



Основные подходы к решению задач по химии олимпиад высокого уровня

Долженко Владимир Дмитриевич,
доцент кафедры неорганической химии химического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова

Типичная олимпиадная задача?



Типичная олимпиадная задача

1. Плата за вход



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
~250 человек

~ 5%

Региональный этап
~5200 человек

~ 6%

Муниципальный этап
~92000 человек

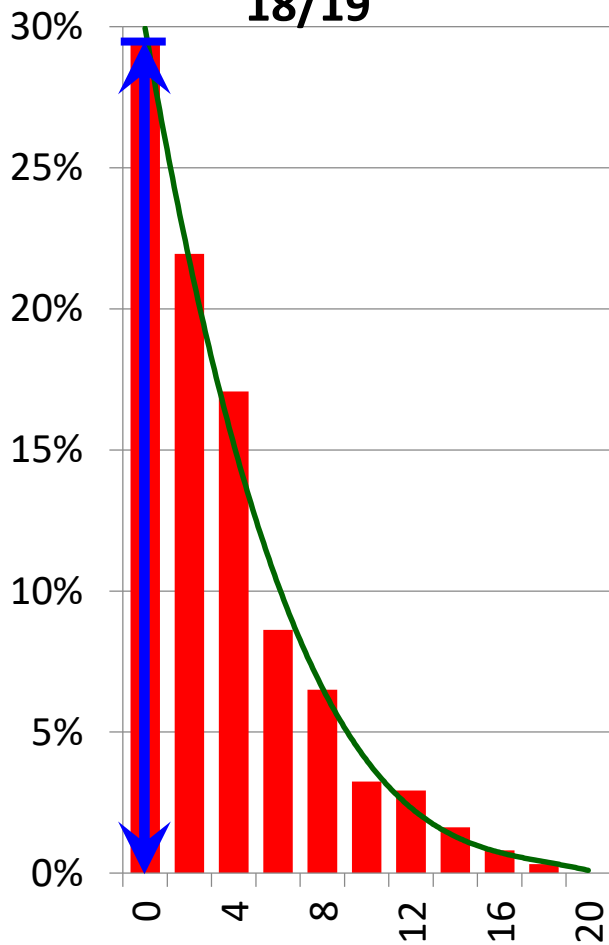
~ 18%

Школьный этап (~500 000 участников)

Типичная олимпиадная задача

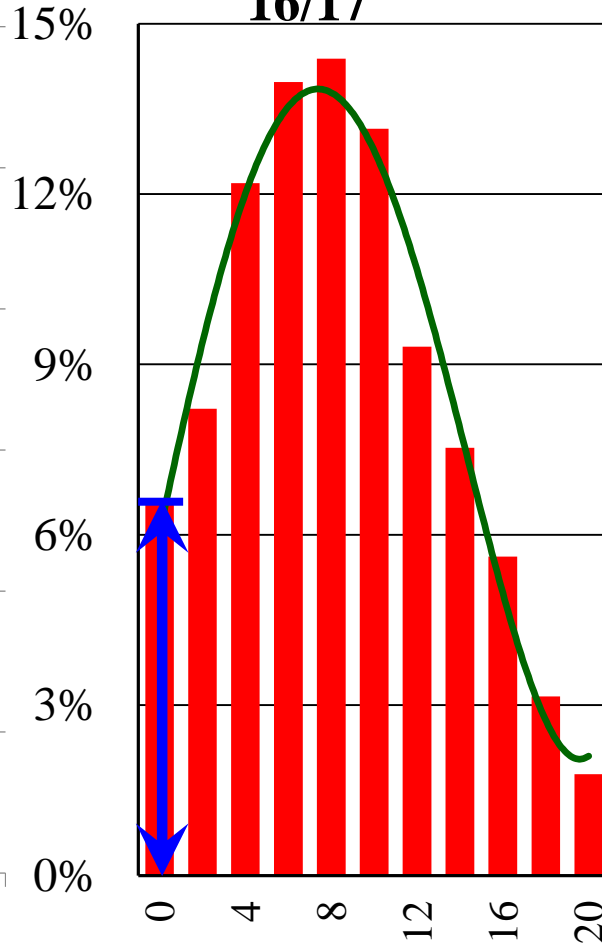
«Плата за вход - 29»

Задача 10-3 (НХ)
18/19



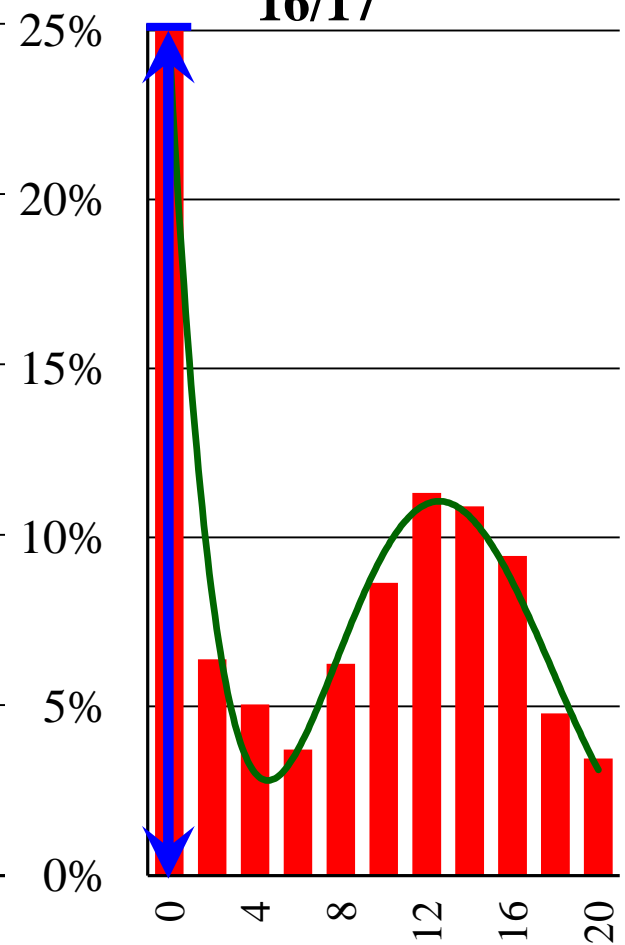
«Вход бесплатный»

Задача 11-1 (НХ)
16/17



«Плата за вход - 25»

Задача 10-3 (НХ)
16/17



Типичная олимпиадная задача

Что такое плата за вход?

Задача 9-1 (НХ) РЭ 17/18

Венская известь образуется при прокаливании природного минерала X, причем из 1 кг X может быть получено 521.7 г извести. Если известь сильно и долго прокалить, то она бурно реагирует с водой, увеличиваясь в объеме и образуя 619.5 г белого кристаллического продукта. При растворении этого продукта в избытке соляной кислоты получается бесцветный раствор, из которого добавлением избытка насыщенного сульфата натрия может быть теоретически выделено 934.8 г белого кристаллического вещества Y нерастворимого в кислотах. Навеска этого вещества массой 10 г при нагревании до 350°C теряет 2.093 г.

Для начала решения задачи необходимо найти зацепки, которые позволят определить химические вещества с которыми происходят описываемые превращения.

1) Качественная информация

2) Количественные данные (не все числа одинаково полезны)

Типичная олимпиадная задача

Что такое плата за вход?

Задача 9-1 (НХ) РЭ 17/18

Венская известь образуется при прокаливании природного минерала X , причем из 1 кг X может быть получено 521.7 г извести. Если известь сильно и долго прокалить, то она бурно реагирует с водой, увеличиваясь в объеме и образуя 619.5 г белого кристаллического продукта. При растворении этого продукта в избытке соляной кислоты получается бесцветный раствор, из которого добавлением избытка насыщенного сульфата натрия может быть теоретически выделено 934.8 г белого кристаллического вещества Y нерастворимого в кислотах. Навеска этого вещества массой 10 г при нагревании до 350°C теряет 2.093 г.

Для начала решения задачи определить химические виды превращения.

1) Качественная информация

2) Количественные данные

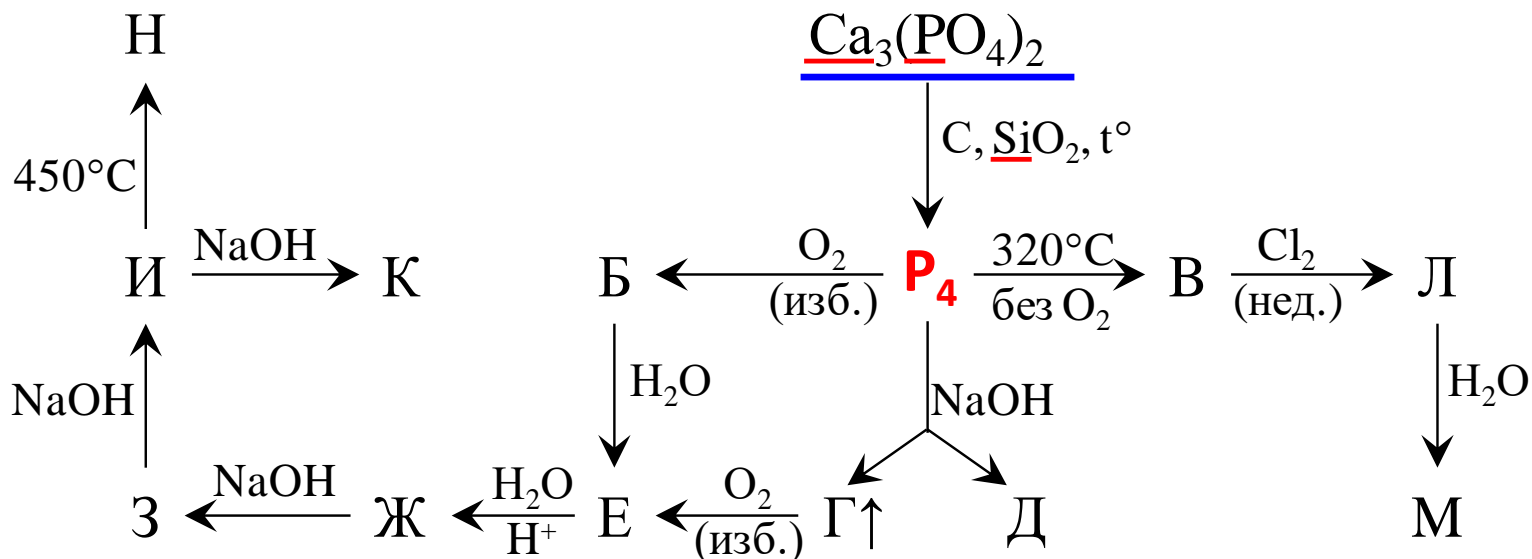
Задача 9-1 (РЭ 17/18)



Типичная олимпиадная задача

Что такое плата за вход?

Задача 9-2 (НХ) РЭ 17/18



При восстановлении фосфата кальция углём с добавлением оксида кремния отгоняют пары простого вещества А (р-ция 1), которые конденсируются в виде желтоватых кристаллов. А самовоспламеняется на воздухе, сгорая до крайне гигроскопичного Б (р-ция 2).

Плата за вход символическая, т.к. в цепочке указано исходное вещество.

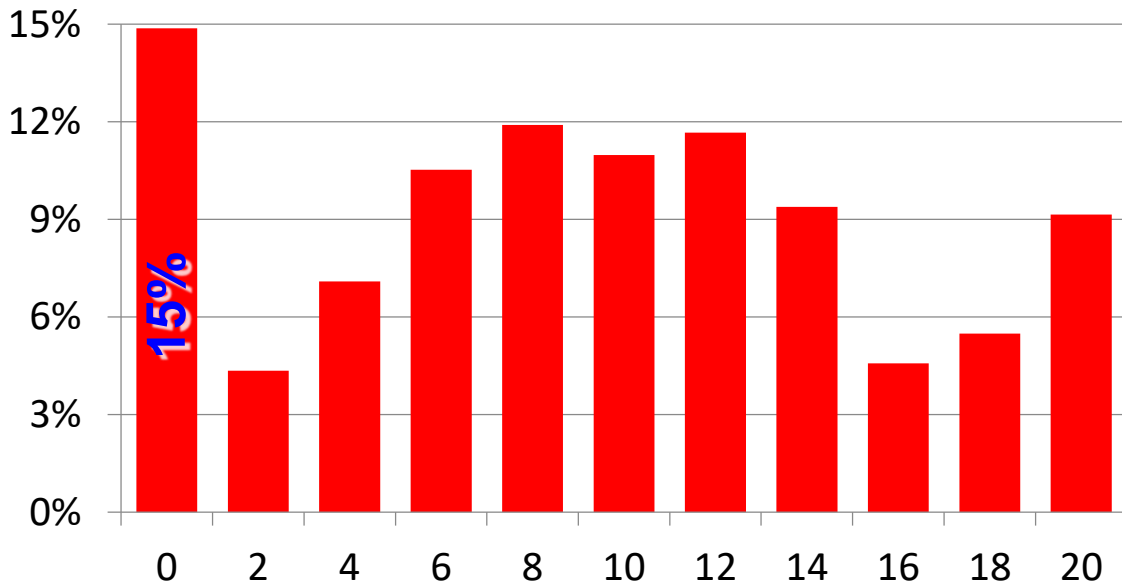
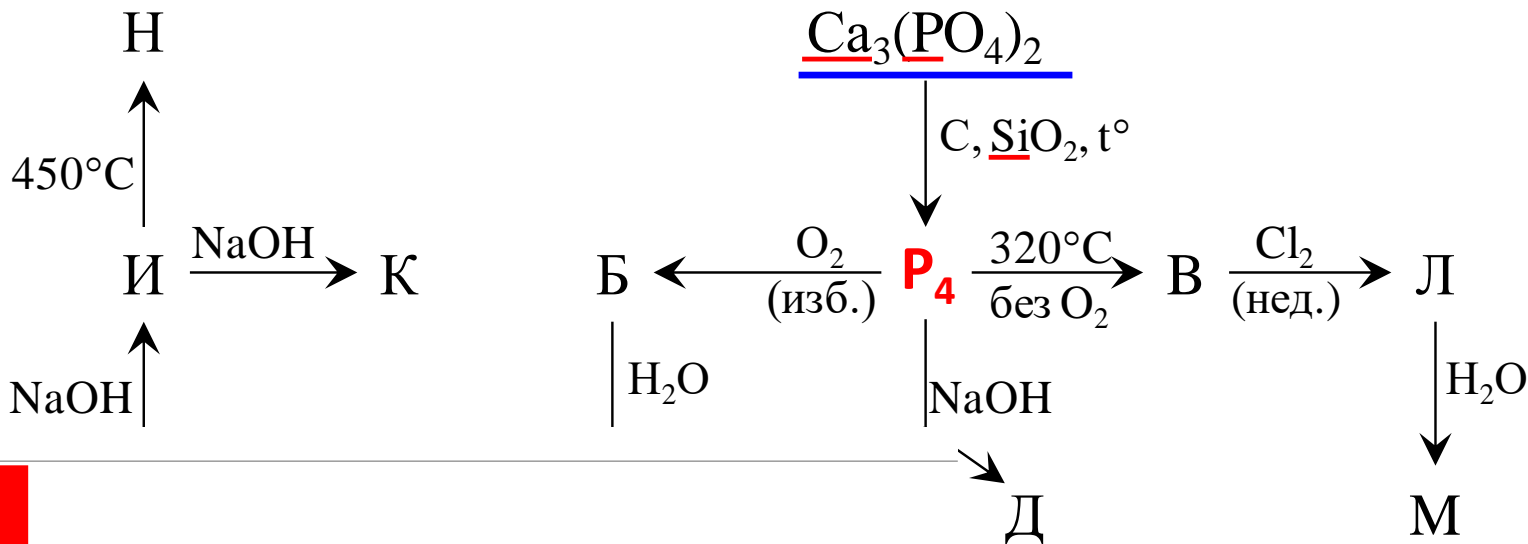
1) Качественная информация

