

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к самостоятельной работе студентов

Нижекамск
2013

УДК 544.35

С 24

Печатается по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Биктагиров В.В., кандидат химических наук, доцент;

Вдовина С.В., кандидат химических наук, доцент.

Сафиуллина, Т.Р.

С 24 Растворы электролитов : методические указания к самостоятельной работе студентов / Т.Р. Сафиуллина, Э.Н. Нуриева. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 36 с.

Содержат задания по разделу физической химии «Растворы электролитов», а также алгоритмы решения типичных задач.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям технологического профиля.

Подготовлены на кафедре химии Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

УДК 544.35

© Сафиуллина Т.Р., Нуриева Э.Н., 2013

© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013

Теоретическая часть

Переносчиками электрического тока в растворах электролитов являются ионы, образующиеся при диссоциации молекул электролитов. Поскольку при диссоциации число частиц в растворе возрастает, растворы электролитов обладают аномальными коллигативными свойствами.

Уравнения, описывающие коллигативные свойства неэлектролитов, можно применить и для описания свойств идеальных растворов электролитов, если **ввести поправочный коэффициент Вант-Гоффа i** . Изотонический коэффициент связан со степенью диссоциации α электролита:

$$i = 1 + \alpha(v-1), \quad (1)$$

где v - количество ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы.

Тогда понижение температуры замерзания раствора электролита можно рассчитать по формуле:

$$\Delta T_{зам} = iKt, \quad (2)$$

где K - криоскопическая постоянная, t - моляльность раствора.

Свойства реальных растворов описываются уравнениями, в которых вместо концентраций вводится активность. *Активность иона a_i* выражается в виде произведения концентрации иона m_i , на его коэффициент активности γ_i :

$$a_i = \gamma_i m_i. \quad (3)$$

Экспериментально определить активности катиона a_+ и аниона a_- невозможно, поэтому вводится понятие средней ионной

активности a_{\pm} . Для электролита, образующего ν_+ катионов и ν_- анионов,

$$a_{\pm} = \sqrt[\nu]{a_+^{\nu_+} \cdot a_-^{\nu_-}}, \quad (4)$$

где $\nu = \nu_+ + \nu_-$.

Аналогично определяют средний ионный коэффициент активности γ_{\pm}

$$\gamma_{\pm} = \sqrt[\nu]{\gamma_+^{\nu_+} \cdot \gamma_-^{\nu_-}}, \quad (5)$$

и среднюю ионную моляльность m_{\pm}

$$m_{\pm} = \sqrt[\nu]{m_+^{\nu_+} \cdot m_-^{\nu_-}} = m \sqrt[\nu]{\nu_+^{\nu_+} \cdot \nu_-^{\nu_-}}, \quad (6)$$

где $m = m_+/\nu_+ = m_-/\nu_-$ - моляльность электролита.

Активность электролита определяется как

$$a = (a_{\pm})^{\nu} = (\gamma_{\pm} m_{\pm})^{\nu} = \gamma_{\pm}^{\nu} m^{\nu} (\nu_+^{\nu_+} \nu_-^{\nu_-}). \quad (7)$$

Согласно **закону ионной силы**, коэффициенты активности ионов не зависят от конкретного вида ионов, находящихся в растворе, а зависят от **ионной силы I** раствора:

$$I = 0,5 \sum m_i z_i^2, \quad (8)$$

где z_i - заряд иона (в единицах заряда протона), m_i - его моляльная концентрация.

Согласно первому приближению **теории Дебая-Хюккеля**, можно рассчитать коэффициент активности γ_i отдельного иона

$$\lg \gamma_i = -A z_i^2 \sqrt{I}, \quad (9)$$

и **средний ионный коэффициент активности γ_{\pm}** :

$$\lg \gamma_{\pm} = -A |z_+ z_-| \sqrt{I}, \quad (10)$$

где z_+ и z_- - заряды катиона и аниона, I - ионная сила раствора, A - константа, зависящая от диэлектрической проницаемости растворителя и температуры. Для водного раствора при 25 °С $A=0,509$.

