



Межрегиональная олимпиада школьников  
"Будущие исследователи – будущее науки"  
Химия, финал 2012/2013

11 класс

Задача 11-1.

*«Собираясь пить чай, клади в него щепотку ....  
От ... быстрее усваивается пища, исчезнут болезни желудка.»  
Из бурятской народной медицины*

Соединение **A**, о котором упоминается в бурятской народной медицине, встречается в природе, находит применение в пищевой промышленности, содержится в плазме крови и тканевых жидкостях, без него невозможно жить, но доза в 100 раз превышающая суточную норму потребления, является смертельной. Его растворы широко используются в медицинской практике (обладают противоотечным действием), как консервант.

Немецкий аптекарь середины XVII века Иоганн Глаубер получил нагреванием **A** с серной кислотой соединение **B** (реакция 1), которое до сих пор называют его именем.

В промышленности электролизом водного раствора **A** получают газообразные вещества **B** и **Г**, а также соединение **Д** (реакция 2). Если между анодом и катодом нет диафрагмы, то в результате взаимодействия **Г** и **Д** образуется соединение **Е** (реакция 3). Электролизом горячего раствора **A** (реакция 4) получают легкорастворимое в воде соединение **Ж**, которое является средством для уничтожения сорняков, а также находит применение в пиротехнике.

Обработкой насыщенного раствора **A** газообразными веществами **З** и **И** в промышленности получают (реакция 5) соединение **К**, которое используют как лекарственное средство, при выпечке хлеба, производстве минеральных вод и др. Соединение **К** может быть получено взаимодействием **Д** и **И** (реакция 6).

**Укажите формулы и дайте химические названия** соединениям **A, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К**.

**Напишите уравнения** реакций 1-6

**Рассчитайте массу** вещества **A**, которая вводится в организм человека при вливании 353 г его 0.89% «физиологического» раствора.

**Что происходит** с температурой замерзания воды, если в ней растворить соединение **A**?

**Ответ:**

**A** – NaCl – хлорид натрия

**Б** – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – сульфат натрия

**В** – H<sub>2</sub> – водород

**Г** – Cl<sub>2</sub> – хлор

**Д** – NaOH – гидроксид натрия

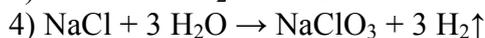
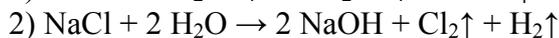
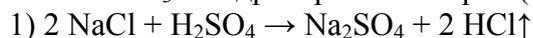
**Е** – NaClO – гипохлорит натрия

**Ж** - NaClO<sub>3</sub> - хлорат натрия

**З** - NH<sub>3</sub> - аммиак

**И** –CO<sub>2</sub> –диоксид углерода

**К** - NaHCO<sub>3</sub> – гидрокарбонат натрия (пищевая сода)



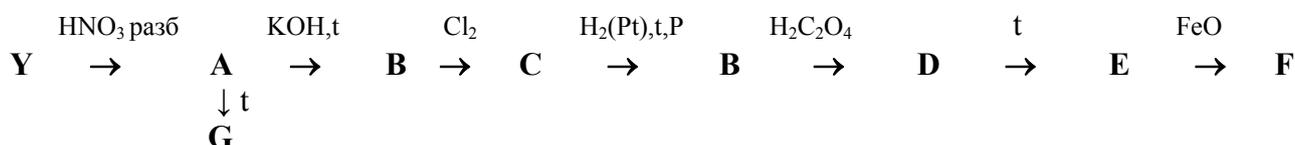
$$m = 353 \cdot 0.0089 = 3.14 \text{ г}$$

Температура замерзания воды, если в ней растворить соединение **A**, понизится (будет ниже  $0^\circ\text{C}$ )

### Задача 11-2.

Расшифруйте схему превращений, если известно, что **Y** – металл, который занимает 23-е место по распространенности. Для живых организмов этот металл – жизненно важный элемент и входит в число пяти важнейших микроэлементов. Его используют для поверхностной защиты металлов (в первую очередь железа), а его соединения – пигменты минеральных красок, составные части люминофоров и полупроводниковых материалов. Металл широко используется как компонент различных сплавов, например латуни.

Вещество **A** используется в качестве удобрений, **B** – газ с резким запахом, **E** – газообразное вещество, более легкое, чем воздух.