$\text{A} = \text{Ca, Si или P}_4$

Типичная олимпиадная задача

Что такое плата за вход?

Задача 9-2 (НХ) РЭ 17/18



добавлением оксида кремния
которые конденсируются в виде
на воздухе, сгорая до крайне

но исходное вещество.

Типы задач

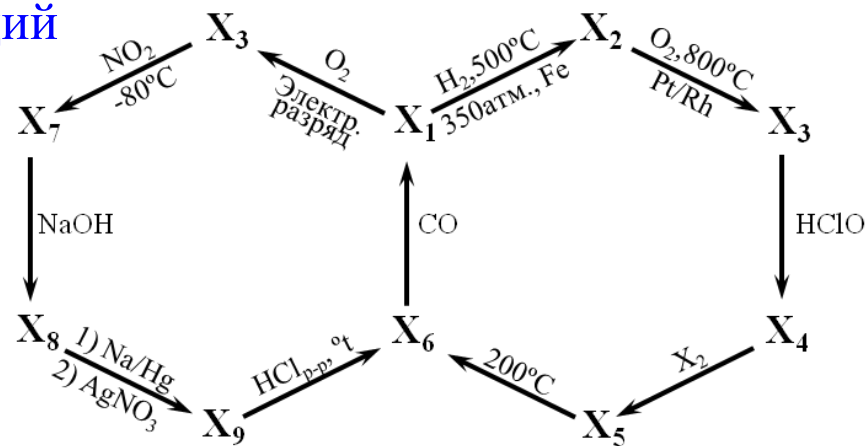
1. «Цепочка»

- Схема превращений + минимум описания
- Однородная количественная информация
- Вопросы: вещества и уравнения реакций

Задача 9-1 (НХ) ЗЭ 15/16

На предлагаемой Вашему вниманию схеме представлены превращения веществ $X_1 - X_9$, содержащих в своем составе один и тот же элемент.

В таблице приведены некоторые свойства веществ.



В-во	Окраска вещества при н.у.	Среда при растворении в воде	$T_{пл.}, ^\circ\text{C}$	$T_{кип.}, ^\circ\text{C}$
X_1	Не окрашено	Нейтральная	-210	-196
X_2	Не окрашено	Щелочная	-78	-33
X_3	Не окрашено	Нейтральная	-164	-152
X_7	Синяя	Кислая	-102	4,5

- Установите формулы и названия веществ $X_1 - X_9$.
- Напишите уравнения представленных на схеме реакций.

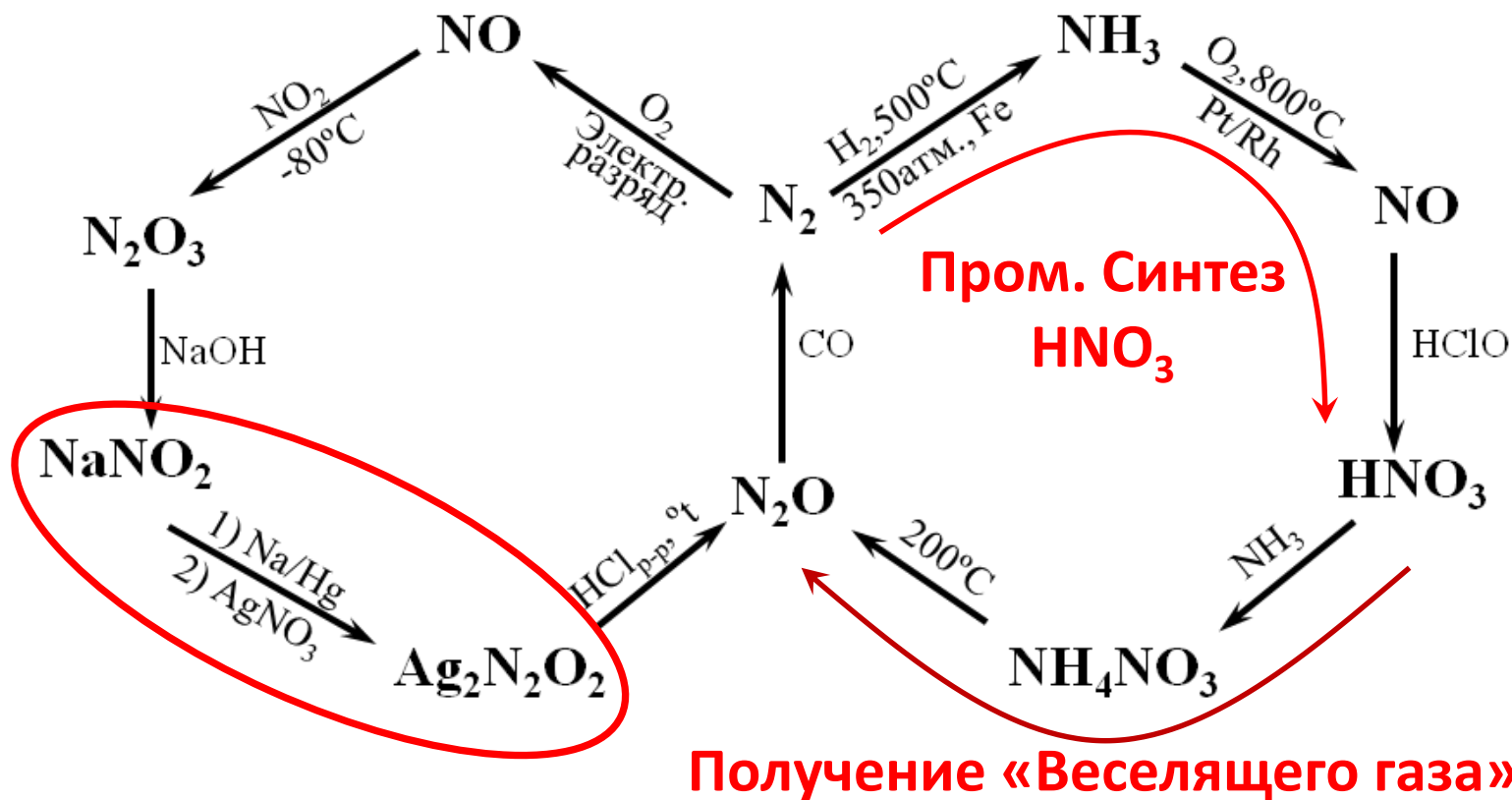
Типы задач

1. «Цепочка»

- a) Схема превращений + минимум описания
- b) Вопросы: вещества и уравнения реакций

Задача 9-1 (НХ) ЗЭ 15/16

Для решения необходимы знания условий проведения реакций, чтобы угадать элемент есть «школьные» реакции и редкие экзотические соединения.



Типы задач

2. «Сказка»

- a) Подробное описание условий реакций + Схема превращений
- b) Избыточная качественная информация
- c) Разнородные количественные данные
- d) Вопросы: вещества, уравнения реакций + качественные вопросы

Задача 9-2 (НХ) РЭ 17/18

При восстановлении фосфата кальция углём с добавлением оксида кремния отгоняют пары простого вещества **А**, которые конденсируются в виде желтоватых кристаллов. Вещество **А** самовоспламеняется на воздухе, сгорая до крайне гигроскопичного **Б**. При нагревании **А** без доступа воздуха образуется красное вещество **В**. Кипячение **А** с концентрированным раствором гидроксида натрия приводит к диспропорционированию с выделением газа **Г** и образованию в растворе соли **Д**. Соль **Д** является сильным восстановителем. Из 0.25 г **А** может быть получено 45.2 мл (н.у.) **Г**. Из водного раствора соль **Д** выделяется в виде кристаллогидрата, содержащего 16.98 % воды.

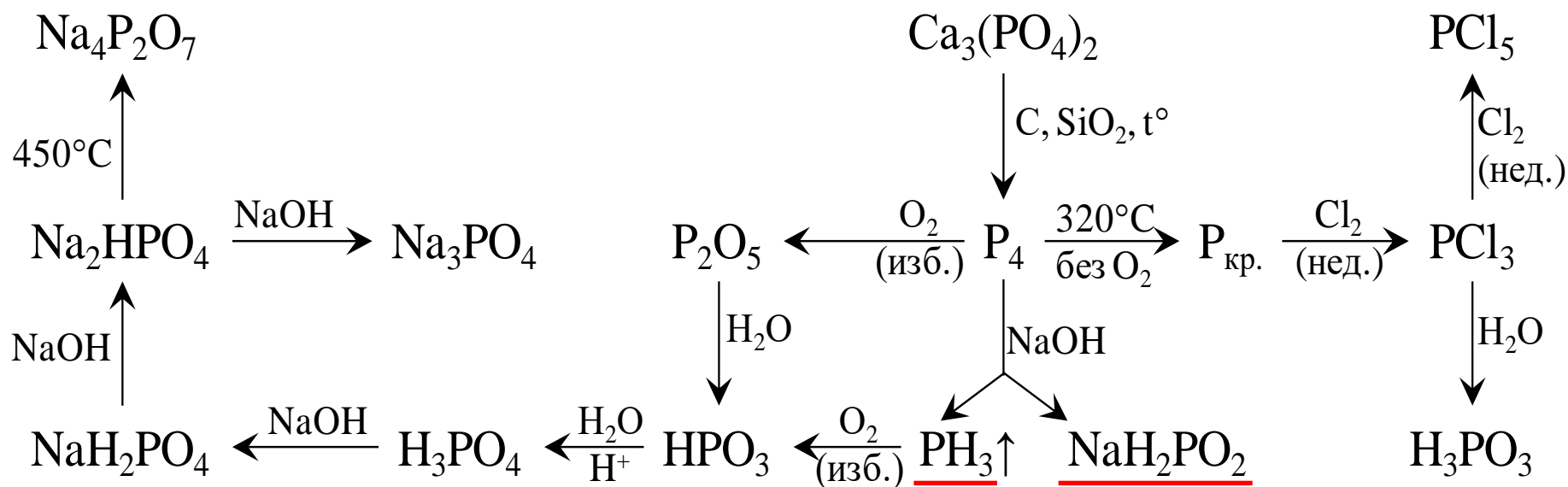
Как правило количественные данные позволяют сделать вывод о качественном составе

Типы задач

2. «Сказка»

- a) Подробное описание условий реакций + Схема превращений
- b) Избыточная качественная информация
- c) Разнородные количественные данные
- d) Вопросы: вещества, уравнения реакций + качественные вопросы