Удельной электропроводностью χ («каппа») раствора называется электропроводность слоя раствора длиной 1 м, заключенного между электродами площадью 1 м². Она является обратной величиной удельного сопротивления раствора ρ и имеет размерность Ом⁻¹·м⁻¹.

Молярной электропроводностью λ («лямбда») называется электропроводность такого объема раствора, в котором содержится 1 моль растворенного вещества; при условии, что электроды находятся на расстоянии 1 м друг от друга, она выражается в Ом⁻¹·м²·моль⁻¹.

$$\lambda = \frac{\chi}{C} = \chi \cdot V, \quad (11)$$

где $V = 1/C$ - разведение раствора, т.е. объем, в котором содержится 1 моль растворенного вещества [м³], а C - молярная концентрация раствора [моль·м⁻³].

В разбавленных растворах сильных электролитов выполняется эмпирический **закон Кольрауша** (закон квадратного корня):

$$\lambda = \lambda_0 - A\sqrt{C}, \quad (12)$$

где λ и λ_0 - молярная электропроводность раствора при концентрации C [моль·м⁻³] и при бесконечном разведении, A -

константа (при данной температуре) для данного электролита и растворителя.

В растворах слабых электролитов λ и λ_0 связаны со степенью диссоциации α электролита **соотношением Аррениуса**:

$$\alpha = \lambda/\lambda_0. \quad (13)$$

Кроме того, выполняется **закон разведения Оствальда**, который для бинарного электролита записывается следующим образом:

$$K_d = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}, \quad (14)$$

где K_d - константа диссоциации слабого электролита, C – концентрация [моль·л⁻¹].

Электропроводность электролитов связана со скоростями движения ионов в растворе. Скорость движения w_i [м·с⁻¹] иона в растворе пропорциональна напряженности приложенного электрического поля E [В·м⁻¹]:

$$w_i = u_i E. \quad (15)$$

Коэффициент пропорциональности u [м²·с⁻¹·В⁻¹] называется **абсолютной подвижностью** иона.

Произведение $u_i F$ (F - постоянная Фарадея) называется подвижностью иона λ_i [Ом⁻¹·м²·моль⁻¹]:

$$\lambda_i = u_i F. \quad (16)$$

Подвижность иона при бесконечном разбавлении называется **предельной подвижностью** иона и обозначается λ_0^i .

Согласно **закону Кольрауша** о независимой миграции ионов, молярная электропроводность раствора при бесконечном разведении равна сумме предельных подвижностей катионов и анионов:

$$\lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^- . \quad (17)$$

Доля тока, переносимая данным ионом, называется *числом переноса* t_i иона:

$$t_i = \frac{I_i}{\sum I_i} = \frac{C_i \lambda_i}{\sum C_i \lambda_i} , \quad (18)$$

причем по определению $\sum_{i=1}^n t_i = 1$.

Алгоритм решения задач

Задача № 1

Вычислите активность растворенного в воде CuCl_2 с молярной концентрацией 0,1 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,508.

Решение:

CuCl_2 - сильный электролит, в водном растворе диссоциирует на 3 иона (1 катион и 2 аниона):



откуда $\nu = \nu_+ + \nu_- = 1 + 2 = 3$.

Найдем значение средней ионной молярности m_{\pm} по формуле (6):

$$m_{\pm} = m \sqrt{\nu_+^{\nu_+} \cdot \nu_-^{\nu_-}} = 0,1 \sqrt{1^1 \cdot 2^2} = 0,159 \text{ моль/кг.}$$

Вычислим среднюю ионную активность электролита a_{\pm} :

$$a_{\pm} = \gamma_{\pm} \cdot m_{\pm} = 0,508 \cdot 0,159 = 0,0808.$$

Найдем активность электролита по формуле (7):

$$a = (a_{\pm})^{\nu} = (0,0808)^3 = 0,00053.$$

Ответ: $a = 0,00053$.

Задача № 2

Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит AlCl_3 концентрации 0,2 моль/кг и Na_2SO_4 концентрации 0,5 моль/кг. $A(\text{H}_2\text{O}) = 0,509$.

