



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Драчева Наталья Станиславовна**

Технический балл: **92**

Дата: **12 мая 2020 года**

## Олимпиада «Ломоносов»

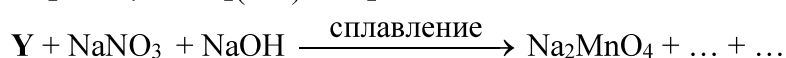
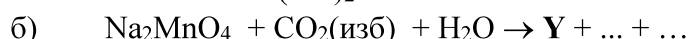
### 10 класс

1. Бинарное вещество имеет ионное строение. Общее число электронов во всех положительных ионах в 4 раза меньше общего числа электронов во всех отрицательных ионах. Предложите возможную формулу вещества и докажите, что она соответствует условию. Напишите электронную конфигурацию отрицательного иона в основном состоянии и положительного иона в первом возбужденном состоянии. **(8 баллов)**

2. Навеску кристаллогидрата гидрофосфата натрия массой 10.00 г выдержали в течение длительного времени при 300 °С. Масса полученного твердого вещества составила 7.47 г. Определите формулы исходного и конечного веществ. Ответ подтвердите расчетом.

**(8 баллов)**

3. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам превращений:



Определите неизвестные вещества.

**(8 баллов)**

4. Аммиак объемом 200 литров (н.у.) растворили в одном литре воды. Полученный раствор охладили до –60 °С, в результате чего из раствора выпал осадок – чистый лед. Рассчитайте массовую долю аммиака в исходном растворе и найдите массу выпавшего осадка, если известно, что массовая доля аммиака в насыщенном при –60 °С водном растворе равна 27%.

**(10 баллов)**

5. Навеску металла массой 8.96 г полностью растворили в 200 г 35%-ной азотной кислоты, при этом выделилось 5.376 л (н. у.) смеси двух газов, по плотности равной фтору. Найдите состав смеси (в об.%). Определите металл и напишите суммарное уравнение его растворения в этих условиях. Рассчитайте массовую долю нитрата металла в полученном растворе.

**(14 баллов)**

6. Теплоты сгорания аммиака и газообразного гидразина ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) равны 317 и 534 кДж/моль соответственно. В обоих случаях продукты сгорания – азот и пары воды. Определите энергию связи N–N в гидразине, если энергия связи  $\text{N}\equiv\text{N}$  составляет 945 кДж/моль. Примите, что энергия связи N–H одинакова в аммиаке и гидразине.

**(16 баллов)**

7. При нагревании происходит взаимодействие 17.7 г смеси изомерных органических веществ **A** и **B**, относящихся к одному классу соединений и не содержащих кратных связей углерод–углерод, со 100 мл 15%-ного водного раствора гидроксида калия (плотность 1.12 г/мл). Образуется смесь, состоящая из соли **C** и двух соединений **D** и **E**, являющихся ближайшими гомологами, которые образуются в мольном соотношении 1 : 2. Определите строение соединений **A** – **E**, приведите уравнения реакций.

**(16 баллов)**

8. Шпиль Главного здания МГУ имеет красивую желто-золотистую окраску, однако в нем нет ни грамма золота. Покрытие шпиля состоит из широко распространенного хрупкого, прозрачного, бесцветного материала **X**, в который для придания окраски добавлены оксиды **Y** и **Z**. В обоих оксидах элементы четырехвалентны. В оксиде **Y** масса элемента в 4.375 раза больше массы кислорода. Оксид **Z** получают из хлорида металла двумя способами: гидролизом с парами воды и прокаливанием в атмосфере кислорода. В первой реакции степени окисления элементов не изменяются, вторая является реакцией замещения. Для получения 100 г **Z** требуется минимально 237.5 г хлорида.

Назовите вещество **X** и перечислите 4 основных элемента, которые входят в его состав. Определите формулы веществ **Y** и **Z** (подтвердите расчетом). Напишите уравнения реакций получения **Z**.

