



## Профиль олимпиады: химия

Класс участия: 10, 11

Вариант задания: 1

**Задача 1 (5 баллов).** Однажды на складе были испорчены алюминиевые изделия из-за того, что проводилась побелка потолка гашеной известью, а детали не были защищены от попадания брызг. Объясните порчу изделий с химической точки зрения. Приведите уравнение реакции. Назовите основной продукт реакции. К какому классу веществ он относится?

### Решение

Произошло взаимодействие алюминия с гашеной известью. Возможно написание следующих реакций:



или



Основной продукт реакции – тетрагидроксоалюминат кальция или гексагидроксоалюминат кальция – комплексная соль.

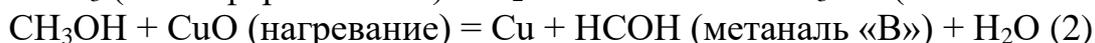
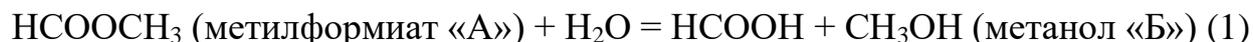
### Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 1		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия алюминия с гашеной известью.	3
2.	Приведено название основного продукта реакции.	1
3.	Указано, к какому классу веществ относится продукт реакции.	1
Итого		5



**Задача 2 (5 баллов).** Вещество «А» представляет собой легкокипящую жидкость с приятным запахом и способно подвергаться гидролизу с образованием двух соединений с одинаковым числом атомов углерода. Одно из образующихся соединений – «Б» может быть окислено оксидом меди (II) в вещество «В», которое используется для сохранения биологических препаратов. Определите вещества «А», «Б», «В», дайте им названия. Напишите уравнения описанных реакций.

**Решение**



Водный раствор метаналья с массовой долей 40%, называемый формалином, используется для сохранения биологических препаратов.

**Критерии оценивания**

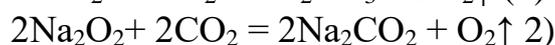
Критерии оценивания задания 2		
Элемент решения		Баллы
1.	Определена формула вещества «А», приведено его название.	1
2.	Записано уравнение реакции гидролиза вещества «А» с образованием вещества «Б» (1), приведено его название.	2
3.	Записано уравнение реакции окисления вещества «Б» в вещество «В» (2), приведено его название.	2
Итого		5



**Задача 3 (8 баллов).** Для регенерации воздуха в изолированных помещениях, в частности, на подводных лодках, используют реакции получения кислорода за счет взаимодействия надпероксида калия или пероксида натрия с углекислым газом, образующимся при дыхании. Напишите уравнения указанных реакций. Вычислите, какой объем кислорода (в л) можно получить из пероксида натрия массой 1 кг.

**Решение**

Уравнения реакций:



$M(\text{Na}_2\text{O}_2) = 78$  г/моль. Количество вещества  $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 1000/78 = 12,82$  моль; по уравнению реакции (2) количество вещества  $n(\text{O}_2) = 6,41$  моль. Объем кислорода  $V(\text{O}_2) = 6,41 \cdot 22,4 = 143,584$  или 143,6 л. (Если брать  $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 12,8$  моль, то  $V(\text{O}_2) = 6,4 \cdot 22,4 = 143,36$  л или 143,4 л или примерно 143 л).

**Критерии оценивания**

Критерии оценивания задания 3

Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия надпероксида калия с углекислым газом (1).	2
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия пероксида натрия с углекислым газом (2).	2
3.	Рассчитано количество вещества пероксида натрия, вступившего в реакцию с углекислым газом.	2
4.	Рассчитано количество вещества кислорода, выделившегося в результате реакции.	1
5.	Вычислен объем кислорода, полученного из 1 кг пероксида натрия.	1
Итого		8



**Задача 4 (12 баллов).** При нитровании бензола объемом 26,6 мл получена смесь нитробензола и динитробензола общей массой 39,6 г. Бензол прореагировал полностью. Определите молярную долю нитробензола (в %) в полученной смеси. Плотность бензола – 0,879 г/мл.

