

**Г.М. Курунина,**

**О.М. Иванкина**

**Сборник заданий для самостоятельной работы  
по дисциплинам Аналитическая химия и  
Физико-химические методы анализа для  
студентов направления 18.03.02 Энерго- и  
ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии**

Учебное пособие

**Волжский**

**2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Курунина Г.М., Иванкина О.М.**

**Сборник заданий для самостоятельной работы  
по дисциплинам Аналитическая химия и  
Физико-химические методы анализа для  
студентов направления 18.03.02 Энерго- и  
ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии**

Электронное учебное пособие



2018

УДК 543(07)  
ББК 24.4  
К 938

Р е ц е н з е н т ы:

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Волжском, профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника», к.х.н.,  
*Гончарова Л. К.*,  
заведующий Лабораториями Регионального научно-технического центра Schlumberger Company к.х.н., доцент  
*Паришин Г.Ю.*

Курунина, Г.М.

Сборник заданий для самостоятельной работы по дисциплине Аналитическая химия и Физико-химические методы анализа для студентов направления 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.М. Курунина, О.М. Иванкина ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 560 КБ) – Волжский, 2018. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-2901-1

В учебном пособии представлены примеры решения задач по дисциплинам Аналитическая химия и Физико-химические методы анализа. Далее даны задачи по различным тематикам, которые могут быть использованы на практических занятиях в аудитории или для самостоятельной работы студентов вне аудитории. Предназначено для студентов очной и заочной формам обучения по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Профиль подготовки «Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств».

Ил. 1, табл. 14, библиограф.: 9 назв.

ISBN 978-5-9948-2901-1

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2018

© Волжский политехнический  
институт, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                  |  | Стр. |
|----------------------------------|--|------|
| Аналитическая химия              |  |      |
| 1                                | Примеры решения задач по аналитической химии.....  | 4    |
| 2                                | Варианты задач для самостоятельной работы. Темы:<br>Равновесие в гомогенных системах. Растворы электролитов.<br>Гетерогенные равновесия в системе осадок-насыщенный раствор. | 9    |
| 3                                | Варианты задач для самостоятельной работы. Темы:<br>Титриметрические методы анализа.....   | 23   |
| Физико-химические методы анализа |  |      |
| 4.                               | Примеры решения задач по физико-химическим методам<br>анализа.....   | 40   |
| 5                                | Варианты задач для самостоятельной работы. Темы: Кондук-<br>тометрический метод анализа. Потенциометрический метод<br>анализа.....   | 45   |
| 6                                | Варианты задач для самостоятельной работы. Темы:<br>Фотометрические методы анализа. Рефрактометрический метод<br>анализа.....  | 56   |
| 7.                               | Варианты задач для самостоятельной работы. Тема:<br>Хроматографические методы анализа.....   | 62   |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....           |  | 64   |

## 1. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**Задача 1.** Вычислить активность ионов  $H^+$  в 0,3 М растворе азотной кислоты.

**Решение.**

Так как концентрация раствора азотной кислоты достаточно велика, коэффициенты активности ионов  $H^+$  и  $NO_3^-$  вычисляем с учетом ионной силы раствора:

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [i] z_i^2 = \frac{1}{2} (0,3 \cdot 1^2 + 0,3 \cdot 1^2) = 0,3;$$

$$-\lg \gamma = \frac{0,5 z_i^2 \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} = \frac{0,5 \cdot 1^2 \cdot \sqrt{0,3}}{1 + \sqrt{0,3}} = 0,177;$$

$$\gamma_{H^+} = \gamma_{NO_3^-} = 0,66; \quad a_{H^+} = \gamma_{H^+} \cdot C_{HNO_3} = 0,66 \cdot 0,3 = 0,2 \text{ моль/дм}^3.$$

**Задача 2.** Во сколько раз растворимость сульфата бария в воде больше растворимости в 0,1н. растворе сульфата натрия? ПР  $BaSO_4$  равен  $1,1 \cdot 10^{-10}$ .

**Решение.**

$S_1$  – растворимость в воде,  $S_2$  – растворимость в  $Na_2SO_4$

$$S_1 = \sqrt{ПП} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

Рассчитаем молярную концентрацию  $Na_2SO_4$ :

$$C_M(Na_2SO_4) \frac{C_H(Na_2SO_4)}{k \cdot z} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ г/моль}$$

$$S_2 = \frac{ПП}{[SO_4^{2-}]} = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{0,05} = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$S_1 / S_2 = 1,05 \cdot 10^{-5} / 2,2 \cdot 10^{-9} = 4773$$

**Ответ:** Растворимость в воде в 4773 раза больше, чем в 0,1н. растворе сульфата натрия.

**Задача 3.** Какую навеску пирита, содержащего около 30 % серы, нужно взять для анализа, чтобы получить 0,3 г осадка  $BaSO_4$ ?

**Решение.**

F – гравиметрический фактор (аналитический множитель)

$$m(\text{нитрата}) = \frac{m(\text{BaSO}_4) \cdot F \cdot 100\%}{\omega(S)}$$

$$F = \frac{M(S)}{M(\text{BaSO}_4)} = \frac{32,06}{233,40} = 0,1374$$

$$m(\text{нитрата}) = \frac{0,3 \cdot 0,1374 \cdot 100\%}{30\%} = 0,1374 \text{ г}$$

**Задача 4.**  $PP(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7 \cdot 10^{-5}$ , вычислите растворимость этой соли в моль/л и г/л.

**Решение.**

$$S = \sqrt[a+b]{\frac{PP(Kt_a An_b)}{a^a \cdot b^b}}$$

$$S(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = \sqrt[3]{\frac{PP}{1^1 \cdot 2^2}} = \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 10^{-5}}{4}} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$$

$$S'(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = S(\text{Ag}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 2,6 \cdot 10^{-2} \cdot 312 = 8,11 \text{ г/л}$$

**Задача 5.** 0,2 г осадка  $\text{CaCO}_3$  ( $PP = 5 \cdot 10^{-9}$ ) промыли 200 мл воды. Сколько процентов осадка перешло в раствор?

**Решение.**

Находим концентрацию  $\text{CaCO}_3$  в насыщенном растворе:

$$S = \sqrt{PP} = \sqrt{5 \cdot 10^{-9}} = 7,07 \cdot 10^{-5} \text{ М}$$

В граммах и процентах, соответственно, это составит:

$$m(\text{CaCO}_3) = S(\text{CaCO}_3) \cdot V \cdot M(\text{CaCO}_3) = 7,07 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2 \cdot 100 = 1,414 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

$$\omega(\text{ном.}) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot 100\%}{m(\text{ос.})} = \frac{1,414 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,2} = 0,71\%$$

**Задача 6.** Сколько сплава, содержащего около 50 % железа, следует взять для анализа, чтобы масса прокаленного осадка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  была 0,1 г?

**Решение.**

$$F = \frac{2 \cdot M(Fe)}{M(Fe_2O_3)} = \frac{2 \cdot 56}{160} = 0,70;$$

Из формулы  $\omega(Fe) = \frac{m(Fe_2O_3) \cdot F \cdot 100\%}{m(сн.)}$

получаем:  $m(сн.) = \frac{m(Fe_2O_3) \cdot F \cdot 100\%}{\omega(Fe)} = \frac{0,1 \cdot 0,7 \cdot 100\%}{50\%} = 0,035 г$

**Задача 7.** Сколько мл 0,1М BaCl<sub>2</sub> потребуется для осаждения серы в виде BaSO<sub>4</sub> из навески 2,0 г каменного угля, содержащего около 4 % серы?

**Решение.**

$$m(S) = 2,0 \cdot 4\% / 100\% = 0,08 \text{ г}$$



$$C_M = \nu/V \rightarrow V = \nu/C = 0,0025/0,1 = 0,025 \text{ л} = 25 \text{ мл}$$

$$V' = V \cdot 1,5 = 25 \cdot 1,5 = 37,5 \text{ мл}$$

**Задача 8.** Определите процентное содержание магния в соли, если после растворения навески этой соли массой 0,2000 г в мерной колбе на 100 мл на титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовано 20,25 мл 0,02500 М раствора комплексона III.

**Решение.** Комплексон III – это двузамещенный этилендиаминтетраацетат-ЭДТА

$$M_{Э(Mg)} = \frac{M(Mg)}{2} = \frac{24}{2} = 12 \text{ г/моль.}$$

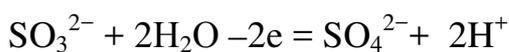
$$C_H(ЭДТА) = C_M(ЭДТА) \cdot k_z = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \text{ моль/л}$$

$$m(Mg) = \frac{V(ЭДТА) \cdot C_H(ЭДТА) \cdot M_{Э(Mg)} \cdot V_{м.к.}}{1000 \cdot V_a} = \frac{20,25 \cdot 0,05 \cdot 12 \cdot 100}{1000 \cdot 20} = 0,061 г$$

$$\omega(Mg) = \frac{m(Mg) \cdot 100\%}{m(обр.)} = \frac{0,061 \cdot 100\%}{0,2} = 30,5\%$$

**Задача 9.** Навеску 3,3467 г технического сульфита натрия растворили в мерной колбе на 1000 мл. На титрование 20,00 мл 0,0514 н. раствора йода израсходовали 23,15 мл полученного раствора. Определите процентное содержание Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> в образце.

**Решение.**



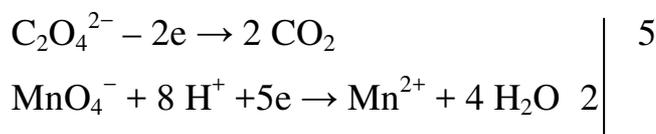
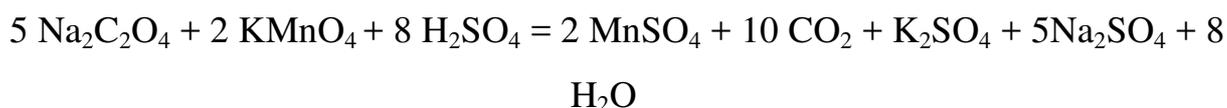
$$M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{M(\text{Na}_2\text{SO}_3)}{n} = \frac{126}{2} = 63 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{V(\text{I}_2) \cdot C_{\text{H}}(\text{I}_2) \cdot M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot V_{\text{К}}}{1000 \cdot V_{\text{а}}} = \frac{20 \cdot 0,0514 \cdot 63 \cdot 1000}{1000 \cdot 23,15} = 2,7976 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot 100\%}{m(\text{обр.})} = \frac{2,7976 \cdot 100\%}{3,3467} = 86,6\%$$

**Задача 10.** Сколько граммов перманганата калия (для титрования в кислой среде) следует взять для приготовления 0,8 л раствора с титром по  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  равным 0,003350 г/мл?

**Решение.**



$$M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{M(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{2} = \frac{118}{2} = 59 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{Э}}(\text{KMnO}_4) = \frac{M(\text{KMnO}_4)}{5} = \frac{158}{5} = 31,6 \text{ г/моль}$$

$$T(\text{KMnO}_4 / \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4) M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{1000}$$

$$C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4) = \frac{T(\text{KMnO}_4 / \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 1000}{M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{0,00335 \cdot 1000}{59} = 0,0568 \text{ н.}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = \frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4) \cdot M_{\text{Э}}(\text{KMnO}_4)}{1000} = \frac{800 \cdot 0,0568 \cdot 31,6}{1000} = 2,59 \text{ г}$$

**Задача 11.** К подкисленному раствору иодида калия прибавили 20,00 мл 0,1133 н. раствора перманганата калия и выделившийся йод

оттитровали 25,90 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте нормальность  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

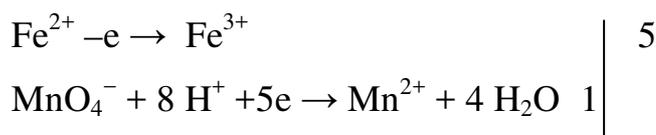
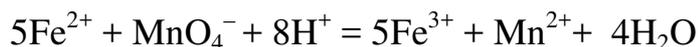
**Решение.**

$$C_{\text{H}_1} \cdot V_1 = C_{\text{H}_2} \cdot V_2$$

$$M_{\text{э}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4)}{V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} = \frac{20 \cdot 0,1133}{25,9} = 0,0875 \text{ г}$$

**Задача 12.** Сколько процентов железа содержит железная проволока, если при растворении 0,1400 г ее в серной кислоте без доступа воздуха на титрование полученного раствора  $\text{FeSO}_4$  израсходовано 24,85 мл 0,100н. раствора  $\text{KMnO}_4$ ?

**Решение.**



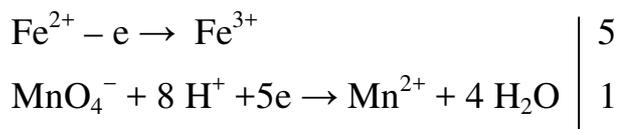
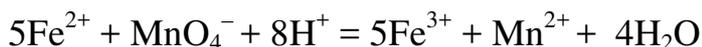
$$M_{\text{э}}(\text{Fe}) = \frac{M(\text{Fe})}{1} = 55,85 \text{ г/моль.}$$

$$m_{\text{Fe}} = \frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4) \cdot M_{\text{э}}(\text{Fe})}{1000} = \frac{24,85 \cdot 0,1 \cdot 55,85}{1000} = 0,1388 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe}) \cdot 100\%}{m(\text{пр.})} = \frac{0,1388 \cdot 100\%}{0,1400} = 99,1\%$$

**Задача 13.** Сколько мл 0,1000 н. раствора  $\text{KMnO}_4$  пойдет на титрование раствора, содержащего 0,3036 г  $\text{FeSO}_4$  в кислой среде?

**Решение.**



$$M_{\text{э}}(\text{FeSO}_4) = \frac{M(\text{FeSO}_4)}{1} = 151,85 \text{ г/моль}.$$

$$m(\text{FeSO}_4) = \frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot C_{\text{н}}(\text{KMnO}_4) \cdot M_{\text{э}}(\text{FeSO}_4)}{1000}$$

$$V(\text{KMnO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4) \cdot 1000}{C_{\text{н}}(\text{KMnO}_4) \cdot M_{\text{э}}(\text{FeSO}_4)} = \frac{0,3036 \cdot 1000}{0,1000 \cdot 151,85} = 20 \text{ мл}$$

**2. Варианты задач для самостоятельной работы. Темы: Равновесие в гомогенных системах. Растворы электролитов. Гетерогенные равновесия в системе осадок-насыщенный раствор.**

***ВАРИАНТ 1***

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в 0,02 М растворе  $\text{AlCl}_3$ , содержащем, кроме того, 0,025 моль/л  $\text{HCl}$ .
2. Вычислите: а) концентрацию ионов водорода и рН в 0,001М растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (диссоциацию кислоты считать полной); б) рН и степень диссоциации 0,05 М раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $K_{\text{д}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).
3.  $\text{P.P.Ag}_2\text{SO}_4$  равно  $7 \cdot 10^{-5}$ . Вычислите растворимость этой соли в моль/л и г/л.
4. Какую навеску пирита, содержащего около 30 % серы, нужно взять для анализа, чтобы получить 0,3 г осадка  $\text{BaSO}_4$ ?
5. Сколько мл 10 % серной кислоты ( $\rho = 1,070$  г/мл) требуется для осаждения всего бария в виде  $\text{BaSO}_4$  из раствора, в котором содержится 5,5 г чистого  $\text{BaCl}_2$ ?
6. Из серебряного сплава массой 1,000 г образовалось 0,5721 г хлорида серебра. Определите процентное содержание серебра в этом сплаве.

### **ВАРИАНТ 2**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,05 моль/л  $\text{MgSO}_4$  и  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .
2. Определите: а) рН и рОН в 0,005М растворе  $\text{HCl}$ ; б) концентрацию уксусной кислоты и рН раствора, если концентрация ионов водорода в растворе  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ) равна  $10^{-4}$  моль/л.
3. Сколько г  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{PP} = 5,0 \cdot 10^{-9}$ ) содержится в 3 л насыщенного раствора?
4. Во сколько раз растворимость  $\text{BaSO}_4$  ( $\text{PP} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ) в воде больше растворимости в 0,01 н. серной кислоте?
5. Вычислите теоретический объём 2 н. раствора серной кислоты, который необходимо взять для осаждения бария из раствора, в котором содержится 4,164 г хлорида бария.
6. Сколько процентов  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  содержит проба технического сульфата магния, если из его навески 0,4085 г получено 0,1800 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ?

