

# Республиканская олимпиада по химии – 2023

Казань, 26–27 января 2023 г.

8 класс

1 тур

## Задание 1. (Седов И.А.)

### Коллекция



Дима коллекционирует образцы химических элементов в виде простых веществ, пытаясь собрать всю периодическую таблицу. Однажды после школы он зашел в супермаркет и купил там пищевую фольгу, коробок спичек, банку тушеники, лампочку и пальчиковую батарейку.

Дома он разбил лампочку молотком и достал образец элемента 1. В периодической таблице он расположен рядом с элементом 2, который Дима однажды выковырял из старого электрического конденсатора большого размера. В этом конденсаторе содержалось также значительное количество элемента 3, находящегося в периодической таблице под элементом 4, представленным в коллекции куском проволоки.

Сосед по таблице элемента 4, элемент 5, был получен при вскрытии батарейки с помощью плоскогубцев. Из нее также был извлечен образец элемента 6. Его сосед по диагонали (элемент 7) перекочевал в коллекцию в том виде, в каком был куплен в супермаркете, а ближайший аналог (элемент 8) был получен ударом кувалдой по диоду, отпаянному от электронной платы. Из еще одной покупки он смог получить порошок, содержащий элемент 9, соседний с элементом 8, но в чистом виде его выделить не удалось.

Элемент 10, являющийся аналогом элементов 6 и 8, Дима попытался извлечь из другой своей покупки путем ее нагревания на электроплитке, однако потерпел неудачу и к тому же устроил задымление в квартире.

Можно вспомнить и другие неудачные опыты Димы, например, попытку выплавить элемент 11 из анода аккумулятора, в результате чего он сгорел

ослепительным красным пламенем, или нагревание спиртового раствора элемента **12**, в результате чего весь раствор испарился, но элемент выделить не удалось, а комната пропиталась едким запахом.

1. Запишите символы элементов, зашифрованных номерами **1–12**.
2. Аналог элемента **5** Дима заполучил, совершив покупку в аптеке. Что он там купил?
3. Приведите пример еще одного не упомянутого выше элемента, который можно извлечь в индивидуальном состоянии без использования химических превращений из широко доступных в быту предметов. Кратко опишите процесс извлечения.

### **Задание 2. (Болматенков Д.Н.)** **Бумага все стерпит**

Лист бумаги, на котором напечатана разданная вам периодическая таблица, имеет стандартный размер А4: 210 мм × 297 мм. Толщина бумаги составляет 0.11 мм. Основное (примем, что и единственное) химическое вещество, входящее в состав бумаги – целлюлоза, имеющая формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Число  $n$  может принимать достаточно большие значения (подобные соединения называются полимерными).



1. Плотность материала листа – 1.36 г/см<sup>3</sup>. Какое число формульных единиц  $C_6H_{10}O_5$  содержит один лист размера А4?

Как известно, бумага хорошо горит.

2. Какой объём углекислого газа (н.у.) и какой объём жидкой воды может быть получен при сжигании одного листа размера А4?

При кипячении в кислой среде связи между структурными единицами  $C_6H_{10}O_5$  разрушаются с образованием сахара глюкозы, что может быть описано следующим уравнением:



3. Какая масса воды необходима для полного превращения одного листа бумаги в глюкозу?

При изучении материалов часто используется величина удельной поверхности, определяемая как отношение площади поверхности материала (в м<sup>2</sup>) к его массе (в г).

4. Вычислите величину удельной поверхности листа бумаги.

Существует утверждение о том, что ни один лист бумаги нельзя сложить вдвое более чем 8 раз. Однако эксперименты с очень большими листами бумаги показали, что это все же возможно.

5. Вычислите толщину стопки после восьмикратного сложения листа бумаги вдвое. Считайте, что при каждом сложении толщина листа удваивается.

6. Будем не складывать, а разрезать лист пополам, на следующем шаге разрезать еще раз все полученные половинки и т.д. Расстояние от Земли до Луны составляет 384 000 км. Сколько раз необходимо повторить такую процедуру разрезания, чтобы толщина стопки полученных кусочков превысила это расстояние? Сколько надрезов отдельных кусочков необходимо для этого сделать?

### Задание 3. (Курамшин Б.К.)

#### Не как в учебнике

**А, Б и В** – гидроксиды металлов, каждый из которых при прокаливании выше 400°C без доступа воздуха разлагается с образованием твердого остатка, состоящего из индивидуального вещества, и двух одних и тех же газообразных при температуре прокаливания соединений. Измеренный при 400 °C и нормальном атмосферном давлении объём газовой смеси, полученной из 1.000 г исходного вещества, приведен в таблице ( $V_1$ ). Каждую газовую смесь пропустили над оксидом фосфора (V) и измерили объём оставшегося газа при н.у. ( $V_2$ ). Масса твердого остатка для каждого гидроксида также приведена в таблице.

Исходное вещество	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>
$V_1$ , мл (при 400 °C)	614.5	299.5	837.6
$V_2$ , мл (при н.у.)	83.1	60.7	113.3
Масса твердого остатка, мг	858.9	945.7	807.7

1. Учитывая, что объём газа пропорционален абсолютной температуре  $T$  ( $T/K = t/°C + 273$ ), определите общее количество газов в молях после прокаливания А и после пропускания полученной смеси над оксидом фосфора.

2. Какое вещество поглощается оксидом фосфора? Запишите уравнение реакции, происходящей при поглощении.

3. Определите формулы А, Б и В и запишите уравнения реакций их разложения. Ответ подтвердите расчётом.

**Г, Д и Е** – гидроксиды металлов, каждый из которых при прокаливании выше 400°C в открытом сосуде образует твердый остаток, состоящий из индивидуального вещества, и одно и то же газообразное при температуре прокаливания соединение. В таблице ниже указаны массы остатков, полученных при нагревании навесок 1.000 г Г, Д и Е.

Исходное вещество	<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>
Масса твердого остатка, мг	887.4	900.5	947.4

4. Определите формулы веществ Г, Д, Е и запишите уравнения реакций, происходящих при их прокаливании. Ответ подтвердите расчетом.