Решение:

AlCl_3 и Na_2SO_4 - сильные электролита. Распишем, на какие ионы они распадаются:



Вычислим ионную силу раствора по формуле (8), учитывая, что концентрация ионов возрастает пропорционально их количеству:

$$\begin{aligned} I &= 0,5 \sum m_i z_i^2 = \\ &= 0,5 [m_{(\text{Al}^{3+})} z_{(\text{Al}^{3+})}^2 + 3 m_{(\text{Cl}^-)} z_{(\text{Cl}^-)}^2 + 2 m_{(\text{Na}^+)} z_{(\text{Na}^+)}^2 + m_{(\text{SO}_4^{2-})} z_{(\text{SO}_4^{2-})}^2] = \\ &= 0,5 [0,2 \cdot 3^2 + 3 \cdot 0,2 \cdot 1^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 1^2 + 0,5 \cdot 2^2] = 2,7 \text{ моль/кг.} \end{aligned}$$

Рассчитаем средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} электролитов по уравнению (10):

$$\lg \gamma_{\pm(\text{AlCl}_3)} = -A |z_+ z_-| \sqrt{I} = -0,509 \cdot |3 \cdot (-1)| \sqrt{2,7} = -2,509;$$

$$\gamma_{\pm(\text{AlCl}_3)} = 0,0031;$$

$$\lg \gamma_{\pm(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = -A |z_+ z_-| \sqrt{I} = -0,509 \cdot |1 \cdot (-2)| \sqrt{2,7} = -1,672;$$

$$\gamma_{\pm(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = 0,0212.$$

Ответ: $\gamma_{\pm(\text{AlCl}_3)} = 0,0031$, $\gamma_{\pm(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = 0,0212$.

Задача № 3

Рассчитайте молярную электропроводность уксусной кислоты концентрации 0,07 моль/л, если удельная электропроводность χ этого раствора равна $7,89 \cdot 10^{-4}$ См·см⁻¹.

Решение:

$$\chi = 7,89 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1} = 7,89 \cdot 10^{-6} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}.$$

Молярную электропроводность рассчитываем по формуле (11):

$$\lambda = \frac{\chi}{C} = \frac{7,89 \cdot 10^{-6}}{0,07 \cdot 10^{-3}} = 11,2 \cdot 10^{-3} \text{ См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}.$$

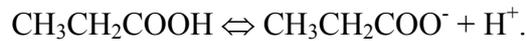
Ответ: $\lambda = 11,2 \cdot 10^{-3} \text{ См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$.

Задача № 4

Молярная электропроводность пропионовой кислоты концентрации 0,015 моль/л при 25 °С равна $11,57 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$.
1. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Решение:

Напишем уравнение диссоциации пропионовой кислоты:



Пропионовая кислота относится к слабым электролитам, а её константа диссоциации выражается законом разведения Оствальда (формула 14). Чтобы найти степень диссоциации α , входящую в формулу 14, нужно рассчитать молярную электропроводность электролита при бесконечном разведении λ_0 по формуле (17):

$$\lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^- = 349,8 \cdot 10^{-4} + 35,8 \cdot 10^{-4} = 385,6 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1},$$

где $\lambda_{0(\text{H}^+)}^+$ и $\lambda_{0(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-)}^-$ находим в справочнике [1, стр. 123-124].

$$\lambda = 11,57 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1} = 11,57 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Вычисляем степень диссоциации по формуле (13):

$$\alpha = \lambda / \lambda_0 = 11,57 \cdot 10^{-4} / 385,6 \cdot 10^{-4} = 0,03.$$

Рассчитываем константу диссоциации по формуле (14):

$$K_d = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} = \frac{0,03^2 \cdot 0,015}{1 - 0,03} = 1,39 \cdot 10^{-5}.$$

Концентрация ионов водорода в растворе будет равна:

$$C(\text{H}^+) = C(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-) = \alpha C = 0,03 \cdot 0,015 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Определим pH раствора:

$$\text{pH} = -\lg C(\text{H}^+) = -\lg(4,5 \cdot 10^{-4}) = 3,35.$$

Ответ: $K_d = 1,39 \cdot 10^{-5}$; $\text{pH} = 3,35$.