### **ВАРИАНТ 3**

1. Вычислите активности ионов в 0,01М растворе  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
2. Вычислите: а) концентрацию ионов водорода и рН в 0,001 М растворе  $\text{NaOH}$ ; б) концентрацию раствора  $\text{HCOOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ), имеющего рН = 3,0.
3. Вычислите  $\text{PP}$   $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , если в 1 литре насыщенного раствора его содержится  $6,4 \cdot 10^{-3}$  г.
4. Какую навеску  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  следует взять для анализа с целью определения алюминия в виде  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , если минимальное количество весовой формы должно быть 0,1 г?
5. Сколько мл 0,2 М  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  потребуется для осаждения всего кальция из раствора, содержащего 0,4 г  $\text{CaCl}_2$ ?
6. Из навески технического сульфида натрия 0,3000 г после окисления сульфида до сульфата получили 0,8250 г сульфата бария. Определить процентное содержание сульфида натрия в образце.

#### **ВАРИАНТ 4**

1. Вычислите активности ионов в 0,02 М растворе  $\text{BaCl}_2$ .
2. Определите: а) концентрацию ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, рН которого равен 6,2; б) рН и степень диссоциации в 0,01М растворе  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).
3. Растворимость  $\text{PbI}_2$  при 18 °С равна  $1,5 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Рассчитайте ПР и концентрации ионов  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{I}^-$  в насыщенном растворе в г/л.
4. Какую навеску  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  следует взять для получения 0,1 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
5. Сколько мл 0,1 н.  $\text{AgNO}_3$  требуется для осаждения всего хлора, содержащегося в 0,05 г химически чистого хлорида натрия?
6. При анализе технических алюмокалиевых квасцов  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  навеску 2,6710 г растворили в 200 мл раствора и осадили сульфат-ион барием из 20 мл полученного раствора. Сколько процентов алюминия содержится в препарате, если масса прокаленного осадка  $\text{BaSO}_4$  0,2680 г?

#### **ВАРИАНТ 5**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,01 моль/л  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{CaCl}_2$ .
2. Определите: а) рН и рОН в 0,015 М растворе  $\text{NaOH}$ ; б) концентрацию раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ), имеющего рН = 11,0.
3. В 500 мл воды при 18 °С растворяется 0,0165 г хромата серебра  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . Вычислите ПР этой соли.
4. ПР  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  равно  $2,3 \cdot 10^{-10}$ . Вычислите растворимость этой соли в 0,05 М растворе хлорида натрия. Во сколько раз она больше по сравнению с растворимостью в чистой воде?
5. Сколько мл 0,2 н. раствора хлорида бария требуется для осаждения сульфат-ионов, полученных при окислении серы, содержащейся в 0,2 г пирита ( $\text{FeS}_2$ )?
6. Из навески цемента 1,5000 г получили 0,2105 г прокаленного осадка  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Сколько процентов  $\text{MgO}$  содержится в цементе?

### **ВАРИАНТ 6**

1. Рассчитайте активность ионов водорода в 0,05 М растворе HCl, содержащем, кроме того, 0,015 моль/л NaCl.
2. Определите: а) концентрацию ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе, рН которого равен 11,5; б) концентрацию раствора HCN ( $K_d = 7,9 \cdot 10^{-10}$ ), имеющего рН = 5,0.
3. Растворимость карбоната бария равна  $1,76 \cdot 10^{-2}$  г/л. Вычислите ПР этой соли.
4. ПР  $Ag_2SO_4$  равно  $2 \cdot 10^{-12}$ . Во сколько раз растворимость этой соли в 0,02 н.  $NaNO_3$  больше ее растворимости в чистой воде?
5. Сколько мл 2 % раствора  $(NH_4)_2C_2O_4$  (плотность раствора принять равной 1 г/мл) требуется для осаждения кальция из раствора, содержащего 0,14 г  $CaCl_2$ ?
6. Из навески 0,5302 г суперфосфата, содержащего 14,50 % влаги, получили 0,3240 г прокаленного осадка  $Mg_2P_2O_7$ . Вычислите процентное содержание  $P_2O_5$  в суперфосфате в пересчете на абсолютно-сухое вещество.

### **ВАРИАНТ 7**

1. Рассчитайте активность ионов  $OH^-$  в 0,05 М растворе NaOH, содержащем, кроме того, 0,10 моль/л NaCl.
2. Определите: а) концентрацию ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе, рН которого равен 5,4; б) при какой концентрации степень диссоциации уксусной кислоты  $CH_3COOH$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ) составляет 30 %? Определите рН этого раствора.
3. Вычислите ПР  $BaCrO_4$ , если в 1 л насыщенного раствора его содержится  $6,5 \cdot 10^{-3}$  г.
4. Какая навеска сплава, содержащего около 65 % свинца, требуется для определения этого элемента, если масса прокаленного осадка  $PbSO_4$  должна быть 0,5 г?

5. Сколько мл 2,5 % раствора аммиака плотностью 0,99 г/мл, нужно взять для осаждения железа из раствора, полученного при растворении 1 г железоаммонийных квасцов  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ?
6. Из раствора хлорида магния получили осадок оксихинолината магния  $\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_2$  0,2872 г. Сколько граммов магния содержалось в растворе?

### **ВАРИАНТ 8**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем 0,01 моль/л  $\text{FeCl}_3$  и 0,02 моль/л  $\text{NaCl}$ .
2. Вычислите: а) pH 0,01 М раствора  $\text{HCOOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ); б) концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и pH в 0,2 М растворе  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2 = 4,7 \cdot 10^{-11}$ ).
3. Вычислите ПР  $\text{CaCO}_3$ , если в 1 л насыщенного раствора его содержится  $6,9 \cdot 10^{-3}$  г.
4. Какая навеска сплава, содержащего около 15 % олова, требуется для определения этого элемента, если масса прокаленного осадка  $\text{SnO}_2$  должна быть 0,2 г?
5. Сколько мл 0,25 М раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  потребуется для осаждения ионов кальция из раствора, полученного при растворении в соляной кислоте 0,7 г карбоната кальция?
6. Из навески сплава алюминия массой 0,5618 г получен осадок оксида алюминия массой 0,1012 г. Найдите процентное содержания алюминия в сплаве.

### **ВАРИАНТ 9**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,05 моль/л  $\text{KNO}_3$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
2. Определите: а) концентрацию ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, pH которого равен 2,6; б) pH и степень диссоциации в 0,01 М растворе  $\text{HCN}$  ( $K_d = 7,9 \cdot 10^{-10}$ ).

3. ПР  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  равно  $6,8 \cdot 10^{-12}$ . Вычислите растворимость этой соли в г/л.

4. Как изменится растворимость  $\text{PbI}_2$  (ПР =  $8 \cdot 10^{-9}$ ) в 0,01 н.  $\text{NaI}$  по сравнению с растворимостью в чистой воде?

5. Сколько мл 0,5 н.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  потребуется для осаждения кальция из 0,3269 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ?

6. Из навески красного железняка массой 0,6582 г после растворения и осаждения железа было получено 0,5390 г прокаленного осадка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Сколько процентов железа содержится в образце?

### ***ВАРИАНТ 10***

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,01 моль/л  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

2. Вычислите: а) концентрацию раствора  $\text{HCOOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ), имеющего  $\text{pH} = 3,0$ ; б) концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSeO}_3^-$ ,  $\text{SeO}_3^{2-}$  и  $\text{pH}$  в 0,5 М растворе  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  ( $K_1 = 3,5 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_2 = 5 \cdot 10^{-8}$ ).

3. При выпаривании 200 мл насыщенного раствора сульфата свинца  $\text{PbSO}_4$  было получено 0,09 г сухой соли. Вычислите ПР  $\text{PbSO}_4$ .

4. Во сколько раз растворимость  $\text{BaCO}_3$  (ПР =  $7 \cdot 10^{-9}$ ) в воде больше растворимости в 0,05 н. хлориде бария?

5. Сколько мл 2,5 % раствора аммиака ( $\rho = 0,99$  г/мл) требуется для осаждения железа в виде гидроксида из навески 0,5263 г руды, содержащей 12 % железа?

6. Рассчитайте процентное содержание алюминия в алюмокалиевых квасцах  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , если из навески их 1,1819 г в результате анализа получено 0,1210 г оксида алюминия.

### ***ВАРИАНТ 11***

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,02 моль/л  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{CaCl}_2$ .

2. Определите: а) концентрацию ионов водорода и pH в 0,015 М растворе NaOH; б) константу диссоциации и pH в 0,1 М CH<sub>3</sub>COOH, если концентрация ионов водорода в этом растворе  $1,3 \cdot 10^{-3}$  моль/л.
3. Растворимость BaCO<sub>3</sub> при 20 °С равна  $1,78 \cdot 10^{-2}$  г/л. Вычислите ПР этой соли.
4. ПР CaSO<sub>4</sub> равна  $6 \cdot 10^{-5}$ . Как изменится растворимость этой соли в 0,1 н. растворе KCl по сравнению с чистой водой?
5. Какой объем 0,5 М раствора Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (плотность принять 1 г/мл) потребуется для осаждения магния в виде MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub> из 0,5 г сплава, содержащего 90 % магния?
6. Из 100 мл раствора NaBr бром осадил в виде AgBr. После высушивания и прокаливания масса осадка оказалась 0,2510 г. Вычислите массу NaBr в 1 л такого раствора.

### ***ВАРИАНТ 12***

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем 0,02 моль/л MgSO<sub>4</sub> и 0,03 моль/л Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
2. Вычислите: а) pH 0,02 М раствора HCOOH ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ); б) концентрации ионов H<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>AsO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HAsO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup> в 0,3 М растворе H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> ( $K_1 = 6 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_2 = 1 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_3 = 3 \cdot 10^{-12}$ ).
3. Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> равно  $1,3 \cdot 10^{-20}$ . Вычислите растворимость этой соли в моль/л и г/л.
4. Во сколько раз растворимость сульфата бария в воде больше растворимости в 0,1 н. растворе сульфата натрия? ПР BaSO<sub>4</sub> равно  $1,1 \cdot 10^{-10}$ . Решать с учетом ионной силы раствора.
5. Сколько мл 2,5 % раствора аммиака плотностью 0,99 г/мл требуется для осаждения железа в виде гидроксида из навески 0,2 г руды, содержащей 20 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?
6. Из навески препарата BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O получили 0,1820 г осадка BaSO<sub>4</sub>. Сколько весит осадок AgCl, полученный из такой же навески препарата?

### **ВАРИАНТ 13**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,05 моль/л  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
2. Определите: а) pH 0,05 % раствора азотной кислоты (плотность раствора принять = 1); б) концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSe}^-$ ,  $\text{Se}^{2-}$  и pH в 0,7 М растворе  $\text{H}_2\text{Se}$  ( $K_1 = 1,3 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_2 = 1 \cdot 10^{-11}$ ).
3. Вычислите ПР  $\text{CuSCN}$ , если в 100 мл воды растворяется  $8,4 \cdot 10^{-7}$  г этой соли.
4. ПР  $\text{CaSO}_4$  равно  $6,1 \cdot 10^{-5}$ . Вычислите растворимость этой соли в г/л с учетом ионной силы раствора.
5. Сколько мл 5 % раствора аммиака плотностью 0,98 г/мл требуется для осаждения железа и алюминия в виде гидроксидов из навески 1,5 г руды, содержащей около 14 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
6. Для определения серы в угле взяли навеску каменного угля массой 1,0150 г. После ее обработки получили прокаленный осадок сульфата бария массой 0,2895 г. Сколько процентов серы содержится в образце?

### **ВАРИАНТ 14**

1. Вычислите активности ионов в растворе, содержащем 0,01 моль/л  $\text{KCl}$  и 0,02 моль/л  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .
2. Вычислите: а) сколько граммов  $\text{KOH}$  содержится в 10 л раствора, pH которого 11; б) константу диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и pH в её 0,05 н. растворе, если степень диссоциации 1,9 %.
3. Сколько граммов  $\text{BaCrO}_4$  содержится в 200 мл насыщенного раствора этой соли, если её ПР =  $2,4 \cdot 10^{-10}$ ?
4. Какую навеску железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  нужно взять для определения в нем железа в виде  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , считая, что оптимальная масса осадка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  равна 0,2 г?
5. Сколько мл 0,1 М  $\text{BaCl}_2$  потребуется для осаждения серы в виде  $\text{BaSO}_4$  из навески 2,0 г каменного угля, содержащего около 4 % серы?

6. Вычислите процентное содержание серебра в навеске сплава массой 0,2466 г, если после соответствующей обработки её получено 0,2675 г AgCl.

### **ВАРИАНТ 15**

1. Вычислите активности ионов в растворе, содержащем 0,03 моль/л  $Al_2(SO_4)_3$ .

2. Определите: а) pH 0,01 % раствора NaOH (плотность раствора принять равной 1); б) степень диссоциации и pH в 0,01 н. растворе  $NH_4OH$  ( $K = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

3. Растворимость каломели  $Hg_2Cl_2$  при комнатной температуре равна  $2,2 \cdot 10^{-3}$  г/л. Вычислите ПР этой соли.

4. ПР  $CaCrO_4$  равно  $2 \cdot 10^{-9}$ . Как повлияет на растворимость этой соли присутствие в растворе KCl в концентрации 0,1 М?

5. Сколько мл HCl концентрацией 33,5 % ( $\rho = 1,17$  г/мл) потребуется для осаждения серебра в виде AgCl из 2,0 г сплава, содержащего 22 % серебра?

6. Рассчитайте процентное содержание железа в сплаве, если из навески сплава 0,6530 г в результате анализа получено 0,2118 г оксида железа (III).

### **ВАРИАНТ 16**

1. Вычислите активности ионов в растворе, содержащем 12 г/л  $Fe_2(SO_4)_3$ .

2. Определите: а) концентрацию ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе, pH которого равен 3,7; б) при какой молярной концентрации муравьиной кислоты ( $K = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ) степень диссоциации равна 0,005?

3. ПР  $Zn(OH)_2$  равно  $1,0 \cdot 10^{-17}$ . Определите концентрацию ионов цинка в г/л в насыщенном растворе.

4. Технический карбонат кальция содержит около 90 %  $CaCO_3$ . Какую навеску образца следует взять для получения 0,2 г осадка  $CaC_2O_4$ ?

5. Какой объем 0,1н. раствора нитрата серебра потребуется для осаждения хлора из 1 г смеси, содержащей одинаковое массовое количество  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  и NaCl?

6. Вычислите процентное содержание NaCl в техническом хлориде натрия, если из навески 0,3000 г получили осадок AgCl массой 0,6280 г.

### **ВАРИАНТ 17**

1. Вычислите активности ионов в растворе, 2 л которого содержат 21,2 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
2. Определите: а) pH и концентрацию ионов водорода в 0,025 М растворе NaOH; б) концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и pH в 0,2 М растворе  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2 = 4,7 \cdot 10^{-11}$ ).
3. Вычислите ПР сульфида висмута  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , если его растворимость  $1,7 \cdot 10^{-15}$  моль/л.
4. ПР  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  равно  $2 \cdot 10^{-9}$ . Во сколько раз растворимость этой соли в 0,01 М растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  меньше, чем в воде?
5. Какой объем 3,5 %-ного раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (плотность принять 1 г/мл) потребуется для осаждения кальция из навески 0,15 г апатита  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$ ?
6. Из навески алюминиевого сплава массой 0,4524 г получили осадок  $\text{Al}_2\text{O}_3$  массой 0,0984 г. Сколько процентов алюминия содержится в сплаве?

### **ВАРИАНТ 18**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем 3,28 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  в 200 мл раствора.
2. Вычислите: а) сколько граммов HCl содержится в 250 мл раствора, pH которого равен 2,8; б) концентрацию раствора HCOOH ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ), имеющего pH = 2,5.
3. ПР хромата серебра  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  равно  $1,1 \cdot 10^{-12}$ . Сколько граммов ионов  $\text{Ag}^+$  содержится в 200 мл насыщенного раствора?
4. Как повлияет на растворимость  $\text{CaCO}_3$  (ПР =  $4,8 \cdot 10^{-9}$ ) присутствие в растворе  $\text{KNO}_3$  в концентрации 0,05 М?
5. Вычислите массу  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  в растворе, если в результате анализа из него получено 0,3288 г прокаленного осадка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

6. Сколько мл 5 % раствора оксихинолина  $C_9H_6NOH$  ( $\rho = 1,07$  г/мл) потребуется для осаждения магния из 20 мл раствора, полученного при растворении 5 г доломита  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$  в 200 мл соляной кислоты?

### **ВАРИАНТ 19**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем 0,417 г  $BaCl_2$  в 125 мл раствора.

2. Определите: а) концентрацию ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе, рН которого равен 10,3; б) рН раствора, полученного при смешении 50 мл 0,5 М  $HCl$  и 49 мл 0,5 М  $NaOH$ .

3. Вычислите ПР фосфата цинка  $Zn_3(PO_4)_2$ , если в 100 мл насыщенного раствора этой соли содержится  $0,6 \cdot 10^{-5}$  г её.