**Определите металл Y, расшифруйте соединения некоторого химического элемента A, B, C, D, G и соединения другого элемента E, F.**

**Напишите уравнения реакций, представленных на схеме.**

### **Ответ.**

**Y** = Zn (цинк)

**A** –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (нитрат аммония)

**B** –  $\text{NH}_3$  (аммиак)

**C** –  $\text{NCl}_3$  (хлорид азота)

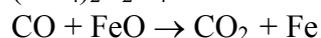
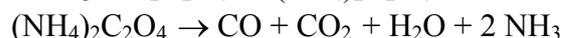
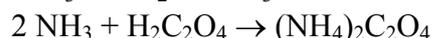
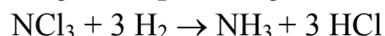
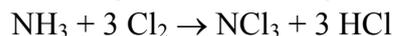
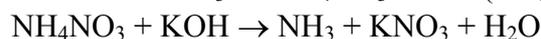
**D** –  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  (оксалат аммония)

**E** – CO (монооксид углерода)

**F** –  $\text{CO}_2$  (диоксид углерода)

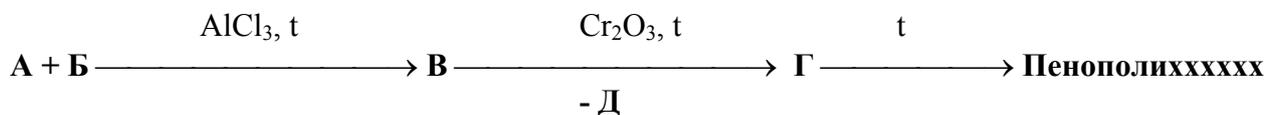
**G** =  $\text{N}_2\text{O}$  (оксид азота I)

Уравнения реакций:



### Задача 11-3.

Пенопласты обладают прекрасными теплоизоляционными свойствами и повсеместно применяется в строительстве. Панель из пенополихххххххх, характерного представителя пенопластов, толщиной 10 см по теплозащите эквивалентна 40 см кирпичной кладки. Пенополихххххххх получают в промышленности трехстадийным методом в соответствии со схемой:



Жидкое вещество **А** можно в одну стадию получить тримеризацией ацетилена, а затем прохлорировать газообразным хлором в присутствии катализатора  $\text{AlCl}_3$ . Газообразное вещество **Б** можно в одну стадию получить из ацетилена, а затем прохлорировать хлорной водой в обычных условиях. Жидкое вещество **В** хлорируется газообразным хлором при облучении УФ светом. Жидкое вещество **Г** хлорируется при н.у. раствором хлора в хлороформе ( $\text{CHCl}_3$ ). Один моль продукта **Г** весит на треть тяжелее моля вещества **А**. Вещество **Д** хлорируется газообразным хлором при облучении УФ светом.

**Составьте уравнения всех реакций и назовите продукты.**

#### Ответ.

А — бензол

Б — этилен

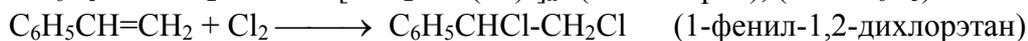
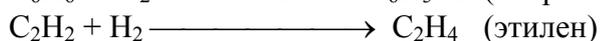
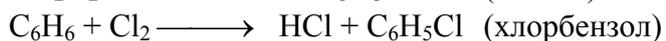
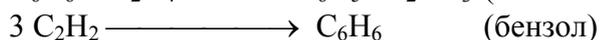
В — этилбензол

Г — стирол

Д — водород

пенополихххххххх — пенополистирол

Уравнения реакций:

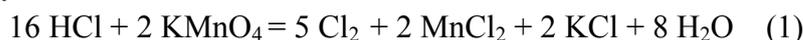


### Задача 11-4.

Для синтеза хлорбензола бензол объемом 80 мл (плотностью 0,8775 г/см<sup>3</sup>) в присутствии железных опилок массой 2,8 г обработали хлором, полученным при взаимодействии концентрированной соляной кислоты с перманганатом калия массой 88,5 г. По окончании процесса хлорирования бензола смесь охладили до 25<sup>0</sup> С, и газообразные вещества полностью поглотили водой.

**Рассчитайте** объем раствора гидроксида калия концентрацией 0,5 моль/л, который потребуется для нейтрализации полученного водного раствора.