### **Решение**

Уравнения реакций:



Пусть в реакцию (1) вступило  $x$  моль бензола, а в реакцию (2) –  $y$  моль бензола. Тогда в результате реакций образовалось  $x$  моль нитробензола и  $y$  моль динитробензола.

Масса бензола равна  $26,6 \cdot 0,879 = 23,3814$  г.  $M(\text{C}_6\text{H}_6) = 78$  г/моль.  
Количество вещества  $\text{C}_6\text{H}_6$  равно  $23,3814 : 78 = 0,29976 \approx 0,3$  моль.

$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 123$  г/моль;  $M(\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2) = 168$  г/моль.

Составляем систему уравнений:

$$x + y = 0,3$$

$$123x + 168y = 39,6$$

Откуда  $x = 0,24$  моль,  $y = 0,06$  моль. Молярная доля нитробензола равна  $0,24 : 0,3 = 0,8$  или 80 %.

### **Критерии оценивания**

Критерии оценивания задания 4		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции нитрования бензола с образованием нитробензола (1).	2
2.	Записано уравнение реакции нитрования бензола с образованием динитробензола (2).	2
3.	Рассчитана масса бензола и количество вещества бензола.	2
4.	Рассчитаны молярные массы нитробензола и динитробензола.	1
5.	Составлена система уравнений с двумя неизвестными.	2
6.	Рассчитаны количества веществ нитробензола и динитробензола и определена молярная доля нитробензола в полученной смеси.	3
Итого		12



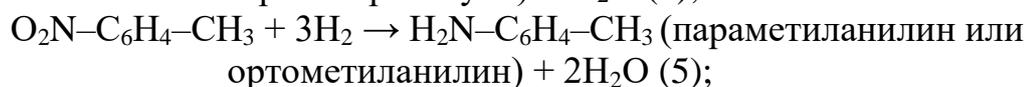
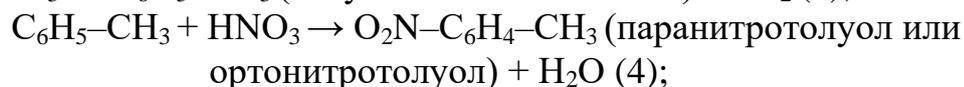
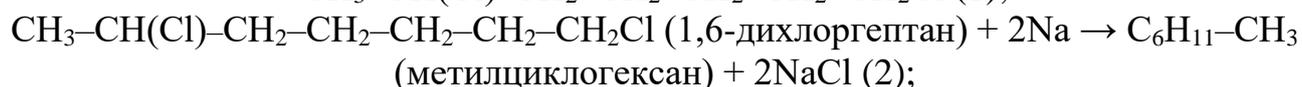
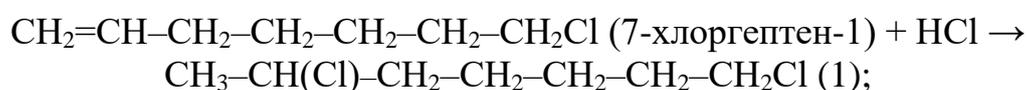
**Задача 5 (20 баллов).** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме превращений:



При написании уравнений используйте структурные формулы органических веществ. Назовите участвующие в реакциях органические вещества.

### **Решение**

Уравнения реакций:



### **Критерии оценивания**

Критерии оценивания задания 5		
Элемент решения		Баллы
1.	Записаны уравнения реакций (по 1 баллу за каждую реакцию).	6
2.	Указаны названия участвующих в реакциях веществ (по 2 балла за каждое вещество).	14
Итого		20



**Задача 6 (20 баллов).** Как известно, целлюлоза является природным сырьем для изготовления бездымного пороха, который получают при взаимодействии целлюлозы с азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты. Бездымный порох представляет собой сложный эфир – высоко замещенный нитрат целлюлозы, разлагающийся мгновенно при детонации по уравнению Сарро и Виелля:



Температура при этом повышается до 250 °С. Рассчитайте величину давления, возникающего внутри патрона объемом 3 см<sup>3</sup>, полностью заполненного порохом плотностью 1,5 г/см<sup>3</sup> в момент его детонации при выстреле.