4. Какую навеску сплава, содержащего около 10 % алюминия, следует взять для получения 0,3 г оксида алюминия?

5. Сколько мл 20 % раствора  $MgCl_2$  ( $\rho = 1,17$  г/мл) потребуется для осаждения фосфора в виде  $MgNH_4PO_4$  из навески 5,0 г фосфорита, содержащего около 25 %  $P_2O_5$ ?

6. Сколько процентов  $Al_2(SO_4)_3$  в образце технического сульфата алюминия, если из навески его массой 0,5278 г получили 0,1552 г оксида алюминия?

### **ВАРИАНТ 20**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в 0,01 М растворе  $AlCl_3$ , содержащем, кроме того, 0,04 моль/л  $HCl$ .

2. Определите: а) как изменится рН, если вдвое разбавить водой 0,2М раствор  $HCl$ ; б) степень диссоциации и рН в 0,01 н. растворе  $HNO_2$ , ( $K = 5,1 \cdot 10^{-4}$ ).

3. Определите ПР фторида кальция, если растворимость этой соли равна  $2 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

4. Во сколько раз растворимость  $BaSO_4$  (ПР =  $1,1 \cdot 10^{-10}$ ) в воде больше растворимости в 0,01 н. серной кислоте?

5. Сколько мл 0,25 М  $\text{BaCl}_2$  потребуется для осаждения серы в виде  $\text{BaSO}_4$  из навески 2,0 г руды, содержащей около 20 % серы?

6. Из навески 0,2350 г фосфорита получили 0,2711 г  $\text{CaSO}_4$  и 0,1693 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Вычислите процентное содержание  $\text{CaO}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  в фосфорите.

### **ВАРИАНТ 21**

1. Вычислите активности ионов в 0,02 М растворе  $\text{AlCl}_3$ , содержащем, кроме того, 0,025 моль  $\text{HCl}$ .

2. Вычислите: а) концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, рН которого равен 5,8; б) степень диссоциации и рН 0,01 М раствора  $\text{HCOOH}$ , ( $K = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ).

3. ПР  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  равно  $7 \cdot 10^{-5}$ . Вычислите растворимость этой соли в моль/л и г/л.

4. ПР  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  равно  $2 \cdot 10^{-9}$ . Во сколько раз растворимость этой соли в 0,05 М растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  меньше, чем в воде?

5. Сколько мл 2,5 % раствора аммиака плотностью 0,99 г/мл требуется для осаждения железа в виде гидроксида из навески 0,2 г руды, содержащей 20 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?

6. Для определения серы в угле взяли навеску угля массой 1,0150 г. После её обработки получили прокаленный осадок сульфата бария массой 0,2895 г.

Сколько процентов серы содержится в угле?

### **ВАРИАНТ 22**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем 0,01 моль/л  $\text{FeCl}_3$  и 0,02 моль/л  $\text{NaCl}$ .

2. Определите: а) концентрацию  $\text{NaOH}$  в растворе, рН которого равен 12,6; б) рН и степень диссоциации в 0,01М растворе  $\text{HCN}$  ( $K_d = 7,9 \cdot 10^{-10}$ ).

3. Растворимость  $\text{BaCO}_3$  при 20 °С равна  $1,78 \cdot 10^{-2}$  г/л. Вычислите ПР этой соли.

4. Во сколько раз растворимость сульфата бария в воде больше растворимости в 0,1 н. растворе сульфата натрия? ПР  $\text{BaSO}_4$  равно  $1,1 \cdot 10^{-10}$ .

5. Сколько мл 0,1 М  $\text{BaCl}_2$  потребуется для осаждения серы в виде  $\text{BaSO}_4$  из навески 2,0 г каменного угля, содержащего около 4 % серы?

6. Рассчитайте процентное содержание железа в сплаве, если из навески сплава 0,6530 г в результате анализа получено 0,2118 г оксида железа (III).

### **ВАРИАНТ 23**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,05 моль/л  $\text{KNO}_3$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

2. Вычислите: а) рН 0,01 М раствора  $\text{HCOOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ); б) концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и рН в 0,2 М растворе  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2 = 4,7 \cdot 10^{-11}$ ).

3. При выпаривании 200 мл насыщенного раствора сульфата свинца  $\text{PbSO}_4$  было получено 0,09 г сухой соли. Вычислите ПР  $\text{PbSO}_4$ .

4. ПР  $\text{CaSO}_4$  равно  $6,1 \cdot 10^{-5}$ . Вычислить растворимость этой соли в г/л с учетом ионной силы раствора.

5. Сколько мл  $\text{HCl}$  концентрацией 33,5 % ( $\rho = 1,17$  г/мл) потребуется для осаждения серебра в виде  $\text{AgCl}$  из 2,0 г сплава, содержащего 22 % серебра?

6. Вычислите процентное содержание серебра в навеске сплава массой 0,2466 г, если после соответствующей обработки её получено 0,2675 г  $\text{AgCl}$ .

### **ВАРИАНТ 24**

1. Рассчитайте активность ионов водорода в 0,05 М растворе  $\text{HCl}$ , содержащем, кроме того, 0,015 моль/л  $\text{NaCl}$ .

2. Определите: а) отношение концентраций ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  в растворе, рН которого равен 5,4; б) при какой концентрации степень диссоциации уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ) составляет 30 %? Определить рН этого раствора.

3. ПР  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  при 20 °С равно  $6,8 \cdot 10^{-12}$ . Вычислите растворимость этой соли в г/л.

4. Во сколько раз растворимость  $\text{BaCO}_3$  ( $\text{ПР} = 7 \cdot 10^{-9}$ ) в воде больше растворимости в 0,05 н. хлориде бария?
5. Сколько мл 2,5 % раствора аммиака плотностью 0,99 г/мл требуется для осаждения железа в виде гидроксида из навески 0,2 г руды, содержащей 20 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
6. Для определения серы в угле взяли навеску каменного угля массой 1,0150 г. После ее обработки получили прокаленный осадок сульфата бария массой 0,2895 г. Сколько процентов серы содержится в образце?

### **ВАРИАНТ 25**

1. Вычислите ионную силу и активности ионов в растворе, содержащем по 0,05 моль/л  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
2. Вычислите: а) pH 0,02 М раствора  $\text{HCOOH}$  ( $K_{\text{д}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ); б) концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$  в 0,3 М растворе  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  ( $K_1 = 6 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_2 = 1 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_3 = 3 \cdot 10^{-12}$ ).
3. Вычислите ПР  $\text{BaCrO}_4$ , если в 1 л насыщенного раствора его содержится  $6,5 \cdot 10^{-3}$  г.
4. 0,2 г осадка сульфата бария промыто 200 мл жидкости, приготовленной из 1 л воды и 0,5 л 0,4 н. раствора серной кислоты. Каковы потери от растворимости осадка в граммах и процентах, если ПР  $\text{BaSO}_4$  равно  $1,1 \cdot 10^{-10}$ ?
5. Какую навеску  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  следует взять для анализа с целью определения алюминия в виде  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , если минимальное количество весовой формы должно быть 0,1 г?
6. Из навески красного железняка массой 0,6582 г после растворения и осаждения железа было получено 0,5390 г прокаленного осадка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Сколько процентов железа содержится в образце?

### 3. Варианты задач для самостоятельной работы. Темы:

#### Титриметрические методы анализа.

##### **ВАРИАНТ 1**

1. К 550 мл 0,1925 н. раствора HCl прибавили 50,00 мл раствора HCl с титром 0,02370 г/мл. Вычислите нормальность и титр полученного раствора.
2. Сколько граммов фосфорной кислоты содержится в растворе, если на титрование его с фенолфталеином израсходовано 25,50 мл 0,2000 н. раствора гидроксида натрия?
3. Сколько граммов BaCl<sub>2</sub> содержится в 250 мл раствора, если после прибавления к 25,00 мл его 40,00 мл 0,1020 н. раствора AgNO<sub>3</sub> на обратное титрование израсходовано 15,00 мл 0,0980 н. раствора NH<sub>4</sub>SCN?
4. Навеску 2,0712 г технической буры растворили в мерной колбе на 100 мл. На титрование 20,00 мл этого раствора израсходовали 21,80 мл HCl ( $T_{\text{HCl/NaOH}} = 0,003974$  г/мл). Вычислите процентное содержание х.ч. Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O в образце.
5. Навеску 0,06895 г безводной H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> растворили в произвольном объеме воды. Полученный раствор полностью оттитровали раствором KMnO<sub>4</sub>, которого потребовалось 30,82 мл. Определите нормальность KMnO<sub>4</sub>.
6. К 100 мл подкисленного раствора бихромата калия прибавили 160,0 мл 0,050 н. раствора соли Мора. На титрование остатка соли Мора пошло 82,00 мл 0,04 н. раствора перманганата калия. Определите титр раствора бихромата калия.

##### **ВАРИАНТ 2**

1. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37,23% ( $\rho = 1,19$  г/мл) необходимо для приготовления 2,5 л 0,1 н. раствора?
2. После соответствующей обработки 3,0340 г стекла перевели в раствор и объём раствора довели водой до 100 мл. 20,00 мл этого раствора оттитровали 7,06 мл 0,005000 М раствора комплексона III. Определите процентное содержание железа в стекле.

3. Сколько граммов хлора содержит раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , если на титрование его затрачено 30,00 мл раствора  $\text{AgNO}_3$ , титр которого по хлору равен 0,003512 г/мл?
4. Навеску  $\text{CaCO}_3$  обработали 50,00 мл 0,2000 н. раствора  $\text{HCl}$ . На титрование остатка  $\text{HCl}$  израсходовано 10,00 мл раствора  $\text{NaOH}$ . Известно, что на титрование 25,00 мл  $\text{HCl}$  расходуется 24,00 мл  $\text{NaOH}$ . Вычислить массу навески  $\text{CaCO}_3$ .
5. Навеску железной проволоки растворили в серной кислоте. На титрование полученного раствора пошло 30,0мл 0,10 н. раствора перманганата калия. Найдите массу навески проволоки.
6. Навеску 0,1578 г  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  растворили в произвольном объеме воды и обработали 50,00мл раствора йода, избыток которого оттитровали 25,40 мл раствора тиосульфата натрия. Сколько процентов  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  содержалось в образце, если титр раствора йода равен 0,01245 г/мл, а титр  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  - 0,02502 г/мл?

### ***ВАРИАНТ 3***

1. Сколько мл воды надо добавить к 1 л 0,5300 н.  $\text{HCl}$ , чтобы получить 0,5000 н. раствор?
2. Какую навеску х.ч. безводной соды нужно взять, чтобы на её титрование до  $\text{CO}_2$  израсходовать 20 мл 0,1 н.  $\text{HCl}$ ?
3. Для осаждения всего хлора, содержащегося в 15,00 мл раствора  $\text{NaCl}$ , израсходовано 25,00 мл 0,1050 н. раствора  $\text{AgNO}_3$ . Сколько граммов  $\text{NaCl}$  содержит 1 л этого раствора?
4. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в растворе, если на титрование этого раствора с фенолфталеином израсходовано 21,40 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,002789 г/мл?
5. Навеску 0,1180 г бихромата калия в кислой среде обработали йодидом калия, и выделившийся йод оттитровали раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , которого потребовалось 23,80 мл. Определите титр раствора тиосульфата натрия.

6. Навеску 3,9050 г сульфида натрия растворили в мерной колбе на 500 мл. К 20,0 мл полученного раствора добавили 40,0 мл 0,1868 н. раствора йода. На титрование избытка йода израсходовали 41,25 мл 0,0952 н. раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Сколько процентов  $\text{Na}_2\text{S}$  содержится в образце?

#### **ВАРИАНТ 4**

1. Для приготовления 500 мл раствора было взято 20,00 мл соляной кислоты концентрацией 37,23 % ( $\rho = 1,19 \text{ г/мл}$ ). Вычислите нормальность полученного раствора.

2. Определите нормальность и титр раствора  $\text{KOH}$ , если на титрование навески 0,1495 г  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ , растворенной в произвольном объеме воды, израсходовано 25,20 мл его.

3. Навеску 1,5200 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 250 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовано 19,85 мл раствора комплексона III. Вычислите титр комплексона III.

4. К навеске 0,6724 г технического карбоната кальция добавили 29,87 мл 0,6214 н. серной кислоты и избыток ее оттитровали 10,27 мл 0,6068 н.  $\text{NaOH}$ . Вычислите содержание  $\text{CaCO}_3$  в образце.

5. Навеску  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 500 мл. На титрование 25,00 мл полученного раствора израсходовано 30,25 мл раствора, содержащего 1,5800 г/л  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитайте массу навески.

6. Навеску 0,1510 г технического хлората калия растворили в произвольном объеме воды и добавили 100 мл 0,09852 н. раствора оксалата натрия, избыток которого оттитрован 46,60 мл 0,05320 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитать процентное содержание  $\text{KClO}_3$  в образце.

#### **ВАРИАНТ 5**

1. Сколько мл азотной кислоты концентрацией 65,30 % ( $\rho = 1,40 \text{ г/мл}$ ) необходимо для приготовления 5 л 0,1н. раствора?

2. Определите процентное содержание марганца в сплаве, если после растворения 0,2062 г сплава и маскировки мешающих элементов марганец оттитрован 15,42 мл 0,05000 М раствора комплексона III.
3. Навеска  $K_2SO_4$  0,3510 г растворена в мерной колбе на 200 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовано 21,08 мл  $Pb(NO_3)_2$ . Вычислите нормальность и титр раствора нитрата свинца.
4. Пробу соли аммония массой 1,0000 г обработали концентрированным раствором щелочи. Выделившийся аммиак был поглощен 50,00 мл 1,0720 н.  $HCl$ . Избыток кислоты был оттитрован 25,40 мл раствора  $NaOH$  с титром 0,004120 г/мл. Вычислите процентное содержание  $NH_3$  в образце.
5. Серу из навески 0,1906 г угля перевели в  $SO_2$ , который уловили раствором крахмала и оттитровали 20,45 мл 0,02088 н. раствором йода. Рассчитайте процентное содержание серы в угле.
6. После растворения 1,0500 г стали, хром был окислен до  $CrO_4^{2-}$ . К раствору прибавили 25,00 мл раствора соли Мора. Избыток  $Fe^{2+}$  оттитровали 8,10 мл раствора  $KMnO_4$  с титром по хрому 0,0051 г/мл. 25 мл раствора соли Мора эквивалентны 24,1 мл раствора  $KMnO_4$ . Рассчитайте процентное содержание хрома в стали.

### **ВАРИАНТ 6**

1. Сколько граммов щелочи, содержащей 98 %  $NaOH$  и 2 % индифферентных примесей необходимо для приготовления 200 мл 0,1 н. раствора?
2. Определите  $T(кон/p_2O_5)$  раствора едкого кали, который используется при определении  $P_2O_5$  в суперфосфате ( $H_3PO_4$  титруется до  $KH_2PO_4$ ), если на титрование 18,00 мл 0,1 н.  $HCl$  израсходовано 19,32 мл  $KOH$ .
3. Сколько магния содержится в 1 л раствора, если на титрование 20,00 мл этого раствора израсходовано 5,65 мл 0,1046 н. раствора комплексона III?
4. Навеску 0,1032 г карбоната натрия обработали 50,00 мл 0,09496 н.  $HCl$ , избыток кислоты оттитровали 24,80 мл 0,1298 н.  $NaOH$ . Вычислите процентное содержание примесей в образце.

5. Железо в навеске 0,5000 г руды восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и оттитровали 35,15 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 15 мл которого по окисляющей способности эквивалентны 25,0 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром по железу 0,00475 г/мл. Рассчитайте процентное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в руде.

6. Рассчитайте процентное содержание меди в руде, если из навески руды 0,5127 г руды медь была переведена в раствор в виде  $\text{Cu}^{2+}$ . После добавления к полученному раствору йодида калия, выделившийся йод оттитровали 14,12 мл раствора тиосульфата натрия с титром по меди 0,0065 г/мл.

### ***ВАРИАНТ 7***

1. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37,23 % ( $\rho = 1,19$  г/мл) необходимо разбавить до 1500 мл, чтобы получить 0,2000 н. раствор?

2. Определите процентное содержание магния в сплаве, если после растворения 0,5000 г сплава и удаления мешающих элементов объём раствора довели 100,0 мл и 20,00 мл его оттитровали 12,06 мл 0,01000 М раствора комплексона III.

3. На титрование 0,2814 г буры было израсходовано 12,30 мл соляной кислоты. Вычислите нормальность и титр раствора  $\text{HCl}$ .

4. К 0,2266 г хлорида прилили 30,00 мл 0,1121 н.  $\text{AgNO}_3$ , избыток которого оттитровали 15,00 мл 0,1158 н.  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Вычислите процентное содержание хлора в веществе.