Задача 9-2 (НХ) РЭ 17/18



Как правило количественные данные позволяют сделать вывод о качественном составе

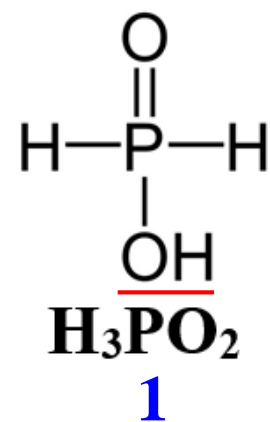
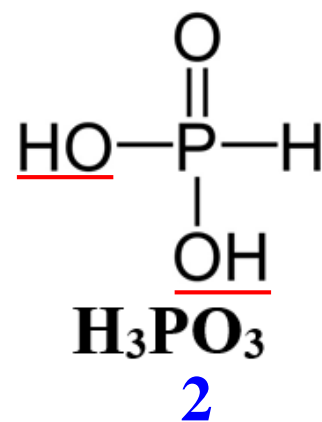
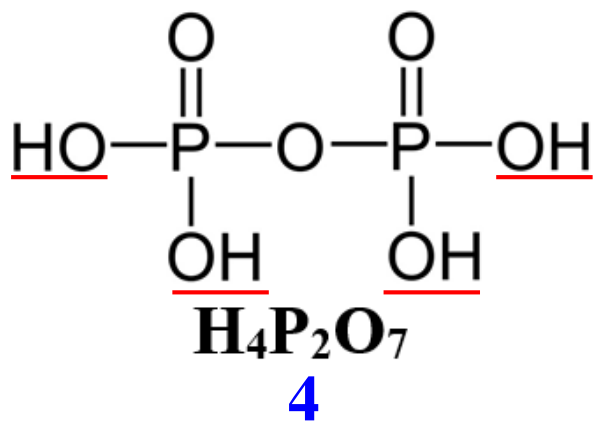
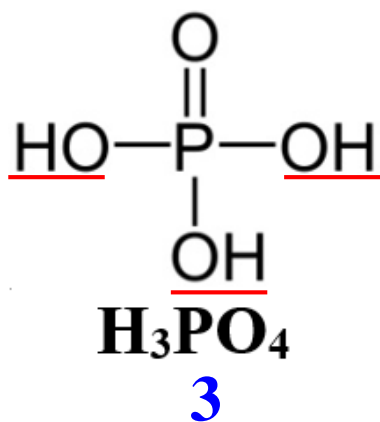
Типы задач

2. «Сказка»

- a) Подробное описание условий реакций + Схема превращений
- b) Избыточная качественная информация
- c) Разнородные количественные данные
- d) Вопросы: вещества, уравнения реакций + качественные вопросы

Задача 9-2 (НХ) РЭ 17/18

Предложите структурные формулы кислот **Ж**, **М**, а также кислот, соответствующих солям **Д** и **Н**. Для каждой кислоты определите и обоснуйте основность.



Типы задач

3. «О соседях»

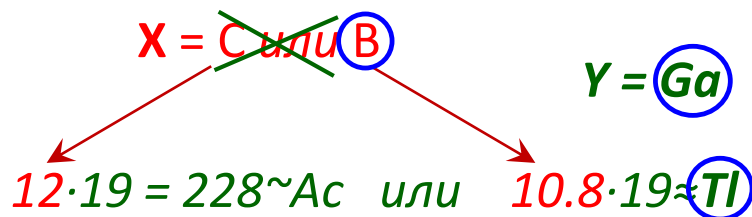
- a) Иллюстрация сходства и/или различий элементов
- b) Закономерности изменения свойств в группах и периодах
- c) Вопросы: вещества, уравнения реакций + качественные вопросы
- d) Часто в форме «сказки» иногда со схемой превращений

Задача 11-1 (НХ) РЭ 18/19

Элементы **X**, **Y** и **Z** относятся к одной группе таблицы Д.И. Менделеева. Самый легкий из них **X** имеет несколько аллотропных модификаций, плавится при очень высокой температуре, в кристаллическом виде почти ни с чем не реагирует, в аморфном виде реагирует с азотной кислотой при нагревании. Элемент **Z** проявляет металлические свойства, простое вещество имеет низкую температуру плавления. Молярные массы X и Z отличаются почти в 19 раз, а Y и Z примерно в 3 раза.

1) Качественная информация

2) Количественные данные



Типы задач

3. «О соседях»

- a) Иллюстрация сходства и/или различий элементов
- b) Закономерности изменения свойств в группах и периодах**
- c) Вопросы: вещества, уравнения реакций + качественные вопросы
- d) Часто в форме «сказки» иногда со схемой превращений

Задача 11-1 (НХ) РЭ 18/19

Вопросы:

3) В чем отличие поведения нитрата **Tl** в высшей степени окисления от нитрата **Ga**? В качестве иллюстрации приведите пример, химической реакции, которая могла бы протекать только для нитрата **Tl**.

4) Какие свойства проявляет гидратированный оксид **Ga** в высшей степени окисления в водном растворе в отличие от аналогичных соединений **B** и **Tl**? Запишите уравнения реакций гидратированного оксида **Ga**, иллюстрирующие это свойство.

Окислительно-восстановительные свойства

Кислотно-основные свойства

Типы задач

3. «О соседях»

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.

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.

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**.

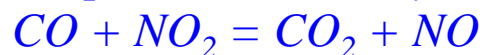
4. **X** в большинстве своих соединений проявляет степень окисления +3, в редких случаях он способен проявлять степень окисления +2, степень окисления **Y** – в соединениях только +3, а **Z** – в основном проявляет степень окисления +4 и очень редко +2 и +3.

Типы задач

3. «О соседях»

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

Вопрос на химическую эрудицию:



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.

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

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

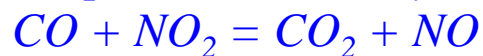
11 22,98976928 Na 3s ¹ НАТРИЙ	12 24,305 Mg 3s ² МАГНИЙ	13 26,9815385 Al 3s ² 3p ¹ АЛЮМИНИЙ	14 28,085 Si 3s ² 3p ² КРЕМНИЙ	15 30,973762 P 3s ² 3p ³ ФОСФОР	16 32,06 S 3s ² 3p ⁴ СЕРА	17 35,452 Cl 3s ² 3p ⁵ ХЛОР	18 39,948 Ar 3s ² 3p ⁶ АРГОН
19 39,0983 K 4s ¹ КАЛИЙ	20 40,078 Ca 4s ² КАЛЬЦИЙ	21 44,95591 Sc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

Типы задач

3. «О соседях»

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.

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

$$M_Y = 12n. \Rightarrow \text{MgO, Cl}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$$

A	B	C	D
Sc₂O₃ белый	Ti₂O₃ фиолетовый	TiO₂ белый	V₂O₅ оранжевый

/ 8 баллов

Типы задач

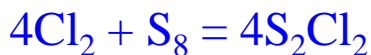
3. «О соседях»

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



или



или



Типы задач

3. «О соседях»

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.

		Периодическая система элементов Д. И. Менделеева																													
		A				B				A				B				A		B											
		I				II				III				IV				V				VI		VII		VIII		B			
		A				B				A				B				A				B				A		B		B	
1	H 1,008 1s ВОДОРОД																	(H)	He 4,0026 1s ГЕЛИЙ												
2	Li 6,94 2s ЛИТИЙ	Be 9,0121831 2s БЕРИЛЛИЙ	B 10,81 2s2p БОР	C 12,011 2s2p УГЛЕРОД	N 14,007 2s2p АЗОТ	O 15,997 2s2p КИСЛОРОД	F 18,9984032 2s2p ФТОР	Ne 20,1797 2s2p НЕОН																							
3	Na 22,98976928 3s НАТРИЙ	Mg 24,305 3s МАГНИЙ	Al 26,9815385 3s3p АЛЮМИНИЙ	Si 28,085 3s3p КРЕМНИЙ	P 30,973762 3s3p ФОСФОР	S 32,06 3s3p СЕРА	Cl 35,452 3s3p ХЛОР	Ar 39,948 3s3p АРГОН																							
4	K 39,0983 4s КАЛИЙ	Ca 40,078 4s КАЛЬЦИЙ	Sc 44,95591 3d4s СКАНДИЙ	Ti 47,867 3d4s ТИТАН	V 50,9415 3d4s ВАНАДИЙ	Cr 51,996 3d4s ХРОМ	Mn 54,938044 3d4s МАРГАНЕЦ	Fe 55,845 3d4s ЖЕЛЕЗО	Co 58,933194 3d4s КОБАЛЬТ	Ni 58,6934 3d4s НИКЕЛЬ																					
	Cu 63,546 3d4s МЕДЬ	Zn 65,38 3d4s ЦИНК	Ga 69,723 4s4p ГАЛЛИЙ	Ge 72,63 4s4p ГЕРМАНИЙ	As 74,921595 4s4p АРСЕН	Se 78,971 4s4p СЕЛЕН	Br 79,904 4s4p БРОМ	Kr 83,798 4s4p КРИПТОН																							
5	Rb 85,4678 5s РУБИДИЙ	Sr 87,62 5s СТРОНЦИЙ	Y 88,90584 4d5s ИТТРИЙ	Zr 91,224 4d5s ЦИРКОНИЙ	Nb 92,90637 4d5s НИОБИЙ	Mo 95,95 4d5s МОЛИБДЕН	Tc [98] 4d5s ТЕХНЕЦИЙ	Ru 101,07 4d5s РУТЕНИЙ	Rh 102,90550 4d5s РОДИЙ	Pd 106,42 4d5s ПАЛЛАДИЙ																					
	Ag 107,8682 4d5s СЕРЕБРО	Cd 112,414 4d5s КАДМИЙ	In 114,818 5s5p ИНДИЙ	Sn 118,710 5s5p ОЛОВО	Sb 121,760 5s5p СУРЬМА	Te 127,60 5s5p ТЕЛЛУР	I 126,90447 5s5p ЙОД	Xe 131,293 5s5p КСЕНОН																							
6	Cs 132,905452 6s ЦЕЗИЙ	Ba 137,327 6s БАРИЙ	La 138,9055 5d6s ЛАНТАН	Ce 140,12 5d6s ЦЕЗИЙ	Pr 140,90766 5d6s ПРАЗЕОДИМ	Nd 144,242 5d6s НЕОДИМ	Pm [145] 4f6s ПРОМЕТИЙ	Sm 150,36 4f6s САМАРИЙ	Eu 151,964 4f6s ЕВРОПИЙ	Gd 157,25 4f6s ГАДОЛИНИЙ	Tb 158,92535 4f6s ТЕРБИЙ	Dy 162,50 4f6s ДИСПРОЗИЙ	Ho 164,93033 4f6s ГОЛЬМИЙ	Er 167,259 4f6s ЭРБИЙ	Tm 168,93422 4f6s ТУЛИЙ	Yb 173,045 4f6s ИТТЕРБИЙ	Lu 174,9668 4f6s ЛУТЕЦИЙ														
	Au 196,966569 5d6s ЗОЛОТО	Hg 200,592 5d6s РУТУТЬ	Tl 204,38 6s6p ТАЛЛИЙ	Pb 207,2 6s6p СВИНЕЦ	Bi 208,98040 6s6p ВИСМУТ	Po [209] 6s6p ПОЛОНИЙ	At [210] 6s6p АСТАТ	Rn [222] 6s6p РАДОН																							
7	Fr [223] 7s ФРАНЦИЙ	Ra [226] 7s РАДИЙ	Ac [227] 6d7s АКТИНИЙ	Rf [265] 6d7s РЕЗЕРФОРДИЙ	Db [268] 6d7s ДУБЕНИЙ	Sg [271] 6d7s СИБОРГИЙ	Bh [270] 6d7s БОРИЙ	Hs [277] 6d7s ХАССИЙ	Mt [276] 6d7s МЕЙТТЕРИЙ	Ds [281] 6d7s ДАРМШТАДИЙ																					
	Rg [280] 6d7s РЕНТГЕНИЙ	Cn [285] 6d7s КОПЕРНИЦИЙ	Nh [284] 7s7p НИХОНИЙ	Fl [289] 7s7p ФЛЕРОВИЙ	Mc [288] 7s7p МОСКОВИЙ	Lv [293] 7s7p ЛИВЕРМОРИЙ	Ts [294] 7s7p ТЕННЕСИН	Og [294] 7s7p ОГАНЕССОН																							