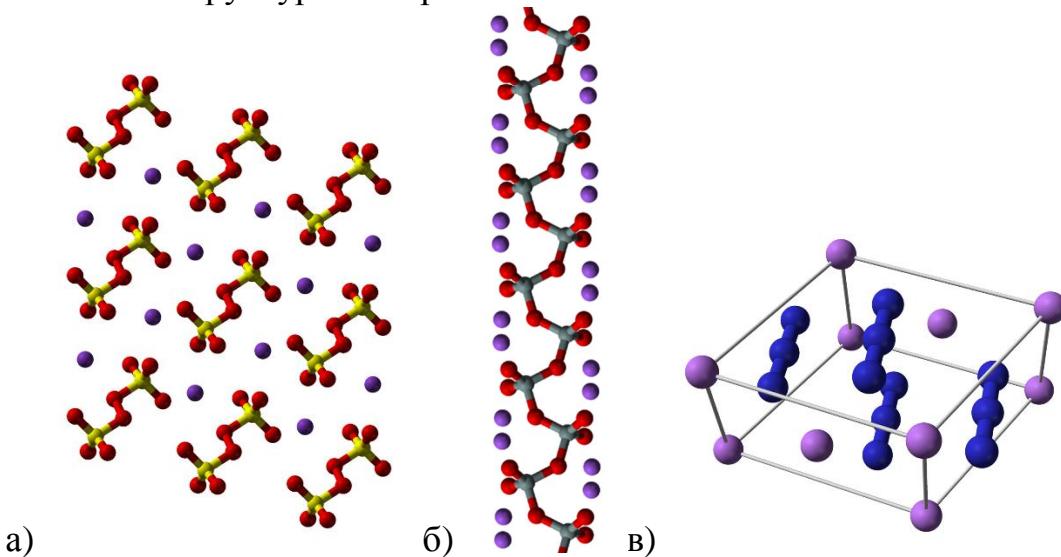
#### Задание 4. (Седов И.А.)

1. Установите взаимно однозначное соответствие между названиями анионов и их формулами.

1. азид
2. арсенат
3. гидрид
4. гидросульфит
5. дихромат
6. метабисульфит
7. метасиликат
8. нитрат
9. нитрид
10. нитрит
11. ортосиликат
12. персульфат
13. перхлорат
14. тетраборат
15. хлорат
16. цианид

- |     |                              |
|-----|------------------------------|
| A - | $\text{AsO}_4^{3-}$          |
| Б - | $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$  |
| В - | $\text{ClO}_3^-$             |
| Г - | $\text{ClO}_4^-$             |
| Д - | $\text{CN}^-$                |
| Е - | $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ |
| Ж - | $\text{H}^-$                 |
| З - | $\text{HSO}_3^-$             |
| И - | $\text{N}^{3-}$              |
| К - | $\text{N}_3^-$               |
| Л - | $\text{NO}_2^-$              |
| М - | $\text{NO}_3^-$              |
| Н - | $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$  |
| О - | $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  |
| П - | $\text{SiO}_3^{2-}$          |
| Р - | $\text{SiO}_4^{4-}$          |

2. Запишите формулы солей натрия с анионами из вышеприведенного списка, кристаллические структуры которых показаны ниже.



#### Задание 5. (По задаче 9 класса окружного этапа 2009 года)

Вам выданы растворы следующих солей в неподписанных пробирках:  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ .

Не прибегая к помощи других реагентов, определите, в какой из пробирок находится раствор каждого из указанных веществ. Решение представьте в виде таблицы результатов попарного смешения содержимого пробирок. Напишите уравнения осуществленных реакций.

## 2 тур

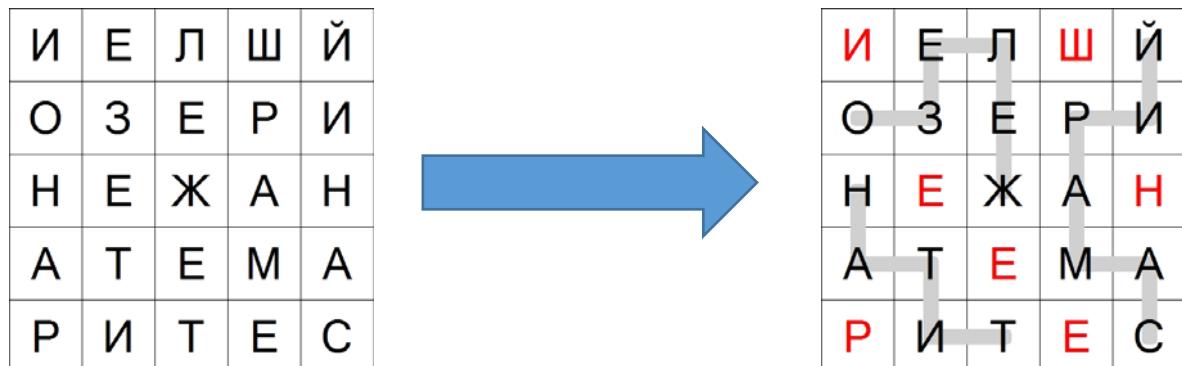
### Задание 6. (Седов И.А.)

В квадрате спрятаны названия химических элементов. Каждая буква может входить в состав только одного элемента. Элементы могут изгибаться, но только под прямым углом (по диагонали они не располагаются), не пересекаются друг с другом и сами с собой, с другими элементами не могут иметь общих букв. Каждый элемент спрятан только один раз.

Вычеркните спрятанные элементы в розданном вам листе ответов. Как черновик используйте приведенный ниже квадрат. Если вы вычеркнете их все, у вас останутся несколько неиспользованных букв, из которых нужно составить одно слово – химический термин. Запишите его.

О	З	Г	О	Л	Ь	М	И	Й	Е	Н	О	Н	Ф	Р	О	Л
Т	А	Н	И	Н	Т	А	Н	К	С	Р	О	Ф	Е	И	Й	Х
Б	Д	Е	Л	А	Н	И	К	П	Т	Ф	О	С	Р	М	И	Р
И	Н	Е	Л	Е	О	Б	Е	Й	У	И	В	О	Б	Е	О	Д
Л	О	М	М	С	В	Р	Л	И	Л	С	Т	Н	Н	Л	Т	Ь
И	Н	К	И	Л	О	О	Ь	П	М	М	У	Т	А	И	Й	Л
Ц	Е	Б	Д	О	О	М	А	Л	А	Д	Т	И	Н	А	Б	А
С	Т	О	О	И	Х	И	Т	Г	Р	Э	Р	Б	Т	Т	О	К
Т	А	Р	Е	Н	Р	Н	В	А	Н	Е	Р	И	А	О	Д	О
С	Т	Е	Р	М	О	А	Р	Е	П	Ц	К	Й	Л	Р	И	В
А	Ц	Л	Л	У	Р	И	Б	Т	У	Р	И	А	Д	О	Д	Ф
Н	Ь	И	Р	Ю	О	Й	С	И	Н	А	С	Р	О	Р	Е	Т
О	Т	Й	Н	К	С	А	Е	Р	Р	О	Л	Г	О	Н	Л	О
Д	У	М	А	Р	У	М	Х	Е	О	Д	И	Р	К	У	Г	Р
А	Т	Р	О	Ф	Р	Ь	А	Б	Р	Н	П	Д	Ь	Д	Е	Н
Р	В	О	Л	Ь	И	С	С	А	О	О	Т	У	М	О	М	К
Н	О	Е	Н	А	Й	С	Е	Р	Й	И	Н	Б	Ы	Ш	Ь	Я

