

**Решение заданий Всероссийской олимпиады школьников по химии**  
**(муниципальный этап)**  
**11 класс**  
**2023-2024 учебный год**

**Задача 11-1**

В замкнутом сосуде смешали водород, кислород и хлор. Плотность полученной газовой смеси по азоту составила 0,4625. Известно, что в смеси содержится в 14 раз больше водорода, чем хлора (по объёму). Смесь газов взорвали и охладили. Определите массовую долю (в %) кислоты в растворе, который обнаружили в сосуде. **(20 баллов)**

**Решение:**

Этап решения	Баллы
<p>В данной смеси протекают реакции между водородом и хлором, водородом и кислородом.</p> <p>Уравнения происходящих реакций:</p> $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} \quad (1)$ $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} \quad (2)$	<b>2+2</b>
$M(\text{смеси}) = D_{\text{N}_2}(\text{смеси}) \cdot M(\text{N}_2) = 0,4625 \cdot 28 = 12,95 \text{ г/моль.}$	<b>2</b>
<p>Примем количество исходной смеси за 1 моль.</p> <p>Пусть объёмная доля хлора (<math>\varphi(\text{Cl}_2) = x</math>), тогда:  <math>\varphi(\text{H}_2) = 14x</math>, а <math>\varphi(\text{O}_2) = 1 - 15x</math>.</p> <p>Сумма произведений относительных молекулярных масс на их мольные доли (для газов мольные доли равны объёмным) соответствующих компонентов смеси равна средней молярной массе данной смеси.</p> $M(\text{Cl}_2) \cdot \varphi(\text{Cl}_2) + M(\text{H}_2) \cdot \varphi(\text{H}_2) + M(\text{O}_2) \cdot \varphi(\text{O}_2) = M(\text{смеси}).$ <p>Составим уравнение:  <math>71x + 28x + 32(1 - 15x) = 12,95</math>, откуда <math>x = 0,05</math>.</p> <p>Отсюда,  <math>\varphi(\text{Cl}_2) = 0,05</math>; <math>\varphi(\text{H}_2) = 0,7</math>; <math>\varphi(\text{O}_2) = 0,25</math>.</p> <p>тогда,  <math>n(\text{Cl}_2) = 0,05</math> моль, <math>n(\text{H}_2) = 0,7</math> моль, <math>n(\text{O}_2) = 0,25</math> моль.</p> <p>Так как хлор реагирует только с водородом - уравнение (1), то избыток водорода взаимодействует с кислородом по уравнению (2).</p> <p>По уравнению реакции (1):  <math>n(\text{HCl}) = 0,1</math> моль,  <math>m(\text{HCl}) = 36,5 \cdot 0,1 = 3,65</math> г.</p> <p>По уравнению реакции (2):  <math>n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5</math> моль,  <math>m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 0,5 = 9</math> г.</p>	<b>10</b>
<p>При растворении хлороводорода в воде образуется раствор массой 12,65 г.</p> <p>Находим массовую долю хлороводорода в растворе (при условии, что весь хлороводород растворился в образовавшейся воде):  <math>\omega(\text{HCl}) = 3,65 : 12,65 = 0,2885</math> или 29 %.</p>	<b>4</b>
	<b>20 баллов</b>

### Задача 11-2

Соль А массой 36,00 г растворили в воде, не допуская контакта раствора с воздухом. Если к образовавшемуся бесцветному раствору добавить избыток азотной кислоты, то у раствора появится окраска. При выпаривании полученного раствора образуется кристаллогидрат, в котором содержится 48,40 г безводной соли Б. При термическом разложении соли Б образуются твёрдое вещество и смесь двух газов, мольное соотношение компонентов в которой составляет 1 : 4. Разложение соли А при нагревании приводит к образованию таких же продуктов, что и в случае соли Б, но в другом соотношении.

1. Какие соли были взяты? Укажите в ответе их молярные массы (в г/моль), атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых.

2. Определите с точностью до целых массу (в граммах) газовой смеси, выделяющейся при полном термическом разложении 36,00 г соли А.

