) < (3.277 \text{ \AA} - 1.386 \text{ \AA}) = 1.891 \text{ \AA}$$

Определение степеней окисления с обоснованием – 1 балл

Название соединения – 1 балл

Идея, что катионы меньше атомов, а анионы больше – 1 балл

Запишите уравнения реакций металла **Y** и вещества **Z** с водой. Обсудите возможность взаимодействия **X**, **Y** и **Z** с кислородом, запишите уравнения реакций (не менее 3-х) и условия их протекания.

В  $\text{Cs}_2\text{Pt}$  цезий восстановительные свойства проявлять не может, но платина в нехарактерной для него степени окисления  $-2$  будет выступать в качестве восстановителя:



Платина с кислородом не реагирует, а цезий и платинид цезия должны легко окисляться избытком кислорода:



В качестве третьей реакции можно записать взаимодействие цезия с недостатком кислорода, с образованием субоксида или пероксида:

