

## Девятый класс

Из следующего набора сухих солей:  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{Zn(NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{Al(NO}_3)_3$  выдается три смеси по две соли в каждой. Используя раствор  $\text{KMnO}_4$ , распознайте реактивы, находящиеся на столе и определите состав выданных смесей. Напишите уравнения соответствующих реакций. Представьте в виде таблицы наиболее простой путь идентификации.

*Реактивы:*  $\text{NaOH}$  (1 М),  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (1 М),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 М),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3%),  $\text{KMnO}_4$  (0,02 М).

*Оборудование:* штатив с пробирками, шпатель для отбора пробы, водяная баня или горелка.

### Решение

#### 1. Распознавание реактивов

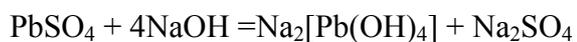
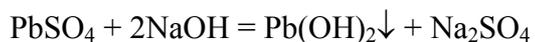
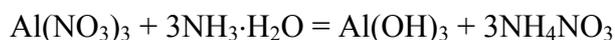
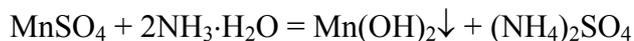
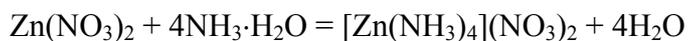
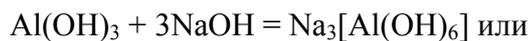
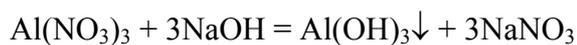
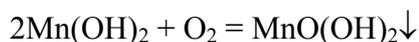
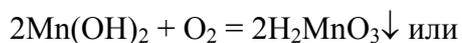
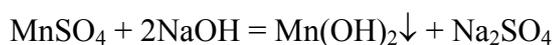
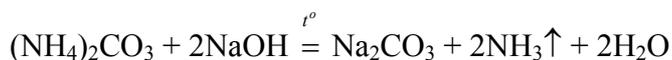
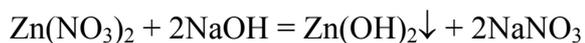
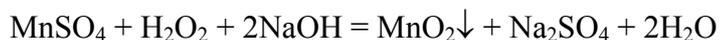
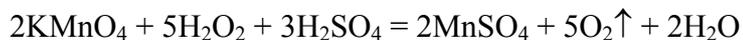
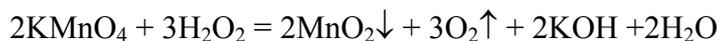
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  определяют по характерному резкому запаху.

	$\text{KMnO}_4$
$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2$	Бурый осадок
$\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$	Зеленое окрашивание раствора
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$	Обесцвечивание раствора

#### 2. Идентификация смесей

	$\text{PbSO}_4$	$\text{BaCO}_3$	$\text{Zn(NO}_3)_2$	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	$\text{MnSO}_4$	$\text{Al(NO}_3)_3$
$\text{H}_2\text{O}$	–	–	Р	Р	Р	Р	Р
Действуем на растворы							
$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$	–	–	–	–	–	↓ бурый	–
$\text{NaOH}$	Р	–	↓ белый, р-ся в избытке	–	↑ при нагревании и резкий запах	↓ бурет на воздухе	↓ белый, растворяется в избытке
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	–	–	↓ белый, р-ся в избытке	–	–	↓ белый, не растворяется в избытке	↓ белый, не растворяется в избытке
$\text{H}_2\text{SO}_4$	–	↑ без запаха, ↓ белый осадок	–	↑ с резким запахом	↑ без запаха	–	–

### Уравнения реакций



## Десятый класс

Хлор является одним из основных продуктов химического производства. Основными источниками его получения являются минералы: галит, сильвин, сильвинит и карналлит.

Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование

1. Предложите методику количественного определения хлорид ионов.
2. Приведите химические формулы перечисленных выше минералов.
3. Объясните, в каком диапазоне значений pH возможно проводить титрование.
4. Какие катионы и анионы будут мешать определению хлорид ионов и почему?
5. Определите процентное содержание хлорид ионов в выданном образце.

*Реактивы:* 0,02 М NaCl, ~0,02 М AgNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (насыщенный раствор).

*Оборудование:* мерная колба на 100 мл, бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, воронки для заполнения бюретки и я навески, колбы для титрования на 100 мл (1-2 шт.)

### Решение

#### I. Методика определения

##### 1. Установление концентрации AgNO<sub>3</sub>

10 мл 0,02 М раствора NaCl перенесите в колбу для титрования, прилейте 2 капли насыщенного раствора K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и осторожно, по каплям, титруйте раствором AgNO<sub>3</sub> при перемешивании. Добейтесь, чтобы переход чисто желтой окраски раствора в красноватую произошел от одной избыточной капли AgNO<sub>3</sub>. Титрование повторяют 2-3 раза.

$$C_{AgNO_3} = \frac{V_{NaCl} C_{NaCl}}{V_{AgNO_3}} \text{ (моль/л)}$$

Для повышения точности титрования проводят холостой опыт. Для этого в колбу для титрования переносят 10 мл дистиллированной воды, добавляют 2 капли насыщенного раствора K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и титруют раствором AgNO<sub>3</sub> до тех пор, пока не появится исчезающее красное окрашивание раствора, сходное с окраской, которую принял титруемый раствор определяемого вещества или NaCl в конце титрования. Найденную поправку на насыщенный раствор хромата калия ( $V'_{AgNO_3}$ ) вычитают из объема стандартного раствора AgNO<sub>3</sub>, пошедшего на титрование хлорид ионов ( $V_{AgNO_3}$ ).

$$C_{AgNO_3} = \frac{V_{NaCl} C_{NaCl}}{V_{AgNO_3} - V'_{AgNO_3}} \text{ (моль/л)}$$

##### 2. Определение содержания хлорид ионов в образце по методу Мора

Навеску образца, содержащего хлорид ионы, количественно переносят в мерную колбу, вместимостью 100 мл, доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Аликвотную часть раствора объемом 10 мл переносят в колбу для титрования, добавляют 2 капли насыщенного раствора K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и титруют раствором AgNO<sub>3</sub> до изменения окраски раствора от желтой до исчезающей красной. Титрование проводят 2-3 раза.

Расчет содержания хлорид ионов проводят по формуле:

$$\omega\%(Cl^-) = \frac{C_{AgNO_3} V_{AgNO_3} M_r(Cl^-)}{1000} \cdot \frac{V_k}{V_n} \cdot \frac{a}{100}$$

$C_{AgNO_3}$  – концентрация раствора  $AgNO_3$ , моль/л;

$V_{AgNO_3}$  – объем раствора  $AgNO_3$ , пошедшего на титрование, мл

$M_r(Cl^-)$  – относительная молекулярная масса  $Cl^-$ , 35,5 г/моль;

$V_k$  – объем колбы, 100 мл;

$V_n$  – объем пипетки, 10 мл;

$a$  – навеска образца, г.

## II. Ответы на теоретические вопросы

1. Химические формулы минералов: галит  $NaCl$ , сильвин  $KCl$ , сильвинит  $nKCl \cdot mNaCl$  с примесями солей  $Mg$ ,  $Ca$  и др., карналлит  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .
2. Титрование проводят в диапазоне  $pH = 7 \div 10$ . В кислой среде осадок  $Ag_2CrO_4$  переходит в  $Ag_2Cr_2O_7$  и растворяется. В сильнощелочных растворах образуется  $Ag_2O$ .
3. Мешают ионы:  $NH_4^+$  – образует с ионами  $Ag^+$  аммиачный комплексный ион  $[Ag(NH_3)_2]^+$ ;  $Ba^{2+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$  и др., образующие осадки с  $K_2CrO_4$ ;  $S^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $C_2O_4^{2-}$  и др., образующие с ионами  $Ag^+$  малорастворимые соединения.

## Одиннадцатый класс

### Задание 1. Качественное определение лекарственных препаратов.

В семи пронумерованных пробирках находятся без этикеток семь органических соединений, которые широко применяются в медицине в качестве лекарственных препаратов: салициловая кислота (2-гидроксibenзойная кислота), парацетамол (N-ацетил-4-аминофенол, N-(4-гидроксифенил)ацетамид), витамин PP (никотиновая кислота, пиридин-3-карбоновая кислота), никотинамид (амид пиридин-3-карбоновой кислоты), хинозол (8-гидроксихинолин), хлоральгидрат (гидрат трихлоруксусного альдегида) и уротропин (гексаметилентетрамин, 1,3,5,7-тетраазатрицикло[3.3.1.1<sup>3,7</sup>]декан).

1. Напишите структурные формулы предлагаемых органических соединений.
2. Предложите способ идентификации органических соединений, с использованием предлагаемых реактивов и оборудования. Напишите уравнения реакций, с помощью которых определяются вещества.
3. Осуществите экспериментальную идентификацию на основании предложенной Вами методики.

*Реактивы:* 10% растворы карбоната натрия, гидроксида натрия и серной кислоты.

*Оборудование:* штатив с пробирками, электрическая плитка или газовая горелка.

### Задание 2. Количественное определение фенола.

Используя предлагаемые реактивы, оборудование и методику, определите содержание фенола в граммах в выданной навеске. Напишите уравнения протекающих реакций.

*Реактивы:*  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (0,5 М),  $\text{KBrO}_3$  (0,1 М),  $\text{KBr}$  (10 %),  $\text{KI}$  (20 %),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (50 %), крахмал (2%).

*Оборудование:* мерная колба на 100 мл, пипетка на 25 мл, мерный цилиндр на 25 мл, стакан на 250 мл, часовое стекло, бюретка на 50 мл.

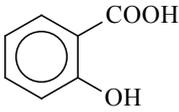
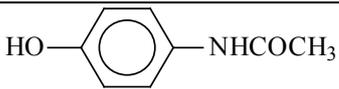
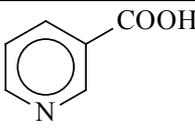
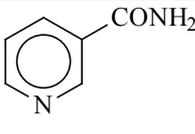
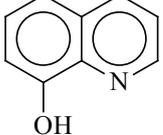
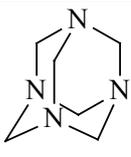
#### Методика

Выданный образец известной массы, растворяют в воде, переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводят водой до метки. Отмеряют пипеткой 25 мл этого раствора, переносят его в стакан для бромирования вместимостью 200-250 мл, прибавляют 10 мл раствора  $\text{KBrO}_3$ , 10 мл раствора  $\text{KBr}$  и 5 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Жидкость в стакане тщательно перемешивают круговыми движениями и оставляют на 15 минут, закрыв часовым стеклом. Затем к образовавшейся смеси прибавляют 5 мл раствора  $\text{KI}$ , сильно взбалтывают и оставляют на 10 мин, также накрыв стакан часовым стеклом. После этого выделившийся иод титруют 0,5 М раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  до бледно-желтой окраски раствора. Добавляют 1-2 мл раствора крахмала и продолжают титровать при энергичном перемешивании до исчезновения синей окраски раствора. Объем затраченного  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  обозначают через  $V_1$ .

Затем повторяют те же операции в отсутствие фенола (при этом 25 мл раствора фенола заменяют 25 мл воды), обозначая объем затраченного  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  через  $V_2$ .

## Решение

### Задание 1.

Соединение	H <sub>2</sub> O		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		NaOH	
	без нагрева	нагрев		без нагрева	нагрев	без нагрева	нагрев
	н	р	р, CO <sub>2</sub> ↑	н	р	р	
	н	р	н	н	р	р	
	н	р	р, CO <sub>2</sub> ↑	р		р	
	р		р	р		р	NH <sub>3</sub> ↑
	н	р	н	р		р	
Cl <sub>3</sub> C-CH(OH) <sub>2</sub>	р		р	р		муть CHCl <sub>3</sub> ↓	
	р		р	р	запах CH <sub>2</sub> O↑	р	

н – не растворяется

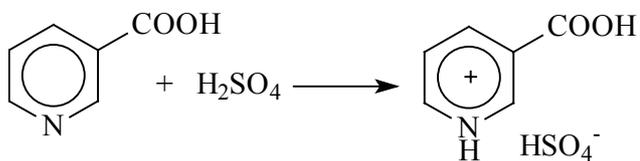
р – растворяется

1. Растворение веществ в воде показывает, что три вещества хорошо растворимы в воде при комнатной температуре, остальные четыре – при нагревании.

2. Для обнаружения карбонильной группы добавляем к твердым веществам раствор соды. В двух пробирках наблюдается выделение углекислого газа. Это – салициловая и никотиновая кислоты.



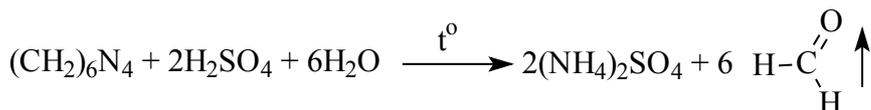
3. Для того, чтобы различить салициловую и никотиновую кислоты, надо добавить серной кислоты к этим веществам. Никотиновая кислота растворяется в серной.



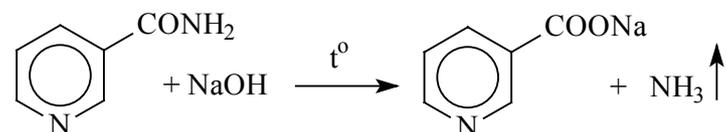
4. Хлоральгидрат обнаруживается при добавлении к раствору щелочи. В результате галоформной реакции образуется хлороформ, который не растворим в воде.



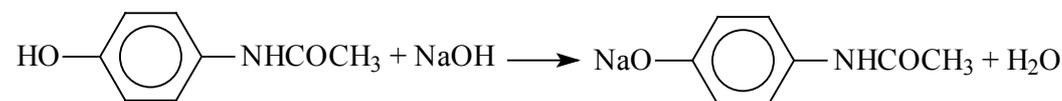
5. Уротропин обнаруживается при добавлении кислоты. При нагревании раствора наблюдается резкий запах формальдегида



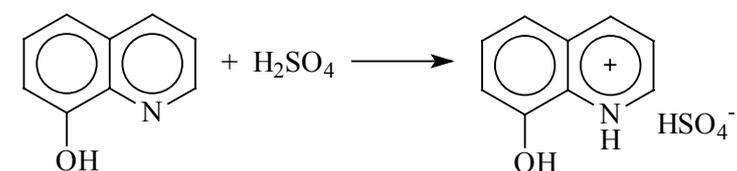
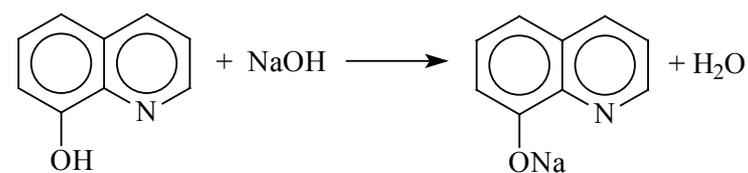
6. Никотинамид обнаруживается при добавлении к раствору щелочи. При нагревании раствора в результате щелочного гидролиза образуется аммиак, который идентифицируется по запаху.



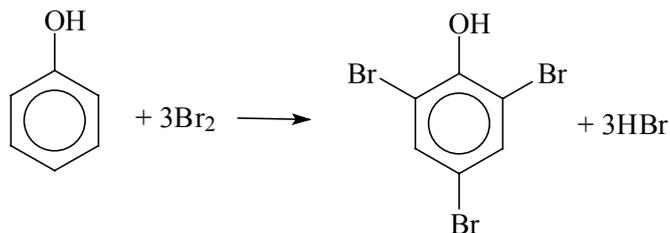
7. Для того чтобы различить парацетамол и хинозол, необходимо сравнить их поведение в реакциях с кислотой и щелочью. Парацетамол растворим в холодном растворе щелочи, но не растворим в серной кислоте на холоду.



Хинозол растворим и в щелочи и в кислоте.



## Задание 2.



На титрование фенола израсходовано  $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = V_2 - V_1$  мл  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

В первом титровании раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  расходуется на реакцию с иодом, выделившимся в результате реакции  $\text{KI}$  с неизрасходованным на бромирование фенола  $\text{Br}_2$ . Во втором титровании раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  расходуется на реакцию с иодом, выделившимся в результате реакции  $\text{KI}$  со всем образовавшимся  $\text{Br}_2$ . Разница этих объемов ( $V_2 - V_1$ ) представляет собой объем раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  который прореагировал бы с иодом выделившимся в результате реакции  $\text{KI}$  с израсходованным на бромирование фенола  $\text{Br}_2$  ( $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ ).

Исходя из стехиометрии реакций титрования и, учитывая объем анализируемого раствора (25 мл), получаем, что масса фенола в навеске:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{1}{6} \cdot \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}{1000} \cdot 4$$

Массовая доля фенола в препарате:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}{m_{\text{препарата}}}$$