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

Типичная структура олимпиадной задачи

Типы задач

1. «Что у меня в руке?»

СМЕСЬ!

Венская изв ала **X**, причем из **1** кг **X** мож ильно и долго прокалить, то с образуя **619.5** г белого криста кта в избытке соляной кислот ением избытка насыщенного с **934.8** г белого кристаллическ этого вещества массой **10 г** пр H_2O

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

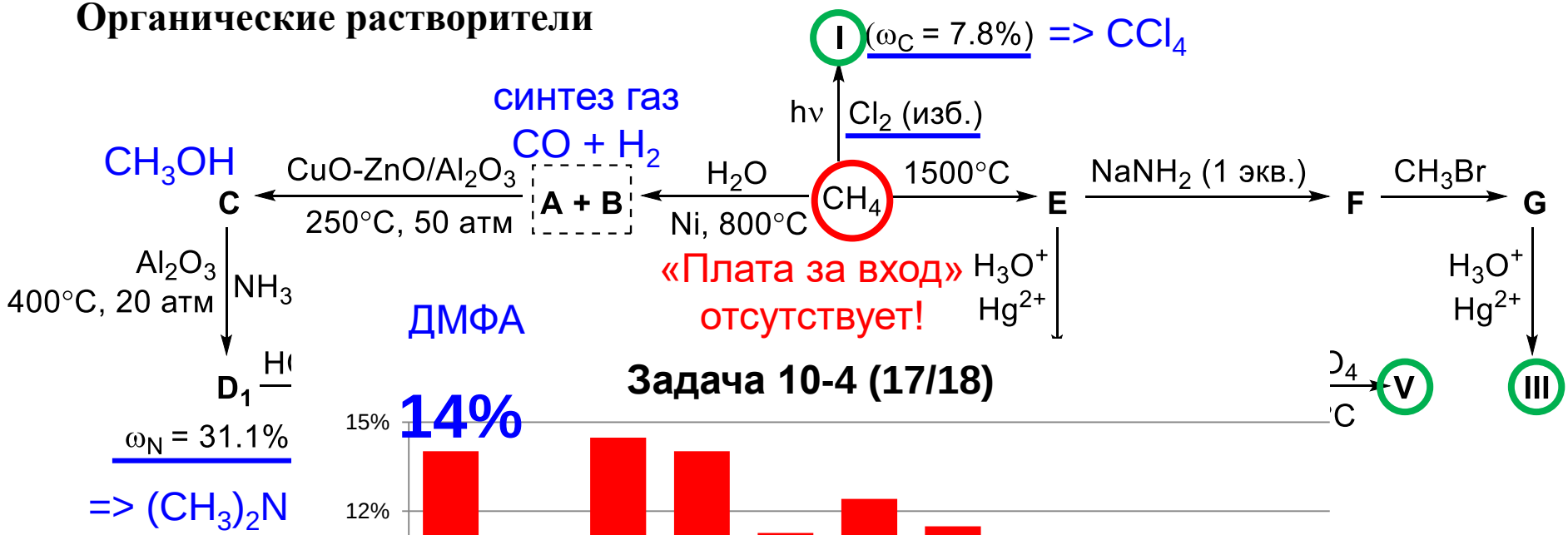
3) Запишите уравнение реакции взаимодействия **X** с соляной кислолой. Рассчитайте минимальный объем 20%-ной соляной кислоты (плотность 1.1 г/мл), необходимой для перевода в раствор **1** г минерала **X**.

4) На сколько увеличится масса венской извести при её обработке водой без предварительного сильного нагревания.

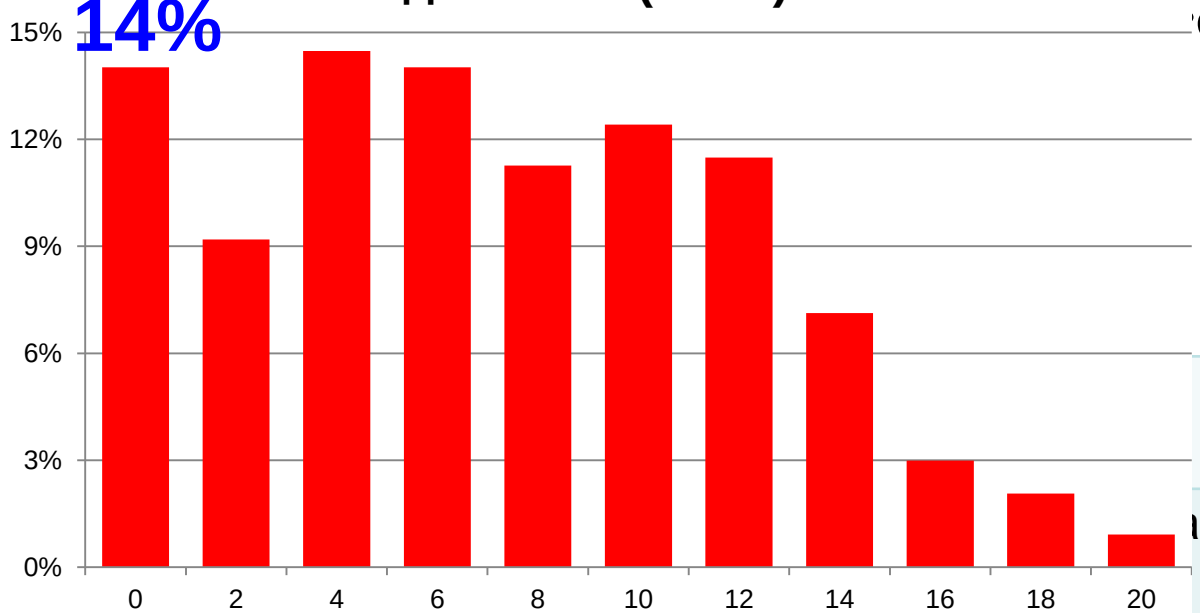
Типы задач

2. Бесхитростная «Цепочка»

Органические растворители



Задача 10-4 (17/18)