3. Определите объёмную долю того компонента газовой смеси, образующейся при разложении соли А, которого меньше в смеси. **(20 баллов)**

#### Решение:

Этап решения	Баллы
1. Так как после действия азотной кислоты на соль А качественный состав смеси продуктов разложения не поменялся, то можно сделать вывод, что соли А и Б – нитраты некоторого металла с переменной валентностью, причём в Б степень окисления металла выше, чем в А. С учётом того, что соль, содержащая катионы металла с меньшей степенью окисления, не окрашивает раствор, а другая соль окрашивает, то разумно предположить, что соль А – нитрат железа(II), а соль Б – нитрат железа(III).	<b>6</b>
2. Молярная масса соли А равна 180 г/моль, соли Б – 242 г/моль.	<b>2</b>
3. Проверим этот вывод. Количества нитратов железа должны быть одинаковыми: $n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 36,0 \text{ г} : 180 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$ $n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 48,4 \text{ г} : 242 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$ Значит, предположение было верно. Соль А – $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ , соль Б – $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ .	<b>4</b>
4. Газовая смесь, образующаяся при разложении обеих солей – это смесь кислорода и оксида азота (IV): $4\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{NO}_2 + \text{O}_2$ $4\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 12\text{NO}_2 + 3\text{O}_2$	<b>2</b>
При разложении 0,2 моль $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ образуется 0,4 моль $\text{NO}_2$ и 0,05 моль $\text{O}_2$ . Их массы равны: $m(\text{NO}_2) = 0,4 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 18,4 \text{ г}$ $m(\text{O}_2) = 0,05 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 1,6 \text{ г}$ Масса газовой смеси: $m(\text{смеси}) = 18,4 \text{ г} + 1,6 \text{ г} = 20,0 \text{ г}$	<b>4</b>
Объёмная доля кислорода (компонент смеси, которого образуется меньше) равна: $\varphi(\text{O}_2) = 1:9 \cdot 100\% \approx 11\%$ .	<b>2</b>
	<b>20 баллов</b>

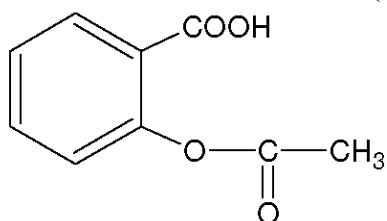
### Задача 11-3.

Оценивание ответов на вопросы.

Этапы решения	Число баллов
1. Структурная формула и название вещества X (ацетилсалициловая кислота).	4 балла
2. Уравнения химических <b>реакций 1-7</b> (по 1,0 баллу за каждое уравнение).	7 баллов
3. Названия веществ <b>А, В, С</b> (по 1,0 баллу за каждое вещество).	3 балла
4. Уравнения <b>реакций 8-9</b> , доказывающие доброкачественность лекарственного препарата, который содержит ацетилсалициловую кислоту.	6 баллов
<b>Всего: 20 баллов</b>	

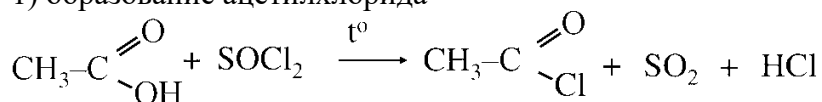
1. Структурная формула и название вещества X.

Ацетилсалициловая кислота (аспирин):

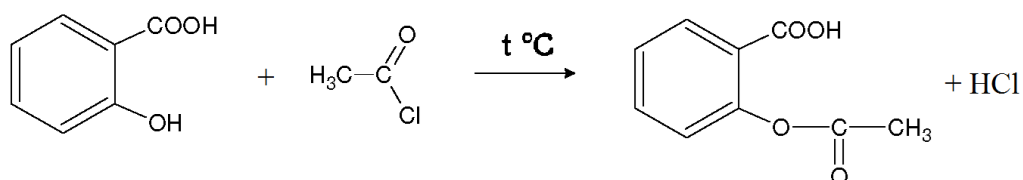


2. Уравнения реакций 1-7:

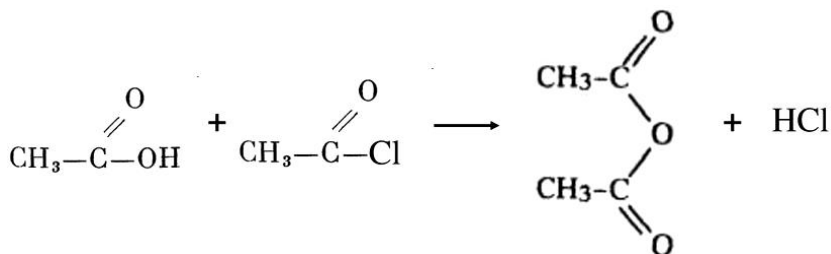
1) образование ацетилхлорида



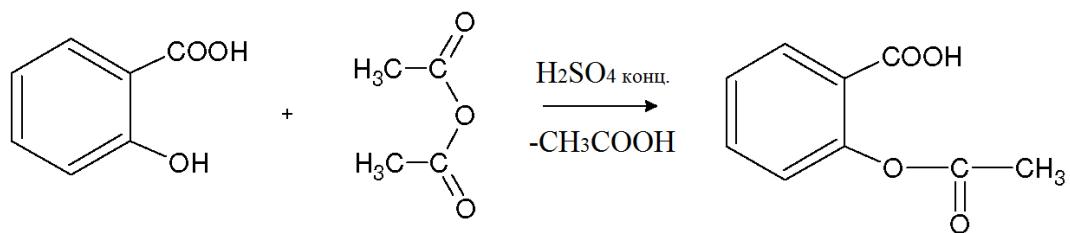
2) получение ацетилсалициловой кислоты



3) образование ангидрида уксусной кислоты

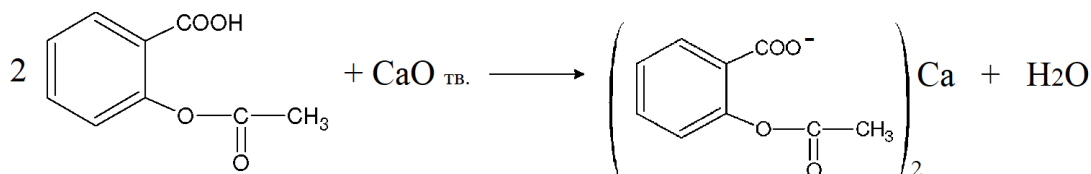


4) синтез ацетилсалициловой кислоты



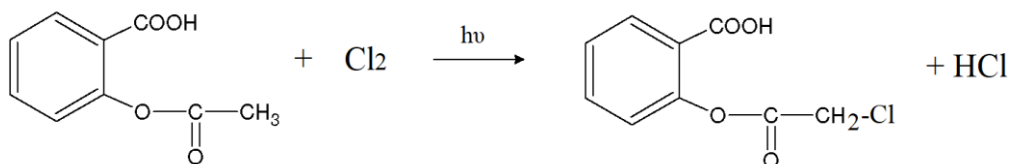
Синтез анальгетиков нового поколения (уравнения 5-7):

5) получение водорастворимого аспирина (ацетилсалицилата кальция)

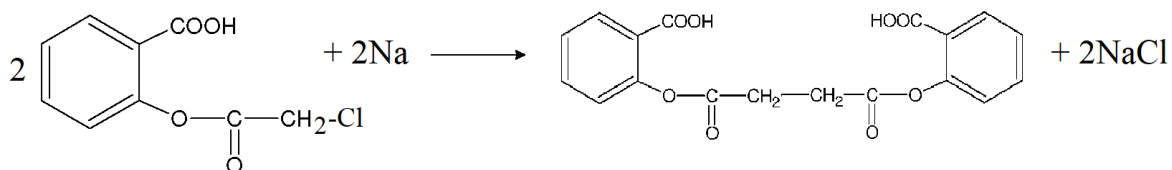


синтез диаспирина в 2 стадии

6)



7)

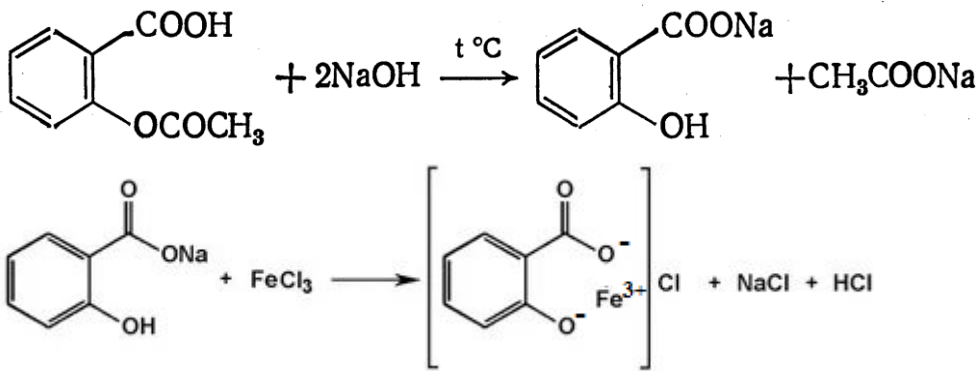


3. Названия веществ в схеме синтеза действующих веществ лекарственных препаратов:

- A – ацетилхлорид
- B – уксусный ангидрид
- C – салицилат натрия
- D – ацетилсалицилат кальция

4. Уравнения реакция, доказывающие доброкачественность лекарственного препарата, который содержит ацетилсалициловую кислоту (реакции 10-11):

Щелочной гидролиз ацетилсалициловой кислоты с образованием ацетата натрия и салицилата натрия, который обнаруживают добавлением хлорида железа (III) (появляется сине-фиолетовая окраска).

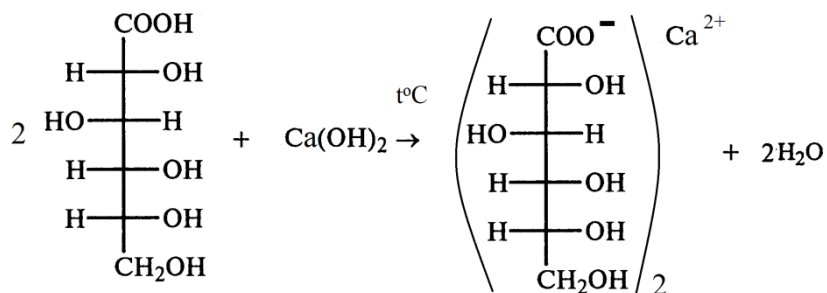
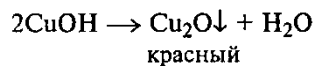
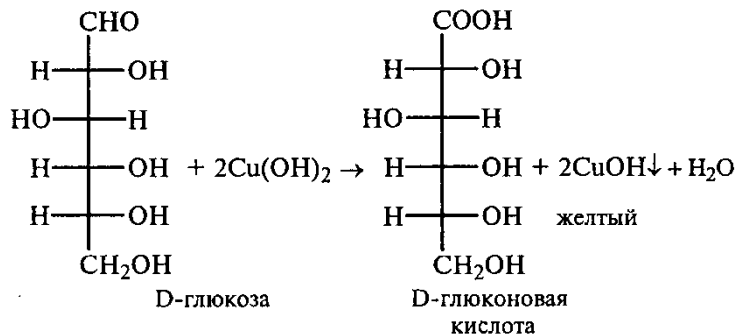


#### Задача 11-4.

Оценивание ответов на вопросы.

Этапы решения	Число баллов
1. Уравнения реакций получения глюканата кальция.	4 балла
2. Массовая доля кальция в глюканате кальция.	4 балла
3. Массовая доля кальция в соединении X.	2 балла
4. Молярная масса соли X.	2 балла
5. Молекулярная формула вещества X.	4 балла
6. Структурная формула вещества X и уравнение реакции синтеза соединения X	4 балла
<b>Всего: 20 баллов</b>	

1. Уравнения реакций получения глюканата кальция.



2. Массовая доля кальция в глюканате кальция.

$$\omega(\text{Ca в глюканате кальция}) = 40 \text{ г/моль} : 430 \text{ г/моль} = 0,0930 (9,30\%)$$

3. Массовая доля кальция в соединении X.

$$\omega(\text{Ca в соединении X}) = 9,30\% \cdot 1,97 = 18,35\%$$

4. Молярная масса соли X.

$$M(X) = M(\text{Ca}) : \omega(\text{Ca})$$

$$M(X) = 40 \text{ г/моль} : 0,1835 = 218 \text{ г/моль}$$

5. Молекулярная формула вещества X.

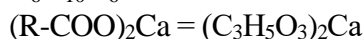
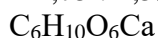
$$\omega(\text{O}) = 100\% - \omega(\text{C}) - \omega(\text{H}) - \omega(\text{Ca})$$

$$\omega(\text{O}) = 100\% - 33,03\% - 4,59\% - 18,35\% = 44,03\%$$

6. Структурная формула вещества X и уравнение реакции синтеза соединения X.