**Ответ.**



Продукты после реакций (1), (2), (3)

$$n(\text{KMnO}_4) = 88,5 / 158 = 0,56 \text{ моль}$$

$$M(\text{KMnO}_4) = 158 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 5/2 n(\text{KMnO}_4) = 1,4 \text{ моль (по уравнению 1)}$$

$$n(\text{Fe}) = 2,8 / 56 = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 3/2 n(\text{Fe}) = 0,075 \text{ моль (по уравнению 2)}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 80 \cdot 0,8775 = 70,2 \text{ г}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = 70,2 / 78 = 0,9 \text{ моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_6) = 78 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,9 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,9 \text{ моль ( по уравнению 3)}$$

По окончании реакций в газовой фазе осталось:

$$n(\text{Cl}_2)_{\text{ост.}} = 1,4 - 0,9 - 0,075 = 0,425 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 0,9 \text{ моль}$$

Взаимодействие газов с водным раствором щелочи



Определение объема раствора гидроксида калия:

$$n(\text{KOH})_{(4)} = 2 n(\text{Cl}_2)_{\text{ост.}} = 2 \cdot 0,425 = 0,85 \text{ моль ( по уравнению 4)}$$

$$n(\text{KOH})_{(5)} = n(\text{HCl}) = 0,9 \text{ моль ( по уравнению 5)}$$

$$n(\text{KOH}) = 0,85 + 0,9 = 1,75 \text{ моль}$$

$$V(\text{KOH}) = n / C_M = 1,75 / 0,5 = 3,5 \text{ л}$$

$$\text{Ответ: } V(\text{KOH}) = 3,5 \text{ л}$$

### Задача 11-5.

Биологи XX века сделали открытие, что этилен является фитогормоном. Он продуцируется растениями и отвечает за прекращение роста, увядание растения, опадение листьев, созревание плодов. Это принесло немалую прибыль поставщикам многих скоропортящихся фруктов, овощей, ягод. Теперь можно долго и далеко транспортировать твердые незрелые плоды, а на месте в этиленсодержащей атмосфере быстро довести их до товарного внешнего вида. Использование горючего этилена опасно, поэтому часто вместо него применяют давно известный в сельском хозяйстве малоядовитый фосфорорганический пестицид этефон, т.е. 2-хлорэтилфосфоновую кислоту  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$ . Водным раствором этого кристаллического вещества опрыскивают растения в теплице и плотно закрывают ее. В течение 2 недель медленно протекающий гидролиз этефона влагой воздуха выделяет в атмосферу целевой фитогормон этилен и обеспечивает дружное созревание всех плодов и готовность к продаже.

1. **Составьте уравнение** реакции гидролиза этефона, учитывая, что выделяется этилен и еще два продукта с массовой долей водорода 2.74% и 3.06%.

2. **Почему** гидролиз этефона в водном растворе при обычных условиях протекает необратимо?

3. **Обоснуйте**, как можно путем изменения давления, температуры сделать процесс обратимым?

4. **Объясните** причину резкого влияния pH раствора этефона на срок его хранения.

5. **Вычислите** массу 50% раствора этефона, требуемого для создания рабочей концентрации этилена 0.001% по объему в теплице помидоров размером 5x30x3 метра при температуре 20 °C и давлении 1 атм.

6. **Опасен** ли этот воздух для людей, если ПДК этилена 3 мг/м<sup>3</sup>?

### **Ответ:**

1. Продукты гидролиза этефона - HCl и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>



2. Гидролиз протекает необратимо, так как этилен мало растворим в воде и улетает из раствора. Хлороводород (HCl) в воде прекрасно растворяется.

3. Понижением температуры и повышением давления можно значительно увеличить растворимость этилена в воде и достичь обратимости реакции.

4. В щелочной среде гидролиз многократно ускоряется.

Во-первых, для обратимого процесса, нейтрализуются выделяющиеся кислоты и равновесие смещается вправо.

Во-вторых, для необратимого процесса, скорость реакции элиминирования этилена по механизму E<sub>2</sub> прямо пропорционально зависит от концентрации гидроксид-анионов.

5. Объем помещения равен 450 м<sup>3</sup>.

Объем этилена 450000·0.00001= 4.5 л.

Количество этилена по уравнению Менделеева-Клапейрона

$$n = PV/RT = 101.3 \cdot 4.5 / (8.314 \cdot 293) = 0.187 \text{ моль.}$$

Масса этефона  $m = 0.187 \cdot 144.5 = 27 \text{ г.}$

Масса 50%-го раствора этефона равна 54 г.

6. Используя значение ПДК, можно вычислить, что если в 1 кубометре воздуха содержится 3 мг этилена,

значит  $3 \cdot 22.4 / 28 = 2.4 \text{ мл}$  этилена (при н.у.).

Концентрация равна  $2.4 \cdot 100\% / 1000000 = 0.00024\%$  по объему, то есть ниже рабочей концентрации этилена в теплице (0.001%).

Атмосфера вредна для людей.