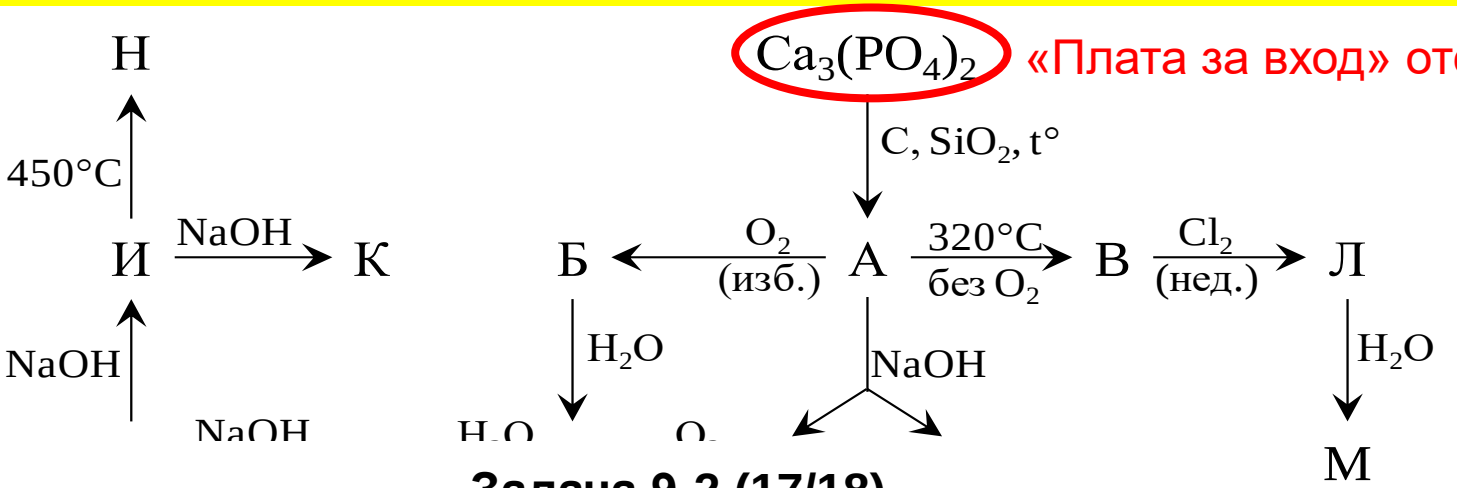


Система оц

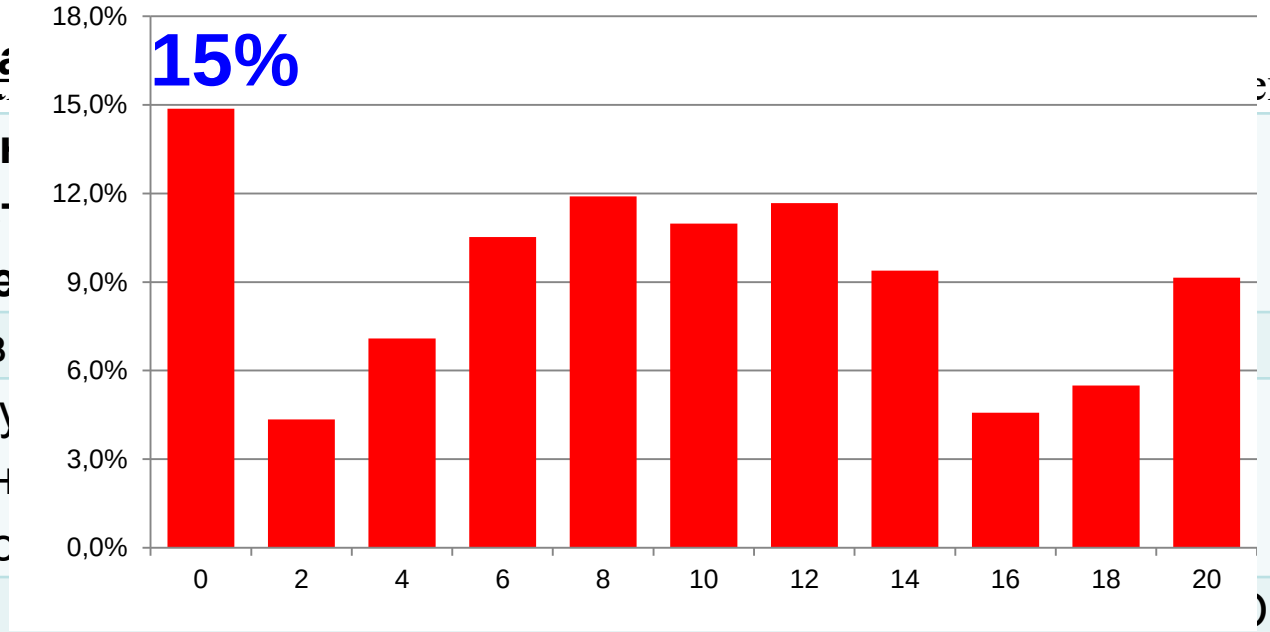
1-2	**По 1 бал**	**18 баллов**
3	Правиль формула	2 балла
		ИТОГО: 20 баллов

Типы задач

3. «Сказка»



Задача 9-2 (17/18)

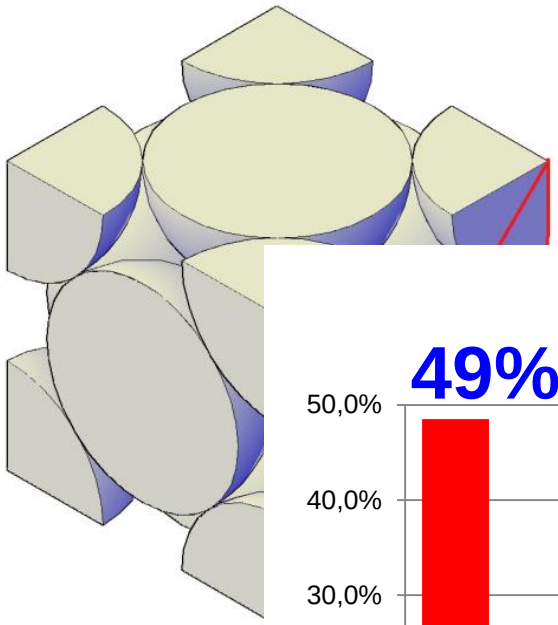


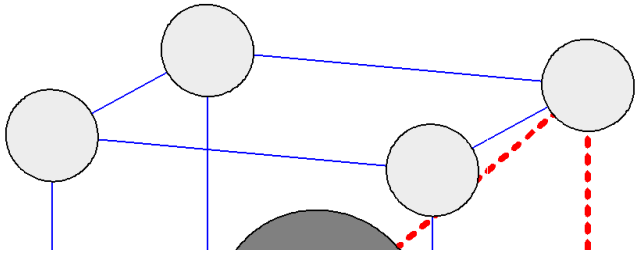
Система

1.	**Элемен**	**1 балл**
	Вещест	**6.5 балла**
	Уравне	**6.5 балла**
2.	Состав	1 балл
3.	Структу	2 балла
	Основн	2 балла
	Обосно	1 балл
		ОГО: 20 баллов

Типы задач

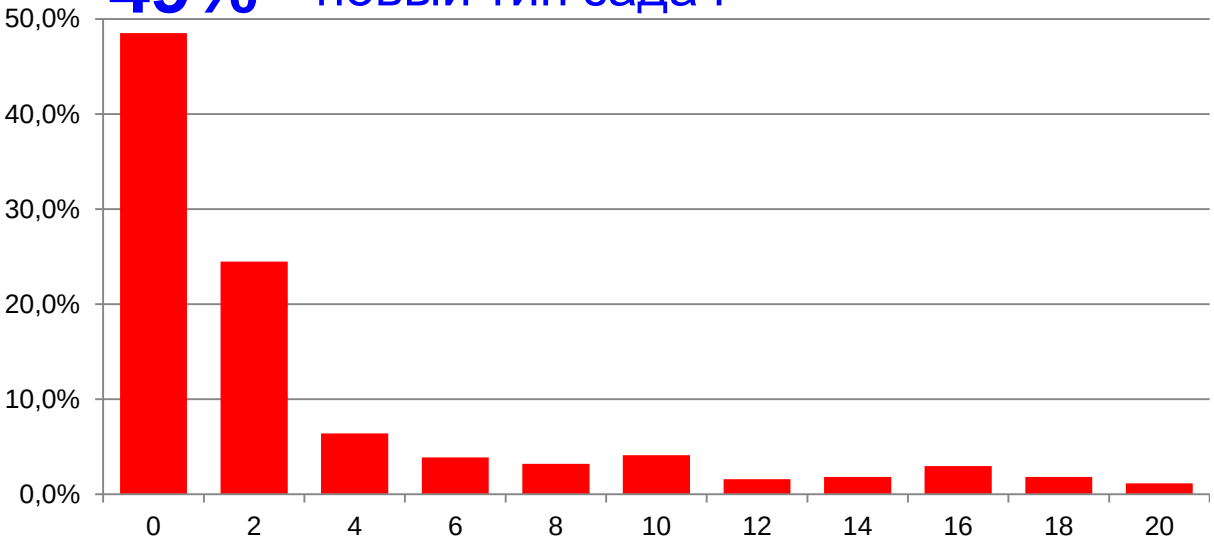
4. «Кристаллохимия» - задача по геометрии

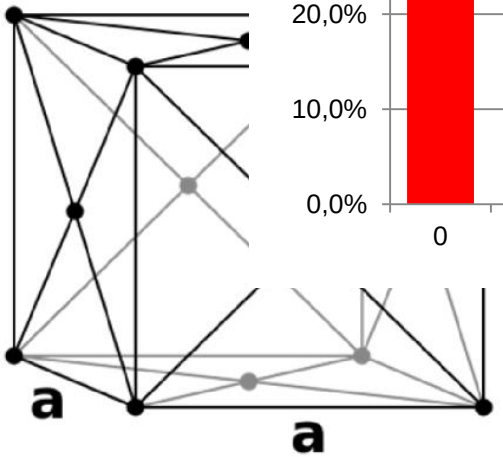




Задача 9-3 (17/18)