**(20 баллов)**

Наталья Станиславовна Драчева

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

**Задача: 1**

Ответ: -

Балл: 0

**Задача: 2**

Ответ: -

Балл: 8

**Задача: 3**

Ответ: -

Балл: 8

**Задача: 4**

Ответ: -

Балл: 10

**Задача: 5**

Ответ: -

Балл: 14

**Задача: 6**

Ответ: -

Балл: 16

**Задача: 7**

Ответ: -

Балл: 16

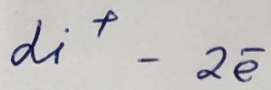
**Задача: 8**

Ответ: -

Балл: 20

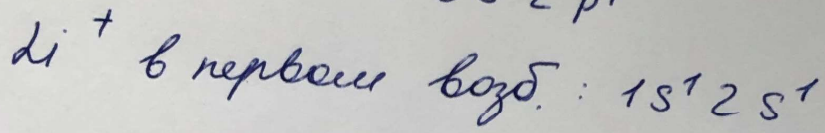
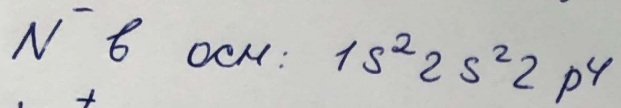
N1

Теоретически возможно LiN

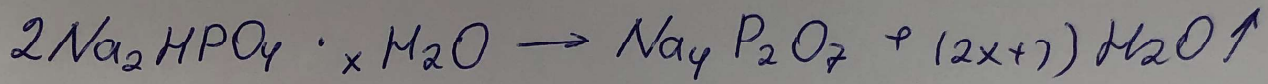


$$\frac{8}{2} = 4$$

Если такое вещество есть, то оно ионное, т.к. состоит из элементов, которые сильно различаются по электроотрицательности



N2



$$\frac{7,47}{10} = \frac{M(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)}{2M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = \frac{266}{284+36x} \quad (\text{по правилу пропорции})$$

$$2121,48 + 268,12x = 2660$$

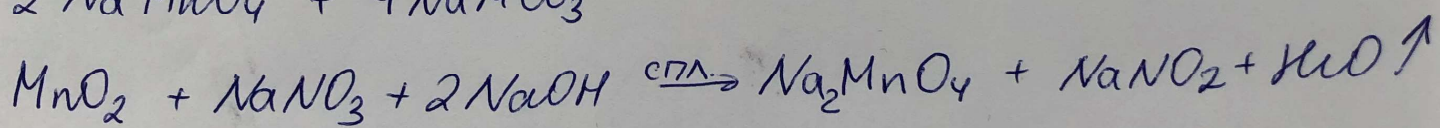
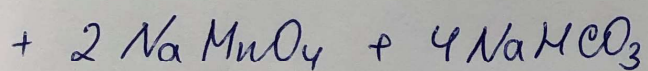
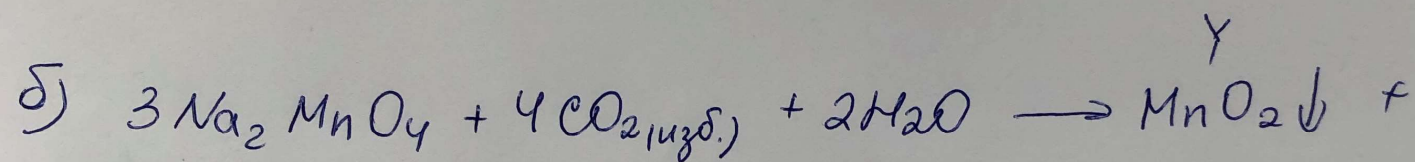
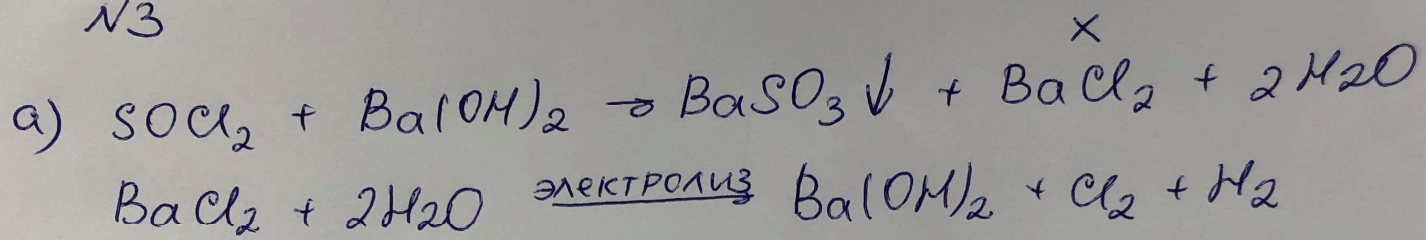
$$268,12x = 538,52$$

$$x = 2$$

Известно, что при нагревании испаряется вода и гидросоли превращаются в пиррофосфаты

Ответ:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - исходное  
 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  - продукт.

N3



N4

$$200 \text{ л } \text{NH}_3 \longleftrightarrow \frac{200}{22,4} = 8,93 \text{ моль } \text{NH}_3 \longleftrightarrow 8,93 \cdot 17 = 151,82 \text{ г } \text{NH}_3$$

$$1 \text{ л } \text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow 1000 \text{ г } \text{H}_2\text{O} \quad w(\text{NH}_3)_{\text{исход.}} = \frac{151,8}{1000 + 151,8} = 13,18\%$$

Пусть  $m(\text{осадок}) = x$

Имеем после выпадения  $1000 - x$  г  $\text{H}_2\text{O}$  и  $151,82$  г  $\text{NH}_3$   
 $m(\text{р.р.}) = 1151,8 - x$  г

$$\text{По условию задачи } 0,27 = \frac{151,8}{1151,8 - x} \Leftrightarrow 310,986 - 0,27x = 151,8 \Leftrightarrow 0,27x = 159,186 \Leftrightarrow x = 589,58 \text{ г}$$

Ответ:  $w(\text{NH}_3)_{\text{исх.}} = 13,18\%$

$m(\text{осадок}) = 589,58 \text{ г}$ ; при выпадении осадка образуется насыщенным раствор.

N5

$$m(\text{HNO}_3) = 200 \cdot 0,35 = 70 \text{ г}$$

$$V(\text{газов}) = \frac{5,376}{22,4} = 0,24 \text{ моль}$$

исск  $\bar{g} = \bar{g}(\text{F}_2)$ , мо  $M = M(\text{F}_2)$ , т.е. 38 г/моль

могут выделяться  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , мо  
 $\frac{28}{28}$     $\frac{44}{44}$     $\frac{30}{30}$     $\frac{46}{46}$

исходя из  $M$  и концентрации  $\text{HNO}_3$ , это скорее всего  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$ , считаем их  $\varphi$ :  $38 = 46x + 30(1-x) =$

$$= 46x + 30 - 30x \quad 8 = 16x; \quad x = 0,5 \quad \varphi(\text{NO}_2)$$

$$\varphi(\text{NO}) = 0,5$$

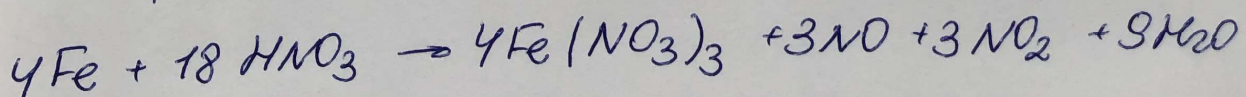
$$V(\text{NO}_2) = 0,5 \cdot 0,24 = 0,12 \text{ моль}$$

$$V(\text{NO}) = 0,5 \cdot 0,24 = 0,12 \text{ моль}$$

$V(\bar{e}) = 0,12 + 0,12 \cdot 3 = 0,48 \text{ моль}$ ; столько же ее отдаст металл

$$\bar{Ar}(M) = \frac{8,76}{0,48} \cdot n, \text{ где } n - \text{вал-ть металла}$$

$\bar{Ar}$	$n$	
18,67	1	X
37,34	2	X
56	3	Fe



$$m(\text{p.p.}) = 8,96 + 200 - 0,12 \cdot 46 - 0,12 \cdot 30 = 199,84$$

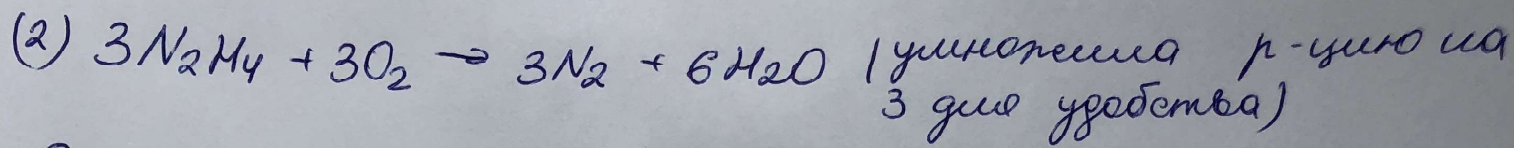
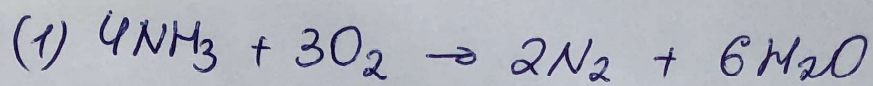
$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{8,96}{56} \cdot (156 + 62 \cdot 3) = 38,72 \text{ г}$$

$$W(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72}{199,84} = 19,376\%$$

Ответ: 19,376%



N6



$$Q = \sum E_{\text{св. (обр.)}} - \sum E_{\text{св. (разр.)}}$$

$$(1) 317 \cdot 4 = 12 E(\text{H-O}) + 2 \cdot 745 \overset{E(\text{N} \equiv \text{N})}{- 3 E(\text{O}=\text{O})} - 12 E(\text{N-N})$$

$$(2) 534 \cdot 3 = 12 E(\text{H-O}) + 3 \cdot 845 \overset{E(\text{N} \equiv \text{N})}{- 3 E(\text{O}=\text{O})} - 12 E(\text{N-N}) - 3 E(\text{N-N})$$

вычитаем (2) из (1)

$$-334 = -845 + 3E(\text{N-N})$$

$$3E(\text{N-N}) = 611 \text{ кДж/моль}$$

$$E(\text{N-N}) = 203,67 \text{ кДж/моль}$$

Ответ:  $E(\text{N-N}) = 203,67 \text{ кДж/моль}$

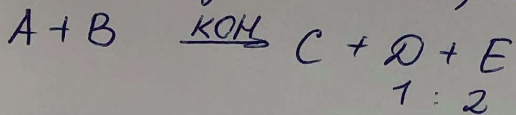
N7.

$$m(\text{KOH}) = 100 \cdot 1,12 \cdot 0,15 = 16,82$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{16,8}{39+17} = 0,3 \text{ моль}$$

соль - соль карбоновой n-ти

D и E - один класс, гомологи



Предположим, что A и B - сложн. эфиры или карбоновые n-ти, тогда D и E - спирты

На одну  $\text{C}(=\text{O})-\text{R}$  приходится 1 моль KOH, значит

$$M(A) = M(B) = \frac{17,7}{0,3} \cdot x$$

где x кол-во сложноэфирных либо карбоновых групп в A и B

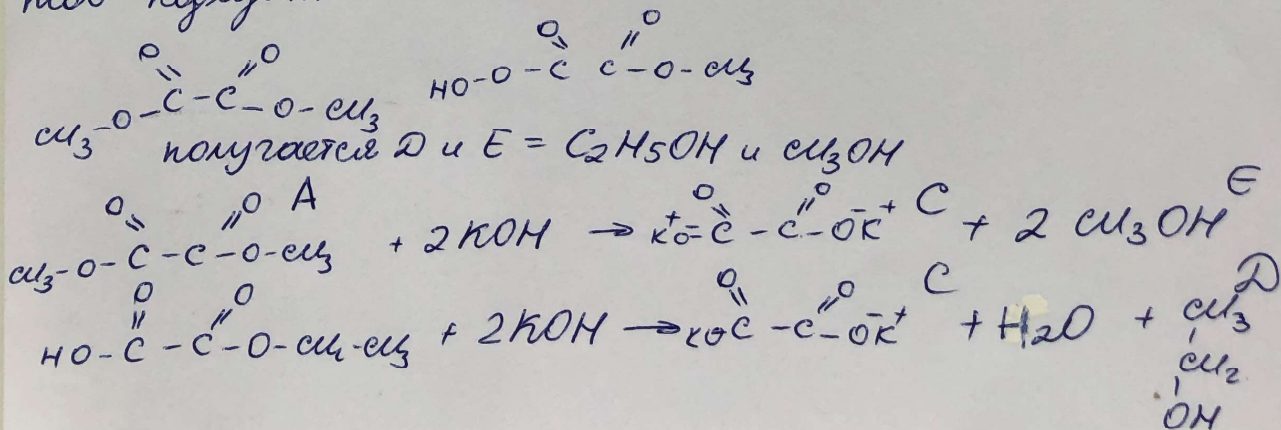
Проверяем  $x=1$   $59 = 14n + 32$   $27 = 14n$   
плохо  $n = 1,93$

M	x	
59	1	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$
118	2	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_4$
177	3	$\text{C}_n\text{H}_{2n-4}\text{O}_6$
	4	

$x=2$   $118 = 14n + 62$   $56 = 14n$   
 $n=4$

подойшло,  
берем его

$A=B=\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$  и знаем что в них по две карбоксильные либо сложноэфирные группы. Из всех возможных вариантов подходит:



N8

Легко найти Y:

$$w(O) = x$$

$$w(O) = 1 - x$$

$$\frac{1-x}{x} = 4,375$$

$$4,375x = 1 - x$$

$$x = 0,186$$

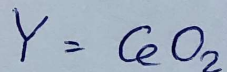
$$w(O) = 0,186 = \frac{32}{Ar(O) + 32}$$

м.к.  $^{+4}O_2$

$$0,186 Ar + 5,952 = 32$$

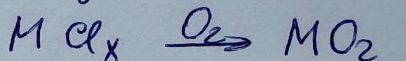
$$0,186 Ar = 26,048$$

$$Ar = 140,04 = Ce$$



$$\frac{237,5}{100} = \frac{M + 35,5x}{M + 32}$$

Углем 2:



$$237,5 z \quad 100 z$$

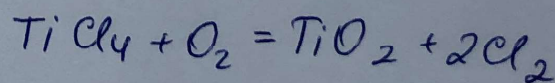
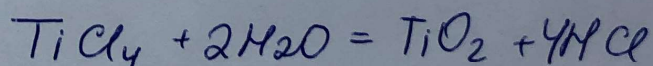
$$237,5 M + 7600 = 100 M + 3550 x$$

$$137,5 M = 3550 x - 7600$$

$$M = 25,82x - 55,27$$

M	X
x	1
x	2
x	3
48	4

TiCl<sub>4</sub>, TiO<sub>2</sub>



$$z = TiO_2$$

x = стекло

4 основные элемента: Na, Ca, Si, O