Задача № 5

В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы глюкозы, бензойной кислоты ($K_d=6,3 \cdot 10^{-5}$) и хлорида натрия ($\alpha=0,98$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,5 моль/кг воды)?

Решение:

Глюкоза не является электролитом, поэтому понижение температуры замерзания её раствора рассчитываем по формуле (2) без учета коэффициента i :

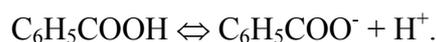
$$\Delta T_{\text{зам(гл.)}} = K \cdot m = 1,86 \cdot 0,5 = 0,93 \text{ град.}$$

Температура замерзания этого раствора равна:

$$T_{\text{зам(гл.)}} = T_{\text{зам}}^0 - \Delta T_{\text{зам(гл.)}} = 0 - 0,93 = -0,93 \text{ }^\circ\text{C},$$

где $T_{\text{зам}}^0$ - температура замерзания растворителя (воды), $^\circ\text{C}$.

Бензойная кислота - слабый электролит, диссоциирующий на 2 иона:



Найдем степень диссоциации кислоты, преобразуя уравнение (14). Примем, что $K_d = \alpha^2 C$, отсюда выразим α :

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}} = \sqrt{\frac{6,3 \cdot 10^{-5}}{0,5}} = 0,0112.$$

Рассчитаем коэффициент Вант-Гоффа i по формуле (1):

$$i_{(\text{б.к.})} = 1 + \alpha(v-1) = 1 + 0,0112 \cdot (2-1) = 1,0112.$$

Понижение температуры замерзания раствора бензойной кислоты находим по формуле (2):

$$\Delta T_{\text{зам}(\text{б.к.})} = i_{(\text{б.к.})} K m = 1,0112 \cdot 1,86 \cdot 0,5 = 0,94 \text{ град.}$$

Температура замерзания раствора бензойной кислоты равна:

$$T_{\text{зам}(\text{б.к.})} = T_{\text{зам}}^0 - \Delta T_{\text{зам}(\text{б.к.})} = 0 - 0,94 = -0,94 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

NaCl - сильный электролит, диссоциирующий на 2 иона:



Рассчитаем коэффициент Вант-Гоффа i по формуле (1):

$$i_{(\text{NaCl})} = 1 + \alpha(v-1) = 1 + 0,98 \cdot (2-1) = 1,98.$$

Понижение температуры замерзания раствора NaCl находим по формуле (2):

$$\Delta T_{\text{зам}(\text{NaCl})} = i_{(\text{NaCl})} K \cdot m = 1,98 \cdot 1,86 \cdot 0,5 = 1,84 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура замерзания раствора NaCl равна:

$$T_{\text{зам}(\text{NaCl})} = T_{\text{зам}}^0 - \Delta T_{\text{зам}(\text{NaCl})} = 0 - 1,84 = -1,84 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Ответ: $T_{\text{зам}(\text{эл.})} = -0,93 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{\text{зам}(\text{б.к.})} = -0,94 \text{ } ^\circ\text{C}$,

$$T_{\text{зам}(\text{NaCl})} = -1,84 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Варианты заданий

Вариант № 1

1. Известно, что при электролитической диссоциации слабого электролита $\Delta H > 0$. Объясните изменение степени диссоциации α этого электролита с повышением температуры.
2. От каких факторов зависит коэффициент активности иона в растворе?
3. Укажите размерность числа переноса:
1) $\text{м}^2/(\text{Ом}\cdot\text{моль})$; 2) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$; 3) Ом ; 4) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$;
5) безразмерная величина.
4. В 1 л воды растворено 0,2 моль K_2SO_4 и 0,3 моль FeCl_3 . Рассчитайте средние ионные коэффициенты активности солей. Какие из них начнут иметь наибольшее значение?
5. Вычислите среднюю ионную активность a_{\pm} растворенного в воде CaCl_2 с концентрацией 0,2 моль/кг средним ионным коэффициентом активности $\gamma_{\pm}=0,472$.
6. Удельная электропроводность водного раствора KJ равна $89,00 \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$, а раствора KCl той же концентрации - $186,53 \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$. Удельная электропроводность раствора, содержащего обе соли, равна $98,45 \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$. Рассчитайте долю KCl в растворе.