49% - новый тип задач



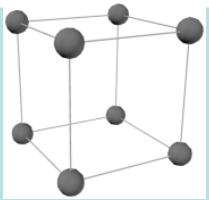
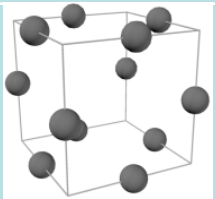
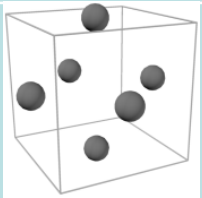
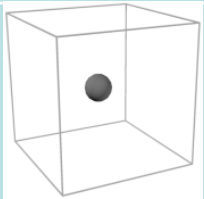
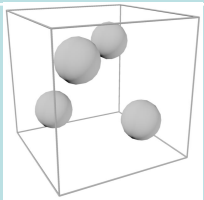


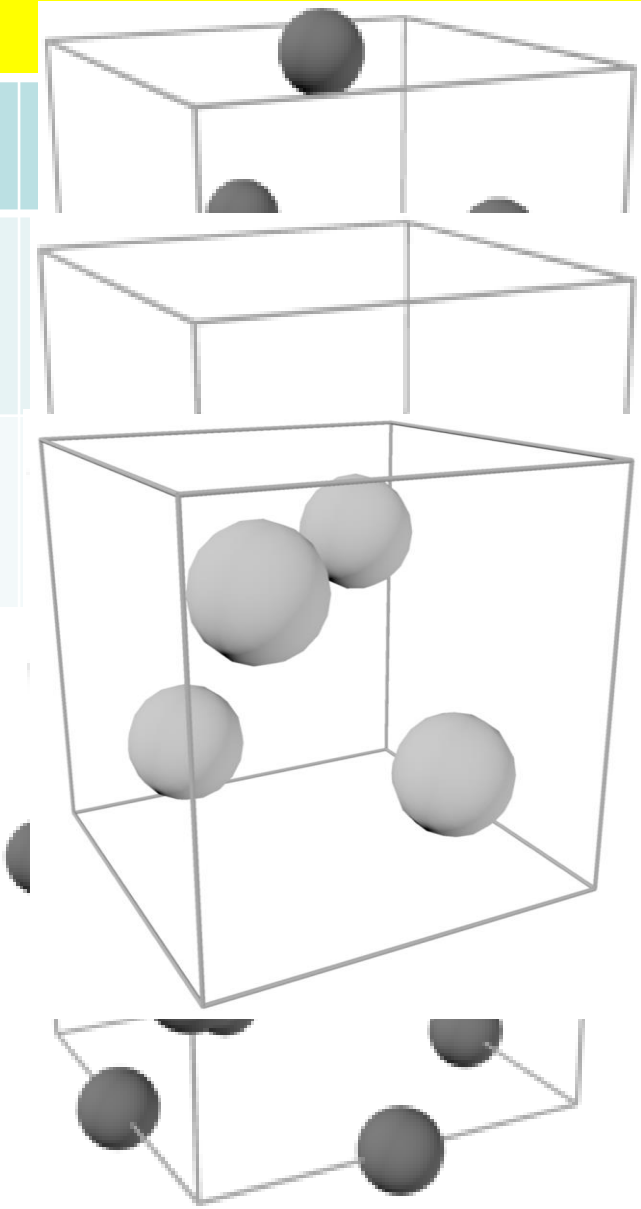
$$\frac{\quad}{6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot (4.0781 \cdot 10^{-8}\text{см})^3} =$$

$$= 0.09797 M_X = 19.30 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

Типы задач

Анализ структуры

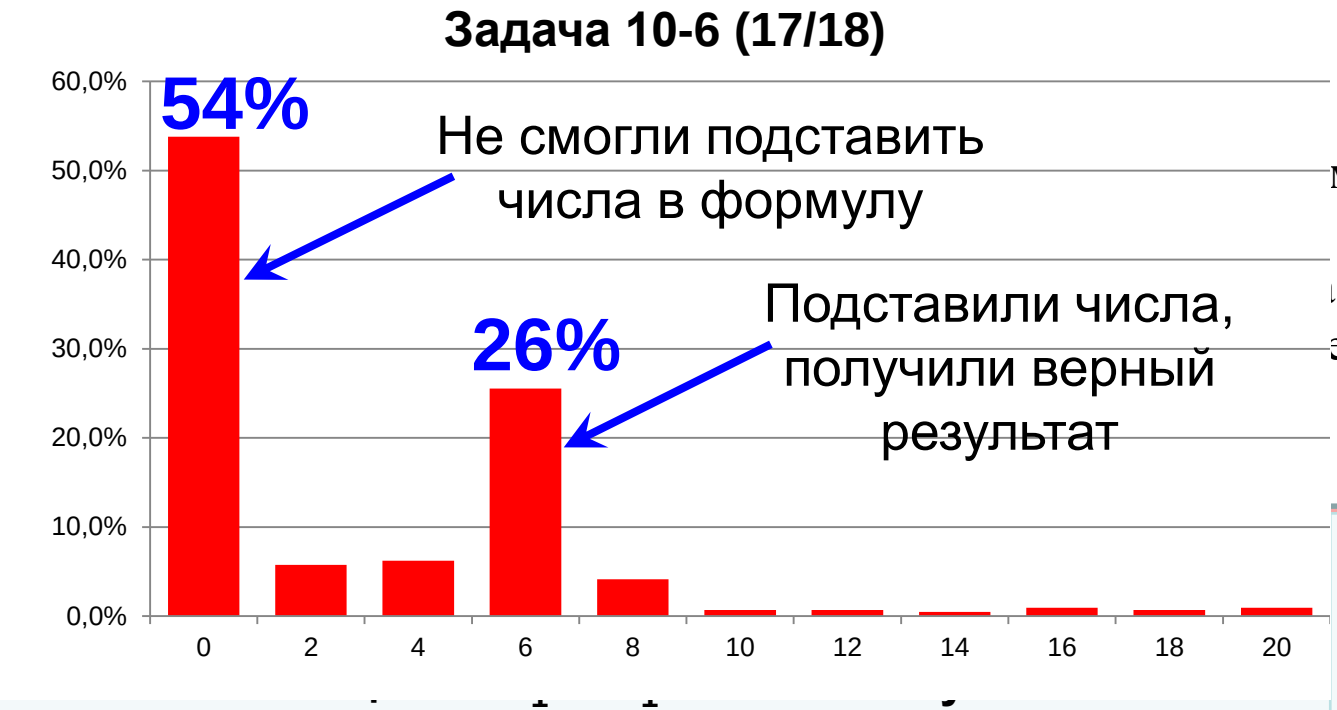
Расположение в ячейке	Описание	
	В вершинах	1
	В центрах рёбер	3
	В центрах граней	3
	В центре	1
	Внутри	4



Типы задач

4. «Давайте сложно посчитаем» - задача по арифметике

Один из из измерение
понижения температурой
плавления чи
Если темпер плавления
раствора не температуры
плавления м