Пример:



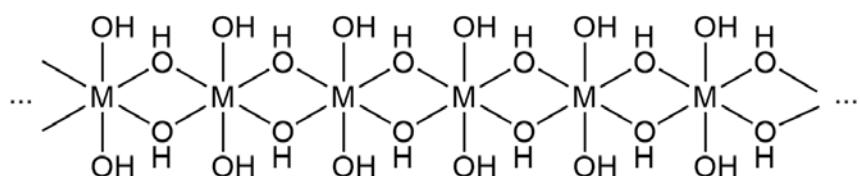
Из оставшихся букв можно сложить слово “решение”.

**Задание 7. (Курамшин Б.К.)**  
**Бесконечно длинные формулы**

*Черный квадрат,  
Бесконечный тоннель,  
Разве ты этого ждал?*

Нерастворимое в воде вещество **X**, содержащее металл **M**, можно получить добавлением соли **Y** в раствор гидроксида натрия. Оставшийся над осадком раствор не даёт видимых изменений при добавлении соляной кислоты, но образует нерастворимый в воде белый осадок **Z** при добавлении раствора хлорида бария.

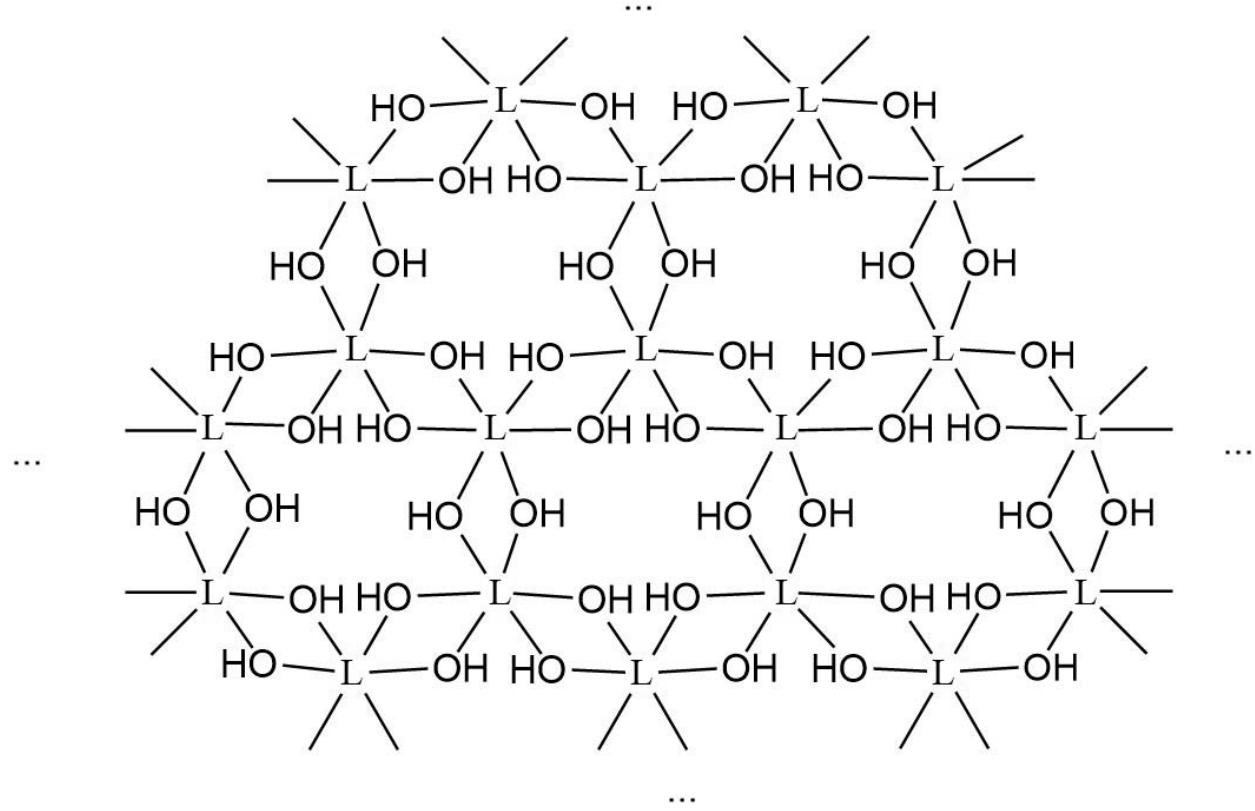
Структура вещества **X** приведена ниже: оно образовано бесконечными цепочками, в которых повторяется один и тот же фрагмент.



1. Используя обозначение **M** для металла, содержащегося в составе **X**, запишите формулу **X**.
2. Что представляет собой осадок **Z**? Запишите уравнение реакции его образования.

Вещество **A** можно получить взаимодействием соли **B** с эквивалентным количеством гидроксида натрия. Оставшийся над осадком **A** раствор также образует осадок **Z** с хлоридом бария.

Структура **A** представляет собой слои из ионов металла **L** и гидроксид-ионов. Такой слой показан на рисунке ниже: его также можно считать бесконечным и состоящим из повторяющихся структурных фрагментов.



3. Используя обозначение **L** для металла, содержащегося в составе **A**, запишите формулу **A**.

Нагревание **X** и **A** ведет к их разложению. В соответствии с формулами этих веществ из 1.000 г **X** после разложения должно получаться на 0.0355 г больше твердого остатка, чем из 1.000 г **A**, а массы второго продукта разложения будут отличаться в 1.114 раза.

4. Определите металлы, входящие в состав **X** и **A**. Ответ подтвердите расчетом.
5. Определите формулы **Y** и **B** и запишите уравнения реакций образования **X** и **A** из этих веществ.
6. В случае одной из солей (**Y** либо **B**) осадок образуется даже при взаимодействии с водой в отсутствии щелочи. Запишите уравнение этой реакции.