Вариант № 2

1. Объясните зависимость коэффициента активности иона в разбавленном растворе от абсолютного значения его заряда, концентрации и ионной силы раствора.

2. Объясните зависимость удельной электропроводности χ от концентрации сильного электролита.
3. Укажите размерность эквивалентной электропроводности:
 - 1) $\text{м}^2/(\text{Ом}\cdot\text{моль})$; 2) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$; 3) Ом ; 4) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$;
 - 5) безразмерная величина.
4. В 1 л воды растворено 0,2 моль $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ и 0,3 моль CuCl_2 . Рассчитайте коэффициенты активности ионов. Какие из них будут иметь наибольшее значение?
5. Вычислите среднюю ионную активность a_{\pm} растворенного в воде Li_2SO_4 концентрации 0,1 моль/кг, если $\gamma_{\pm}=0,453$.
6. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы фруктозы, масляной кислоты ($K_{\text{д}}=1,51\cdot 10^{-5}$) и хлорида калия ($\alpha=0,98$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,2 моль/кг)?

Вариант № 3

1. Объясните зависимость подвижности иона λ_i от концентрации в бесконечно разбавленном растворе сильного электролита.
2. Какое из приведенных ниже выражений справедливо для коэффициента активности иона в разбавленном растворе сильного электролита?
 - 1) $\gamma_i > 1$; 2) $\gamma_i < 1$; 3) $\gamma_i < 0$; 4) $\gamma_i = 1$; 5) $\gamma_i = 1/2$.
3. Укажите размерность константы диссоциации:
 - 1) $\text{м}^2/(\text{Ом}\cdot\text{моль})$; 2) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$; 3) Ом ; 4) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$;

5) безразмерная величина.

4. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы фруктозы, масляной кислоты ($K_d=1,51 \cdot 10^{-5}$) и хлорида кальция ($\alpha=0,97$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,5 моль/кг)?

5. Рассчитайте ионную силу водного раствора, содержащего 0,1 моль/кг KCl, 0,2 моль/кг CuSO₄ и 0,5 моль/кг Cr₂(SO₄)₃.

6. Молярная электропроводность бензойной кислоты (C₆H₅COOH) с концентрацией 0,015 моль/л при 25 °C равна 78,71 См·см²·моль⁻¹. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 4

1. Укажите формулу, описывающую молярную электропроводность одновалентного электролита.

2. Объясните зависимость константы диссоциации слабого электролита от температуры, если известно, что при электролитической диссоциации $\Delta H > 0$.

3. Опишите зависимость удельной электропроводности от температуры.

4. Рассчитайте ионную силу водного раствора, содержащего 0,04 моль/кг K₃[Fe(CN)₆], 0,03 моль/кг KCl и 0,05 моль/кг NaBr.

5. Вычислите среднюю ионную активность a_{\pm} растворенного в воде Al₂(SO₄)₃ концентрации 0,5 моль/кг, если $\gamma_{\pm}=0,014$.

6. Молярная электропроводность $1,59 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора уксусной кислоты при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ равна $12,77 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 5

1. Напишите формулу, которая является определением понятия «подвижность иона».
2. Известно, что при электролитической диссоциации слабого электролита $\Delta H > 0$. Как изменяется степень диссоциации α этого электролита с повышением давления? Ответ обоснуйте.
3. Чему равна сумма чисел переноса всех ионов в растворе?
4. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы сахарозы, бензойной кислоты ($K_d = 6,3 \cdot 10^{-5}$) и NaCl ($\alpha = 0,99$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,5 моль/кг)?
5. Рассчитайте ионную силу водного раствора, содержащего 0,2 моль/кг CuSO_4 , 0,3 моль/кг NaCl и 0,1 моль/кг CuCl_2 .
6. Рассчитайте молярную электропроводность щавелевой кислоты, если при концентрации 0,01 моль/л её удельная электропроводность составляет $5,74 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.