* Лантаноиды

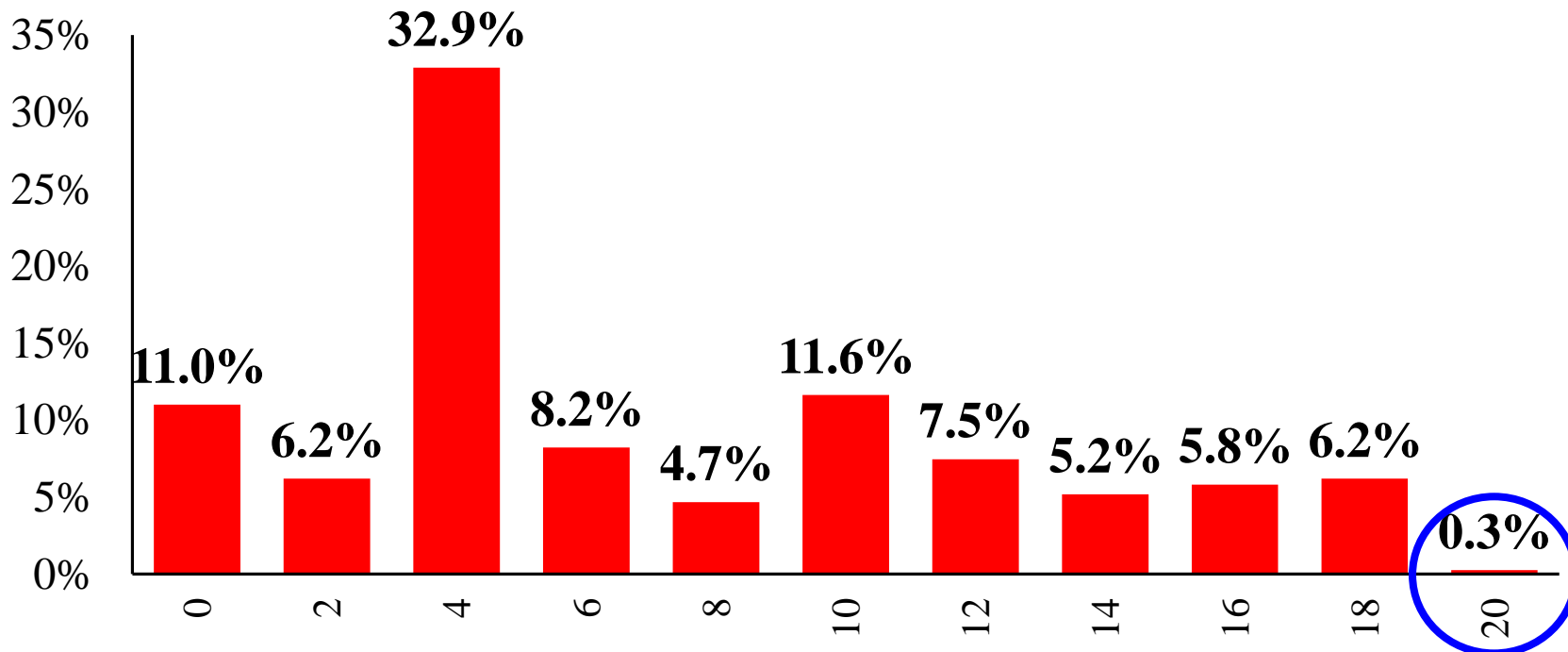
58	140,116 4f5d6s Ce ЦЕРИЙ	59	140,90766 4f6s Pr ПРАЗЕОДИМ	60	144,242 4f6s Nd НЕОДИМ	61	[145] 4f6s Pm ПРОМЕТИЙ	62	150,36 4f6s Sm САМАРИЙ	63	151,964 4f6s Eu ЕВРОПИЙ	64	157,25 4f6s Gd ГАДОЛИНИЙ	65	158,92535 4f6s Tb ТЕРБИЙ	66	162,50 4f6s Dy ДИСПРОЗИЙ	67	164,93033 4f6s Ho ГОЛЬМИЙ	68	167,259 4f6s Er ЭРБИЙ	69	168,93422 4f6s Tm ТУЛИЙ	70	173,045 4f6s Yb ИТТЕРБИЙ	71	174,9668 4f6s Lu ЛУТЕЦИЙ
----	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----	--	----	---	----	---------------------------------------	----	---	----	--	----	--

Типы задач

3. «О соседях»

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)



Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17

Синтетическая часть:

Юный химик взял в лаборатории белый порошок бинарного соединения **А**, содержащего элемент **Х**, растворил в холодной воде (**р-ция 1**). После этого добавил в полученный раствор избыток раствора гидроксида натрия и пропустил через него ток хлора (**р-ция 2**). При этом образовался бесцветный раствор вещества **Б**.

Раствор соли **Б**, в котором содержался также избыток гипохлорита натрия, Юный химик смешал с раствором бледно-розовой соли **В** металла **У**. При этом получился ярко-красный раствор (**р-ция 3**), при высаливании этиловым спиртом из раствора выпал осадок кристаллогидрата **Г**.

Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17

Синтетическая часть:

A – бинарное соединение.

При взаимодействии **A** с угарным газом образуется простое вещество **З**, которое окрашивает крахмал (I_2).

Кроме **З** образуется газ **И**, входящий в состав воздуха, с молярной массой

$$M_{\text{И}} = D_{H_2} \cdot M_{H_2} = 21.83 \cdot 2.016 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 44.01 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

И = CO_2 . Значит второй элемент в **A** - это оксида иода (I_2O_x):

$$\omega_I = \frac{2 \cdot M_I}{2 \cdot M_I + x \cdot M_O}$$

$$x = \frac{2 \cdot M_I \cdot (1 - \omega_I)}{M_O \cdot \omega_I} = \frac{2 \cdot 126.905 \cdot (1 - 0.7604)}{15.999 \cdot 0.7604} = 5 \quad \Rightarrow \text{A} - I_2O_5$$

Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17

Синтетическая часть:

При пропускании хлора через щелочной раствор I_2O_5 , йод окисляется до +7. Образуется натриевая соль **Б** ($\omega(\text{I})=43.18\%$) кислоты **К**, которая образует среднюю соль серебра **Л** (Ag_xIO_y), ($\omega(\text{I}) = 16.65\%$).

$$M_{\text{Л}} = 126.905 \frac{\text{г}}{\text{моль}} / 0.1665 = 762.19 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\text{Ag}_x\text{IO}_y: \quad 126.905 + 107.87 \cdot x + 15.999 \cdot y = 762.19$$

$$y = 39.71 - 6.742 \cdot x$$

Электронейтральность:

$$\text{Ag}^{1+}_x \text{I}^{7+} \text{O}^{2-}_y: \quad 2y = 7 + x \Rightarrow y = 3.5 + 0.5x$$

$$3.5 + 0.5 \cdot x = 39.71 - 6.742 \cdot x$$

$$x = 5; \quad y = 6$$

Л – Ag_5IO_6 , **К** – H_5IO_6 .

$$M_{\text{Б}} = M_{\text{I}} / \omega = 126.905 \frac{\text{г}}{\text{моль}} / 0.4318 = 293.90 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Б – $\text{Na}_3\text{H}_2\text{IO}_6$

Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17

Синтетическая часть:

При пропускании хлора через щелочной раствор I_2O_5 , йод окисляется до +7. Образуется натриевая соль **Б** ($\omega(\text{I})=43.18\%$) кислоты **К**, которая образует среднюю соль серебра **Л** (Ag_xIO_y), ($\omega(\text{I}) = 16.65\%$).

$$M_{\text{Л}} = 126.905 \frac{\text{г}}{\text{моль}} / 0.1665 = 762.19 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\text{Ag}_x\text{IO}_y: \quad 126.905 + 107.87 \cdot x + 15.999 \cdot y = 762.19$$

$$y = 39.71 - 6.742 \cdot x$$

Электронейтральность:

$$\text{Ag}^{1+}_x \text{I}^{7+} \text{O}^{2-}_y: \quad 2y = 7 + x \Rightarrow y = 3.5 + 0.5x$$

$$3.5 + 0.5 \cdot x = 39.71 - 6.742 \cdot x$$

$$x = 5; \quad y = 6$$

Л – Ag_5IO_6 , **К** – H_5IO_6 .

$$M_{\text{Б}} = M_{\text{I}} / \omega = 126.905 \frac{\text{г}}{\text{моль}} / 0.4318 = 293.90 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Б – $\text{Na}_3\text{H}_2\text{IO}_6$

Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17

Синтетическая часть:

Металл **Y** в природе встречается в виде оксида **M** ($\omega(\text{Y}) = 63.20\%$).

Предположим, состав оксида Y_2O_n , тогда

$$\omega = \frac{2 \cdot M_Y}{2 \cdot M_Y + n \cdot 15.999} \quad M_Y = \frac{n \cdot \omega \cdot 15.999}{2(1 - \omega)}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
M_Y	13.73	27.46	41.2	54.93	68.66	82.39	96.13	109.86
	MnO_2				Mn_2O_7			

Y – Mn, M – MnO₂

Соль **B** даёт осадок с солями бария, => **B** – это сульфат марганца (II).

$$M_B = M_{Mn} / \omega = 54.938 \frac{\text{г}}{\text{моль}} / 0.1984 = 276.91 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

B – MnSO₄·7H₂O.

Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17

Аналитическая часть:

Для анализа полученного вещества Юный химик нагревал 0.5000 г **Г** его при 150°C пока масса не перестала изменяться, масса остатка составила 0.3664 г.

Далее Юный химик пропустил в ток сернистого газа в водный раствор 0.5000г **Г**. После прекращения реакции он нагрел раствор для удаления избытка сернистого газа из раствора и разделил его на две равные части. К первой он добавил небольшой избыток нитрата серебра. При этом выпал желтоватый осадок **Д** массой 0.1452 г. А после отделения осадка к фильтрату Юный химик добавил небольшой избыток раствора хлорида бария. Выпавший белый осадок **Е** он отделил высушил и взвесил, его масса составила 0.6252 г. Вторую часть раствора Юный химик охладил и добавил к ней раствор гидросульфида аммония. При этом образовался осадок розового цвета **Ж**, содержащий металл **У**, который Юный химик отделил и высушил в атмосфере азота при 100°C, масса осадка составила 0.0179 г.

Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17



Аналитическая часть:

- 1) Потеря массы при нагревании Γ до 150°C составила $(0.5 - 0.3664) / 0.5 = 0.2672 = 26.72\%$
- 2) $\Gamma + \text{SO}_2$ = продукты восстановления
 - a) $\dots + \text{Ag}^+ = \text{Д} (\text{AgI}) - 0.1452 \text{ г}$
 - b) $\dots + \text{Ba}^{2+} = \text{Е} (\text{BaSO}_4) - 0.6252 \text{ г}$
 - c) $\dots + (\text{NH}_4)_2\text{S} = \text{Ж} (\text{MnS}) - 0.0179 \text{ г}$

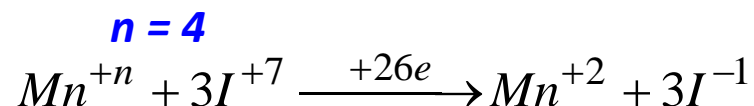
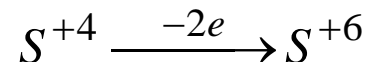
$$V_{\text{AgI}} = \frac{0.1452 \text{ г}}{234.79 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0.618 \text{ ммоль}$$

$$V_{\text{MnS}} = \frac{0.0179 \text{ г}}{87.00 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0.206 \text{ ммоль}$$

$$V_{\text{BaSO}_4} = \frac{0.6252 \text{ г}}{233.39 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2.68 \text{ ммоль}$$

$$\Rightarrow \text{Mn} : \text{I} = 1 : 3$$

$$\frac{V_{\text{SO}_4^{2-}}}{V_{\text{Mn}^{2+}}} = \frac{2.68}{0.206} \approx 13$$



Типы задач

4. Химический анализ

Задача Н-3 ЗЭ 16/17



Аналитическая часть:

0.25 г кристаллогидрата Γ содержит 0.206 моль Mn^{4+}

$$M_{\Gamma} = \frac{0.25\text{г}}{0.206 \cdot 10^{-3} \text{ моль}} \approx 1213 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Потеря массы при нагревании Γ до 150°C составила $0.2672 \cdot 1213 = 324 \text{ г/моль}$

$$324 \text{ г/моль} = 18 \cdot 18 \text{ г/моль} \quad \Gamma = \text{Na}_x\text{H}_y\text{Mn}(\text{IO}_6)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned} M_{\Gamma} &= x \cdot M_{\text{Na}} + y \cdot M_{\text{H}} + M_{\text{Mn}} + 3 \cdot M_{\text{IO}_6^{5-}} + 18 \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 22.99x + 1.008y + 54.938 + 3 \cdot 222.90 + 18 \cdot 18.015 = 1213 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \end{aligned}$$

$$x + y = 11 \quad 22.99x + 1.008 \cdot (11 - x) = 165.092$$

$$x \approx 7; \quad y = 4$$



Типы задач

4. Химический анализ

Задача 9-1 (НХ) РЭ 17/18

Венская известь образуется при прокаливании природного минерала X, причем из 1 кг X может быть получено 521.7 г извести. Если известь сильно и долго прокалить, то она бурно реагирует с водой, увеличиваясь в объеме и образуя 619.5 г белого кристаллического продукта. При растворении этого продукта в избытке соляной кислоты получается бесцветный раствор, из которого добавлением избытка насыщенного сульфата натрия может быть теоретически выделено 934.8 г белого кристаллического вещества Y нерастворимого в кислотах. Навеска этого вещества массой 10 г при нагревании до 350°C теряет 2.093 г. $\Rightarrow Y = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Вопросы:

- 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

4. Химический анализ

Задача 9-1 (НХ) РЭ 17/18

не CaO => СМЕСЬ!

Венская известь образуется при прокаливании природного минерала X, причем из 1 кг X может быть получено 521.7 г извести. Если известь сильно и долго прокалить, то она бурно реагирует с водой, увеличиваясь в объеме и образуя 619.5 г белого кристаллического продукта. При растворении этого продукта в избытке соляной кислоты получается бесцветный раствор, из которого добавлением избытка насыщенного сульфата натрия может быть теоретически выделено **934.8 г** белого кристаллического вещества Y нерастворимого в кислотах. Навеска этого вещества массой **10 г** при нагревании до 350°C теряет **2.093 г**. => **Y = CaSO₄·2H₂O**

Вопросы:

- 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

5. Вычислительная задача ≈ задача по физической химии

Задача 10-6 РЭ 17/18 Криоскопия

Один из известных методов определения молярной массы веществ – измерение понижения температуры плавления раствора вещества по сравнению с температурой плавления чистого растворителя. Этот метод называется криоскопией.

Если температура плавления чистого растворителя равна T , а температура плавления раствора недиссоциирующего вещества в нем равна T_1 , то понижение температуры плавления можно найти по формуле:

$$\Delta T = T - T_1 = K_f \cdot m \quad (1),$$

где m – моляльность раствора (количество моль растворенного вещества в 1 кг растворителя), K_f – криоскопическая константа, которая является характеристикой данного растворителя. Для воды $K_f = 1.86 \text{ К} \cdot \text{кг}/\text{моль}$.

Интересно, что величина ΔT для идеальных растворов не зависит от природы растворенных частиц, а зависит только от их концентрации. Поэтому если вещество диссоциирует в растворе на ионы, то формула (1) остаётся справедливой, с тем лишь уточнением, что m – суммарное количество моль частиц (в том числе ионов, образовавшихся при диссоциации) на 1 кг растворителя.