#### **Задание 8. (Болматенков Д.Н.)** **О. ОО? ООО!**

Восьмиклассник, готовясь к республиканской олимпиаде по химии, получил от учителя задачу, посвящённую кислородным соединениям металла **M**. Повозившись некоторое время с калькулятором, он записал ответ и в недоумении уставился на получившуюся формулу:

«МО. Странно. Я совершенно точно знаю, что этот металл не проявляет в соединениях степень окисления +2.»

Однако учитель успокоил мальчика, объяснив, что полученный результат вполне можно объяснить с позиций химии. Мальчик приступил к поиску второго неизвестного вещества.

« $\text{MO}_2$ ? Это ещё более странно. Не уверен, что у меня получится объяснить это. Наверное, в расчёты закралась какая-то ошибка!»

Однако учитель заверил, что и второе соединение существует. Озадаченный ученик перешёл к поиску третьего вещества:

«Получилось  $\text{MO}_3$ ! Как такое возможно? Неужели +6?!»

Несмотря на странный результат, оказалось, что мальчик решил задачу совершенно правильно, и все три соединения, найденные им, существуют. При этом в эксперименте по сжиганию металла **M** на воздухе образовалась смесь « $\text{MO}$ » и « $\text{MO}_2$ » в массовом соотношении 1:1.29, а масса твёрдых веществ увеличилась на 61.5 %.

1. Установите металл **M**. Ответ подтвердите расчётом.
2. Скорее всего, вам сложно будет объяснить строение соединений « $\text{MO}_2$ » и « $\text{MO}_3$ ». Однако попробуйте изобразить структуру вещества « $\text{MO}$ ».

Известно, что все три кислородных соединения хорошо растворяются в воде. Если растворение проводить при кипячении, то в результате всех трёх реакций выделяется один и тот же газ **X** и образуется водный раствор соединения **Y**.

3. Запишите формулы **X** и **Y** и уравнения протекающих при растворении реакций.

### Задание 9. (Седов И.А.)

**Кто ищет, тот всегда найдет**

- а) Приведите 5 формул устойчивых при комнатной температуре неорганических соединений, у которых молярная масса (с округлением до целых) равна 100.
- б) Приведите уравнение реакции, в котором сумма не имеющих общего делителя целочисленных коэффициентов при всех веществах в обоих его частях равнялась бы 100. Если при каком-либо из веществ коэффициент 1, то он тоже суммируется.



## Лист ответов

О	З	Г	О	Л	Ь	М	И	Й	Е	Н	О	Н	Ф	Р	О	Л
Т	А	Н	И	Н	Т	А	Н	К	С	Р	О	Ф	Е	И	Й	Х
Б	Д	Е	Л	А	Н	И	К	П	Т	Ф	О	С	Р	М	И	Р
И	Н	Е	Л	Е	О	Б	Е	Й	У	И	В	О	Б	Е	О	д
Л	О	М	М	С	В	Р	Л	И	Л	С	Т	Н	Н	Л	т	ь
И	Н	К	И	Л	О	О	Ь	П	М	М	У	Т	А	И	Й	л
Ц	Е	Б	Д	О	О	М	А	Л	А	Д	Т	И	Н	А	Б	а
С	Т	О	О	И	Х	И	Т	Г	Р	Э	Р	Б	Т	Т	о	к
Т	А	Р	Е	Н	Р	Н	В	А	Н	Е	Р	И	А	О	д	о
С	Т	Е	Р	М	О	А	Р	Е	П	Ц	К	Й	Л	Р	и	в
А	Ц	Л	Л	У	Р	И	Б	Т	У	Р	И	А	Д	О	д	ф
Н	Ь	И	Р	Ю	О	Й	С	И	Н	А	С	Р	О	Р	е	т
О	Т	Й	Н	К	С	А	Е	Р	Р	О	Л	Г	О	Н	л	о
Д	У	М	А	Р	У	М	Х	Е	О	Д	И	Р	К	У	г	р
А	Т	Р	О	Ф	Р	Ь	А	Б	Р	Н	П	Д	Ь	д	е	н
Р	В	О	Л	Ь	И	С	С	А	О	О	Т	У	М	О	м	к
Н	О	Е	Н	А	Й	С	Е	Р	Й	И	Н	Б	ы	ш	ъ	я

Из оставшихся букв можно составить слово:

# **Республиканская олимпиада по химии – 2023**

**Казань, 26–27 января 2023 г.**

**8 класс**

**1 тур**

## **Задание 1.**

### **Коллекция (Всего 14 баллов)**

1. По 1 баллу за отгаданный элемент (**12 баллов**).

- 1) Вольфрам – используется в лампах накаливания в качестве нити накала за счет очень высокого диапазона рабочих температур (разогревается до 2200-2500 °C);
- 2) Тантал – выполняет роль анода в электролитических конденсаторах (танталовый конденсатор). За счет использования tantalа выгодно отличается от других видов высокой ёмкостью и меньшим весом;
- 3) Серебро – благородные металлы также содержатся в конденсаторах: серебро используется в паре с tantalом – защищает последний от окисления или коррозии;
- 4) Медь – основной материал для изготовления проволоки, проводов и силовых кабелей;
- 5) Цинк – корпус солевой батарейки, анод (чистого никеля нет в никель-металлгидридных, никель не подходит);
- 6) Углерод – графитовый стержень, катод в батарейке;
- 7) Алюминий – сосед углерода по диагонали, легко приобрести в супермаркете в виде фольги;
- 8) Кремний – основной полупроводниковый материал для изготовления диодов, ближайший аналог углерода;
- 9) Фосфор – можно достать из терок для зажигания спичек (красный фосфор основной компонент терки на боковой части спичечного коробка);
- 10) Олово – защитный слой для жести, из которой изготавливают консервные банки. После покрытия оловом подавляется коррозия металла (луженая жесть);
- 11) Литий – анод в ранних версиях литиевых аккумуляторов;
- 12) Иод – спиртовой раствор иода легко купить в аптеке.

2. **1 балл** за догадку о покупке – градусник.

Ртуть – аналог цинка (находятся в одной группе), в аптеке можно приобрести ртутный термометр (градусник).

3. **1 балл** за правильное предположение с указанием предмета быта.

Возможные варианты: *кадмий* из никель-кадмийевых аккумуляторов; *свинец* из свинцово-кислотных автомобильных аккумуляторов; благородные газы из различных ламп (*неон*, *argon*, *ксенон*); *золото* из микросхем на платах в высокотехнологичных приборах; *германий* из диодов; *серна* из садовой серы.