Вариант № 6

1. Укажите правильную формулу:
1) $\lambda = \frac{\chi}{C}$; 2) $\chi = \frac{\lambda}{C}$; 3) $\lambda = \alpha\chi$; 4) $\lambda_0 = \alpha\lambda$; 5) $\lambda = \alpha/\chi$.

2. Объясните зависимость ионной силы раствора от концентрации и абсолютного значения заряда иона. Приведите формулу.
3. Опишите зависимость удельной электропроводности слабого электролита от концентрации раствора.
4. Вычислите активность растворенного в воде CdCl_2 с моляльной концентрацией 0,02 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,456.
5. Рассчитайте молярную электропроводность янтарной кислоты, если при концентрации 0,005 моль/л её удельная электропроводность составляет $2,33 \cdot 10^{-5} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.
6. Константа диссоциации NH_4OH равна $1,77 \cdot 10^{-5}$. Рассчитайте концентрацию NH_4OH , при которой степень диссоциации равна 0,01, и молярную электропроводность раствора при этой концентрации.

Вариант № 7

1. Объясните зависимость удельной электропроводности от концентрации, абсолютной величины заряда иона и скорости его перемещения.
2. Напишите формулу Кольрауша для эквивалентной электропроводности сильных электролитов. Дайте пояснения.
3. Какие величины входят в выражение изотонического коэффициента Вант-Гоффа i ?

4. Вычислите активность растворенного в воде CdI_2 с моляльной концентрацией 0,01 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,379.
5. Рассчитайте ионную силу водного раствора, содержащего 0,5 моль/кг MgCl_2 , 0,1 моль/кг ZnSO_4 и 0,5 моль/кг $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
6. Молярная электропроводность раствора $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{OH}$ при бесконечном разведении равна $232,6 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации, молярную электропроводность раствора, степень диссоциации и концентрацию ионов гидроксила в растворе при разведении 16л/моль, если удельная электропроводность раствора при данном разведении равна $1,312\cdot 10^{-3} \text{ См}\cdot\text{см}^{-1}$.

Вариант № 8

1. Покажите зависимость изменения степени диссоциации слабого электролита от концентрации.
2. Объясните изменение эквивалентной электропроводности при бесконечном разведении от вязкости растворителя.
3. Напишите закон разведения Оствальда. Дайте пояснения.
4. Вычислите активность растворенного в воде CuCl_2 с моляльной концентрацией 2,1 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,0202.
5. Рассчитайте ионную силу водного раствора, содержащего 0,1 моль/кг MgCl_2 , 0,3 моль/кг ZnSO_4 и 0,5 моль/кг $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
6. Константа диссоциации масляной кислоты $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ равна $1,51\cdot 10^{-5}$. Молярная электропроводность при разведении 1024

л/моль равна $41,3 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте степень диссоциации кислоты и концентрацию ионов водорода в этом растворе, а также молярную электропроводность раствора при бесконечном разведении.

Вариант № 9

1. Какие величины входят в выражение средней ионной активности электролита?
2. Покажите изменение эквивалентной электропроводности λ_0 при бесконечном разведении от диэлектрической проницаемости растворителя в уравнении Шкодина.
3. Напишите уравнение Онзагера, объясните физический смысл всех величин, входящих в это уравнение.
4. Вычислите активность растворенного в воде $\text{Ba}(\text{OH})_2$ с молярной концентрацией $0,05 \text{ моль/кг}$, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен $0,526$.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы глюкозы, масляной кислоты ($K_d=1,51\cdot 10^{-5}$) и иодида натрия ($\alpha=0,79$) с одинаковой молярной концентрацией ($1,5 \text{ моль/кг}$ воды)?
6. Молярная электропроводность уксусной кислоты концентрации $1,59\cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ при 298 К равна $109,78 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации и рН раствора.