5. Железо в навеске 0,5000 г руды восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и оттитровали 35,15 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 15 мл которого по окисляющей способности эквивалентны 25,0 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром по железу 0,00475 г/мл. Рассчитайте процентное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в руде.

6. К раствору, содержащему 0,3020 г технического хлората калия, прилили 100 мл 0,1478 н.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , избыток которого оттитровали 49,23 мл 0,0519 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Вычислите процентное содержание  $\text{KClO}_3$  в образце.

### **ВАРИАНТ 8**

1. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37,23 % ( $\rho = 1,19$  г/мл) необходимо взять для приготовления 1,5 л 0,05 н. раствора?
2. Сколько граммов гидроксида бария содержится в растворе, если на нейтрализацию его расходуется 20,00 мл 0,1245 н. соляной кислоты?
3. Вычислите нормальность раствора серной кислоты, если к 10 мл его добавили избыток  $\text{BaCl}_2$  и масса полученного осадка после прокаливании равна 0,2762 г.
4. Сколько граммов  $\text{BaCl}_2$  содержится в 250 мл раствора, если после прибавления к 25,00 мл этого раствора 40,00 мл 0,1020 н.  $\text{AgNO}_3$  на обратное титрование избытка  $\text{AgNO}_3$  израсходовано 15,00 мл 0,09800 н.  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ?
5. Сколько граммов  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  содержится в 500 мл раствора, если на титрование 25,00 мл его в кислой среде расходуется 30,25 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с концентрацией 1,58 г/л?
6. Навеску технического  $\text{FeCl}_3$  4,8934 г растворили в мерной колбе на 250 мл. К 25,00 мл этого раствора в кислой среде добавили избыток йодида калия. Выделившийся йод оттитровали 32,10 мл 0,0932 н. раствора тиосульфата натрия. Определите процентное содержание  $\text{FeCl}_3$  в образце.

### **ВАРИАНТ 9**

1. Сколько мл серной кислоты концентрацией 96 % ( $\rho = 1,84$  г/мл) необходимо взять для приготовления 2,5 л 0,25 н. раствора?
2. Сколько граммов КОН содержит навеска технического едкого кали, если при растворении его в мерной колбе на 250 мл на титрование 25,00 мл полученного раствора расходуется 22,40 мл 0,0950 н. раствора соляной кислоты?
3. Какую навеску щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  нужно взять, чтобы на её титрование израсходовать 20 мл 0,1 н.  $\text{NaOH}$ ?
4. В мерной колбе на 250 мл растворили 2,0025 г технического  $\text{KBr}$ . К 25,00 мл полученного раствора прибавили 50,00 мл 0,05560 н.  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ . На

титрование избытка  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  израсходовали 25,02 мл раствора  $\text{NaCl}$  с титром 0,002922 г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{KBr}$  в образце.

5. Навеску 3,3467 г технического сульфита натрия растворили в мерной колбе на 1000 мл. На титрование 20,00 мл 0,0514 н. раствора йода израсходовали 23,15 мл полученного раствора. Определите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в образце.

6. Железо из навески руды 1,7950 г перевели в виде  $\text{Fe}^{2+}$  в раствор, объём которого 250,0 мл. На титрование 20,00 мл этого раствора израсходовали 18,75 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с титром 0,002857 г/мл. Вычислите процентное содержание железа в руде.

### ***ВАРИАНТ 10***

1. Рассчитайте нормальность и титр 36,5 % раствора соляной кислоты ( $\rho = 1,18$  г/мл).

2. На титрование раствора, полученного из 0,5120 г х.ч. буры, расходуется 26,32 мл раствора  $\text{HCl}$ . Вычислите титр и нормальность раствора кислоты.

3. Вычислите число граммов  $\text{N}_2\text{O}_5$  в 1 л раствора  $\text{HNO}_3$ , если на титрование 20,00 мл кислоты израсходовано 21,12 мл 0,1120 н.  $\text{NaOH}$ .

4. Определите нормальность и титр раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , если после прибавления к 20,00 мл его 20,00 мл 0,09940 М раствора комплексона III на обратное титрование последнего израсходовано 15,24 мл 0,1036 н.  $\text{ZnCl}_2$ .

5. На титрование раствора, полученного растворением навески 0,1522 г  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в произвольном объёме воды, расходуется 24,68 мл раствора перманганата калия. Определите нормальность раствора  $\text{KMnO}_4$ .

6. К раствору  $\text{KClO}_3$  добавили 25,00 мл 0,12 н. раствора  $\text{FeSO}_4$ , избыток которого оттитрован 5,00 мл 0,11 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Сколько граммов  $\text{KClO}_3$  содержалось в растворе?

### ***ВАРИАНТ 11***

1. В 500 мл раствора содержится 2,6578 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Рассчитайте титр, титр по соляной кислоте и нормальность этого раствора при нейтрализации до  $\text{CO}_2$ .
2. Навеску неизвестной щелочи массой 2,0000 г растворили в мерной колбе ёмкостью 100 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора израсходовали 20,00 мл 0,4455 н.  $\text{HCl}$ . Определите, что входило в состав анализируемого вещества:  $\text{KOH}$  или  $\text{NaOH}$ .
3. Сколько граммов фосфорной кислоты содержится в растворе, если на титрование его с метиловым оранжевым израсходовано 25,50 мл 0,2000 н. раствора гидроксида натрия?
4. Сколько граммов сульфата натрия содержится в пробе, если после прибавления 20,00 мл 0,06315 М  $\text{BaCl}_2$ , избыток его оттитрован 15,64 мл 0,04640 М комплексона III?
5. Железо из навески руды 0,2240 г после соответствующей обработки восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и полученный раствор оттитровали 0,100 н. раствором  $\text{KMnO}_4$ , которого потребовалось 20,00 мл. Определите процентное содержание железа в руде.
6. К 25,00 мл подкисленного раствора бихромата калия прибавили 40,00 мл 0,0500 н. раствора соли Мора. На титрование остатка соли Мора пошло 20,500 мл 0,0400 н. раствора перманганата калия. Определите нормальность раствора бихромата калия.

### ***ВАРИАНТ 12***

1. Сколько мл 10 %-ного раствора  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,047$  г/мл) нужно прибавить к 50 мл 37,32 % раствора ( $\rho = 1,19$  г/мл), чтобы получился 25 %-ный раствор?
2. Определите процентное содержание магния в соли, если после растворения навески этой соли массой 0,2000 г в мерной колбе на 100 мл на титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовано 20,25 мл 0,02500 М раствора комплексона III.

3. Сколько мл 0,1000 н.  $\text{AgNO}_3$  потребуется на титрование 12,00 мл раствора, содержащего 6,50 г/л  $\text{KCl}$ ?
4. Сколько граммов  $\text{K}_2\text{CO}_3$  содержит навеска образца, если на титрование её с фенолфталеином израсходовано 22,40 мл 0,09500 н. раствора  $\text{HCl}$ ?
5. Навеску 1,2540 г х.ч.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 200 мл. На титрование 20,00 мл этого раствора расходуется 22,40 мл раствора перманганата калия. Определите нормальность  $\text{KMnO}_4$ .
6. Навеску 0,1623 г образца, содержащего  $\text{MnO}_2$ , обработали 50,00 мл 0,1000 н. раствора  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , и избыток её оттитровали 25,00 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  (1 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  эквивалентен 1,035 мл раствора  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ). Рассчитайте процентное содержание  $\text{MnO}_2$  в образце.

### ***ВАРИАНТ 13***

1. Найдите титр гидроксида калия по серной кислоте, если  $T_{\text{кон}} = 0,005727$  г/мл.
2. На титрование раствора, полученного из навески 0,1370 г щавелевой кислоты, израсходовано 22,21 мл 0,09840 н. раствора  $\text{NaOH}$ . Сколько молекул кристаллизационной воды содержала кислота?
3. Какую навеску х.ч. безводной соды нужно взять, чтобы на её титрование, израсходовать 20 мл 0,1 М серной кислоты?
4. При титровании 25,00 мл раствора, содержащего  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , с фенолфталеином израсходовано 24,46 мл 0,1200 н. раствора серной кислоты. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в 250 мл раствора?
5. На титрование раствора х.ч.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  расходуется 24,68 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром 0,003092 г/мл. Сколько граммов  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  содержится в растворе?
6. К раствору, содержащему 1,5239 г технического  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , прибавили 100 мл 0,100 н. раствора йода. На титрование избытка йода израсходовали 40,00

мл раствора, в 200,0 мл которого содержится 2,4820 г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  в образце.

#### **ВАРИАНТ 14**

1. Имеется 0,1046 н. раствор  $\text{HCl}$ . Определите его молярность, титр и титр по оксиду кальция.
2. До какого объема нужно довести раствор, в котором содержится 1,530 г  $\text{NaOH}$ , чтобы на титрование 20,00 мл этого раствора израсходовалось 14,70 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,003800 г/мл?
3. Навеску 0,7590 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 200 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовано 22,60 мл раствора комплексона III. Вычислите нормальность раствора комплексона III.
4. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в растворе, если на титрование этого раствора с фенолфталеином израсходовано 22,50 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,003134 г/мл?
5. Навеску 0,7120 г х.ч.  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 200 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора расходуется 18,90 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ . Определите титр раствора  $\text{KMnO}_4$ .
6. К подкисленному раствору йодида калия прибавили 20,00 мл 0,1133 н. Раствора перманганата калия и выделившийся йод оттитровали 25,90 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте нормальность  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

#### **ВАРИАНТ 15**

1. Имеется 0,1046 н. раствор  $\text{HCl}$ . Определите его молярность, титр и титр по оксиду кальция.
2. Сколько мл 20 % раствора  $\text{HCl}$  ( $d = 1,098$  г/мл) нужно взять для приготовления 5 л 0,1 н. раствора?
3. Сколько мл 0,0500 н.  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  потребуется на титрование 0,2734 г образца, содержащего 28,0 % хлора?
4. Пробу соли аммония массой 0,9800 г обработали концентрированным раствором щелочи. Выделившийся аммиак был поглощен 50,00 мл 1,0200 н.

HCl. Избыток кислоты был оттитрован 24,50 мл раствора NaOH с титром 0,004080 г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{NH}_3$  в образце.

5. Сколько мл 0,1000 н. раствора  $\text{KMnO}_4$  пойдет на титрование раствора, содержащего 0,3036 г  $\text{FeSO}_4$ ?

6. Навеску бихромата калия растворили в произвольном объеме и добавили избыток йодида калия. На титрование выделившегося йода израсходовали 32,45 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  с титром по йоду 0,01270 г/мл. Рассчитайте массу навески бихромата.

### **ВАРИАНТ 16**

1. В 500 мл раствора содержится 2,6578 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Рассчитайте титр, титр по соляной кислоте и нормальность этого раствора при нейтрализации до  $\text{NaHCO}_3$ .

2. На титрование раствора, содержащего 3,1580 г технического KOH, израсходовано 27,45 мл раствора HCl ( $T(\text{HCl}/\text{NaOH}) = 0,07862$  г/мл). Вычислите процентное содержание KOH в образце.

3. На титрование 20,00 мл  $\text{NiCl}_2$  израсходовано 21,22 мл 0,02065 М раствора комплексона III. Определите концентрацию соли никеля в растворе в г/л.

4. Сколько граммов  $\text{BaCl}_2$  содержится в 500 мл раствора, если после прибавления к 20,00 мл его 40,00 мл 0,0950 н. раствора  $\text{AgNO}_3$  на обратное титрование израсходовано 15,60 мл 0,1010 н. раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ?

5. Сколько процентов железа содержит железная проволока, если при растворении 0,1400г её в серной кислоте без доступа воздуха на титрование полученного раствора  $\text{FeSO}_4$  израсходовано 24,85 мл 0,100 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ ?

6. К 40,00 мл раствора перманганата калия с титром по железу 0,0050 г/мл добавили йодид калия, и выделившийся йод оттитровали 35,90 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Рассчитайте титр раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

### ***ВАРИАНТ 17***

1. Сколько воды нужно прибавить к 200 мл 46 %-ного раствора  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,285$  г/мл), чтобы превратить его в 10 %-ный?
2. Какую навеску цинковой руды, содержащей около 15 % цинка, следует взять для анализа, чтобы после растворения и отделения мешающих примесей, на титрование цинка в ней расходовалось 20 мл 0,1 М раствора комплексона III?
3. Навеску 2,4080 г технического  $\text{NaCl}$  растворили в мерной колбе на 500 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора израсходовали 20,35 мл 0,09860 н.  $\text{AgNO}_3$ . Вычислите процентное содержание хлора в исходной соли.
4. Навеску 0,1012 г карбоната натрия обработали 50,00 мл 0,09896 н.  $\text{HCl}$ , избыток кислоты оттитровали 25,10 мл 0,1250 н.  $\text{NaOH}$ . Вычислите процентное содержание примесей в образце.
5. Навеску 1,2510 г х.ч.  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 250 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора расходуется 21,20 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ . Определите титр раствора  $\text{KMnO}_4$ .
6. К 25,00 мл сероводородной воды прибавили 50,00 мл раствора йода, избыток которого оттитровали 11,00 мл 0,0204 н. раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Сколько граммов  $\text{H}_2\text{S}$  содержится в 1 л сероводородной воды, если концентрация раствора йода равна 0,01926 н.?

### ***ВАРИАНТ 18***

1. Сколько мл раствора 1 н.  $\text{HCl}$  надо прибавить к 500 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром по  $\text{CaO}$  0,008400 г/мл, чтобы получить раствор с титром по  $\text{CaO}$ , равным 0,009000 г/мл?
2. Сколько процентов  $\text{HNO}_3$  содержит концентрированная азотная кислота, если после растворения 9,7770 г её в мерной колбе ёмкостью 1 л на титрование 25,00 мл 0,1040 н. раствора  $\text{NaOH}$  израсходовано 25,45 мл полученного раствора  $\text{HNO}_3$ ?

3. На титрование раствора, полученного из 0,2122 г серебряного сплава, израсходовали 32,40 мл 0,05100 н. KSCN. Вычислите процентное содержание серебра в сплаве.
4. Сколько граммов BaCl<sub>2</sub> содержится в 200 мл раствора, если после прибавления к 20,00 мл этого раствора 40,00 мл 0,09965 н. AgNO<sub>3</sub> на обратное титрование избытка AgNO<sub>3</sub> израсходовано 14,67 мл 0,09733 н. NH<sub>4</sub>SCN?
5. К навеске 0,2308 г бихромата калия в кислой среде добавили йодид калия, и выделившийся йод оттитровали 23,74 мл раствора тиосульфата натрия. Рассчитайте титр Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O.
6. После растворения 1,0500 г стали, хром был окислен до CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. К раствору прибавили 25,00 мл раствора соли Мора. Избыток Fe<sup>2+</sup> оттитровали 8,10 мл раствора KMnO<sub>4</sub> с титром по хрому 0,0051 г/мл. 25 мл раствора соли Мора эквивалентны 24,1 мл раствора KMnO<sub>4</sub>. Рассчитайте процентное содержание хрома в стали.

### **ВАРИАНТ 19**

1. Сколько мл серной кислоты концентрацией 93,55 % ( $\rho = 1,835$  г/мл) необходимо взять для приготовления 2,0 л 0,25 н. раствора?
2. Навеску 0,6000 г H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O растворили в мерной колбе емкостью 100 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовали 18,34 мл раствора NaOH. Определите нормальность раствора NaOH и его титр по H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.
3. Навеску 6,7000 г технического BaCl<sub>2</sub> растворили в мерной колбе на 1000 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора израсходовали 28,95 мл раствора AgNO<sub>3</sub> с титром 0,008048 г/мл. Вычислите процентное содержание хлора в исходной соли.
4. Определите нормальность и титр раствора Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, если после прибавления к 25,00 мл его 25,00 мл 0,10079 М раствора комплексона III на обратное титрование последнего израсходовано 14,78 мл 0,1005 н. ZnCl<sub>2</sub>.

5. Навеску  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 500 мл. На титрование 25,00 мл полученного раствора израсходовано 30,25 мл раствора, содержащего 1,5800 г/л  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитайте массу навески.

6. К 100 мл подкисленного раствора бихромата калия прибавили 160,0 мл 0,050 н. раствора соли Мора. На титрование остатка соли Мора пошло 82,00 мл 0,04 н. раствора перманганата калия. Определите титр раствора бихромата калия.

### **ВАРИАНТ 20**

1. Найдите титр раствора гидроксида калия по серной кислоте, если  $T_{\text{кон}} = 0,005727$  г/мл.