### **Решение**

Молярная масса бездымного пороха равна  $x(12 \cdot 24 + 1 \cdot 29 + 14 \cdot 11 + 16 \cdot 42) = x(288 + 29 + 154 + 672) = 1143x$ . Масса пороха в патроне  $3 \cdot 1,5 = 4,5$  г, количество вещества пороха равно  $4,5/1143x$ . В соответствии с уравнением разложения пороха суммарное количество вещества образующихся газов ( $n$ ) равно:  $(12 + 12 + 8,5 + 5,5 + 6)x \cdot (4,5/1143x) = (44 \cdot 4,5/1143) = 22/127 \approx 0,1732$  моль.

Давление рассчитываем по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$PV = nRT$$

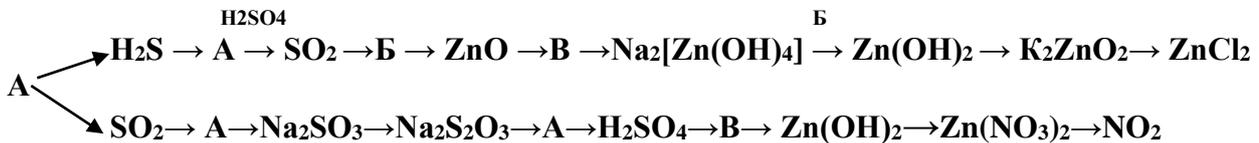
$$P = nRT/V = 0,1732 \cdot 8,314 \cdot (250 + 273)/3 \cdot 10^{-6} = 251,04 \cdot 10^6 \text{ Па или } \approx 251 \cdot 10^3 \text{ кПа.}$$

### **Критерии оценивания**

Критерии оценивания задания 6		
Элемент решения		Баллы
1.	Рассчитана молярная масса пороха.	3
2.	Рассчитана масса пороха в патроне.	1
3.	Выражено количество вещества пороха в патроне.	4
4.	Рассчитано суммарное количество вещества газов, образующихся при разложении пороха.	6
5.	С использованием уравнения Менделеева-Клапейрона рассчитано давление, возникающее внутри патрона в момент выстрела.	6
Итого		20



**Задача 7 (30 баллов).** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



### Решение

Уравнения реакций:

- 1)  $\text{S}(\text{A}) + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{S}$
- 2)  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_{2(\text{недостаток})} = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{SO}_2 + \text{C} = \text{S} + \text{CO}_2(\text{B})$
- 5)  $\text{CO}_2 + 2\text{Zn} = 2\text{ZnO} + \text{C}$
- 6)  $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4(\text{B}) + \text{H}_2\text{O}$
- 7)  $\text{ZnSO}_4 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 8)  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 = \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{NaHCO}_3$
- 9)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{KOH}(\text{ТВ}) = \text{K}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 10)  $\text{K}_2\text{ZnO}_2 + 4\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 11)  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$
- 12)  $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S}(\text{A}) + 2\text{H}_2\text{O}$
- 13)  $3\text{S} + 6\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{Na}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 14)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- 15)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S}\downarrow(\text{A}) + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 16)  $\text{S} + 6\text{HNO}_{3(\text{конц})} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 17)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{ZnSO}_4(\text{B}) + 2\text{H}_2\text{O}$
- 18)  $\text{ZnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 19)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 20)  $2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{ZnO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$



## Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 7		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции 1.	1
2.	Записано уравнение реакции 2.	2
3.	Записано уравнение реакции 3.	1
4.	Записано уравнение реакции 4.	2
5.	Записано уравнение реакции 5.	2
6.	Записано уравнение реакции 6.	1
7.	Записано уравнение реакции 7.	2
8.	Записано уравнение реакции 8.	2
9.	Записано уравнение реакции 9.	1
10.	Записано уравнение реакции 10.	2
11.	Записано уравнение реакции 11.	1
12.	Записано уравнение реакции 12.	2
13.	Записано уравнение реакции 13.	2
14.	Записано уравнение реакции 14.	1
15.	Записано уравнение реакции 15.	2
16.	Записано уравнение реакции 16.	2
17.	Записано уравнение реакции 17.	1
18.	Записано уравнение реакции 18.	1
19.	Записано уравнение реакции 19.	1
20.	Записано уравнение реакции 20.	1
Итого		30