Вещества A_1 и B_1 молекулярного строения, имеющие сходные структурные формулы и отличающиеся лишь одним атомом, были получены нагреванием соответственно солей A_2 и B_2 . При этом массы твёрдой фазы в ходе обоих превращений не ...

Типы задач

5. Вычислительная задача ≈ задача по физической химии

Задача 10-6 РЭ 17/18 Криоскопия

Один из известных методов определения молярной массы веществ – измерение понижения температуры плавления раствора вещества по сравнению с температурой плавления чистого растворителя. Этот метод называется криоскопией.

Если температура плавления чистого растворителя равна T , а температура плавления раствора недиссоциирующего вещества в нем равна T_1 , то понижение температуры плавления можно найти по формуле:

$$\Delta T = T - T_1 = K_f \cdot m \quad (1),$$

1.	Моляльность растворов A_1 и B_1 – по 1 баллу Количества A_1 и B_1 в растворе – по 1 баллу Молярные массы веществ A_1 и B_1 – по 1 баллу.	Подстановка чисел в формулу	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) Выбор раствора с меньшей температурой плавления		2 балла 2 балла
5.	Температура плавления раствора цианата аммония		2 балла
		ИТОГО:	20 баллов

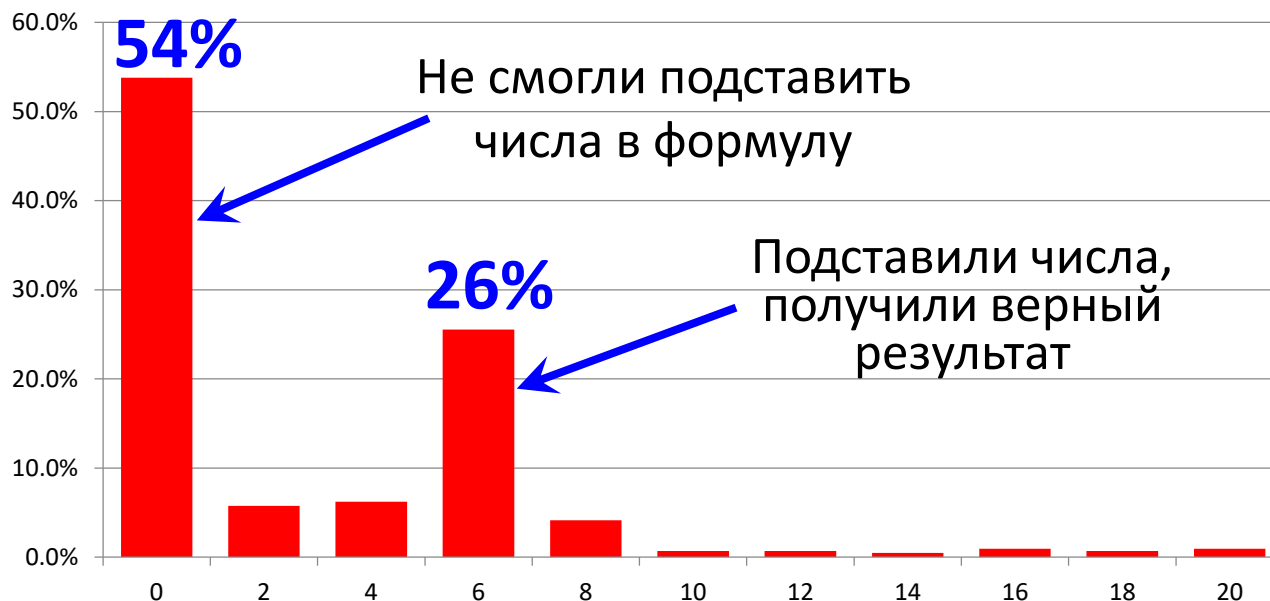
A_2 и B_2 . При этом массы твёрдой фазы в ходе обоих превращений не ...

Типы задач

5. Вычислительная задача ≈ задача по физической химии

Задача 10-6 РЭ 17/18

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

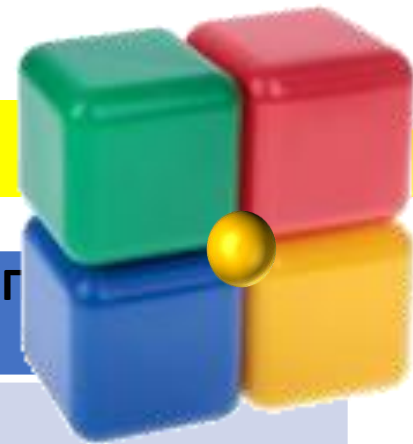


измерение
мпературой
плавления
емпературы

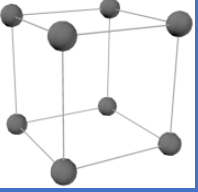
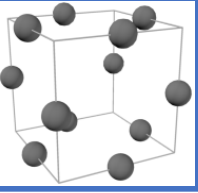
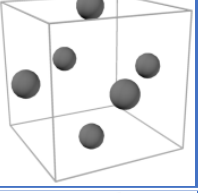
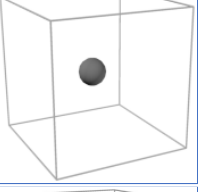
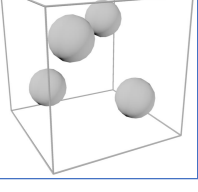
1.	Моляр Количе Моляр	6 баллов
2.	Формулы веществ A_1 и B_1 – по 2 балла	4 балла
3.	Формулы солей A_2 и B_2 – по 2 балла	4 балла
4.	Верное объяснение (увеличение числа частиц из-за гидролиза) Выбор раствора с меньшей температурой плавления	2 балла 2 балла
5.	Температура плавления раствора цианата аммония	2 балла
ИТОГО:		20 баллов

A_2 и B_2 . При этом массы твёрдой фазы в ходе обоих превращений не ...

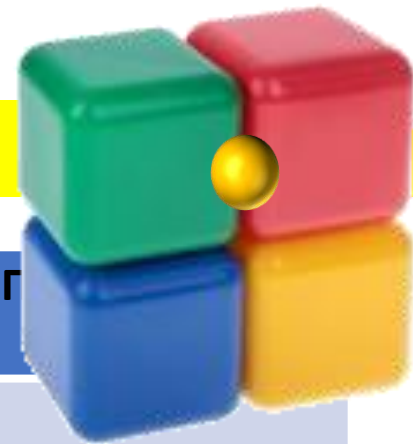
Типы задач



6. Структурная

Расположение в ячейке	Описание	Кол-во	Доля в ячейке	Г
	В вершинах	8	1/8	1
	На рёбрах			3
	На гранях		3	
	В центре		1	
	Внутри		4	1

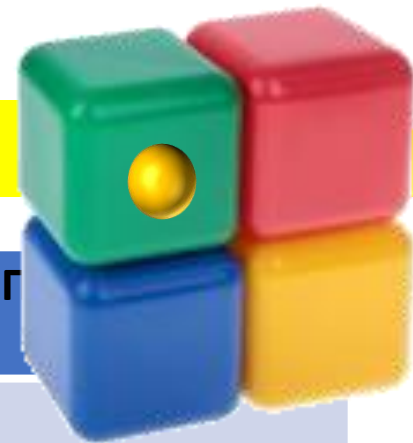
Типы задач



6. Структурная

Расположение в ячейке	Описание	Кол-во	Доля в ячейке	Г
	В вершинах	8	1/8	1
	На рёбрах	12	1/4	3
	На гранях			3
	В центре		1	
	Внутри		4	

Типы задач

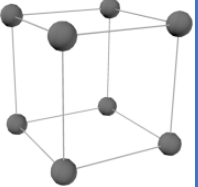
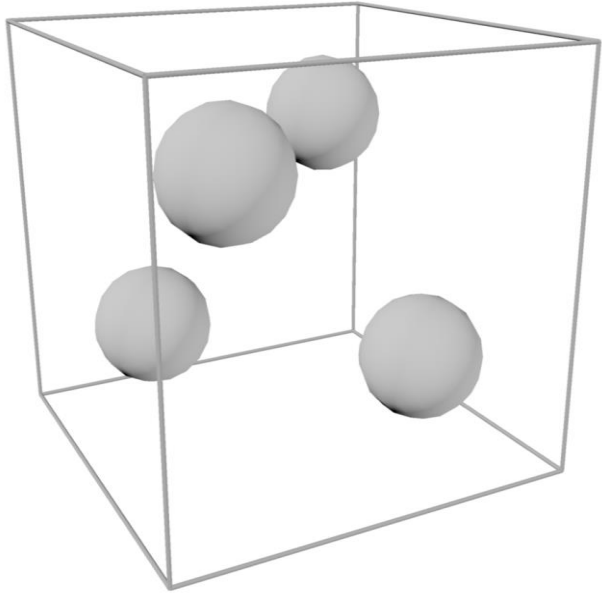
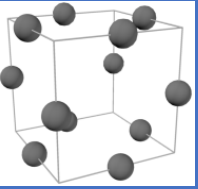
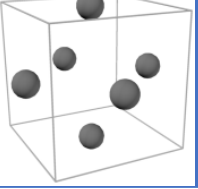
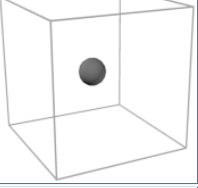
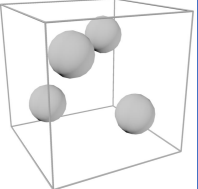


6. Структурная

Расположение в ячейке	Описание			
	В вершинах			
	На рёбрах			
	На гранях	6	1/2	3
	В центре	1	1	1
	Внутри	4	1	4

Типы задач

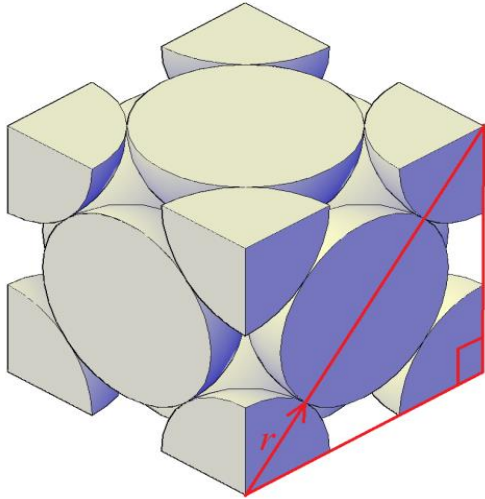
6. Структурная

Расположение в ячейке	Описание	Кол-во	Доля в ячейке	Принадлежит ячейке
				
				
				
				
				
	В центре	1	1	1
	Внутри	4	1	4

Типы задач

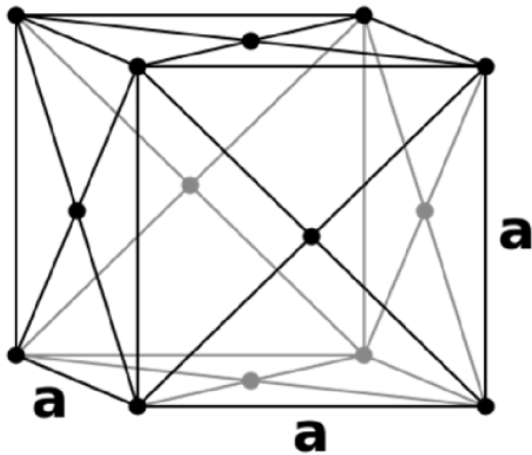
6. Структурная

Задача 9-3 РЭ 17/18



$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{M} = \frac{4M_X}{N_A a^2} = \\ &= \frac{4M_X}{6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot (4.0781 \cdot 10^{-8} \text{см})^3} = \\ &= 0.09797 M_X = 19.30 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}\end{aligned}$$

X - Золото



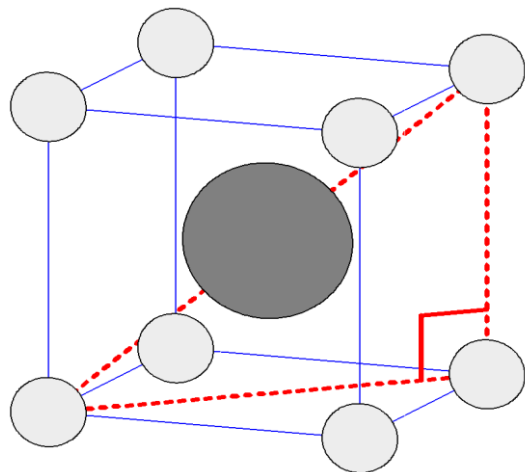
Металл X

$$r(X) = \frac{1}{4} a \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}}{4} 4.0781 \text{Å} = 1.442 \text{Å}$$