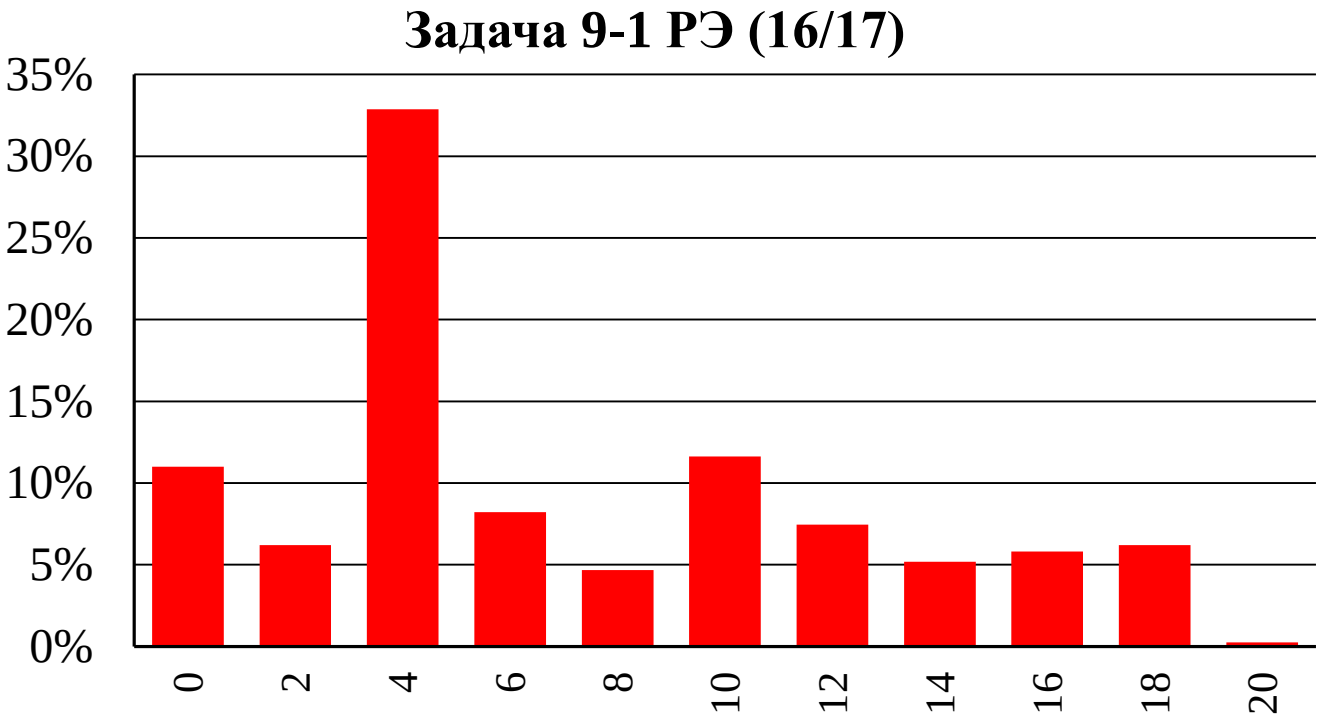
1.	**Молял** **Количе** **Моляр**	**6 баллов**
2.	Формулы веществ $А_1$ и $Б_1$ – по 2 балла	4 балла
3.	Формулы солей $А_2$ и $Б_2$ – по 2 балла	4 балла
4.	Верное объяснение (увеличение числа частиц из-за гидролиза) Выбор раствора с меньшей температурой плавления	2 балла 2 балла
5.	Температура плавления 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 $\mathbf{XZ_{(газ)} + YZ_{2(газ)} = XZ_{2(газ)} + YZ_{(газ)}}$. Напишите уравнение реакции.



	Оценка
	4 балла
	8 баллов
й и хлора с	6 баллов
	2 балла
ИТОГО:	20 баллов

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:
$CO + NO_2 = CO_2 + NO$

/ 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: $2M_Y + 16n = 16n / 0,4$;
$M_Y = 12n$. => ~~MgO~~, ~~Cl_2O_3~~, TiO_2

A	B	C	D
Sc_2O_3 белый	Ti_2O_3 фиолетовый	TiO_2 белый	V_2O_5 оранжевый

/ 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

P_4 **S_8** **Cl_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
Na	$3s^1$	Mg	$3s^2$	Al	$3s^23p^1$	Si	$3s^23p^2$	P	$3s^23p^3$	S	$3s^23p^4$	Cl	$3s^23p^5$	Ar	$3s^23p^6$
	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
K	$4s^1$	Ca	$4s^2$	$3d^14s^2$	Sc	$3d^24s^2$	Ti	$3d^34s^2$	V	$3d^54s^1$	Cr	$3d^54s^2$	Mn	$3d^64s^2$	Fe
	КАЛИЙ		КАЛЬЦИЙ	СКАНДИЙ		ТИТАН		ВАНАДИЙ		ХРОМ		МАРГАНЕЦ		ЖЕЛЕЗО	

$4Cl_2 + S_8 = 4S_2Cl_2$

или

$8Cl_2 + S_8 = 8SCl_2$

$P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$

или

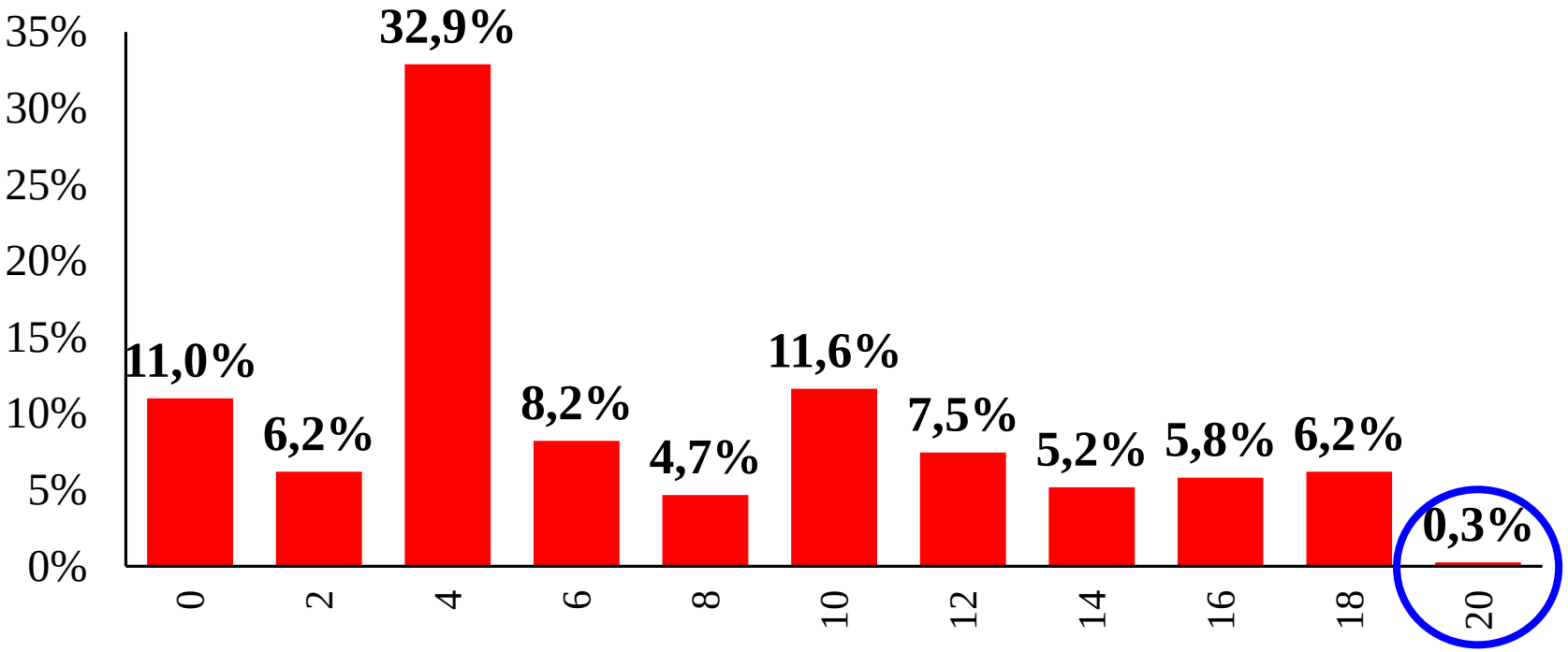
$P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$

Типы задач

5. «Периодический закон»