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{Ca}) = (33,03 : 12) : (4,59 : 1) : (44,03 : 16) : (18,35 : 40) =$$

$$= 2,75 : 4,59 : 2,75 : 0,46 = 6 : 10 : 6 : 1$$



### Задание 11-5

#### Мысленный эксперимент

При наведении порядка в шкафу лаборант обнаружил склянку с твёрдым веществом. Для его содержимого он провёл исследование. Оказалось, что данное вещество представляет собой белые кристаллы, хорошо растворимые в воде. При нагревании кристаллов вместо плавления произошло образование белых паров, которые вновь выделились на холодных стенках пробирки выше, охладившись при соприкосновении с ними.

При добавлении лакмуса к водному раствору вещества окраска раствора приобрела красный цвет.

К водному раствору анализируемого вещества лаборант добавил раствор гидроксида натрия и нагрел содержимое пробирки. При этом лаборант ощутил резкий раздражающий запах. При испытании газообразного вещества при помощи красной лакмусовой бумаги она приобрела синий цвет.

Затем лаборант испытал действие раствора нитрата серебра на пробу водного раствора исследуемого вещества. В результате выпал осадок белого цвета, который растворился в избытке водного раствора аммиака.

Лаборант растворил 0,9010 г вещества в мерной колбе объёмом 100 мл. 25,00 мл раствора испытуемого вещества он титровал 0,2 М раствором нитрата серебра в присутствии индикатора – хромата калия (до образования осадка кирпично-красного цвета). Средний объём раствора нитрата серебра, затраченный на титрование пробы, составил 21,25 мл. Определите, какое вещество содержится в бутылке, укажите его название и напишите уравнения реакций, о которых идёт речь в проведённом исследовании.

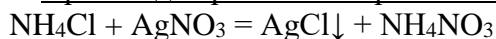
**Задача 11-5.** Оценивание ответов на вопросы.

Этапы решения	Число баллов
1. Высказано предположение о том, что в бутылки содержится хлорид аммония.	4 балл
2. Произведён расчёт молярной массы вещества.	6 баллов
3. Указано вещество и его название: хлорид аммония – NH <sub>4</sub> Cl.	2 балла
4. Написаны уравнения реакций, применяемых для качественного анализа вещества.	8 баллов
<b>Всего: 20 баллов</b>	

## Решение

1. Высказано предположение о том, что в бутылки содержится хлорид аммония: при нагревании кристаллов происходит сублимация соли; при действии раствором гидроксида натрия образуется аммиак, который меняет цвет индикатора – лакмуса – на синий; хлорид аммония подвергается гидролизу, поэтому его водный раствор имеет слабокислую среду.

2. Произведён расчёт молярной массы вещества.



$$1) C(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot V(\text{NH}_4\text{Cl}) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)$$

$$C(\text{NH}_4\text{Cl}) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) : V(\text{NH}_4\text{Cl})$$

$$C(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,02125 : 0,02500 \text{ л} = 0,1700 \text{ моль/л}$$

$$2) n_{\text{всего}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = C(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot V(\text{NH}_4\text{Cl})$$

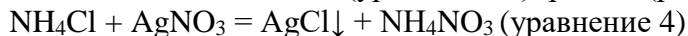
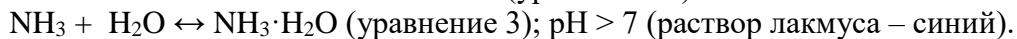
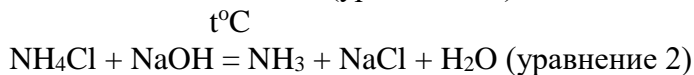
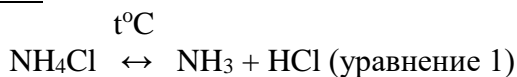
$$n_{\text{всего}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1700 \text{ моль/л} \cdot 0,100 \text{ л} = 0,0170 \text{ моль}$$

$$3) M(\text{NH}_4\text{Cl}) = m(\text{NH}_4\text{Cl}) : n(\text{NH}_4\text{Cl})$$

$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,9010 \text{ г} : 0,0170 \text{ моль} = 53 \text{ г/моль}$ , что соответствует молярной массе хлорида аммония.

3. Установлено вещество и написана его структурная формула: хлорид аммония – NH<sub>4</sub>Cl.

4. Написаны уравнения реакций взаимодействия уксусной кислоты с цинком и этанолом.



белый,  
растворим в NH<sub>3</sub> р-р