2. Сколько мл раствора  $\text{KOH}$ , титр которого равен 0,01111 г/мл, потребуется для нейтрализации 25 мл раствора  $\text{HCl}$ , имеющего титр 0,007777 г/мл?

3. Определите концентрацию (в г/л) раствора  $\text{MnCl}_2$ , если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл 0,6905 М комплексона III.

4. В мерной колбе на 250 мл растворили 2,9565 г технического  $\text{KBr}$ . К 25,00 мл полученного раствора прибавили 50,00 мл 0,06510 н.  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ . На титрование избытка  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  израсходовали 23,00 мл раствора  $\text{NaCl}$  с титром 0,003011 г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{KBr}$  в образце.

5. Навеску 3,3467 г технического сульфита натрия растворили в мерной колбе на 1000 мл. На титрование 20,00 мл 0,0514 н. раствора йода израсходовали 23,15 мл полученного раствора. Определите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в образце.

6. К раствору  $\text{KClO}_3$  добавили 25,00 мл 0,12 н. раствора  $\text{FeSO}_4$ , избыток которого оттитрован 5,00 мл 0,11 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Сколько граммов  $\text{KClO}_3$  содержалось в растворе?

### **ВАРИАНТ 21**

1. К 550 мл 0,1925 н. раствора  $\text{HCl}$  прибавили 50,00 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,02370 г/мл. Вычислите нормальность и титр полученного раствора.

2. Навеску 2,0712 г технической буры растворили в мерной колбе на 100 мл. На титрование 20,00 мл этого раствора израсходовали 21,80 мл HCl ( $T_{\text{HCl}/\text{NaOH}} = 0,003974$  г/мл). Вычислите процентное содержание х.ч.  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  в образце.
3. Сколько граммов фосфорной кислоты содержится в растворе, если на титрование его с метиловым оранжевым израсходовано 25,50 мл 0,2000 н. раствора гидроксида натрия?
4. Сколько мл 0,1000 н.  $\text{AgNO}_3$  потребуется на титрование 12,00 мл раствора, содержащего 6,50 г/л KCl?
5. Железо в навеске 0,5000 г руды восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и оттитровали 35,15 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 15 мл которого по окисляющей способности эквивалентны 25,0 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром по железу 0,00475 г/мл. Рассчитайте процентное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в руде.
6. К раствору, содержащему 0,3020 г технического хлората калия, прилили 150 мл 0,1478 н.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , избыток которого оттитровали 49,23 мл 0,1519 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Вычислите процентное содержание  $\text{KClO}_3$  в образце.

### ***ВАРИАНТ 22***

1. К 550 мл 0,1925 н. раствора HCl прибавили 50,00 мл раствора HCl с титром 0,02370 г/мл. Вычислите нормальность и титр полученного раствора.
2. После соответствующей обработки 3,0340 г стекла перевели в раствор и объём раствора довели водой до 100 мл. 20,00 мл этого раствора оттитровали 7,06 мл 0,00500 М раствора комплексона III. Определите процентное содержание железа в стекле.
3. Для осаждения всего хлора, содержащегося в 15,00 мл раствора NaCl, израсходовано 25,00 мл 0,1050 н. раствора  $\text{AgNO}_3$ . Сколько граммов NaCl содержит 1 л этого раствора?
4. К навеске 0,6724 г технического карбоната кальция добавили 29,87 мл 0,6214 н. серной кислоты и избыток ее оттитровали 10,27 мл 0,6068 н. NaOH. Вычислите процентное содержание  $\text{CaCO}_3$  в образце.

5. Железо в навеске 0,5000 г руды восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и оттитровали 35,15 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , 15 мл которого по окисляющей способности эквивалентны 25,0 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром по железу 0,00475 г/мл. Рассчитайте процентное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в руде.

6. К раствору, содержащему 0,3020 г технического хлората калия, прилили 100 мл 0,1478 н.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , избыток которого оттитровали 49,23 мл 0,0519 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ . Вычислите процентное содержание  $\text{KClO}_3$  в образце.

### **ВАРИАНТ 23**

1. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37,23 % ( $\rho = 1,19$  г/мл) необходимо взять для приготовления 1,5 л 0,05 н. раствора?

2. Сколько граммов фосфорной кислоты содержится в растворе, если на титрование его с фенолфталеином израсходовано 25,50 мл 0,2000 н. раствора гидроксида натрия?

3. Сколько граммов хлора содержит раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , если на титрование его затрачено 30,00 мл раствора  $\text{AgNO}_3$ , титр которого по хлору равен 0,003512 г/мл?

4. Пробу соли аммония массой 1,0000 г обработали концентрированным раствором щелочи. Выделившийся аммиак был поглощен 50,00 мл 1,0720 н.  $\text{HCl}$ . Избыток кислоты был оттитрован 25,40 мл раствора  $\text{NaOH}$  с титром 0,004120 г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{NH}_3$  в образце.

5. Сколько граммов  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  содержится в 500 мл раствора, если на титрование 25,00 мл его в кислой среде расходуется 30,25 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с концентрацией 1,58 г/л?

6. Рассчитайте процентное содержание меди в руде, если из навески руды 0,5127 г руды медь была переведена в раствор в виде  $\text{Cu}^{2+}$ . После добавления к полученному раствору йодида калия, выделившийся йод оттитровали 14,12 мл раствора тиосульфата натрия с титром по меди 0,0065 г/мл.

### **ВАРИАНТ 24**

1. В 500 мл раствора содержится 2,6578 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Рассчитайте титр, титр по соляной кислоте и нормальность этого раствора при нейтрализации до  $\text{CO}_2$ .
2. Определите процентное содержание магния в соли, если после растворения навески этой соли массой 0,2000 г в мерной колбе на 100 мл на титрование 20,00 мл полученного раствора израсходовано 20,25 мл 0,02500 М раствора комплексона III.
3. Какую навеску х.ч. безводной соды нужно взять, чтобы на её титрование, израсходовать 20 мл 0,1 М серной кислоты?
4. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в растворе, если на титрование этого раствора с фенолфталеином израсходовано 22,50 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,003134 г/мл?
5. Сколько процентов железа содержит железная проволока, если при растворении 0,1400 г её в серной кислоте без доступа воздуха на титрование полученного раствора  $\text{FeSO}_4$  израсходовано 24,85 мл 0,100 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ ?
6. К 25,00 мл сероводородной воды прибавили 50,00 мл раствора йода, избыток которого оттитровали 11,00 мл 0,0204 н. раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Сколько граммов  $\text{H}_2\text{S}$  содержится в 1 л сероводородной воды, если концентрация раствора йода равна 0,01926 н.?

### **ВАРИАНТ 25**

1. Сколько мл соляной кислоты концентрацией 37,23 % ( $\rho = 1,19\text{г/мл}$ ) необходимо для приготовления 2,5 л 0,1 н. раствора?
2. Определите нормальность и титр раствора  $\text{KOH}$ , если на титрование навески 0,1495 г  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ , растворенной в произвольном объеме воды, израсходовано 25,20 мл его.
3. Сколько магния содержится в 1 л раствора, если на титрование 20,00 мл этого раствора израсходовано 5,65 мл 0,1046 н. раствора комплексона III?

4. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в растворе, если на титрование этого раствора с фенолфталеином израсходовано 21,40 мл раствора  $\text{HCl}$  с титром 0,002789 г/мл?

5. Навеску 1,2540 г х.ч.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе на 200 мл. На титрование 20,00 мл этого раствора расходуется 22,40 мл раствора перманганата калия. Определите нормальность  $\text{KMnO}_4$ .

6. После растворения 1,0500 г стали, хром был окислен до  $\text{CrO}_4^{2-}$ . К раствору прибавили 25,00 мл раствора соли Мора. Избыток  $\text{Fe}^{2+}$  оттитровали 8,10 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром по хрому 0,0051 г/мл. 25 мл раствора соли Мора эквивалентны 24,1 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитайте процентное содержание хрома в стали.

#### 4. Примеры решения задач по физико-химическим методам анализа

**Пример 1.** Ток, проходя через раствор кислоты, выделяет за 6 мин  $120 \text{ см}^3$  водорода, измеренных при  $17^\circ\text{C}$  под давлением 98 910 Па. Рассчитайте силу тока.

**Решение.**

Вычисляем массу выделавшегося водорода по уравнению Д. И. Менделеева.

$$m(\text{H}_2) = \frac{M(\text{H}_2) \cdot P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{2.016 \cdot 98910 \cdot 0.12 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot 290} = 9.924 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

Силу тока определяем по формуле:

$$I = \frac{F \cdot m(\text{H}_2)}{M_{\text{э}} \cdot \tau}$$
$$I = \frac{9,924 \cdot 10^{-3} \cdot 9,65 \cdot 10^4}{1,008 \cdot 360} = 2,64 \text{ А.}$$

Ответ:  $I = 2,64 \text{ А}$ .

**Пример 2.** При силе тока 0,2 А за 50 мин из навески сплава 1,8356 г на катоде выделяется медь, а на аноде – свинец в виде  $\text{PbO}_2$ . Определить содержание меди и свинца в сплаве (масс. доли, %).

### Решение.

Определяем количество пропущенного электричества:

$$Q = I \cdot \tau = 0.2 \cdot 50 \cdot 60 = 600 \text{ Кл}$$

Из пропорции находим массу и массовую долю выделившейся меди, предварительно рассчитав эквивалентную массу:

$$M_{\text{э}}(\text{Cu}) = \frac{M(\text{Cu})}{n} = \frac{63,54}{2} = 31,77$$

$$m(\text{Cu}) = \frac{31,77 \cdot 600}{9,65 \cdot 10^4} = 0,1976 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{0,1976}{1,8356} \cdot 100 = 10,76\%;$$

Рассчитываем эквивалентную массу оксида свинца:

$$\text{Э}_{\text{PbO}_2} = \frac{M_{\text{PbO}_2}}{n} = \frac{239,2}{2} = 119,6;$$

По аналогичной формуле находим массу выделившегося  $\text{PbO}_2$ :

$$m(\text{PbO}_2) = \frac{\text{Э}_{\text{PbO}_2} \cdot 600}{9,65 \cdot 10^4};$$

$$m(\text{PbO}_2) = \frac{119,6 \cdot 600}{9,64 \cdot 10^4} = 0,7439 \text{ г};$$

Рассчитываем массу свинца и его массовую долю:

$$m(\text{Pb}) = \frac{0,7439 \cdot 207,2}{239,2} = 0,6443 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Pb}) = \frac{0,6443}{1,8356} \cdot 100 = 35,10\%.$$

Ответ:  $m(\text{Cu})=0.1976 \text{ г}$ ,  $\omega(\text{Cu})=10,76\%$ ,  $m(\text{Pb}) = 0,6443 \text{ г}$ ,  $\omega(\text{Pb})=35,10\%$

**Пример 3.** При  $25^\circ\text{C}$  отсчет на потенциометрическом мостике при включении элемента Вестона равен 73,7 см, а для элемента, состоящего из нормального каломельного электрода и водородного, погруженного в исследуемый раствор – 30,2 см. Вычислить водородный показатель раствора.

### Решение.

Для расчета рН используем формулу:

$$pH = \frac{E_{\text{ц}} - E_{\text{к.э.}}}{0,059}$$

Потенциал для 1н. КСl находим по справочнику:

$$E_{\text{к.э.}}^{25} = 0,2828 \text{ В.}$$

$$E_{ц} = E_{w} \frac{AK_{x}}{AK_{w}} = 1,01807 \frac{30,2}{73,7} = 0,4171 \text{ В,}$$

$$pH = \frac{0,4171 - 0,2828}{0,059} = 2,27.$$

Ответ: pH=2,27.

**Пример 4.** При хроматографировании стандартного образца с массовой долей бензола 20% и толуола 80% получены пики, с площадями 45 мм<sup>2</sup> и 150 мм<sup>2</sup> соответственно. Исследуемый образец, содержащий те же компоненты, дал площади пиков бензола и толуола 60 мм<sup>2</sup> и 105 мм<sup>2</sup> соответственно. Определить массовую долю бензола и толуола в исследуемом образце, %.

**Решение.**

По данным хроматографирования стандартного образца вычислим коэффициент относительной чувствительности детектора к толуолу ( $K_{\text{тол}}$ ), приняв  $K_{\text{бенз}} = 1$ .

$$K_{\text{тол}} = \frac{S_{\text{бенз}} \cdot C_{\text{тол}}}{C_{\text{бенз}} \cdot S_{\text{тол}}} = \frac{45 \cdot 80}{150 \cdot 20} = 1,2$$

Находим массовую долю бензола и толуола в исследуемом образце.

$$\omega_{\text{тол}} = \frac{S_{\text{бенз}} \cdot K_{\text{тол}}}{S_{\text{бенз}} \cdot K_{\text{бенз}} + S_{\text{тол}} \cdot K_{\text{тол}}} \cdot 100 = \frac{105 \cdot 1,2 \cdot 100}{60 \cdot 1 + 105 \cdot 1,2} = 67,74\%$$

Найдем массовую долю бензола и толуола в исследуемом образце:

$$\omega_{\text{бенз}} = \frac{S_{\text{бенз}} \cdot K_{\text{бенз}}}{S_{\text{бенз}} \cdot K_{\text{бенз}} + S_{\text{тол}} \cdot K_{\text{тол}}} \cdot 100 = \frac{60 \cdot 1 \cdot 100}{60 \cdot 1 + 105 \cdot 1,2} = 32,26\%$$

**Пример 5.** Рассчитать массовую долю компонентов смеси по данным полученным методом газо-жидкостной хроматографии.

| Вещество | S, мм <sup>2</sup> | k    |
|----------|--------------------|------|
| бензол   | 35,6               | 0,78 |
| гексан   | 24,8               | 0,86 |
| этанол   | 50,2               | 1,4  |
| о-ксилол | 10,3               | 0,84 |

**Решение**

Для расчетов используется метод внутренней нормализации, расчет ведут по формуле:

$$\omega_i = \frac{S_i \cdot k_i \cdot 100}{\sum (k_i \cdot S_i)}$$

Рассчитаем величину  $\sum (k_i \cdot S_i)$

$$\sum (k_i \cdot S_i) = 0.78 \cdot 35.6 + 0.86 \cdot 24.5 + 1.4 \cdot 50.2 + 0.84 \cdot 10.3 = 128.028$$

Рассчитаем содержание компонентов в смеси.

$$\omega_{\text{бензола}} = \frac{0.78 \cdot 35.6 \cdot 100}{128.028} = 21,7\%$$

$$\omega_{\text{гексана}} = \frac{0.86 \cdot 24,8 \cdot 100}{128,028} = 16,7\%$$

$$\omega_{\text{этанола}} = \frac{1,40 \cdot 50,2 \cdot 100}{128,028} = 54,9\%$$

$$\omega_{\text{о-ксилола}} = \frac{0,84 \cdot 10,3 \cdot 100}{128,028} = 6,7\%$$

**Пример 6.** Вычислить мольную рефракцию четыреххлористого углерода, если показатель преломления  $n_D^{20} = 1,4603$ , а плотность  $n_4^{20} = 1604$ . Сравнить найденную рефракцию с вычисленной по таблицам атомных рефракций и рефракций связей.

**Решение.**

Вычисляем мольную рефракцию по формуле:

$$R = \frac{M}{d} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

Подставляя приведенные в задаче величины, получаем:

$$R = \frac{154(1.4603^2 - 1)}{1,6040(1,4603^2 + 2)} = \frac{154(2,1325 - 1)}{1,6040(2,1325 + 2)} = \frac{154 \cdot 1,1325}{1,6040 \cdot 4,1325} = \frac{174,23}{6,629} = 26,28$$

По таблицам атомных рефракций находим рефракции для углерода  $R_C = 2,418$  и для хлора  $R_{Cl} = 5,967$ .

Следовательно,

$$R_{CCl_4} = R_C + 4R_{Cl} = 2,418 + 4 \cdot 5,967 = 26,29$$

По таблицам рефракций связи находим рефракцию связи C–Cl, которая равна 6,51, и вычисляем рефракцию четыреххлористого углерода:

$$R_{CCl_4} = R_{C-Cl} = 4 \cdot 6,51 = 26,04.$$

Сходимость результатов вполне удовлетворительная.

**Пример 7.** Для определения состава водно-ацетоновых растворов были определены показатели преломления стандартных растворов, приведенные ниже:

|                         |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Содержание ацетона, %:  | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     |
| Показатель преломления: | 1,3340 | 1,3410 | 1,3485 | 1,3550 | 1,3610 |

Построить калибровочный график для определения ацетона, вывести уравнение зависимости показателя преломления от концентрации и определить по графику и уравнению содержание ацетона в растворе, показатель преломления которого 1,3500.