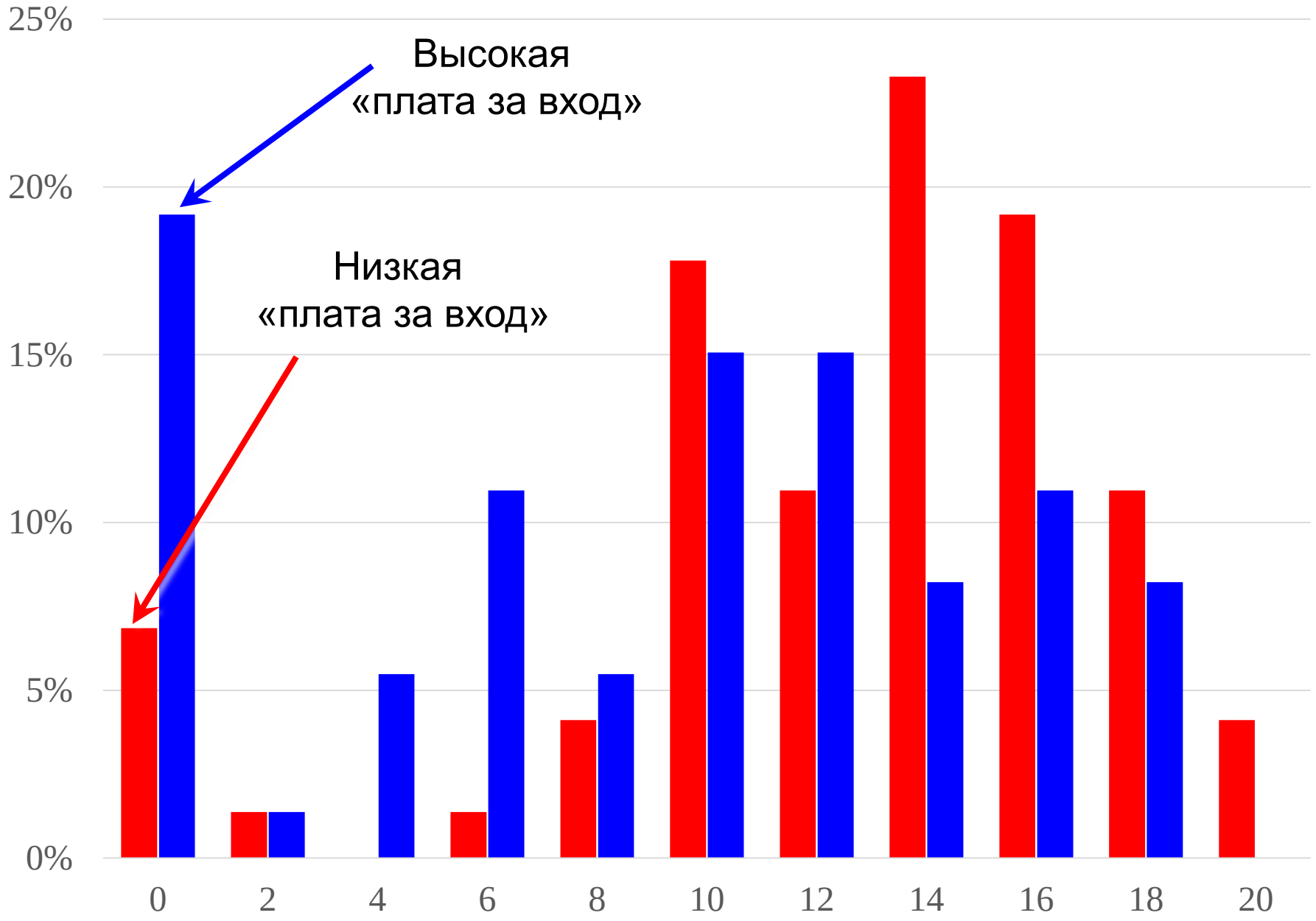
4. **X** в большинстве своих соединений проявляет степень окисления +3, в редких случаях он способен проявлять степень окисления +2, степень окисления **Y** – в соединениях только +3, а **Z** – в основном проявляет степень окисления +4 и очень редко +2 и +3.

Задача 9-1 РЭ (16/17)



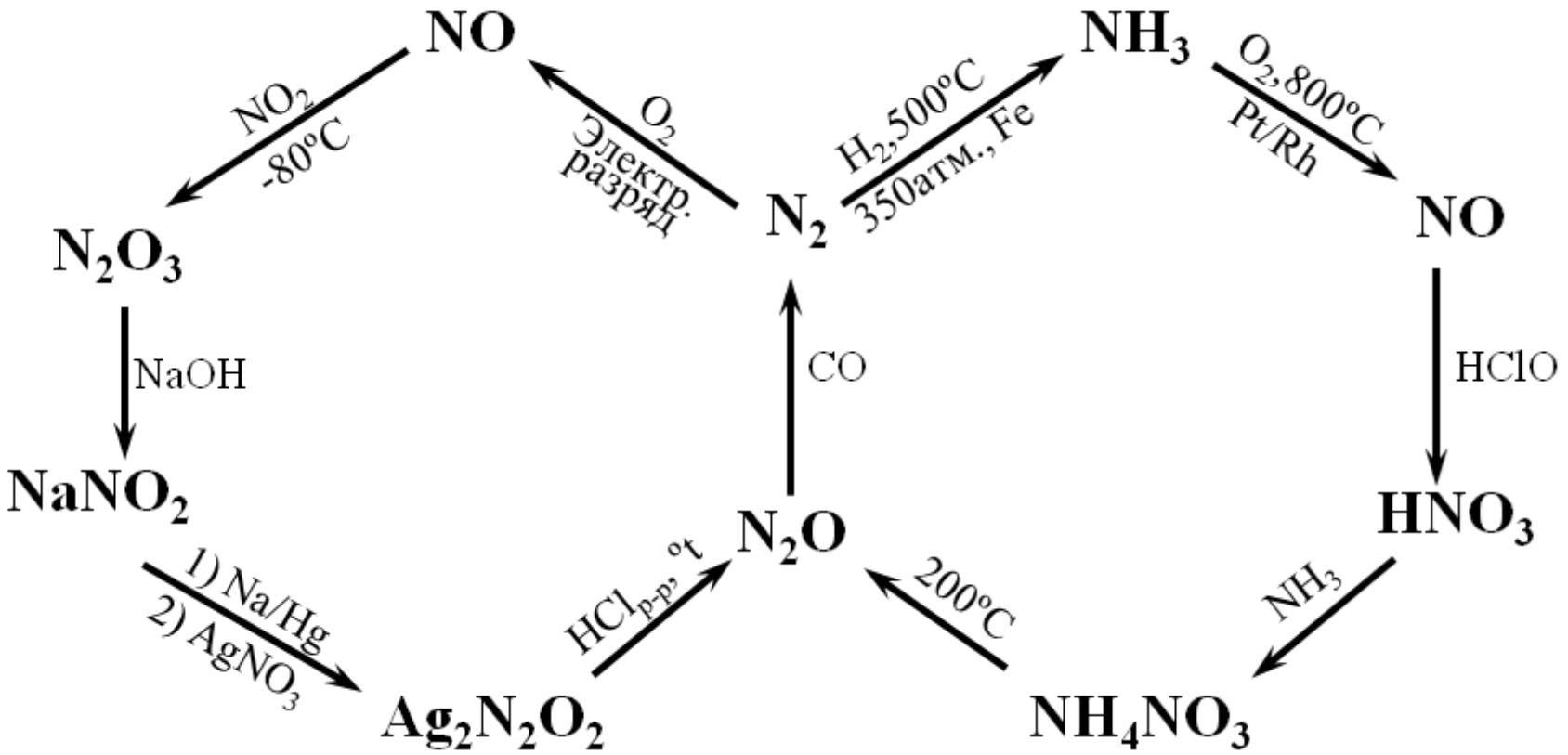
58 Ce ЦЕРИЙ	59 Pr ПРАЗЕОДИМ	60 Nd НЕОДИМ	61 Pm ПРОМЕТИЙ	62 Sm САМАРИЙ	63 Eu ЕВРОПИЙ	64 Gd ГАДОЛИНИЙ	65 Tb ТЕРБИЙ	66 Dy ДИСПРОЗИЙ	67 Ho ГОЛЬМИЙ	68 Er ЭРБИЙ	69 Tm ТУЛИЙ	70 Yb ИТТЕРБИЙ	71 Lu ЛЮТЕЦИЙ