Вариант № 10

1. Что представляет собой активность электролита?
2. Приведите формулировку эквивалентной электропроводности.
3. Для каких электролитов будет наблюдаться прямолинейная зависимость в координатах $\lambda = f(\sqrt{C})$?
4. Вычислите активность растворенного в воде CaCl_2 с молярной концентрацией 0,2 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,472.
5. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит Na_2SO_4 концентрации 0,1 моль/кг и FeCl_3 концентрации 0,3 моль/кг. $A(\text{H}_2\text{O})=0,509$.
6. Молярная электропроводность пропионовой кислоты с концентрацией 0,007 моль/л при 25 °С равна 16,87 $\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 11

1. Объясните зависимость константы диссоциации слабого электролита от температуры.
2. Какая величина обратно пропорциональна удельному сопротивлению раствора электролита? Напишите формулу.
3. Что такое релаксационное торможение ионов?

4. Вычислите активность растворенного в воде CoCl_2 с моляльной концентрацией 0,2 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,479.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы мальтозы, масляной кислоты ($K_d=1,51 \cdot 10^{-5}$) и хлорида кальция ($\alpha=0,87$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,1 моль/кг)?
6. Молярная электропроводность пропионовой кислоты с концентрацией 0,075 моль/л при 25 °С равна 5,013 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 12

1. Дайте определение удельной электропроводности. Напишите формулу.
2. Поясните, в чем смысл понятия эквивалентной электропроводности при бесконечном разведении?
3. Что такое активность электролита?
4. Вычислите активность растворенного в воде $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ с моляльной концентрацией 0,5 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,445.
5. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит K_2SO_4 концентрации 0,3 моль/кг и $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ концентрации 0,6 моль/кг. $A(\text{H}_2\text{O})=0,509$.

6. Молярная электропроводность муравьиной кислоты с концентрацией 0,0035 моль/л при 25 °С равна 80,88 $\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 13

1. Покажите характер изменения степени диссоциации слабого электролита с повышением температуры.
2. Напишите уравнение разведения Оствальда. Какие величины в него входят?
3. Объясните связь между удельной и эквивалентной электропроводностями.
4. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ концентрации 0,1 моль/кг и ZnBr_2 концентрации 0,2 моль/кг. $A(\text{H}_2\text{O})=0,509$.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы лактозы, акриловой кислоты ($K_d=5,56\cdot 10^{-5}$) и сульфата алюминия ($\alpha=0,83$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,3 моль/кг)?
6. Молярная электропроводность хлоруксусной кислоты с концентрацией 0,005 моль/л при 25 °С равна 155,84 $\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 14

1. Напишите выражение для расчета изотонического коэффициента i . Объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение.
2. Каким фактором объясняется уменьшение эквивалентной электропроводности слабого электролита с увеличением концентрации?
3. Укажите размерность константы диссоциации:
1) $\text{м}^2/(\text{Ом}\cdot\text{моль})$; 2) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$; 3) Ом ; 4) $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$;
5) безразмерная величина.
4. Вычислите активность растворенного в воде $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ с моляльной концентрацией 0,3 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,322.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы целлобиозы, валериановой кислоты ($K_d=1,44\cdot 10^{-5}$) и FeCl_3 ($\alpha=0,87$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,4 моль/кг)?
6. Рассчитайте молярную электропроводность хлоруксусной кислоты, если при концентрации 0,025 моль/л её удельная электропроводность составляет $7,75\cdot 10^{-4} \text{ См}\cdot\text{см}^{-1}$.

Вариант № 15

1. Напишите выражение для расчета средней ионной моляльности электролита. Дайте пояснения.

2. Каким фактором объясняется уменьшение эквивалентной электропроводности сильного электролита с увеличением концентрации?
3. Известно, что при электролитической диссоциации слабого электролита $\Delta H > 0$. Как изменяется степень диссоциации α этого электролита с понижением температуры? Ответ обоснуйте.
4. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит NiSO_4 концентрации 0,3 моль/кг и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ концентрации 0,1 моль/кг. $A(\text{H}_2\text{O}) = 0,509$.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы глюкозы, акриловой кислоты ($K_d = 5,56 \cdot 10^{-5}$) и NaBr ($\alpha = 0,78$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,1 моль/кг)?
6. Рассчитайте молярную электропроводность фосфорной кислоты, если при концентрации 0,013 моль/л её удельная электропроводность составляет $3,24 \cdot 10^{-3} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.