Типы задач

6. Структурная

Задача 9-3 РЭ 17/18

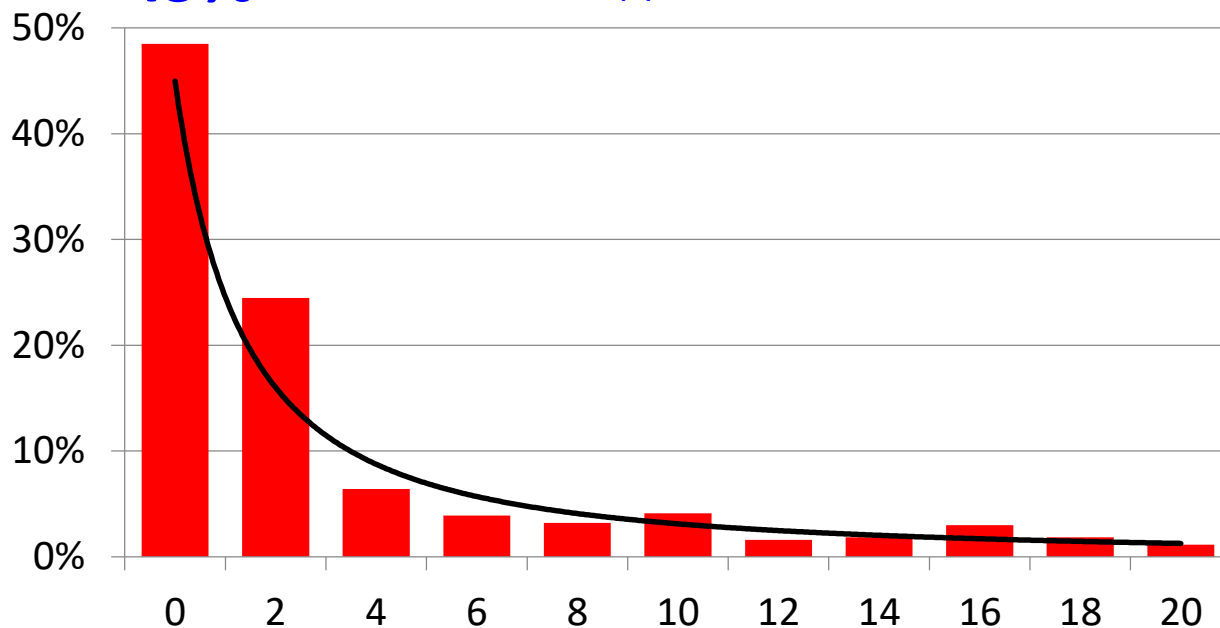


Вещество **Z**

Соотношение 1:1

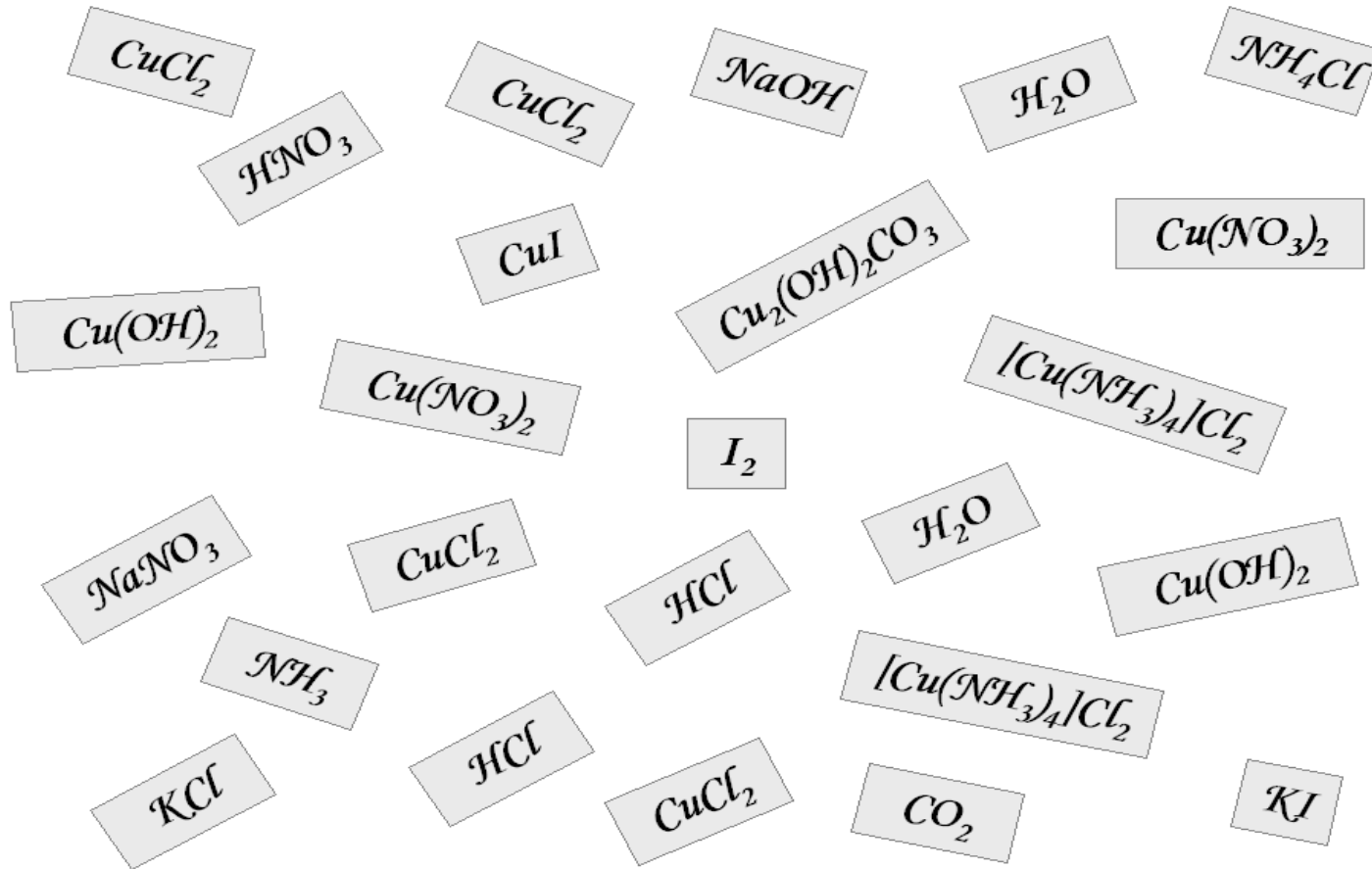
По плотности
аналогично X
находим $Z = \text{CsAu}$

49% - новый тип задач



Типы задач

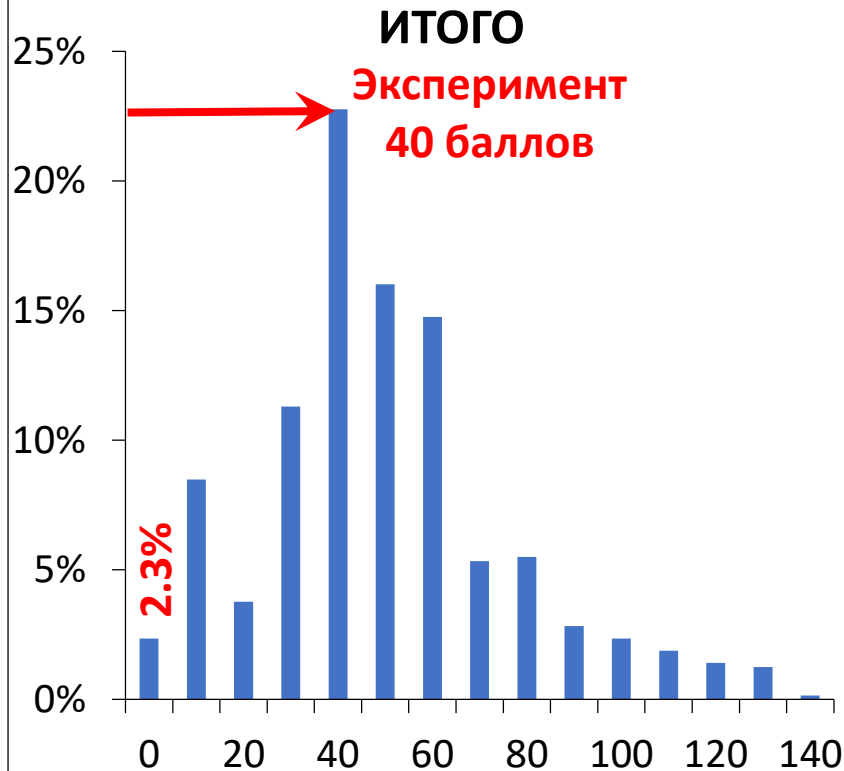
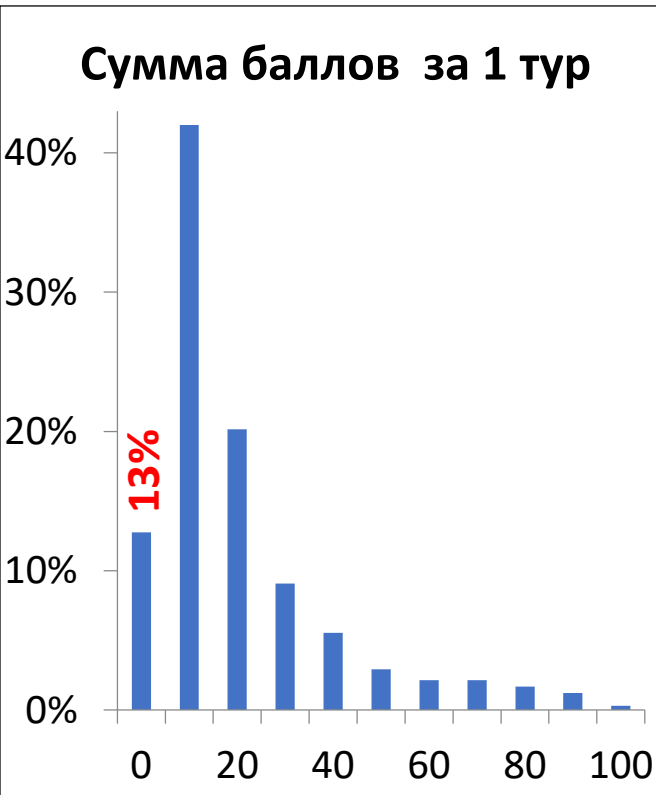
7. Головоломка



Стандартного подхода к решению таких задач
не бывает 😊

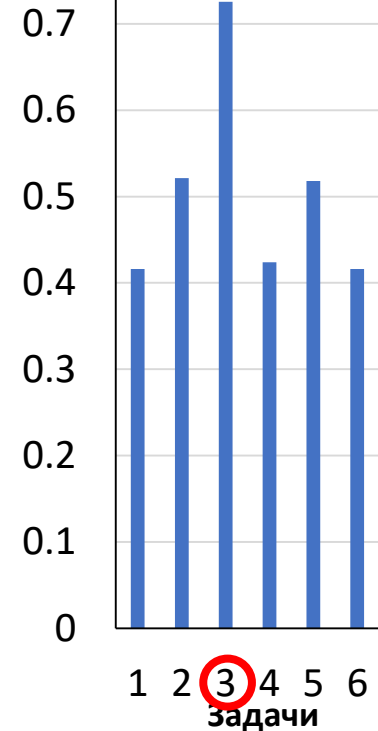
Статистика регионального этапа 18/19

9 класс (650 человек)



Высокая
«Плата за вход»