9 класс ЗЭ (15/16)



9 класс (15/16)

Задача 1 (НХ) – схема превращений неизвестного элемента

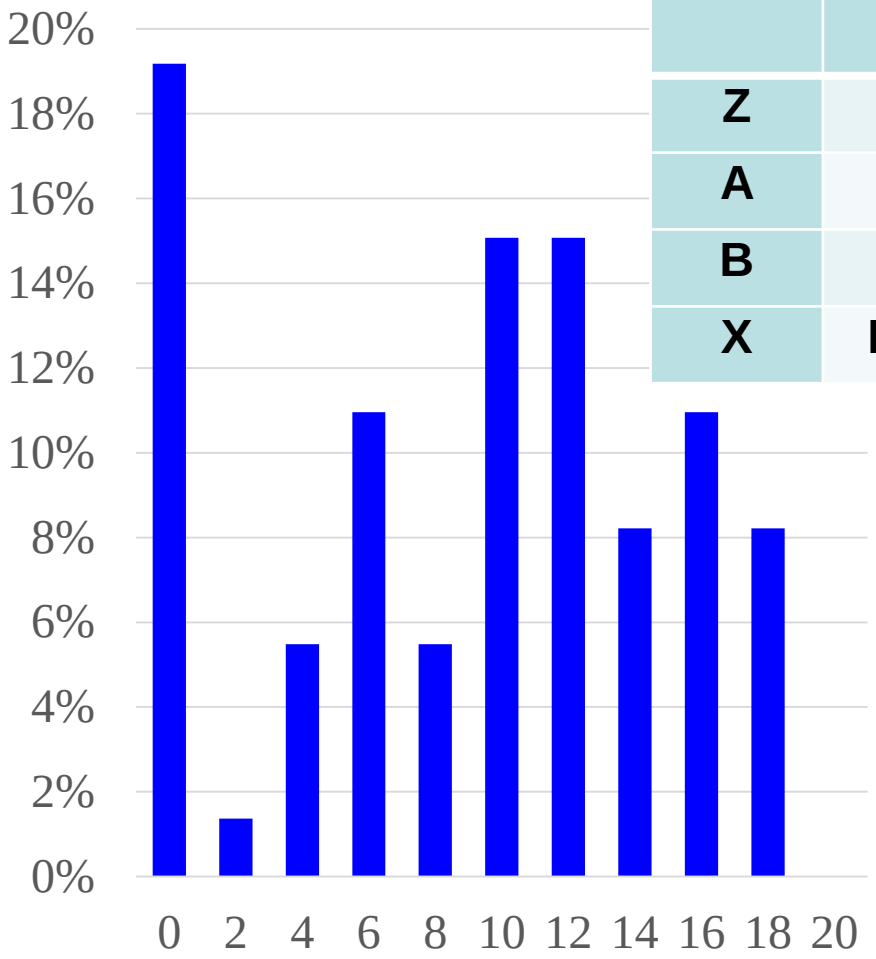


1. Формулы веществ по 0,5 балла, названия по 0,5 балла	**9 баллов**
2. Уравнения реакций по 1 баллу	11 баллов
ИТОГО:	20 баллов

9 класс ЗЭ (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	$Pb(CH_3COO)_2$
A	Pb_3O_4	D	$PbCO_3$
B	PbO_2	E	PbO
X	$Pb(CH_3COO)_4$	C	$PbCl_2$



Статистика по задачам регионального этапа 2016-2018

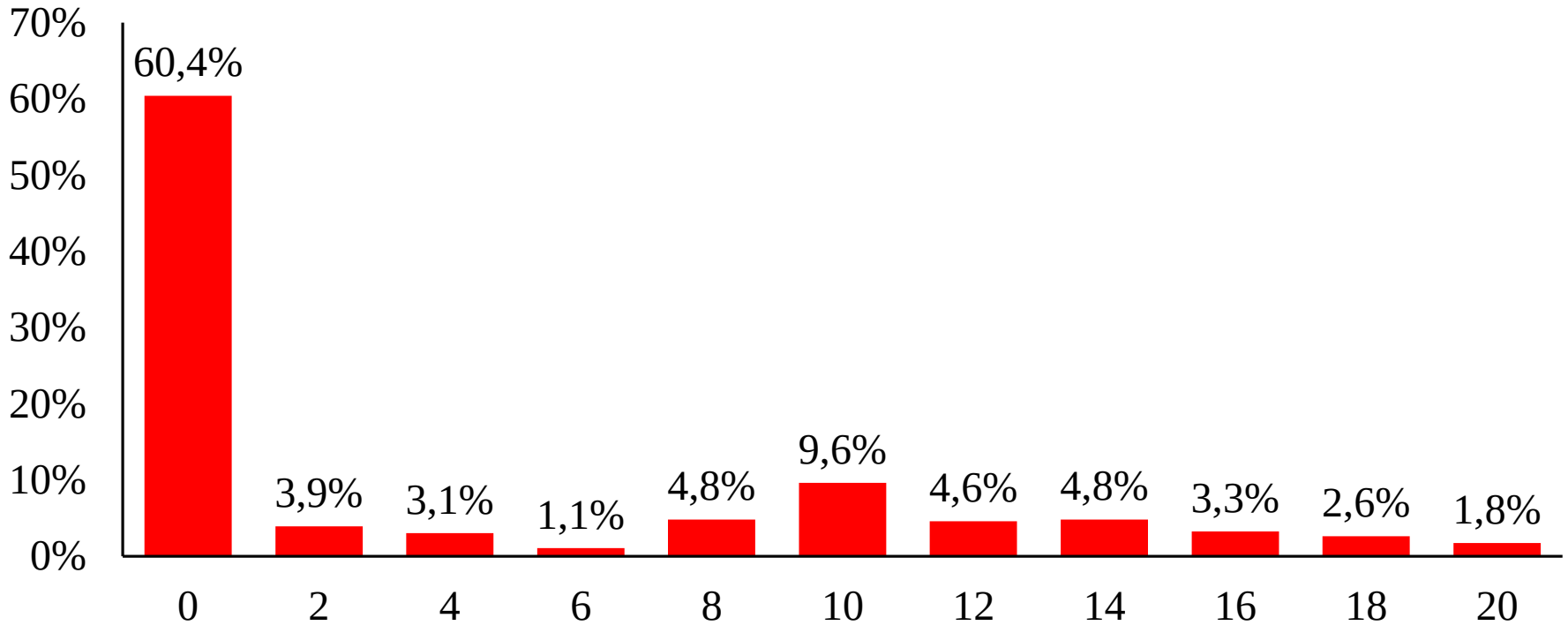
Число участников в статистике

	2016	**2017**	**2018**
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
Olga.arkh@gmail.com

9 класс РЭ (15/16)

Задача 9-2 РЭ (15/16)