**Решение.**

Строим график зависимости показателя преломления от концентрации (см. рис. 13). Уравнение калибровочного графика определяем методом избранных точек. Для этого выбираем на концах прямой

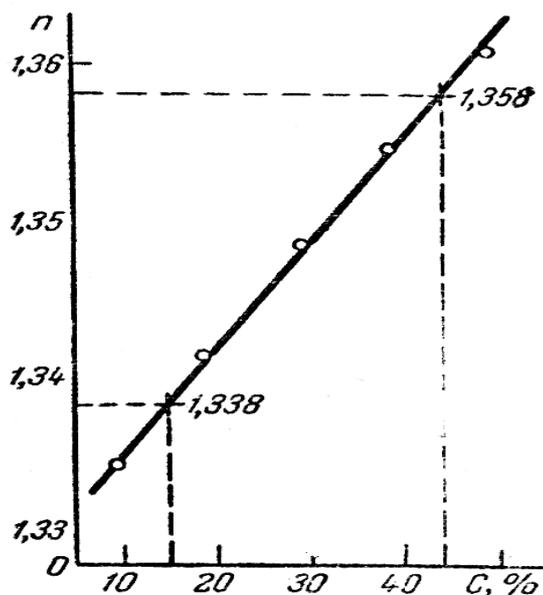


Рис. 1- Калибровочный график

точки: для концентрации 15%  $n = 1,3389$  и для концентрации 45%  $n = 1,358$ .

Составляем два уравнения:

$$1,358 = A \cdot 45 + B;$$

$$1,3389 = A \cdot 15 + B.$$

Решаем эти уравнения и получаем:  $B = 1,3279$ ,  $A = 6,7 \cdot 10^{-4}$ .

Следовательно, искомое уравнение имеет вид:

$$n = 6,7 \cdot 10^{-4} c + 1,3279.$$

По калибровочному графику находим, что показателю преломления 1,3500 соответствует концентрация 33%. Подставив значение показателя преломления в наше уравнение, получаем:

$$1,3500 = 1,3279 + 6,7 \cdot 10^{-4} c.$$

Отсюда находим концентрацию:

$$c = \frac{1,3500 - 1,3279}{6,7 \cdot 10^{-4}} = \frac{0,0221}{6,7} \cdot 10^4 = 33 \%$$

Получили полную сходность результатов.

## 5. Варианты задач для самостоятельной работы. Темы: Кондуктометрический метод анализа. Потенциометрический метод анализа

**Задача 1.** Сопротивление  $W\%$  раствора вещества А в ячейке с электродами площадью  $S \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $L \text{ см}$  равно  $R \text{ Ом}$ . Плотность раствора принять равной  $1 \text{ г/см}^3$ . Определите коэффициент электрической проводимости.

Таблица 1

| № вар. | Вещество А                      | W, % | S, см <sup>2</sup> . | L, см. | R, Ом. |
|--------|---------------------------------|------|----------------------|--------|--------|
| 1      | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 3,3  | 2,12                 | 0,55   | 6,27   |
| 2      | CaCl <sub>2</sub>               | 10,0 | 4,32                 | 2,16   | 44,6   |
| 3      | KOH                             | 4,2  | 1,05                 | 0,42   | 27,39  |
| 4      | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 4,0  | 2,38                 | 1,19   | 5,98   |
| 5      | KOH                             | 4,8  | 1,55                 | 0,62   | 26,56  |
| 6      | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 5,0  | 2,80                 | 0,78   | 5,44   |
| 7      | CaCl <sub>2</sub>               | 9,0  | 3,44                 | 1,72   | 43,8   |
| 8      | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 3,5  | 2,96                 | 0,77   | 6,12   |

|    |                                 |     |      |      |       |
|----|---------------------------------|-----|------|------|-------|
| 9  | KOH                             | 5,3 | 1,93 | 0,77 | 28,64 |
| 10 | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 4,4 | 2,81 | 0,84 | 5,62  |
| 11 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 3,2 | 1,64 | 0,98 | 19,32 |
| 12 | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 4,5 | 2,88 | 0,75 | 5,83  |
| 13 | CaCl <sub>2</sub>               | 9,5 | 5,67 | 2,83 | 45,1  |
| 14 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 4,2 | 1,75 | 1,05 | 19,88 |
| 15 | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 5,1 | 2,50 | 0,65 | 5,61  |
| 16 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 5,1 | 1,83 | 1,12 | 20,64 |
| 17 | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 3,8 | 3,10 | 0,92 | 5,38  |
| 18 | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 5,5 | 1,73 | 0,45 | 5,42  |
| 19 | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 3,3 | 3,33 | 0,98 | 5,64  |
| 20 | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 6,2 | 1,96 | 0,51 | 5,33  |

**Задача 2.** Вычислите потенциал электрода, опущенного в раствор соли, имеющего концентрацию  $C$ , учитывая коэффициент активности потенциалобразующих ионов.

Таблица 2

| № вар. | Электрод                             | Концентрация               |
|--------|--------------------------------------|----------------------------|
| 1      | Cu CuSO <sub>4</sub>                 | 0,01 моль/л                |
| 2      | Fe FeCl <sub>2</sub>                 | 0,02 моль/л                |
| 3      | Zn ZnSO <sub>4</sub>                 | 10%                        |
| 4      | Co Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 18,8г/100гH <sub>2</sub> O |
| 5      | Al Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> | 5%                         |
| 6      | Cu CuSO <sub>4</sub>                 | 0,01 моль-экв/л            |
| 7      | Ni NiCl <sub>2</sub>                 | 0,5 моль-экв/л             |
| 8      | Fe FeCl <sub>2</sub>                 | 0,02 моль-экв/л            |

|    |                                      |                            |
|----|--------------------------------------|----------------------------|
| 9  | Ag AgNO <sub>3</sub>                 | 15г/1000г H <sub>2</sub> O |
| 10 | Zn ZnSO <sub>4</sub>                 | 20%                        |
| 11 | Ni NiCl <sub>2</sub>                 | 0,01 моль/л                |
| 12 | Al Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> | 15%                        |
| 13 | Cu CuSO <sub>4</sub>                 | 0,05 моль-экв/л            |
| 14 | Al AlCl <sub>3</sub>                 | 22 г/200г H <sub>2</sub> O |
| 15 | Zn ZnCl <sub>2</sub>                 | 10%                        |
| 16 | Fe FeCl <sub>3</sub>                 | 0,02 моль-экв/л            |
| 17 | Zn ZnSO <sub>4</sub>                 | 15 %                       |
| 18 | Cu CuSO <sub>4</sub>                 | 0,05 моль/л                |
| 19 | Ag AgNO <sub>3</sub>                 | 10 %                       |
| 20 | Fe FeCl <sub>3</sub>                 | 0,05 моль/л                |

**Задача 3.** По данным удельной электрической проводимости вещества (См/м) и концентрации С (кг-экв/м<sup>3</sup>), по трем точкам проверьте, подчинятся ли данный раствор закону разведения Оствальда. Вычислите величину рН среды.  $l(\text{OH}^-) = 17,4 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг-экв}^{-1}$   $l(\text{H}^+) = 31,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг-экв}^{-1}$

Таблица 3

| № вар. | Вещество  | Концентрация, кг-экв/м <sup>3</sup> |                |                | Удельная электропроводность, См/м |                   |                   |
|--------|---|-------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
|        |   | C <sub>1</sub>                      | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | $\chi \cdot 10^2$                 | $\chi \cdot 10^2$ | $\chi \cdot 10^2$ |
| 1      | NH <sub>4</sub> OH<br>$\lambda = 6,35$<br>$K_d = 1,76 \times 10^{-5}$ | 0,015                               | 0,0085         | 0,0054         | 1,212                             | 0,91              | 0,72              |
| 2      |   | 0,013                               | 0,0081         | 0,0045         | 1.131                             | 0,89              | 0,67              |
| 3      |   | 0,012                               | 0,0076         | 0,0038         | 1.083                             | 0,86              | 0,61              |
| 4      |   | 0,011                               | 0,009          | 0,0031         | 1.040                             | 0,82              | 0,55              |
| 5      |   | 0,0098                              | 0,0063         | 0,0025         | 0,98                              | 0,78              | 0,49              |

|    |                             |        |        |        |       |       |       |
|----|-----------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 6  | $C_6H_5CH_2NH_3OH$          | 0,066  | 0,012  | 0,0045 | 2,291 | 0,979 | 0,599 |
| 7  | $\lambda = 2,16$            | 0,053  | 0,015  | 0,0095 | 2,057 | 1,095 | 0,884 |
| 8  | $K_d = 2,1 \times 10^{-5}$  | 0,039  | 0,011  | 0,0072 | 1,764 | 0,937 | 0,758 |
| 9  |                             | 0,031  | 0,0093 | 0,0051 | 1,573 | 0,862 | 0,638 |
| 10 |                             | 0,024  | 0,0064 | 0,0039 | 1,369 | 0,715 | 0,558 |
| 11 | $CH_3COOH$                  | 0,015  | 0,0085 | 0,0054 | 1,788 | 1,346 | 1,101 |
| 12 | $\lambda = 3,5$             | 0,013  | 0,0081 | 0,0045 | 1,665 | 1,313 | 0,979 |
| 13 |                             | 0,012  | 0,0076 | 0,0038 | 1,599 | 1,272 | 0,899 |
| 14 | $K_d = 1,74 \times 10^{-5}$ | 0,011  | 0,0069 | 0,0031 | 1,531 | 1,212 | 0,813 |
| 15 |                             | 0,0098 | 0,0063 | 0,0025 | 1,444 | 1,159 | 0,729 |
| 16 | $C_2H_5NH_3OH$              | 0,0060 | 0,0103 | 0,0139 | 3,929 | 5,149 | 5,981 |
| 17 | $\lambda = 2,5$             | 0,0066 | 0,0115 | 0,0142 | 4,121 | 5,440 | 6,046 |
| 18 | $K_d = 6,5 \times 10^{-5}$  | 0,0074 | 0,0121 | 0,0154 | 4,364 | 5,581 | 6,296 |
| 19 |                             | 0,0083 | 0,0128 | 0,0167 | 4,622 | 5,740 | 6,595 |
| 20 |                             | 0,0095 | 0,0133 | 0,0171 | 4,945 | 5,851 | 6,606 |

**Задача 4.** По приведенным ниже данным постройте график и определите концентрацию раствора (г/л, %, Сн, См) при указанном параметре.

Таблица 4

| №<br>вар. |  | Концентрация и электропроводимость |       |       |       |       |       |
|-----------|--|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           |  | Сн                                 | 0,05  | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,5   |
| 1         | KOH, г/л<br>при $\rho = 0,058 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$                             | $\lambda_0$                        | 219   | 213   | 206   | 203   | 197   |
|           |  | Сн                                 | 0,01  | 0,05  | 0,1   | 0,5   | 1,0   |
| 2         | KNO <sub>3</sub> , г/мл<br>при $\rho = 450 \text{ Ом}$                                     | $\lambda_0$                        | 118,2 | 109,9 | 104,8 | 89,2  | 80,5  |
|           |  | Сн                                 | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    |
| 3         | NH <sub>4</sub> Cl, г/л<br>при $\chi = 0,225 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$              | $\chi \cdot 10^2$                  | 9,18  | 17,76 | 25,86 | 33,65 | 40,25 |
|           |  | Сн                                 | 1/16  | 1/32  | 1/64  | 1/128 | 1/256 |
| 4         | N <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, см<br>при $\chi = 0,011 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ | $\lambda_0$                        | 1,7   | 2,1   | 2,7   | 3,8   | 5,5   |

|    |   |                   |        |        |        |        |       |
|----|---|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 5  | KJ <sup>*</sup> , Титр, % масс<br>при R = 3,10 Ом   | МГ/25МЛ           | 0,52   | 1,04   | 1,78   | 2,41   | 3,35  |
|    |   | R                 | 34,7   | 3,04   | 2,15   | 1,59   | 1,16  |
| 6  | HCl, Титр, % масс<br>при R = 120 Ом   | Сн                | 0,5    | 0,25   | 0,125  | 0,065  | 0,032 |
|    |   | R                 | 34,7   | 57,9   | 91,5   | 130    | 190   |
| 7  | CH <sub>3</sub> COOH, Титр<br>При R = 33,4 Ом<br>(ε/s=28,6 см <sup>-1</sup> )               | % масс            | 1      | 5      | 10     | 15     | 20    |
|    |   | $\chi \cdot 10^2$ | 3,5    | 1,46   | 0,9    | 0,64   | 0,47  |
| 8  | NaOH, г/мл<br>при $\lambda_6 = 205 \text{ Ом}^- \text{ см}$<br>г/кг - экв                   | Сн                | 0,05   | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,5   |
|    |   | $\chi \cdot 10^2$ | 1,09   | 2,13   | 4,12   | 6,09   | 9,85  |
| 9  | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , Сн<br>при $\chi = 0,188 \text{ Ом}^- \text{ см}^-$        | % масс            | 5      | 10     | 15     | 20     | 25    |
|    |   | $\rho$            | 10,89  | 5,63   | 3,86   | 2,97   | 2,48  |
| 10 | KJ <sup>*</sup> , Титр, % масс<br>при R = 2,8 Ом  | Сн                | 0,0625 | 0,0312 | 0,0156 | 0,0078 | 0,005 |
|    |   | R                 | 1,2    | 5,3    | 10,1   | 13,2   | 14,5  |
| 11 | NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> , См, Титр<br>при $\chi = 0,3048 \text{ Ом}^- \text{ см}^-$ | % масс            | 5      | 10     | 15     | 20     | 25    |
|    |   | $\chi \cdot 10^2$ | 9,35   | 18,31  | 26,84  | 35,28  | 43,06 |
| 12 | CH <sub>3</sub> COOH, Титр, Сн<br>при R = 20 Ом<br>если ε/s=25,2 см <sup>-1</sup>           | % масс            | 1      | 3      | 6      | 8      | 10    |
|    |   | $\chi \cdot 10^2$ | 3,5    | 2,3    | 1,3    | 0,99   | 0,9   |
| 13 | Ba(OH) <sub>2</sub> %, г/мл<br>при $\chi = 0,062 \text{ Ом}^- \text{ см}^-$                 | См                | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5   |
|    |   | $\lambda_6$       | 210    | 203    | 201    | 199    | 197   |
| 14 | NaOH, %масс<br>при $\chi = 0,060 \text{ Ом}^- \text{ см}^-$                                 | См                | 0,05   | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,5   |
|    |   | $\lambda_6$       | 220    | 214    | 205    | 203    | 196   |
| 15 | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , г/мл<br>при $\chi = 0,350 \text{ Ом}^- \text{ см}^-$      | % масс            | 5      | 10     | 15     | 20     | 25    |
|    |   | $\chi \cdot 10^2$ | 9,33   | 18,02  | 26,66  | 35,15  | 42,88 |
| 16 | HCl, Титр, % масс<br>при R = 100 ом   | См                | 0,05   | 0,1    | 0,3    | 0,5    | 0,7   |
|    |   | R                 | 140,2  | 110,8  | 54,3   | 34,7   | 33,0  |
| 17 | CH <sub>3</sub> COOH, Титр, Сн<br>при $\rho = 48 \text{ Ом}$                                | % масс            | 1      | 2      | 5      | 7      | 10    |
|    |   | $\chi \cdot 10^2$ | 3,5    | 2,8    | 1,46   | 1,1    | 0,9   |

|    |   |                   |       |       |        |       |       |
|----|---|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 18 | HCl, Титр, % масс<br>при $\rho = 48 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$<br>если $\epsilon/s=1,8 \text{ см}^{-1}$ | См                | 0,1   | 0,2   | 0,3    | 0,4   | 0,5   |
|    |   | R                 | 110,8 | 65,3  | 54,1   | 43,2  | 34,7  |
| 19 | HF, Титр, % масс<br>при $\rho = 3000$   | См                | 0,004 | 0,007 | 0,0015 | 0,003 | 0,006 |
|    |   | $\chi \cdot 10^4$ | 2,5   | 3,8   | 5,0    | 8,0   | 12,3  |
| 20 | HF, Титр, % масс<br>при $\chi = 0,0003 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$                                       | См                | 0,004 | 0,007 | 0,0015 | 0,003 | 0,006 |
|    |   | $\rho$            | 4000  | 2631  | 2000   | 1250  | 813   |

**Задача 5.** Сколько времени нужно проводить электролиз V мл Sn раствора вещества током силой J (А) до полного выделения металла, если выход по току составляет W %.