**Итого 14 баллов**

## **Задание 2. (14 баллов)**

**1. Рассчитаем объём и массу одного листа:**

$$V = 210 \times 297 \times 0.11 = 6861 \text{ мм}^3 = 6.86 \text{ см}^3$$

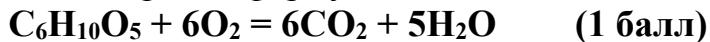
$$m = \rho \cdot V = 6.86 \times 1.36 = 9.33 \text{ г}$$

Молярная масса целлюлозы  $(C_6H_{10}O_5)_n$  составляет  $M = (12 \times 6 + 10 + 16 \times 5) \times n = 162n \text{ г/моль}$

Количество вещества одного фрагмента равно  $v = 9.33 / 162 = 0.0576 \text{ моль}$

Количество группировок  $C_6H_{10}O_5$  составляет  $N = v \times N_A = 0.0576 \times 6.022 \times 10^{23} = 3.47 \times 10^{22} \text{ (2 балла)}$

**2. Уравнение реакции сгорания формульной единицы  $C_6H_{10}O_5$ :**



Из 1 моль  $C_6H_{10}O_5$  образуется 6 моль углекислого газа и 5 моль воды. Тогда из 0.0576 моль образуется 0.3456 моль углекислого газа и 0.2880 моль воды.

Объём газа составит  $V = 0.3456 \times 22.4 = 7.74 \text{ л (1 балл)}$ , а масса воды  $m = 5.184 \text{ г}$ . Учитывая, что плотность жидкой воды равна 1 г/мл, получим, что **объём воды** равен **5.18 мл (1 балл)**.

**3. Согласно уравнению реакции**



На одну формульную единицу  $C_6H_{10}O_5$  требуется 1 моль воды. Тогда **масса воды** равна  $0.0576 \times 18 = 1.04 \text{ г (1 балл)}$

**4. Так как толщина листа пренебрежимо мала, площадь боковых граней можно исключить из расчёта. Площадь поверхности листа  $210 \times 297 \text{ мм}^2$  или  $0.0624 \text{ м}^2$ . Так как у листа две стороны, площадь необходимо удвоить. По определению, удельная площадь поверхности – отношение площади поверхности к массе. Тогда  $s = (2 \times 0.0624) / 9.33 = 0.0134 \text{ м}^2/\text{г (2 балла)}$**

**5. Исходная толщина листа - 0.11 мм. При восьмикратном сложении вдвое толщина увеличится в  $2^8$  раз и составит  $0.11 \times 2^8 = 28.2 \text{ мм или 2.82 см (1 балл)}$ .**

**6. Так как при каждой описанной процедуре толщина удваивается, зависимость толщины от числа операций будет иметь степенной вид:  $h(N) = h_0 \times 2^N$ .**

384 000 км это  $3.83 \times 10^{11} \text{ мм}$ . Толщина листа должна превысить это число, то есть:

$$\begin{aligned} 3.83 \times 10^{11} &\leq 0.11 \times 2^N \\ 2^N &\geq 3.48 \times 10^{12} \end{aligned}$$

Для оценки значения  $N$  воспользуемся приближительным равенством  $2^{10} = 1024 \approx 10^3$ . Тогда  $3.48 \times 10^{12} \approx 3.48 \times 2^{40} \approx 2^{42}$ . Искомое значение  $N$  близко к **42 (2 балла)** (точный расчёт даёт  $N = 41.66$ ).

Первое удвоение соответствует одному разрезу, второе удвоение – двум разрезам, третье – четырём и т.д. Иначе говоря, зависимость числа разрезов  $K$  от  $N$  имеет вид:

$$K(N) = 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + \dots + 2^{N-1}$$

Эта сумма равна:

$$S = \frac{2^N - 1}{2 - 1} = 2^N - 1 = 2^{42} - 1 = 4.4 \cdot 10^{12}$$

Приближённо оценить значение числа S можно с использованием уже упомянутых приближений:  $4 \cdot 10^{12}$  (2 балла).

## Итого 14 баллов

### Задание 3. (21 балл)

1. Сперва найдём количество газов при н.у. Молярный объём газа при н.у. составляет 22.4 л/моль.

Для  $V_2: n_2 = (83.1 \cdot 10^{-3}) / 22.4 = 3.71 \cdot 10^{-3}$  моль (1 балл).

Для расчёта  $n_1$  необходимо сначала вычислить молярный объём газа при температуре 400 °С. Известно, что молярный объём газа прямо пропорционален абсолютной температуре. Н.у. соответствует температура 0 °С или 273 К. Температуре 400 °С соответствует абсолютная температура 673 К.

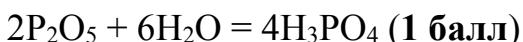
Тогда

$$\frac{V_m(673 \text{ K})}{V_m(273 \text{ K})} = \frac{V_m(673 \text{ K})}{22.4} = \frac{673}{273} = 2.465$$

и  $V_m(673 \text{ K}) = 55.2$  л/моль

$n_1 = (614.5 \cdot 10^{-3}) / 22.4 = 11.13 \cdot 10^{-3}$  моль (2 балла).

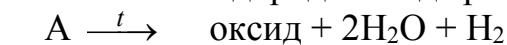
2. При разложении гидроксидов металлов в составе летучих продуктов при температуре 400 °С обязательно будет присутствовать вода  $\text{H}_2\text{O}$  (1 балл). Она и поглощается пентаоксидом фосфора с образованием фосфорной кислоты:



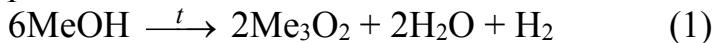
3. Поскольку масса исходного вещества в каждом случае была 1 г, сумма масс продуктов разложения тоже должна составлять 1 г.

Проведём расчёт на примере соединения А. Известно, что количество вещества смеси воды и неизвестного газа составляет  $11.13 \cdot 10^{-3}$  моль, а количество оставшегося после поглощения воды газа равно  $3.71 \cdot 10^{-3}$  моль. Тогда количество вещества воды  $n(\text{H}_2\text{O}) = 11.13 \cdot 10^{-3} - 3.71 \cdot 10^{-3} = 7.42 \cdot 10^{-3}$  моль. Масса этой воды равна  $18 \cdot 7.42 \cdot 10^{-3} = 0.1336$  г или 133.6 мг. Масса твёрдого остатка 858.9 мг. Тогда масса неизвестного газа равна  $1000 - 133.6 - 858.9 = 7.5$  мг =  $7.5 \cdot 10^{-3}$  г. Его молярная масса равна  $M = (7.5 \cdot 10^{-3}) / 3.71 \cdot 10^{-3} = 2$  г/моль, что может соответствовать только водороду (1 балл). Тогда все описанные гидроксиды разлагаются с образованием воды, водорода и твёрдого остатка – оксида металла. Выделение водорода свидетельствует о повышении степени окисления металла в ходе разложения.