не решали



Статистика регионального этапа 18/19

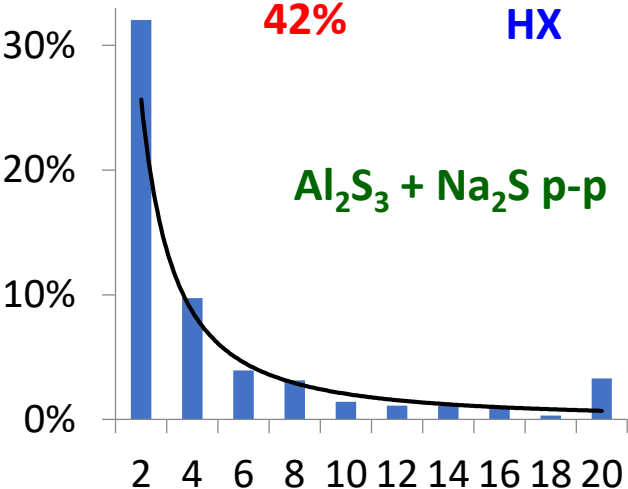
9 класс

Задача 1

42%

НХ

$Al_2S_3 + Na_2S$ р-р

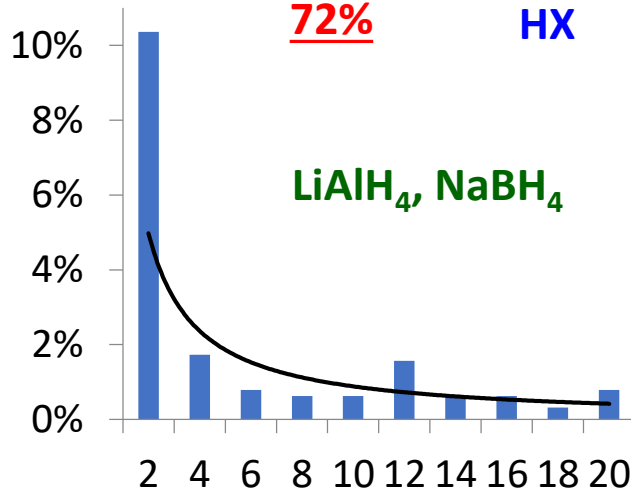


Задача 3

72%

НХ

$LiAlH_4, NaBH_4$

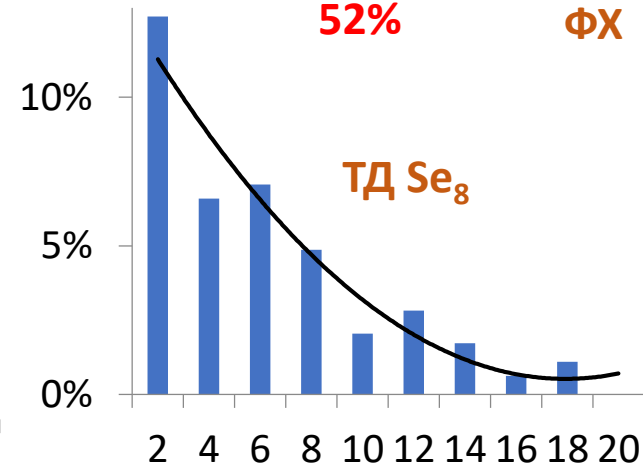


Задача 5

52%

ФХ

ТД Se_8

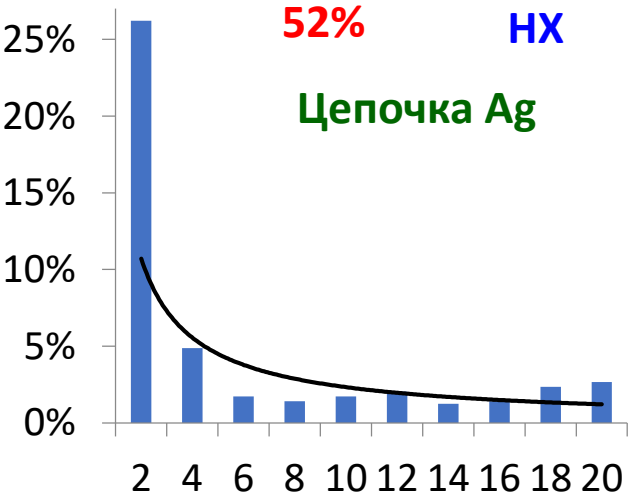


Задача 2

52%

НХ

Цепочка Ag

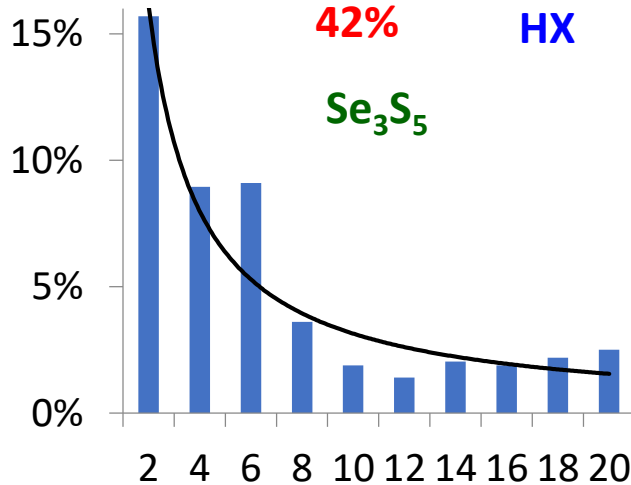


Задача 4

42%

НХ

Se_3S_5

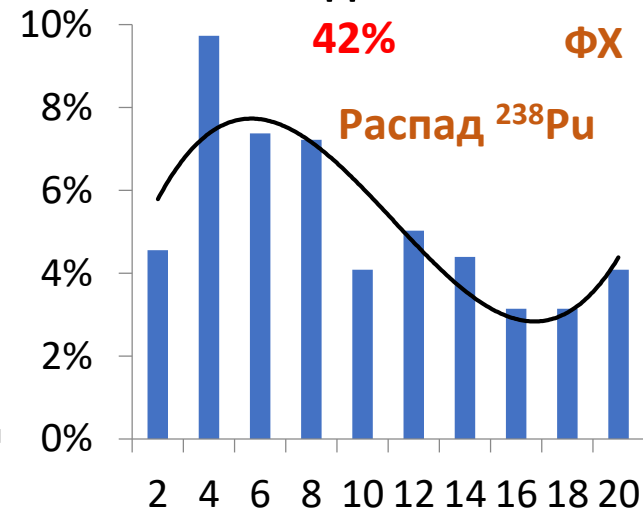


Задача 6

42%

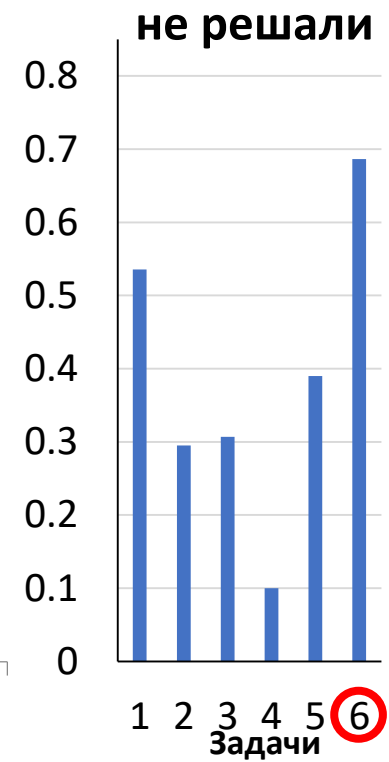
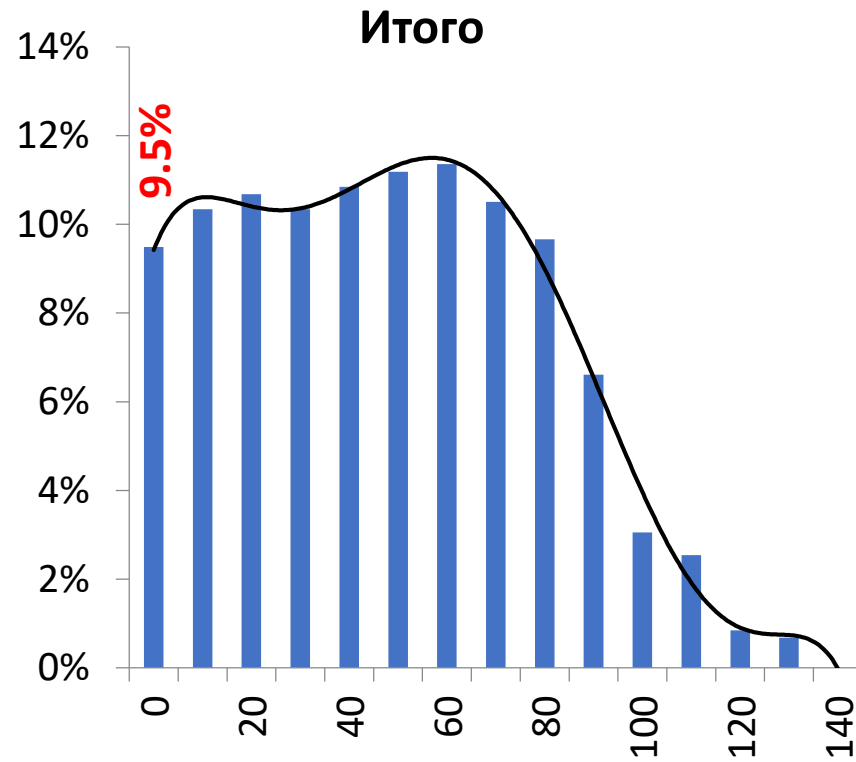
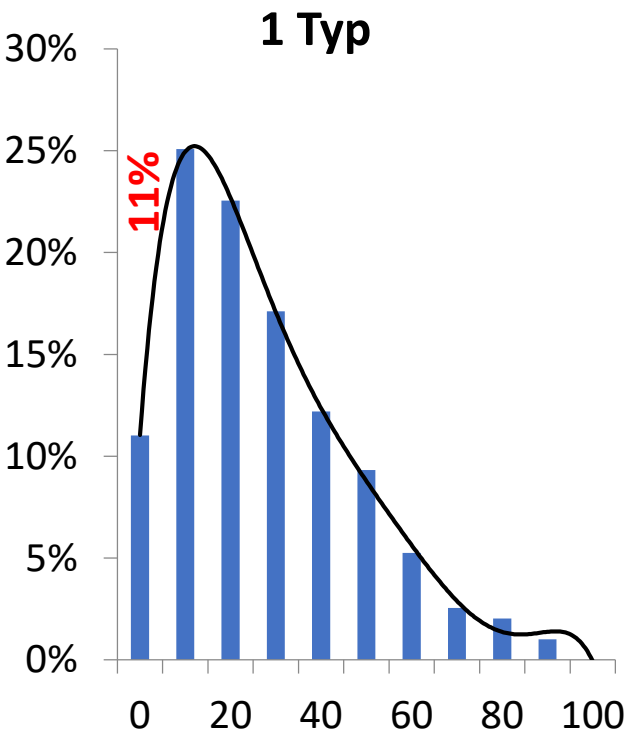
ФХ

Распад ^{238}Pu



Статистика регионального этапа 18/19

10 класс (615 человек)



Статистика регионального этапа 18/19

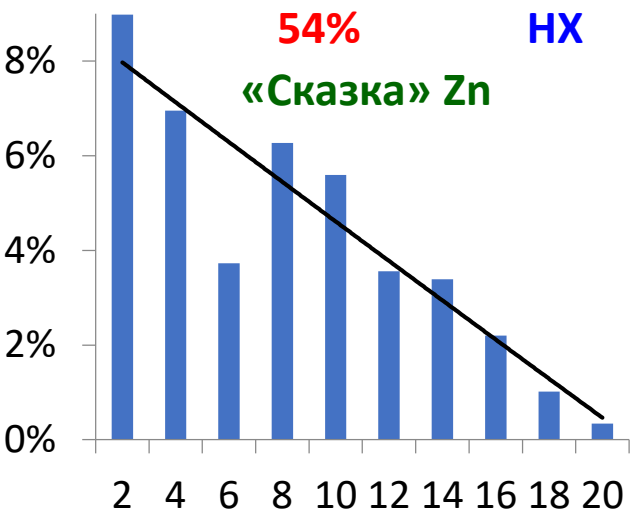
10 класс

Задача 1

54%

НХ

«Сказка» Zn

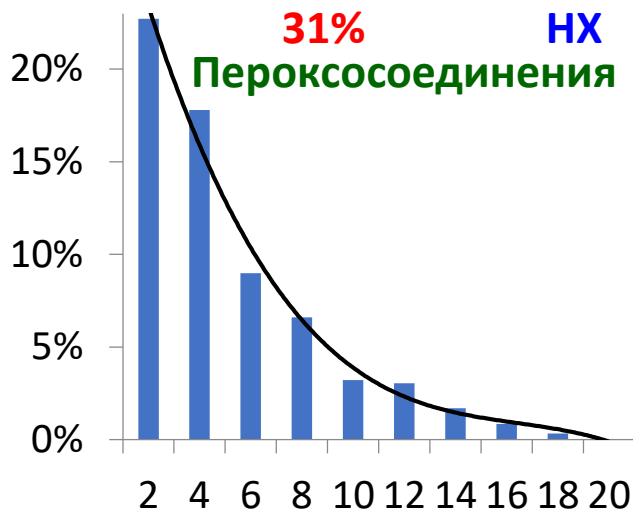


Задача 3

31%

НХ

Пероксосоединения



Задача 5

40%

ФХ

Динитрамид аммония

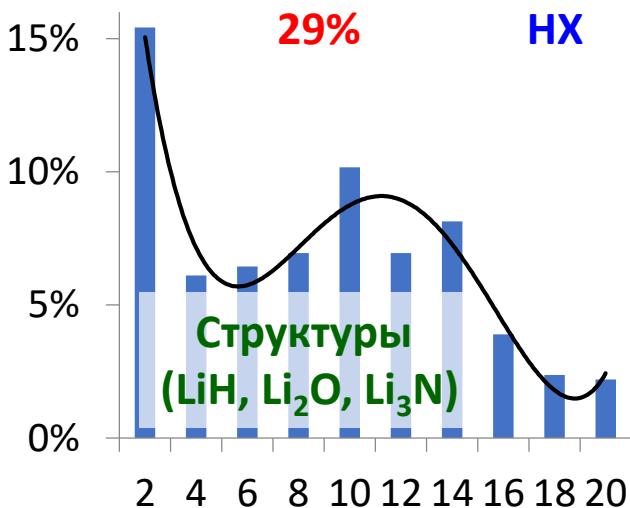


Задача 2

29%

НХ

Структуры
(LiH, Li₂O, Li₃N)