Таблица 5

| № вар. | В- во                             | V, мл | C, н | J, А | W, % |
|--------|-----------------------------------|-------|------|------|------|
| 1      | CuSO <sub>4</sub>                 | 20    | 0,15 | 0,2  | 95   |
| 2      | AgNO <sub>3</sub>                 | 30    | 0,20 | 0,5  | 97   |
| 3      | CuCl <sub>2</sub>                 | 20    | 0,3  | 0,5  | 94   |
| 4      | SnCl <sub>2</sub>                 | 30    | 0,4  | 0,5  | 91   |
| 5      | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 25    | 0,20 | 0,3  | 93   |
| 6      | CuSO <sub>4</sub>                 | 30    | 0,1  | 0,2  | 96   |
| 7      | AgNO <sub>3</sub>                 | 35    | 0,22 | 0,5  | 95   |
| 8      | CuCl <sub>2</sub>                 | 35    | 0,08 | 0,4  | 96   |
| 9      | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 40    | 0,09 | 0,2  | 94   |
| 10     | SnCl <sub>2</sub>                 | 40    | 0,4  | 0,6  | 95   |
| 11     | CuSO <sub>4</sub>                 | 45    | 0,15 | 0,5  | 98   |
| 12     | AgNO <sub>3</sub>                 | 40    | 0,4  | 0,5  | 92   |
| 13     | CuCl <sub>2</sub>                 | 50    | 0,10 | 0,6  | 97   |
| 14     | CdSO <sub>4</sub>                 | 20    | 0,5  | 0,8  | 96   |
| 15     | CdCl <sub>2</sub>                 | 40    | 0,15 | 0,8  | 93   |
| 16     | CuSO <sub>4</sub>                 | 30    | 0,5  | 0,7  | 95   |

|    |                   |    |      |     |    |
|----|-------------------|----|------|-----|----|
| 17 | AgNO <sub>3</sub> | 40 | 0,17 | 0,8 | 94 |
| 18 | CuCl <sub>2</sub> | 20 | 0,5  | 1,0 | 92 |
| 19 | SnCl <sub>2</sub> | 30 | 0,1  | 0,3 | 93 |
| 20 | CuSO <sub>4</sub> | 20 | 0,6  | 1,2 | 91 |

**Задача 6.** Навеску сплава, содержащего медь массой  $m$  (г) растворили и через полученный раствор в течение  $\tau$  (мин) пропускали ток силой  $J$  (А), в результате чего на катоде полностью выделилась медь, определите содержание ( % масс) меди в сплаве, если выход по току составлял  $W$  %.

Таблица 6

| № вар. | $m$ , г | $\tau$ , мин | $J$ , А | $W$ , % |
|--------|---------|--------------|---------|---------|
| 1      | 0,6578  | 20           | 0,2     | 80      |
| 2      | 0,9615  | 15           | 0,3     | 82      |
| 3      | 0,8314  | 10           | 1       | 84      |
| 4      | 0,7331  | 15           | 0,5     | 86      |
| 5      | 0,9540  | 20           | 0,5     | 88      |
| 6      | 0,7338  | 10           | 0,9     | 80      |
| 7      | 0,6889  | 20           | 0,3     | 82      |
| 8      | 0,9810  | 15           | 0,4     | 88      |
| 9      | 0,8815  | 10           | 0,8     | 84      |
| 10     | 0,6992  | 20           | 0,4     | 86      |
| 11     | 0,9642  | 15           | 0,3     | 84      |
| 12     | 0,8819  | 10           | 0,8     | 82      |
| 13     | 0,7031  | 20           | 0,5     | 84      |
| 14     | 0,9677  | 25           | 0,2     | 82      |
| 15     | 0,7555  | 10           | 0,7     | 80      |
| 16     | 0,7286  | 20           | 0,6     | 83      |
| 17     | 0,9515  | 10           | 0,6     | 85      |
| 18     | 0,9301  | 25           | 0,3     | 80      |

|    |        |    |     |    |
|----|--------|----|-----|----|
| 19 | 0,7913 | 10 | 0,7 | 78 |
| 20 | 0,5988 | 15 | 0,2 | 80 |

**Задача 7.** Вычислите произведение растворимости раствора малорастворимой соли при 25 °С, если ЭДС гальванического элемента составленного из серебряного электрода, опущенного в раствор указанной соли, электроды сравнения равен Е вольт.

Таблица 7

| № вар. | Раствор | Электрод сравнения | Е,В   |
|--------|---------|--------------------|-------|
| 1      | AgCl    | НВЭ                | 0,518 |
| 2      | AgSCN   | ХС                 | 0,226 |
| 3      | AgBr    | 0,1нКЭ             | 0,102 |
| 4      | AgSCN   | НасКЭ              | 0,204 |
| 5      | AgCl    | 0,1нКЭ             | 0,274 |
| 6      | AgBr    | 1нКЭ               | 0,155 |
| 7      | AgI     | НВЭ                | 0,326 |
| 8      | AgBr    | НасКЭ              | 0,194 |
| 9      | AgI     | НасКЭ              | 0,106 |
| 10     | AgCl    | ХС                 | 0,296 |
| 11     | AgSCN   | 0,1нКЭ             | 0,112 |
| 12     | AgI     | НасКЭ              | 0,082 |
| 13     | AgBr    | ХС                 | 0,218 |
| 14     | AgCl    | НасКЭ              | 0,274 |
| 15     | AgSCN   | НВЭ                | 0,448 |
| 16     | AgSCN   | 0,1нКЭ             | 0,198 |
| 17     | AgBr    | НВЭ                | 0,438 |
| 18     | AgCl    | 1нКЭ               | 0,235 |
| 19     | AgI     | 1нКЭ               | 0,043 |

|    |       |     |       |
|----|-------|-----|-------|
| 20 | AgSCN | НВЭ | 0,332 |
|----|-------|-----|-------|

**Задача 8.** Составлен гальванический элемент из индикаторного электрода и электрода сравнения. Вычислите рН раствора.

Таблица 8

| № вар. | Электроды     |                    | Т, °С | ЭДС, В |
|--------|---------------|--------------------|-------|--------|
|        | Индикаторный  | Сравнения          |       |        |
| 1      | Водородный    | Каломельный (0,1н) | 30    | 0,624  |
| 2      | Хингидронный  | Каломельный (1н)   | 25    | 0,154  |
| 3      | Водородный    | Хлорсеребряный     | 18    | 0,518  |
| 4      | Хингидронный  | Хлорсеребряный     | 25    | 0,099  |
| 5      | Хингидронный- | Каломельный (0,1н) | 28    | 0,283  |
| 6      | Водородный    | Хлорсеребряный     | 25    | 0,541  |
| 7      | Хингидронный  | Каломельный (0,1н) | 18    | 0,214  |
| 8      | Водородный    | Хлорсеребряный     | 18    | 0,413  |
| 9      | Водородный    | Каломельный (нас.) | 30    | 0,612  |
| 10     | Хингидронный  | Каломельный (нас.) | 25    | 0,164  |
| 11     | Водородный    | Хлорсеребряный     | 20    | 0,444  |
| 12     | Хингидронный  | Каломельный (1н)   | 25    | 0,215  |
| 13     | Водородный    | Каломельный (1н)   | 18    | 0,705  |
| 14     | Хингидронный  | Каломельный (0,1н) | 22    | 0,295  |
| 15     | Водородный    | Хлорсеребряный     | 25    | 0,388  |
| 16     | Хингидронный  | Хлорсеребряный     | 25    | 0,103  |
| 17     | Водородный    | Каломельный (1н)   | 40    | 0,516  |
| 18     | Хингидронный  | Хлорсеребряный     | 16    | 0,146  |
| 19     | Водородный    | Хлорсеребряный     | 18    | 0,451  |

|    |              |                    |    |       |
|----|--------------|--------------------|----|-------|
| 20 | Хингидронный | Каломельный (нас.) | 25 | 0,285 |
|----|--------------|--------------------|----|-------|

**Задача 9.** Напишите уравнение реакции. Рассчитайте потенциал системы при титровании веществ А веществом В, концентрации которых равны  $C^0_A$ ,  $C^0_B$ . Постройте кривые титрования в координатах  $E = f(V_{\text{титр}})$ ;  $dE/dV = f(V_{\text{титр}})$ ;  $dV/dE = f(V_{\text{титр}})$ . Объем титруемого раствора равен 100 мл.

Таблица 9

| № вар. | Вещество А                                    | Вещество В                                    | $C^0_A$ | $C^0_B$ |
|--------|---|---|---------|---------|
| 1      | FeSO <sub>4</sub>                             | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,1     | 0,1     |
| 2      | Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>               | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 0,1     | 0,1     |
| 3      | CrSO <sub>4</sub>                             | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 0,15    | 0,15    |
| 4      | KMnO <sub>4</sub>                             | FeSO <sub>4</sub>                             | 0,12    | 0,12    |
| 5      | FeSO <sub>4</sub>                             | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,1     | 0,05    |
| 6      | KMnO <sub>4</sub>                             | CrSO <sub>4</sub>                             | 0,15    | 0,15    |
| 7      | FeSO <sub>4</sub>                             | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 0,1     | 0,1     |
| 8      | KI  | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,1     | 0,1     |
| 9      | NaI   | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,12    | 0,12    |
| 10     | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>               | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,1     | 0,1     |
| 11     | FeSO <sub>4</sub>                             | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,1     | 0,2     |
| 12     | Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>               | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 0,2     | 0,2     |
| 13     | KMnO <sub>4</sub>                             | FeSO <sub>4</sub>                             | 0,22    | 0,22    |
| 14     | KMnO <sub>4</sub>                             | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 0,15    | 0,1     |
| 15     | KI  | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | 0,1     | 0,1     |
| 16     | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | FeSO <sub>4</sub>                             | 0,15    | 0,15    |
| 17     | FeSO <sub>4</sub>                             | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,15    | 0,1     |
| 18     | K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>                | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,1     | 0,1     |
| 19     | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | CrSO <sub>4</sub>                             | 0,25    | 0,25    |
| 20     | CrSO <sub>4</sub>                             | KMnO <sub>4</sub>                             | 0,15    | 0,1     |

**Задача 10.** Вычислите потенциал системы при 25 °С в процессе титрования в указанный момент времени, если титруемый раствор и титрант имеют концентрацию 1 моль-экв/л.

Таблица 10

| № вар. | Титруемый раствор               | Титрант                                       | Момент титрования                              |
|--------|---------------------------------|---|--|
| 1      | HCl                             | NaOH  | Оттитровано 60% HCl                            |
| 2      | NH <sub>4</sub> OH              | HCl   | В точке эквивалентности                        |
| 3      | FeSO <sub>4</sub>               | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | В точке эквивалентности                        |
| 4      | CH <sub>3</sub> COOH            | NaOH  | В точке эквивалентности                        |
| 5      | FeSO <sub>4</sub>               | KMnO <sub>4</sub>                             | Оттитровано 90% FeSO <sub>4</sub>              |
| 6      | KI                              | KMnO <sub>4</sub>                             | В точке эквивалентности                        |
| 7      | CrSO <sub>4</sub>               | KMnO <sub>4</sub>                             | Оттитровано 90% CrSO <sub>4</sub>              |
| 8      | Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | В точке эквивалентности                        |
| 9      | HCl                             | KOH   | Оттитровано 70% HCl                            |
| 10     | NH <sub>4</sub> OH              | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                | В точке эквивалентности                        |
| 11     | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | KMnO <sub>4</sub>                             | В точке эквивалентности                        |
| 12     | KI                              | KMnO <sub>4</sub>                             | Оттитровано 90% KI                             |
| 13     | CH <sub>3</sub> COOH            | NaOH  | Оттитровано 70% CH <sub>3</sub> COOH           |
| 14     | K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>  | KMnO <sub>4</sub>                             | Оттитровано 70% K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> |
| 15     | FeSO <sub>4</sub>               | KMnO <sub>4</sub>                             | Оттитровано 80% FeSO <sub>4</sub>              |
| 16     | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | В точке эквивалентности                        |
| 17     | HCl                             | NaOH  | Оттитровано 90% HCl                            |
| 18     | CrSO <sub>4</sub>               | KMnO <sub>4</sub>                             | Оттитровано 70% CrSO <sub>4</sub>              |
| 19     | FeSO <sub>4</sub>               | K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | Оттитровано 99% FeSO <sub>4</sub>              |
| 20     | CH <sub>3</sub> COOH            | KOH   | Оттитровано 90% CH <sub>3</sub> COOH           |

**Задача 11.** Чему равна удельная электропроводность 0,001М раствора нитрата калия, если степень диссоциации равна 0,92, подвижности нитрат-ионов и ионов калия равны соответственно 71,5 и 75,3.

**Задача 12.** Навеску цветного сплава массой 1,5250 г растворили и путем электролиза при постоянной силе тока 0,2 А за время 45 минут выделили на катоде медь и на аноде свинец в виде PbO<sub>2</sub>. Определить массовую долю (%) меди и свинца в сплаве, если выход по току составлял 100% .

**Задача 13.** Навеску цветного сплава массой 1,4420 г растворили и путем электролиза при постоянной силе тока 0,150 А за время 50 минут выделили на катоде медь и на аноде свинец в виде PbO<sub>2</sub>. Определить массовую долю (%) меди и свинца в сплаве, если выход по току составлял 100% .

**Задача 14.** Навеску цветного сплава массой 1,8110 г растворили и путем электролиза при постоянной силе тока 0,220 А за время 40 минут выделили на катоде медь и на аноде свинец в виде PbO<sub>2</sub>. Определить массовую долю (%) меди и свинца в сплаве, если выход по току составлял 100% .

**Задача 15.** Навеску цветного сплава массой 1,6210 г растворили и путем электролиза при постоянной силе тока 0,180 А за время 38 минут выделили на катоде медь и на аноде свинец в виде PbO<sub>2</sub>. Определить массовую долю (%) меди и свинца в сплаве, если выход по току составлял 100% .

## 6. Варианты задач для самостоятельной работы. Темы:

### Фотометрические методы анализа. Рефрактометрический метод анализа

**Задача 16.** По таблицам атомных рефракций и рефракций связи вычислите молярную рефракцию вещества, указанного в таблице. Сравните полученные результаты.

Таблица 11

| № вар. | Вещество        | Формула                         | $n_D^{20}$ | $d^{20}$ , кг/м <sup>3</sup> |
|--------|-----------------|---------------------------------|------------|------------------------------|
| 1      | Аллиловый спирт | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O | 1,4125     | 0,8505                       |

|    |                  |              |        |        |
|----|------------------|--------------|--------|--------|
| 2  | Пентан           | $C_5H_{12}$  | 1,3577 | 0,6262 |
| 3  | Иодметан         | $CH_3I$      | 1,5257 | 2,2790 |
| 4  | Гексан           | $C_6H_{14}$  | 1,3751 | 0,0595 |
| 5  | Сероуглерод      | $CS_2$       | 1,6182 | 1,2631 |
| 6  | <i>o</i> -ксилол | $C_8H_{10}$  | 1,4972 | 0,8802 |
| 7  | Глицерин         | $C_3H_8O$    | 1,4744 | 1,2594 |
| 8  | Толуол           | $C_7H_8$     | 1,4969 | 0,8670 |
| 9  | Хлорбензол       | $C_6H_5Cl$   | 1,5248 | 1,1062 |
| 10 | Гептан           | $C_7H_{16}$  | 1,3876 | 0,0836 |
| 11 | <i>n</i> -ксилол | $C_8H_{10}$  | 1,4958 | 0,8610 |
| 12 | Уксусная кислота | $CH_3COOH$   | 1,3698 | 1,0493 |
| 13 | Ацетон           | $C_3H_6O$    | 1,3591 | 0,7905 |
| 14 | Бромбензол       | $C_6H_5Br$   | 1,5197 | 1,4950 |
| 15 | Нитробензол      | $C_6H_5NO_2$ | 1,5455 | 1,2034 |
| 16 | Бензол           | $C_6H_6$     | 1,5011 | 0,8790 |
| 17 | Циклогексан      | $C_6H_{12}$  | 1,4263 | 0,9820 |
| 18 | Пиридин          | $C_5H_5N$    | 1,5056 | 0,9831 |
| 19 | <i>m</i> -ксилол | $C_8H_{10}$  | 1,5054 | 0,8642 |
| 20 | Анилин           | $C_6H_7N$    | 1,5861 | 1,0218 |

**Задача 17.** Вычислите предельный угол отклонения, определенный на рефрактометре Пульфриха для вещества, указанного в таблице, если показатель призмы равен  $N$ .