Для соединения А количество выделившейся воды вдвое превышает количество водорода. Тогда реакцию разложения можно представить в виде:



В правой части 6 атомов водорода. Тогда в левой части будет 6 OH-групп в составе гидроксида металла, что может соответствовать  $6\text{MeOH}$ ,  $3\text{Me(OH)}_2$  или  $2\text{Me(OH)}_3$  (гидроксиды в более высоких степенях окисления состава  $\text{Me(OH)}_n$ , как правило, не образуются). Поскольку количество атомов кислорода в правой части также известно, можно предположить три варианта реакций:

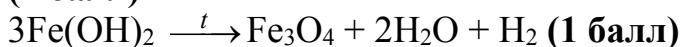


Первый вариант не имеет смысла. Второй вариант соответствует образованию смешанного оксида (оксиды состава  $\text{Me}_3\text{O}_4$  известны для железа, марганца, кобальта, свинца и некоторых других металлов), а третий – образованию диоксида.

Используя известное количество вещества водорода, массу исходного вещества и коэффициенты в уравнении реакции, можно установить молярную массу металла для случаев 2 и 3. Проверим сперва более простой вариант 3:  $n(\text{Me(OH)}_3) = 2n(\text{H}_2) = 7.42 \cdot 10^{-3}$  моль.  $M(\text{Me(OH)}_3) = 1/(7.42 \cdot 10^{-3}) = 134.8$  г/моль. Тогда  $M(\text{Me}) = 134.8 - 17 \cdot 3 = 83.8$  г/моль. Металла с такой молярной массой не существует.

Проверим случай 2.

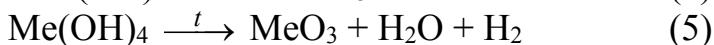
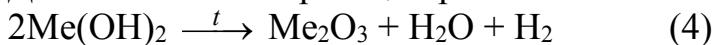
$n(\text{Me(OH)}_2) = 3n(\text{H}_2) = 11.13 \cdot 10^{-3}$  моль.  $M(\text{Me(OH)}_2) = 1/(11.13 \cdot 10^{-3}) = 89.8$  г/моль. Тогда  $M(\text{Me}) = 89.8 - 17 \cdot 2 = 55.8$  г/моль, что соответствует железу, которое действительно образует смешанный оксид  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Тогда **A – Fe(OH)<sub>2</sub> (1 балл)**



Аналогичный расчёт проведём для гидроксидов Б и В. Сперва вычислим количества вещества водорода и воды:

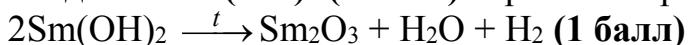
	$n(\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}) /$ моль	$n(\text{H}_2) /$ моль	$n(\text{H}_2\text{O}) /$ моль	$n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{H}_2)$
Б	$5.42 \cdot 10^{-3}$	$2.71 \cdot 10^{-3}$	$2.71 \cdot 10^{-3}$	1 : 1
В	$15.17 \cdot 10^{-3}$	$5.06 \cdot 10^{-3}$	$10.11 \cdot 10^{-3}$	2 : 1

Для Б возможные реакции разложения:

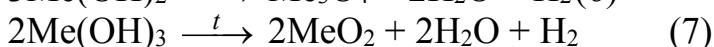


(в случае MeOH вновь получается нереалистичный вариант). Для случая 4:  $M(\text{Me}) = 150.5$  г/моль, что соответствует самарию. Для случая 5:  $M(\text{Me}) = 301.0$  г/моль, что представляет слишком большую величину.

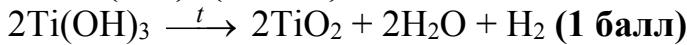
Тогда **Б – Sm(OH)<sub>2</sub> (1 балл)**. Уравнение реакции разложения:



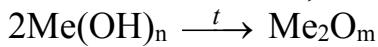
Для вещества В возможные реакции разложения:



Молярные массы Me в случаях 6 и 7 составляют 31.9 и 47.8 г/моль, соответственно. Металлу соответствует только второе число. Это титан. Тогда **B – Ti(OH)<sub>3</sub> (1 балл)**.



4. Образующийся газообразный продукт во всех случаях – вода. При нагревании в открытом тигле вещества могут реагировать с кислородом воздуха. То есть металлы в ходе разложения могут как сохранять, так и менять степень окисления, что в общем виде соответствует превращению:



(кислород воздуха и вода в схеме не указаны). Здесь n – степень окисления металла в гидроксидае, m – степень окисления металла в оксидае; m ≥ n. Равенство наблюдается при сохранении степени окисления; m > n соответствует окислению металла.

Для приведённой схемы данные массы и значения m и n должны удовлетворять равенству:

$$\frac{m(\text{гидроксида})}{2(\text{Me} + 17n)} = \frac{m(\text{оксида})}{2\text{Me} + 16m}$$

Молярная масса Me определяется перебором значений n и m с использованием полученного выше равенства. Верхнее значение n ограничим величиной 4, в значениях m дойдём до 6 (хотя, строго говоря, возможны и другие варианты). Для вещества Г равенство имеет вид:

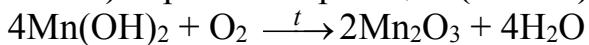
$$\frac{1.000}{2(\text{Me} + 17n)} = \frac{0.8874}{2\text{Me} + 16m}$$

Полученные решения уравнения для разных n и m занесём в таблицу:

n m	1	2	3	4	5	6
1	62.9					
2		125.9	54.8 (Mn)			
3			188.8	117.7	46.7	
4					180.7 (Ta)	109.6

(пропуски в таблице соответствуют несуществующим решениям)

Степень окисления +4 нехарактерна для тантала. Тогда **Г – Mn(OH)<sub>2</sub> (2 балла)**. Уравнение реакции (**1 балл**):



В качестве правильного варианта может быть засчитано любое из соединений.