Задача 4

10%

ОХ

правило
Марковникова

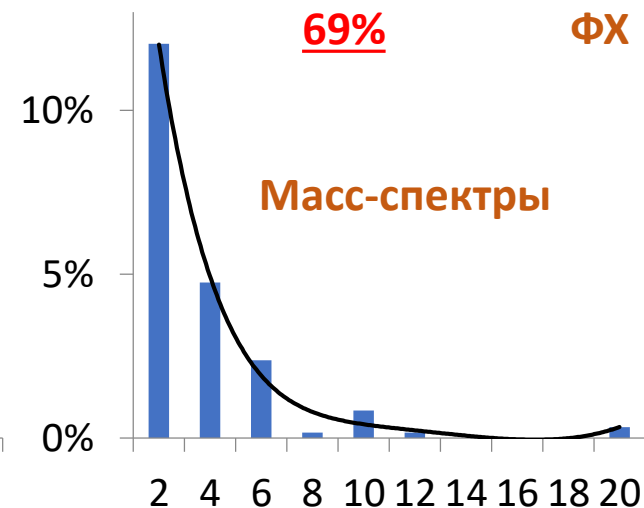


Задача 6

69%

ФХ

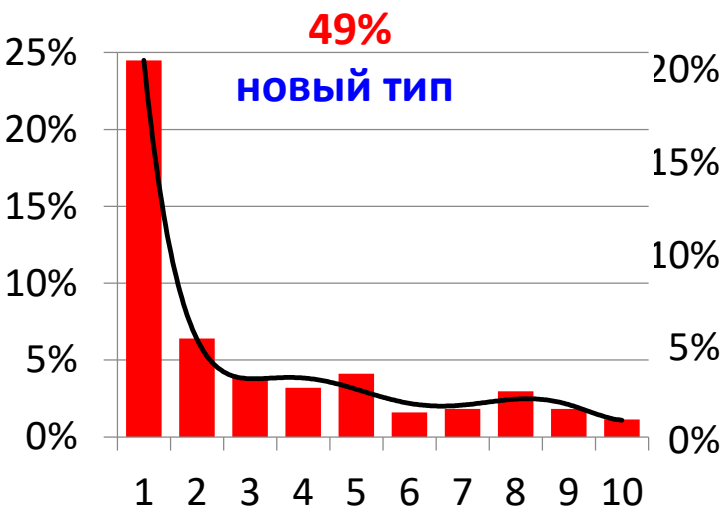
Масс-спектры



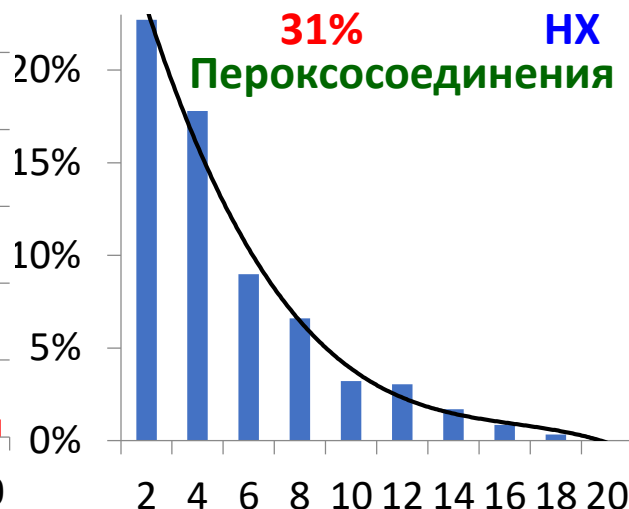
Статистика регионального этапа 18/19

10 класс

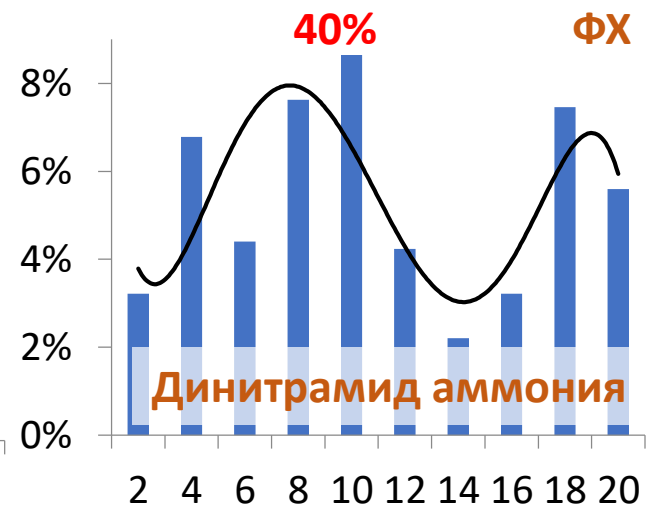
Задача 9-3 РЭ (17/18)



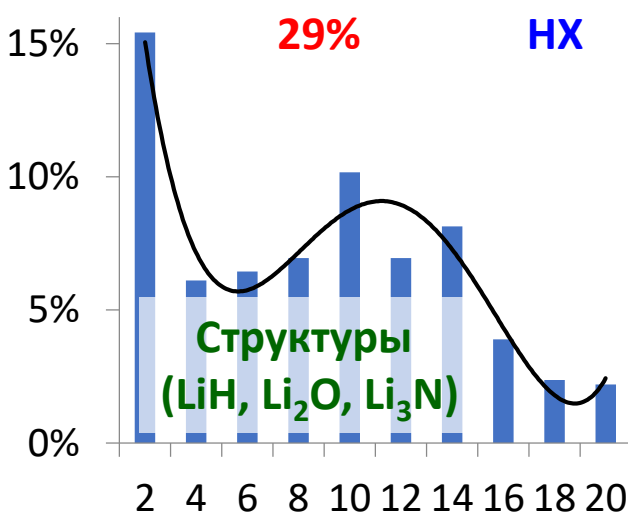
Задача 3



Задача 5



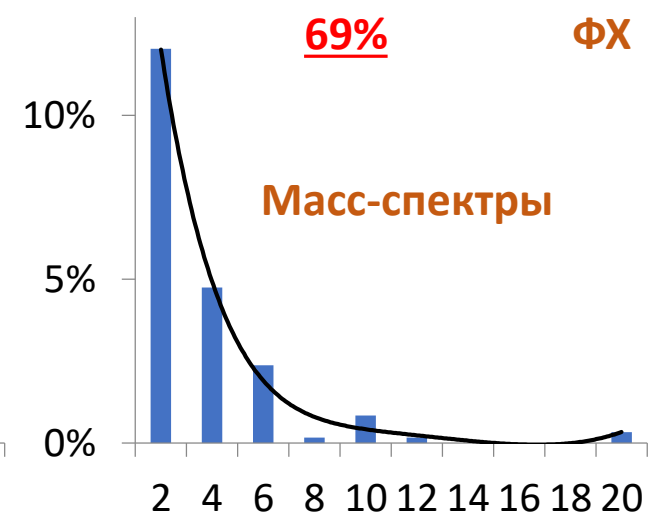
Задача 2



Задача 4



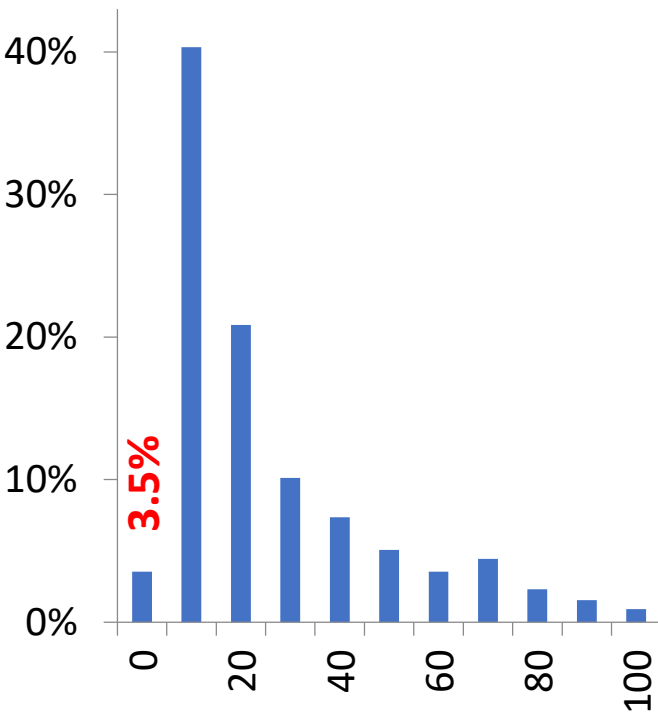
Задача 6



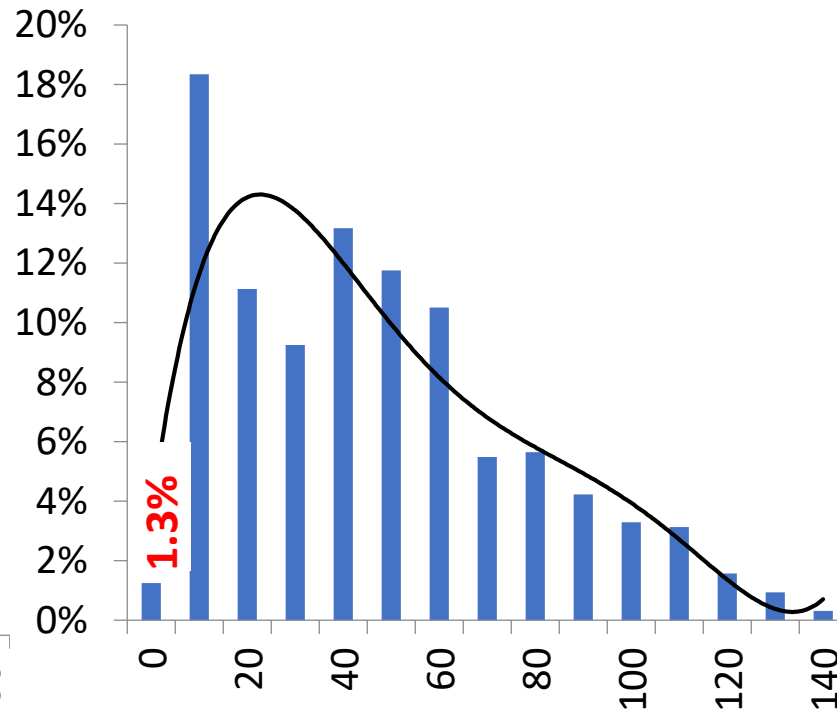
Статистика регионального этапа 18/19

1 класс (652 человек)

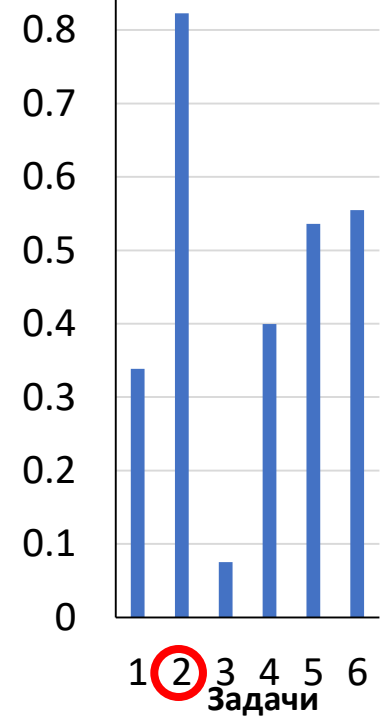
Сумма баллов за 1 тур



Итого

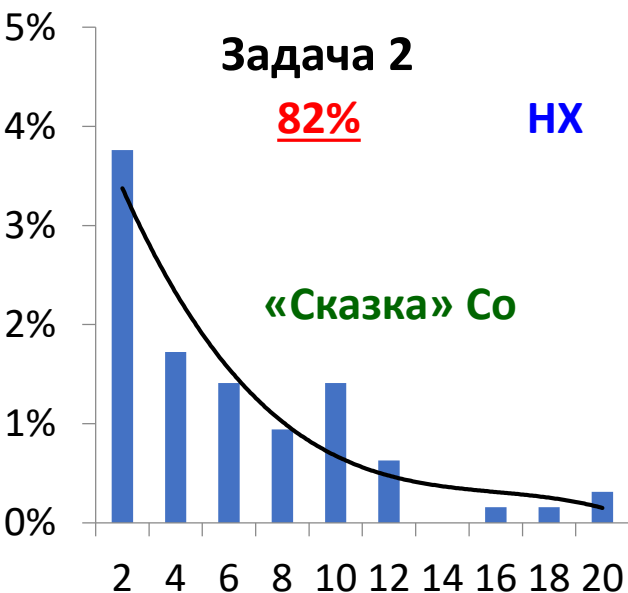
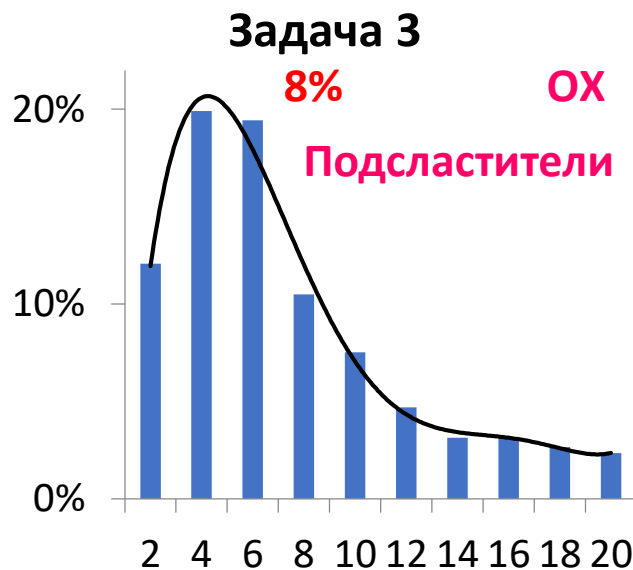
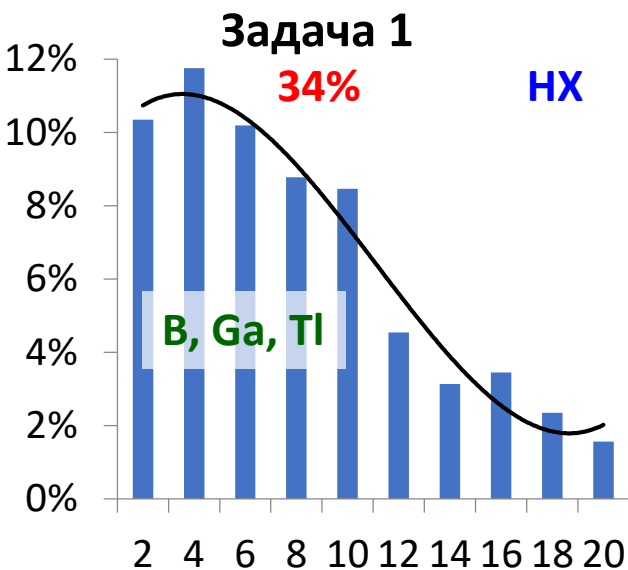


не решали



Статистика регионального этапа 18/19

11 класс



Спасибо за внимание!