Таблица 12

| № вар. | Вещество    | Формулы      | $n_D^{20}$ | $N$    |
|--------|-------------|--------------|------------|--------|
| 1      | Нитробензол | $C_6H_5NO_2$ | 1,5455     | 1,5147 |
| 2      | Бензол      | $C_6H_6$     | 1,5011     | 1,6164 |
| 3      | Циклогексан | $C_6H_{12}$  | 1,4263     | 1,7398 |
| 4      | Пиридин     | $C_5H_5N$    | 1,5056     | 1,5335 |

|    |                  |                                  |        |        |
|----|------------------|----------------------------------|--------|--------|
| 5  | <i>m</i> -ксилол | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>   | 1,5054 | 1,7468 |
| 6  | Анилин           | C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N  | 1,5861 | 1,6164 |
| 7  | Толуол           | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>    | 1,4969 | 1,7398 |
| 8  | Хлорбензол       | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl | 1,5248 | 1,5335 |
| 9  | Гептан           | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>   | 1,3876 | 1,7468 |
| 10 | <i>n</i> -ксилол | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>   | 1,4958 | 1,6164 |
| 11 | Уксусная кислота | CH <sub>3</sub> COOH             | 1,3698 | 1,7398 |
| 12 | Фенол            | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O  | 1,5402 | 1,5335 |
| 13 | Этанол           | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O  | 1,3611 | 1,5147 |
| 14 | Октан            | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>   | 1,3977 | 1,7468 |
| 15 | Пентан           | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>   | 1,3577 | 1,6164 |
| 16 | Иодметан         | CH <sub>3</sub> I                | 1,5257 | 1,7398 |
| 17 | Гексан           | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>   | 1,3751 | 1,5335 |
| 18 | Серовуглерод     | CS <sub>2</sub>                  | 1,6182 | 1,5147 |
| 19 | <i>o</i> -ксилол | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>   | 1,4972 | 1,6164 |
| 20 | Ацетон           | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O  | 1,3591 | 1,7468 |

**Задача 18.** Для определения состава бинарных смесей были приготовлены стандартный раствор с известной концентрацией ( $C_{ст}$ ) и измерен его показатель преломления  $n_D^{20}(ст)$  и исследуемый раствор, показатель преломления которого равен  $n_D^{20}(x)$ . Считая, что между показателем преломления и концентрацией существует линейная зависимость, определите молярную концентрацию исследуемого раствора, а также в массовых и мольных долях.

Таблица 13

| №<br>вар. | Вещество | Растворитель | $C_{ст}$ ,<br>% | n                |                        |                  |
|-----------|----------|--------------|-----------------|------------------|------------------------|------------------|
|           |          |              |                 | раствор<br>итель | Стандарт.<br>растворит | Исслед.<br>раств |
| 1         | 2        | 3            | 4               | 5                | 6                      | 7                |
|           |          |              |                 |                  |                        |                  |

|    |                    |        |    |        |        |        |
|----|--------------------|--------|----|--------|--------|--------|
| 1  | Глицерин           | Вода   | 50 | 1,3330 | 1,3981 | 1,3785 |
| 2  | Метанол            | Вода   | 50 | 1,3330 | 1,3311 | 1,3296 |
| 3  | Бензол             | Ацетон | 10 | 1,3591 | 1,3719 | 1,4185 |
| 4  | Октан              | Пентан | 10 | 1,3577 | 1,3592 | 1,4041 |
| 5  | Глицерин           | Вода   | 20 | 1,3330 | 1,3575 | 1,3785 |
| 6  | Бензол             | Ацетон | 20 | 1,3591 | 1,3861 | 1,4185 |
| 7  | Этиленгли-<br>коль | Вода   | 30 | 1,3330 | 1,3564 | 1,3666 |
| 8  | Метанол            | Вода   | 30 | 1,3330 | 1,3319 | 1,3296 |
| 9  | Октан              | Пентан | 20 | 1,3577 | 1,3621 | 1,4041 |
| 10 | Глицерин           | Вода   | 30 | 1,3330 | 1,3745 | 1,3785 |
| 11 | Бензол             | Ацетон | 30 | 1,3591 | 1,3999 | 1,4185 |
| 12 | Метанол            | Вода   | 40 | 1,3330 | 1,3316 | 1,3296 |
| 13 | Этиленгли-<br>коль | Вода   | 20 | 1,3330 | 1,3562 | 1,3666 |
| 14 | Глицерин           | Вода   | 40 | 1,3330 | 1,3891 | 1,3785 |
| 15 | Октан              | Пентан | 30 | 1,3577 | 1,3662 | 1,4041 |
| 16 | Метан              | Вода   | 60 | 1,3330 | 1,3306 | 1,3296 |
| 17 | Бензол             | Ацетон | 40 | 1,3591 | 1,4158 | 1,4185 |
| 18 | Глицерин           | Вода   | 10 | 1,3330 | 1,3442 | 1,3785 |
| 19 | Октан              | Пентан | 40 | 1,3577 | 1,3883 | 1,4041 |
| 20 | Этиленгли-<br>коль | Вода   | 10 | 1,3330 | 1,3420 | 1,3666 |

**Задача 19.** По приведенным данным постройте калибровочный график,  $n_D^{20} = f(\omega(\text{вещества}))$ ; определите неизвестную концентрацию раствора, выберите уравнение зависимости показателя преломления от концентрации вещества. Определите значения констант А и В в уравнении  $n = Ac + B$ . Концентрация веществ дана в массовых процентах.

Таблица 14

| № вар. | Данные для построения графика |        |        |        |        |        | $n_D^{20}$ |
|--------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| 1      | 2                             |        |        |        |        |        | 3          |
| 1      | n                             | 1,3443 | 1,3541 | 1,3612 | 1,3825 | 1,4037 | 1,3600     |
|        | глицерин, %                   | 8      | 15     | 20     | 35     | 50     |            |
| 2      | n                             | 1,3392 | 1,3455 | 1,3496 | 1,3599 | 1,3700 | 1,3500     |
|        | фенол, %                      | 3      | 6      | 8      | 13     | 17     |            |
| 3      | n                             | 1,3344 | 1,3356 | 1,3370 | 1,3384 | 1,3400 | 1,3350     |
|        | этанол, %                     | 5      | 9      | 14     | 20     | 25     |            |
| 4      | n                             | 1,3341 | 1,3349 | 1,3368 | 1,3387 | 1,3407 | 1,3380     |
|        | метанол, %                    | 3      | 5      | 10     | 15     | 20     |            |
| 5      | n                             | 1,3401 | 1,3471 | 1,3570 | 1,3641 | 1,3684 | 1,3600     |
|        | глицерин, %                   | 5      | 10     | 17     | 22     | 25     |            |
| 6      | n                             | 1,3340 | 1,3359 | 1,3373 | 1,3387 | 1,3400 | 1,3360     |
|        | этанол, %                     | 4      | 10     | 15     | 21     | 25     |            |
| 7      | n                             | 1,3392 | 1,3435 | 1,3561 | 1,3640 | 1,3721 | 1,3450     |
|        | фенол, %                      | 3      | 5      | 11     | 15     | 18     |            |
| 8      | n                             | 1,3349 | 1,3368 | 1,3380 | 1,3387 | 1,3395 | 1,3370     |
|        | метанол, %                    | 5      | 10     | 13     | 15     | 17     |            |
| 9      | n                             | 1,3347 | 1,3361 | 1,3376 | 1,3390 | 1,3406 | 1,3360     |
|        | этанол, %                     | 6      | 11     | 16     | 22     | 27     |            |
| 10     | n                             | 1,3401 | 1,3457 | 1,3541 | 1,3712 | 1,3825 | 1,3500     |
|        | глицерин, %                   | 5      | 9      | 15     | 27     | 35     |            |
| 11     | n                             | 1,3353 | 1,3368 | 1,3380 | 1,3395 | 1,3411 | 1,3360     |
|        | метанол, %                    | 6      | 10     | 13     | 17     | 21     |            |
| 12     | n                             | 1,3435 | 1,3496 | 1,3580 | 1,3660 | 1,3744 | 1,3550     |
|        | фенол, %                      | 5      | 8      | 12     | 16     | 20     |            |
| 13     | n                             | 1,3350 | 1,3364 | 1,3379 | 1,3390 | 1,3403 | 1,3360     |

|    |             |        |        |        |        |        |        |
|----|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | этанол, %   | 7      | 12     | 18     | 23     | 26     |        |
| 14 | n           | 1,3368 | 1,3471 | 1,3556 | 1,3641 | 1,3726 | 1,3480 |
|    | глицерин, % | 6      | 10     | 16     | 22     | 28     |        |
| 15 | n           | 1,3349 | 1,3372 | 1,3380 | 1,3395 | 1,3407 | 1,3350 |
|    | метанол, %  | 5      | 11     | 13     | 17     | 20     |        |
| 16 | n           | 1,3340 | 1,3353 | 1,3367 | 1,3381 | 1,3400 | 1,3350 |
|    | этанол, %   | 4      | 8      | 13     | 19     | 25     |        |
| 17 | n           | 1,3435 | 1,3561 | 1,3561 | 1,3727 | 1,3744 | 1,3360 |
|    | фенол, %    | 5      | 11     | 15     | 18     | 20     |        |
| 18 | n           | 1,3341 | 1,3372 | 1,3387 | 1,3403 | 1,3411 | 1,3380 |
|    | метанол, %  | 3      | 11     | 15     | 19     | 21     |        |
| 19 | n           | 1,3372 | 1,3443 | 1,3499 | 1,3541 | 1,3654 | 1,3450 |
|    | глицерин, % | 3      | 8      | 12     | 15     | 25     |        |
| 20 | n           | 1,3392 | 1,3496 | 1,3561 | 1,3701 | 1,3782 | 1,3500 |
|    | фенол, %    | 3      | 8      | 11     | 18     | 22     |        |

**Задача 20.** Вычислить удельную рефракцию смеси  $\gamma$ , состоящей из 30% бензола и 70% нитротолуола, если плотности  $\rho(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,8790$  и  $\rho(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 1,2033 \text{ г/см}^3$ ;  $n(\text{C}_6\text{H}_6) = 1,5011$  и  $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 1,5524$ .

**Задача 21.** Результаты измерений показателей преломления стандартных растворов сахарозы приведены. Построить градуировочный график и определить молярную концентрацию сахарозы в анализируемом растворе ( $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342 \text{ г/моль}$ ).

| Стандартные растворы |       |       |       |       |       | Анализируемый раствор |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| C, г/100 мл          | 3.9   | 7.7   | 11.4  | 13.2  | 18.4  | ?                     |
| n                    | 1.337 | 1.343 | 1.349 | 1.352 | 1.360 | 1.355                 |

**Задача 22.** Результаты измерений показателей преломления стандартных растворов сахарозы приведены. Построить градуировочный график и определить молярную концентрацию сахарозы в анализируемом растворе ( $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342 \text{ г/моль}$ ).

| Стандартные растворы |       |       |       |       |       | Анализируемый раствор |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| С, г/100 мл          | 3.9   | 7.7   | 11.4  | 13.2  | 18.4  | ?                     |
| n                    | 1.337 | 1.343 | 1.349 | 1.352 | 1.360 | 1.346                 |

**Задача 23.** Рассчитайте концентрацию  $\text{MnO}_4^-$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  при их совместном присутствии в растворе по следующим данным спектрофотометрических измерений.

| Ион                          | $\lambda$ , нм | $A_{\text{смеси}}$ | $\epsilon (\text{MnO}_4^-)$ | $\epsilon (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ |
|------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|---|
| $\text{MnO}_4^-$             | 550            | 0,71               | 2100                        | 0                                       |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | 430            | 0,42               | 500                         | 220                                     |

**Задача 24.** При спектрофотометрическом определении  $\text{Ca}^{2+}$  в виде комплексного соединения с комплексом III оптическая плотность раствора содержащего 0,035 мк  $\text{Ca}^{2+}$  в 50 мл органического растворителя оказалась равной  $A=0,326$ . Измерения проводились в кювете с толщиной слоя  $l=5$  см при определенных условиях. Вычислить значения молярного коэффициента поглощения комплекса.

## 7. Варианты задач для самостоятельной работы. Тема: Хроматографические методы анализа

**Задача 25.** Рассчитать массовую долю (%) компонентов газовой смеси по следующим данным, полученным методом газовой хроматографии

| газ    | S, мм <sup>2</sup> | k    | газ        | S, мм <sup>2</sup> | k    |
|--------|--------------------|------|------------|--------------------|------|
| Бензол | 20,06              | 0,78 | Этилбензол | 30,5               | 0,82 |
| толуол | 22,9               | 0,79 | кумол      | 16,7               | 0,84 |

**Задача 26.** Рассчитать массовую долю (%) компонентов газовой смеси по следующим данным, полученным методом газовой хроматографии

| газ              | S, мм <sup>2</sup> | k    | газ              | S, мм <sup>2</sup> | k    |
|------------------|--------------------|------|------------------|--------------------|------|
| <i>o</i> -ксилол | 16,7               | 0,84 | <i>n</i> -ксилол | 8,5                | 0,81 |
| <i>m</i> -ксилол | 20,3               | 0,81 | Этилбензол       | 30,4               | 0,82 |

**Задача 27.** Рассчитать массовую долю (%) компонентов газовой смеси

по следующим данным, полученным методом газовой хроматографии

| газ    | S, мм <sup>2</sup> | k   | газ        | S, мм <sup>2</sup> | k   |
|--------|--------------------|-----|------------|--------------------|-----|
| Бензол | 85,0               | 1,0 | Этилбензол | 34,0               | 1,1 |
| толуол | 27,0               | 1,1 | кумол      | 11,0               | 1,8 |

**Задача 28.** При хроматографировании стандартных образцов с массовой долей фенола 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10% в органическом растворителе, получены пики, площадью соответственно 15; 25; 38; 46; 61 мм<sup>2</sup> . 2 м<sup>3</sup> анализируемого газового выброса, содержащего пары фенола, прокачали через 10 мл такого же растворителя ( $\rho=0,85$  г/см<sup>3</sup>). При хроматографировании концентрата получили пик фенола, площадью 30 мм<sup>2</sup>. Определить массовую концентрацию фенола в газовом выбросе (г/л). Дозирование стандартных и исследуемого образцов в хроматограф проводилось одним и тем же устройством.

**Задача 29.** При анализе методом газовой хроматографии смеси толуола(1), этилбензола(2), ксилола(3), стирола(4) к анализируемой пробе массой 2,034 г добавлено 0,4168г н-октана в качестве внутреннего стандарта. Площади пиков компонентов составили:  $S_1=146$  мм<sup>2</sup>;  $S_2=120$  мм<sup>2</sup>;  $S_3=234$  мм<sup>2</sup>;  $S_4=121$  мм<sup>2</sup>;  $S_{\text{н-октана}}=146$  мм<sup>2</sup>. Коэффициенты относительной чувствительности соответственно равны:  $K_1=0,97$ ;  $K_2=1,01$ ;  $K_3=1,06$ ;  $K_4=1,05$ . Определите мольную долю компонентов в анализируемой смеси.

**Задача 30.** В анализе технического образца анилина навеску массой 0,042 г растворили в 50 мл бутилацетата. 5 мкл этого раствора хроматографировали. На хроматограмме анилин соответствовал пик площадью 70 мм<sup>2</sup>. При хроматографировании 5 мкл стандартных растворов с массовой концентрацией анилина в бутилацетате 0,4; 0,6; 1,0 мг/мл получены пики площадью соответственно 38, 58, 97 мм<sup>2</sup>. Определите массовую долю анилина в образце.

## Список литературы

1. Основы аналитической химии. Под ред. Ю.А. Золотова: В 2 кн. – М.: Высш. шк., 1999.
2. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.2. /Под ред. Академика Ю.А.Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – 494 с.
3. Васильев В. П. Аналитическая химия: В 2 кн.: Кн. 1: Титриметрический и гравиметрический методы анализа. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2007. – 368 с.
4. Васильев В.П. Аналитическая химия: В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. Учебник для вузов. 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2007. – 384 с.
5. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия. Кн.1, 2– Москва: Высшая школа, 2005
6. Хаханина Т.И., Никитина Н.Г. Аналитическая химия: учебник и практикум для прикладного бакалавриата: 3-е изд., испр. и доп. Москва: Юрайт, 2016
7. Ляликов Ю.С. Физико-химические методы анализа. – М.: Химия, 1984. – 541 с.
8. Зорина Г.И., Курунина Г.М., Синьков А.В., Бутов Г.М. Лабораторный практикум по физико-химическим методам анализа. - Волгоград: ВолгГТУ, 2014. – 113 с.
9. Краткий справочник физико-химических величин под редакцией А.А. Равдель, А.М. Пономаревой: Санкт-Петербург.: Химия, 2002. - 298 с.

### Электронные образовательные ресурсы

- ❖ <http://e.lanbook.com.ru>
- ❖ <http://library.vstu.ru>
- ❖ <https://biblio-online.ru>
- ❖ <http://umkd.volpi.ru>

Электронное учебное издание

**Галина Михайловна Курунина**  
**Ольга Михайловна Иванкина**

*Учебное пособие*

*Электронное издание сетевого распространения*

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2018 г. Поз. № 51.

Подписано к использованию 23.07.2018. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,06.

Волгоградский государственный технический университет.  
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.  
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.