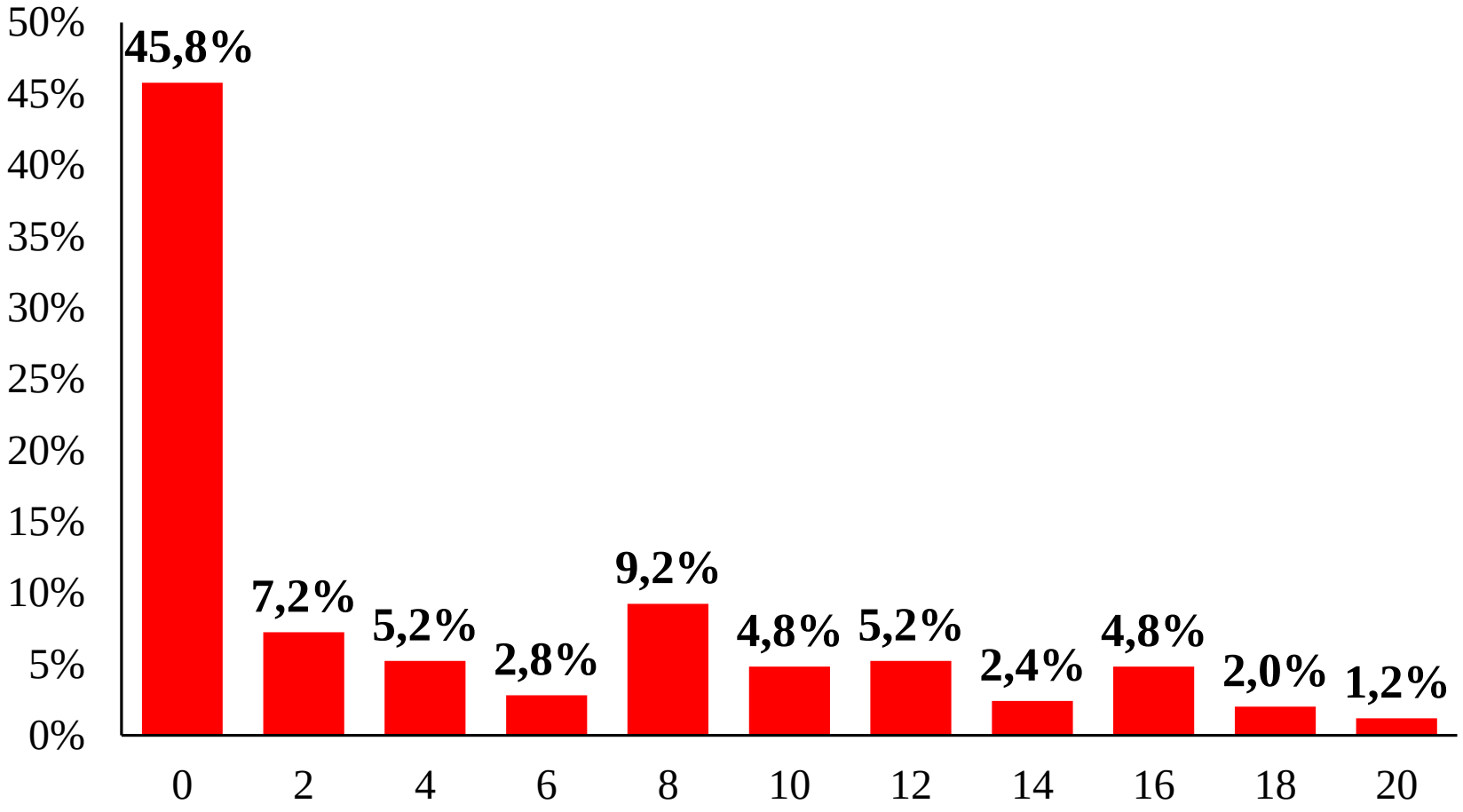


*Если **Y** - самородный металл (Cu, Ag, Au, Hg), то все возможные **X** не подходят под описание, значит **X** и **Y** – неметаллы.*

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

*Перебором по **n** и **m** получается единственный разумный ответ :* $\mathbf{H_2SeO_3}$

Задача 11-1 РЭ (15/16)



1) Описание качественных реакций позволяет предполагать, что A, B и C соли фосфорных кислот.
2) Приведенных чисел достаточно для определения природы соединений.

Задача 11-1 РЭ (15/16)

M_D = 1.518 г/л · 22.4 л/моль = 34.00 г/моль. => **D = H_2S** или **PH_3**

$Na(H_nPO_m)$ M_A = 23 / 0.3239 = 71 г/моль

$M(H_nPO_m^-)$ = 48 г/моль=31+16+1

$M(H_nSO_m^-)$ = 48 г/моль=32+16

$Na_2(H_nPO_m)$ M_A = 46 / 0.3239 = 142 г/моль

$M(H_nPO_m^{2-})$ = 96 г/моль=31+16·4+1

$M(H_nSO_m^-)$ = 96 г/моль=32+16·4

A = Na_2HPO_4 ~~**или Na_2SO_4**~~

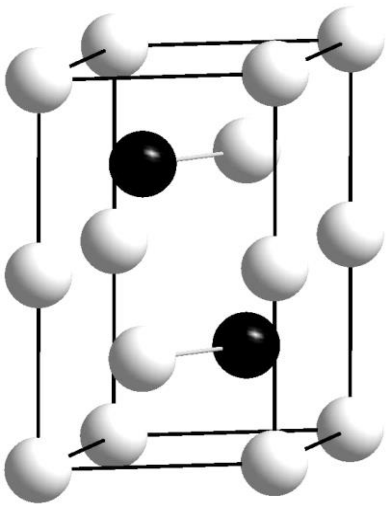
аналогично:

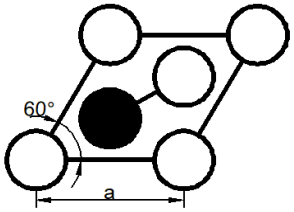
B = Na_2HPO_3 ~~**или Na_2SO_3**~~

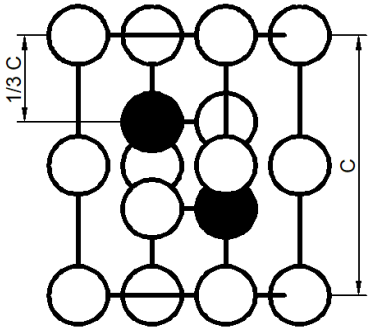
C = NaH_2PO_2 ~~**или $NaHSO_2$**~~

Соли **Na_2SO_4; Na_2SO_3; $NaHSO_2$** ***имеют различный качественный состав***

Задача 9-4 РЭ 2017/18 (запасной)





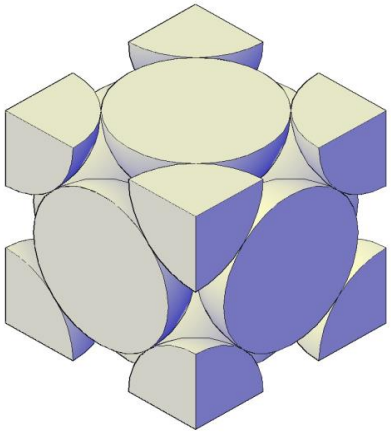


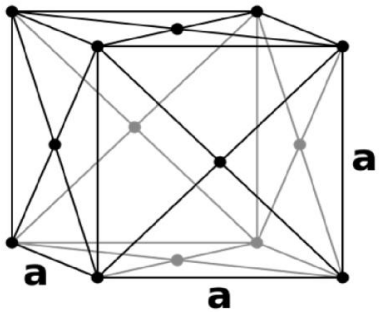
Элементарная ячейка **Z**

Металл **X** имеет кубическую гранецентрированную кристаллическую решетку. Плотность металла 21.52 г/см^3, параметр **a** элементарной ячейки равен 3.920Å.

При сплавлении металла **X** с металлом **Y** при 700°C образуется прозрачное кристаллическое вещество жёлтого цвета **Z**.

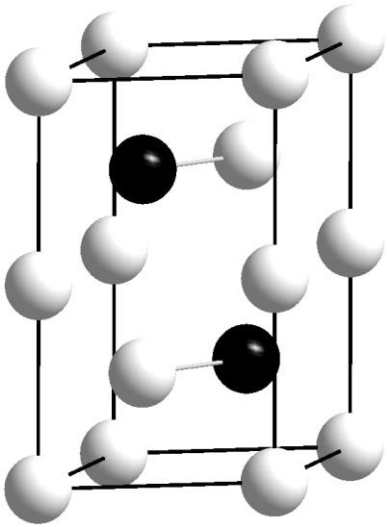
Элементарная ячейка кристалла **Z** изображена рисунке. Приведены виды сверху и спереди. Белые атомы расположены в вершинах ячейки и в центре вертикальных рёбер. На виде сверху атомы расположены в центре треугольника, а на виде спереди – черные атомы на уровне $^1/_3$ **c**. Плотность вещества составляет 5.795 г/см^3, параметры **a** и **c** равны 5.676 Å и 9.471 Å, соответственно.