Для вещества Д получаем следующее уравнение:

$$\frac{1.000}{2(\text{Me} + 17n)} = \frac{0.9005}{2\text{Me} + 16m}$$

И следующую таблицу:

n m	1	2	3	4	5	6
1	73.5					
2		146.9	66.5			
3			220.4	140.0 (Ce)	59.6	
4				293.8	213.4	133.0 (Cs)

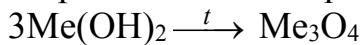
И по степеням окисления, и по молярной массе подходит только церий. **Д – Ce(OH)<sub>3</sub> (2 балла).**



Таблица для соединения Е выглядит следующим образом:

n m	1	2	3	4	5	6
1	154.1	2.0				
2		308.2	156.1	4.0		
3			462.3	310.2	158.1	6.0
4				616.4	464.3	312.2

Разумных вариантов подобным перебором найти не удаётся. На этом этапе можно вспомнить, что не все оксиды описываются общей формулой Me<sub>2</sub>O<sub>m</sub>. Исключением являются смешанные оксиды, например, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, который уже встречался выше. Проведём расчёт для реакции, протекающей по схеме:



(для гидроксидов MeOH подобное разложение нехарактерно). Тогда:

$$\frac{1.000}{3(\text{Me} + 17 \cdot 2)} = \frac{0.9474}{3\text{Me} + 16 \cdot 4}$$

Расчёт в соответствии с уравнением даёт Me = 206.8 г/моль, что соответствует свинцу. Тогда **Е – Pb(OH)<sub>2</sub> (2 балла).** Уравнение реакции:



**Итого 21 балл**

#### Задание 4. (Всего 11 баллов)

Первый пункт – **8 баллов** (по 0,5 балла за каждое верное соответствие)

1. Азид	K. N <sub>3</sub> <sup>-</sup>
2. Арсенат	A. AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
3. Гидрид	Ж. H <sup>-</sup>
4. Гидросульфит	3. HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
5. Дихромат	E. Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>
6. Метабисульфит	H. S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2-</sup>
7. Метасиликат	П. SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>

8. Нитрат	М. $\text{NO}_3^-$
9. Нитрид	И. $\text{N}^{3-}$
10. Нитрит	Л. $\text{NO}_2^-$
11. Ортосиликат	Р. $\text{SiO}_4^{4-}$
12. Персульфат	О. $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$
13. Перхлорат	Г. $\text{ClO}_4^-$
14. Тетраборат	Б. $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$
15. Хлорат	В. $\text{ClO}_3^-$
16. Цианид	Д. $\text{CN}^-$

Второй пункт – **3 балла** (по 1 баллу за каждое верное соответствие)

- а) персульфат натрия;
- б) метасиликат натрия;
- в) азид натрия.

### Итого 11 баллов

#### Задание 5. (Всего 12 баллов)

Составим таблицу для попарного смешения растворов (приливаем к раствору из столбца раствор из строки, порядок смешения может иметь значение) (**5 баллов** за алгоритм с таблицей).

	KCl	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{BaCl}_2$	$\text{MgSO}_4$	$\text{AgNO}_3$
KCl	X	—	—	—	белый осадок $\text{AgCl}$
$\text{Na}_2\text{CO}_3$		X	белый осадок $\text{BaCO}_3$	белый осадок $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	желтый, может буреть $\text{Ag}_2\text{CO}_3$
$\text{BaCl}_2$			X	белый осадок $\text{BaSO}_4$	белый осадок $\text{AgCl}$
$\text{MgSO}_4$		белый осадок $\text{MgCO}_3$		X	белый осадок $\text{Ag}_2\text{SO}_4$
$\text{AgNO}_3$					X

Проанализируем таблицу. При приливании раствора хлорида калия к другим растворам выпадает только один белый осадок. При приливании раствора карбоната натрия к другим растворам выпадает три различных осадка, один из которых желтоватый. Таким образом мы определяем три раствора: хлорид калия, нитрат серебра и карбонат натрия. При приливании растворов хлорида бария и сульфата магния к другим выпадает по два различных осадка:

отличить их можно при помощи приливания раствора нитрата серебра так как хлорид серебра осаждается в большом количестве, а сульфат серебра выпадает в малых количествах (больше растворимость согласно таблице растворимости).

Уравнения реакций (по 1 баллу за уравнение с коэффициентами, **всего 7 баллов**)

- 1)  $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$
- 2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$
- 3)  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 \uparrow$   
 $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$  (учитывается одно из двух уравнений)
- 4)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$
- 5)  $\text{BaCl}_2 + \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{MgCl}_2$
- 6)  $\text{BaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- 7)  $\text{MgSO}_4 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 \downarrow + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

**Итого 12 баллов**

**Сумма за все задачи: 72 балла**

**2 тур**

**Задание 6. (Всего 16 баллов)**

О	З	Г	О	Л	Ь	М	И	Й	Е	Н	О	Н	Ф	Р	О	Л
Т	А	Н	И	Н	И	Н	К	С	Р	О	Ф	Е	И	Й	Х	
Б	Д	Е	Л	А	Н	И	К	П	Т	Ф	О	С	Р	М	И	Р
И	Н	Е	Л	Е	О	Б	Е	Й	У	И	В	О	Б	Е	О	Д
Л	О	М	М	С	В	Р	Л	И	Л	С	Т	Н	Н	Л	Т	Ь
И	Н	К	И	Л	О	О	В	П	М	М	У	Т	А	И	Й	Л
Ц	Е	Б	Д	О	О	М	А	Л	А	Д	Т	И	Н	А	Б	А
С	Т	О	О	И	Х	И	Т	Г	Р	Э	Р	Б	Т	Т	О	К
Т	А	Р	Е	Н	Р	Н	В	А	Н	Е	Р	И	А	О	Д	О
С	Т	Е	Р	М	О	А	Р	Е	П	Ц	К	И	Л	Р	И	В
А	Ц	Л	Л	У	Р	И	Б	Т	У	Р	И	А	Д	О	Д	Ф
Н	Ь	И	Р	Ю	О	Й	С	И	Н	А	С	Р	О	Р	Е	Т
О	Т	И	Н	К	С	А	Е	Р	Р	О	Л	Г	О	Н	Л	О
Д	У	М	А	Р	У	М	Х	Е	О	Д	И	Р	К	У	Г	Р
А	Т	Р	О	Ф	Р	Ь	А	Б	Р	Н	П	Д	Ь	Д	Е	Н
Р	В	О	Л	Ь	И	С	С	А	О	О	Т	У	М	О	М	К
Н	О	Е	Н	А	Й	С	Е	Р	Й	И	Н	Б	Ы	Ш	Ь	Я

По 0,25 балла за 48 элементов, всего 12 баллов

Оставшееся слово – диспропорционирование (4 балла)

**Итого 16 баллов**

**Задание 7. (Всего 14 баллов)**

**Бесконечно длинные формулы**

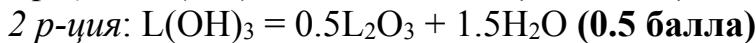
- На один атом М приходятся четыре гидроксильные группы, которые связаны с еще одним атомом М, а также есть еще две гидроксильные группы, которые связаны только с одним металлом. Суммарно на один атом приходится четыре гидроксильные группы.  $M(OH)_4$  (2 балла)

**2.** Хлорид бария является реагентом на качественное определение сульфат-анионов. После осаждения гидроксида в надосадочной жидкости должен быть сульфат натрия, который реагирует с хлоридом бария.