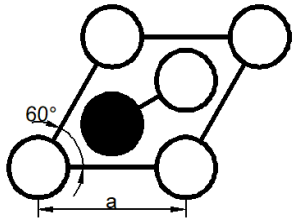


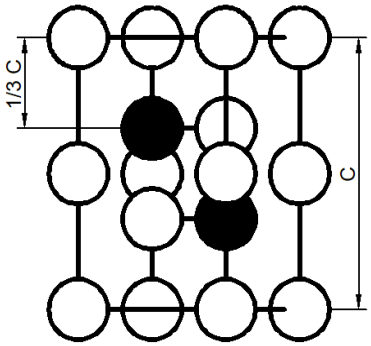


Элементарная ячейка **X**

Задача 9-4 РЭ 2017/18







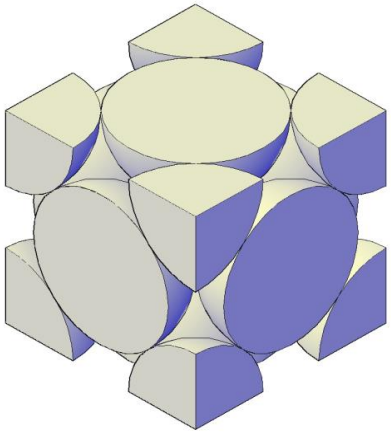
Элементарная ячейка **Z**

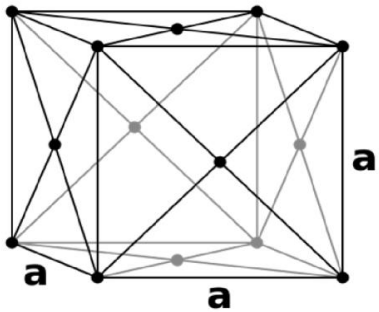
1. Рассчитайте радиус атома **X**, определите число атомов в элементарной ячейке, учитывая, что атомы могут принадлежать одновременно нескольким ячейкам. Определите металл **X**.

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.



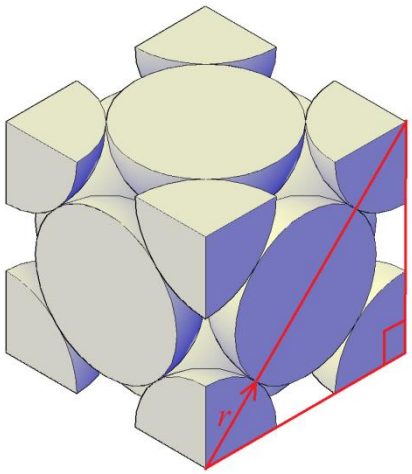


Элементарная ячейка **X**

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_2Pt с водой по 2 балла Уравнения реакций Cs и Cs_2Pt 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**.

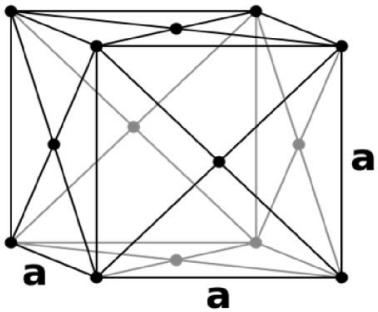


Из рисунка видно, что радиус атома X равен ¼ диагонали грани куба: r(X)=*14a2*=*243*.920Å=1.386Å

+1

Атомы, расположенные в вершинах куба (8шт) принадлежат одновременно 8 ячейкам. А атомы, расположенные в центре граней (6 шт) только двум. Значит данной ячейке принадлежит: *18·8шт+12·6шт=**4шт***

+1



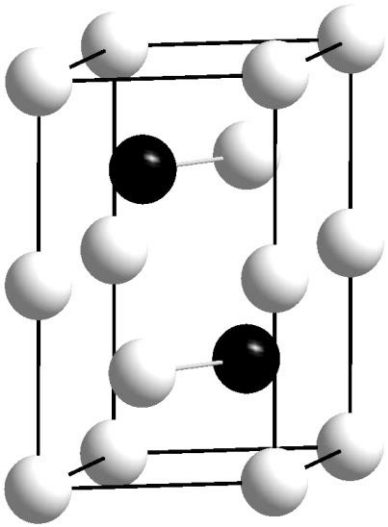
Масса одного атома равна M_X / N_A.
Тогда масса элементарной ячейки $m=4M_X \cdot N_A$,
а её объём $V = a^3$.
Плотность вещества: $\rho=mM=4M_X / (N_A a^3) = 21.52$ *г/см*^{3}.
M_X=*195.09г/моль*

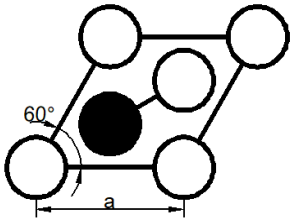
+2

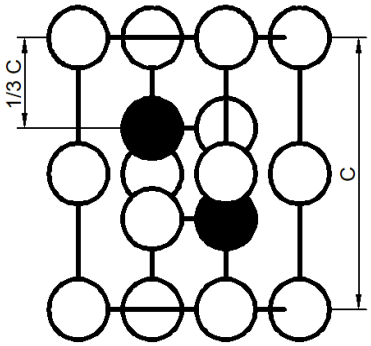
Т.е. металл **X** – это **платина**.

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**.







Элементарная ячейка **Z**

В элементарной ячейке содержится **2 шт** черных атома и $\left(\frac{1}{8}\cdot 8\text{шт} + \frac{1}{4}\cdot 4\text{шт} + 2\text{шт}\right) = \mathbf{4}\text{шт}$ белых атомов, значит атомы **X** и **Y** содержатся в **Z** в соотношении 1 : 2, или 2 : 1, т.е. $\mathbf{XY_2}$ или $\mathbf{X_2Y}$. **+1**

Объём ячейки: $V_{\text{яч}} = \frac{\sqrt{3}}{2}a^2c$, в ячейке содержится 2 формульные единицы $\mathbf{XY_2}$ или $\mathbf{X_2Y}$

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

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

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

или $M_Y = \frac{461.0-195.05}{2} = 133.0\,\frac{\text{г}}{\text{моль}}$ **+2**

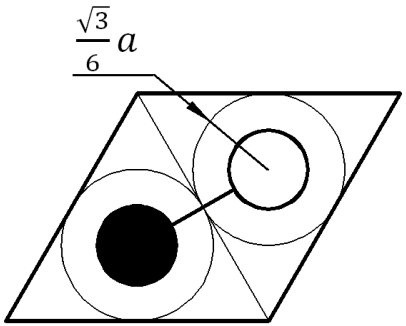
Z = $\mathbf{Cs_2Pt}$.

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: $Cs_2^+Pt^{2-}$, по аналогии с сульфидом натрия это соединение должно называться **платинид цезия**. **+1** **+1**

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



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

радиус аниона больше радиуса незаряженного атома, а радиус катиона меньше, поэтому можно утверждать, что **+1**

$$r(Pt^{2-}) > 1.386Å$$

$$r(Cs^+) < (3.277Å - 1.386Å) = 1.891Å$$

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 Cs_2Pt цезий восстановительные свойства проявлять не может, но платина в нехарактерной для него степени окисления -2 будет выступать в качестве восстановителя:

$Cs_2Pt + 2H_2O = 2CsOH + H_2 + Pt$ **+2**

$2Cs + 2H_2O = 2CsOH + H_2$ **+2**

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

$Cs + O_2 = CsO_2$ **+2**

$Cs_2Pt + 2O_2 = Pt + 2CsO_2$ **+2**

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

$$\left.\begin{array}{l} 14Cs + O_2 = 2Cs_7O \\ 2Cs + O_2 = Cs_2O_2 \end{array}\right\} \quad \textbf{+2}$$