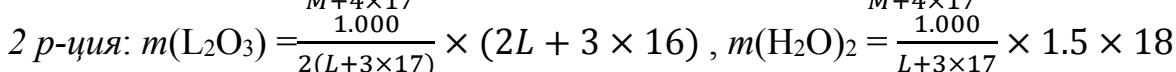
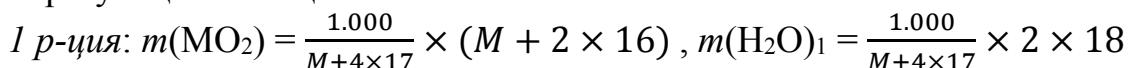


**3.** Применяя аналогичные рассуждения, что и в п.1,  $\text{A} = \text{L(OH)}_3$  (**2 балла**)

**4.** Запишем уравнения реакций (можно использовать дробные или целые коэффициенты):



Если в первой реакции твердого остатка (оксида) получается по массе больше, значит, воды (второго продукта разложения) будет меньше. Пусть  $M$  – атомная масса элемента **M**, а  $L$  – атомная масса элемента **L**. Запишем массы образующихся веществ:



Теперь составим систему. Первое уравнение отражает разницу масс твердых остатков, второе – отношение масс воды в двух реакциях:

$$\begin{cases} \frac{M+32}{M+68} - \frac{L+24}{L+51} = 0.0355 \\ \frac{27}{L+51} \div \frac{36}{M+68} = 1.114 \end{cases}$$

Решим систему из двух уравнений с двумя неизвестными. Выразим из второго уравнения  $M$ :

$M=1.485L+7.735$  и подставим в первое. Решением системы будут являться числа:  $L=26.7$  и  $M=47.4$ . Такие молярные массы соответствуют алюминию и титану. Тогда: **M = Ti (2 балла)**, **L = Al (2 балла)**.

**5. Y = Ti(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (0.5 балла), B = Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (0.5 балла)**



**6.** Осадок в воде будет образовываться из-за гидролиза одной из солей. Этот процесс характерен для титана. Таким образом, гидролизу подвергается соль **Y (1 балл)**.

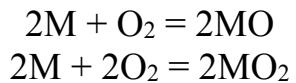


**Итого 14 баллов.**

### **Задание 8. (Всего 12 баллов)**

**O. ОО? ООО!**

1. Рассмотрим превращение **M** в **МО** и **МО<sub>2</sub>**. Пусть в реакцию вступило 100 г металла. Тогда масса получившейся смеси равна 161.5 г. Массовая доля **МО** в этой смеси равна  $1/(1 + 1.29) = 0.4367$  или 43.67 %. Тогда масса полученного **МО** равна  $161.5 \times 0.4367 = 70.5$  г, а масса полученного **МО<sub>2</sub>** – 91.0 г. Уравнения реакций сгорания:



Количество MO равно  $n(MO) = 70.5/(X + 16)$ ; количество  $MO_2$   $n(MO_2) = 91.0/(X + 32)$ .

Эти количества равны количеству вступившего в реакцию металла  $n(M) = 100/X$ .

Суммарное количество кислорода  $n(O_2) = 61.5/32 = 1.922$  моль =  $0.5n(MO) + n(MO_2)$

Записанных уравнений с избытком хватает для составления системы вида:

$$\frac{100}{X} = \frac{70.5}{X+16} + \frac{91.0}{X+32}$$

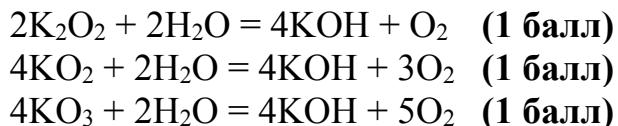
$$1.922 = 0.5 \times \frac{70.5}{X+16} + \frac{91.0}{X+32}$$

Решением которой будет  $X = 39$ , что соответствует **калию (металл – 1 балл, расчёт – 3 балла)**.

Тогда неизвестные вещества – «**KO**», **KO<sub>2</sub>** и **KO<sub>3</sub>**.

2. Калий – одновалентный элемент, что роднит его с водородом. Для водорода также известно соединение с простейшей формулой HO – пероксид водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Кажущаяся степень окисления +2 у элемента объясняется тем, что кислород в пероксиде водорода проявляет не совсем типичную степень окисления -1, образуя пероксидный мостик: H-O-O-H. В пероксиде калия содержится подобный **ион со связью кислород-кислород  $\cdot O-O^-$** , или **O<sub>2</sub><sup>2-</sup>** (указание на пероксид-ион – 2 балла). Истинная формула вещества – **K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** (1 балл). Это пероксид калия. KO<sub>2</sub> и KO<sub>3</sub> – надпероксид и озонид, соответственно, - имеют анионы более сложного строения.

3. Пероксиды, надпероксиды и озониды – термически нестабильные соединения, разрушающиеся горячей водой с образованием щёлочи и выделением кислорода:



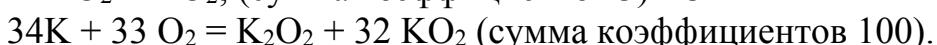
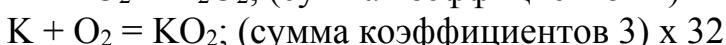
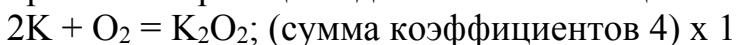
**X – O<sub>2</sub> (1 балл), Y – KOH (1 балл)**

**Итого 12 баллов**

**Задание 9. (Всего 14 баллов)**

а) Например, **GaP, CrO<sub>3</sub>, SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, BCl<sub>2</sub>F, MgSiO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, KHSO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>, Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>**. По 2 балла за каждое вещество, всего 10 баллов.

б) Такие примеры можно построить из двух возможных направлений протекания реакций одних и тех же веществ:



Либо взять реакцию сгорания большой органической молекулы, например:  
 $C_{29}H_{58}O_5 + 41 O_2 = 29 CO_2 + 29 H_2O$ .

**4 балла за верный пример.**

**Итого 14 баллов**

**Сумма за все задачи: 56 баллов**