Вариант № 16

1. Напишите выражение числа переноса иона. Дайте пояснения относительно величин, входящих в это уравнение.
2. Укажите характеристики, по которым можно отличить сильные электролиты от слабых.
3. Приведите формулировку эквивалентной электропроводности.

4. Вычислите активность растворенного в воде $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ с моляльной концентрацией 1,0 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,0208.
5. Рассчитайте ионную силу раствора, содержащего 0,25 моль/кг $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 0,3 моль/кг NaCl и 0,05 моль/кг NaJ .
6. Молярная электропроводность щавелевой кислоты (диссоциация по I ступени) с концентрацией 0,85 моль/л при 25°C равна $93,6 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 17

1. Напишите выражение для расчета средней ионной моляльности электролита. Дайте пояснения.
2. Напишите формулу, по которой можно вычислить степень диссоциации очень слабого электролита α , если известна его константа диссоциации.
3. Нарисуйте график зависимости $\lambda=f(\sqrt{C})$ для слабого электролита. Дайте пояснения.
4. Вычислите активность растворенного в воде FeCl_2 с моляльной концентрацией 0,05 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,62.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы фруктозы, бензойной кислоты ($K_d=6,3\cdot 10^{-5}$) и Na_2SO_4 ($\alpha=0,95$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,2 моль/кг)?

6. Молярная электропроводность фосфорной кислоты (диссоциация по I ступени) с концентрацией 1,5 моль/л при 25°C равна 25,85 См·см²·моль⁻¹. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 18

1. Покажите и объясните, каким величинам пропорциональна скорость движения ионов в растворе.

2. Укажите правильную формулу:

1) $\lambda = \frac{\chi}{C}$; 2) $\chi = \frac{\lambda}{C}$; 3) $\lambda = \alpha\chi$; 4) $\lambda_0 = \alpha\lambda$; 5) $\lambda = \alpha/\chi$.

3. Дайте пояснения, что такое катафоретическое торможение ионов в растворе электролитов.

4. Вычислите активность растворенной в воде H₂SO₄ с молярной концентрацией 0,005 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,639.

5. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит MgCl₂ концентрации 0,1 моль/кг и CdJ₂ концентрации 0,5 моль/кг. A(H₂O)=0,509.

6. Молярная электропроводность муравьиной кислоты с концентрацией 0,045 моль/л при 25 °C равна 24,58 См·см²·моль⁻¹. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 19

1. Объясните понятие «средняя ионная активность электролита».
2. Напишите формулу для вычисления рН раствора. Какие данные для этого необходимы?
3. Покажите, как будет изменяться молярная электропроводность раствора электролита с увеличением диэлектрической проницаемости среды ϵ .
4. Вычислите активность растворенного в воде $K_3[Fe(CN)_6]$ с молярной концентрацией 0,1 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,268.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы мальтозы, валериановой кислоты ($K_d=1,44 \cdot 10^{-5}$) и K_2SO_4 ($\alpha=0,97$) с одинаковой молярной концентрацией (0,3 моль/кг)?
6. Рассчитайте молярную электропроводность угольной кислоты, если при концентрации 0,055 моль/л её удельная электропроводность составляет $4,27 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.

Вариант № 20

1. Покажите, чему равна сумма чисел переноса всех ионов в растворе. Ответ поясните.
2. Объясните зависимость ионной силы раствора от концентрации и абсолютной величины заряда иона. Приведите формулу.

3. Объясните изменение эквивалентной электропроводности при бесконечном разбавлении λ_0 с уменьшением вязкости среды.
4. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит KClO_3 концентрации 0,5 моль/кг и ZnSO_4 концентрации 0,3 моль/кг. $A(\text{H}_2\text{O})=0,509$.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы сахарозы, изовалериановой кислоты ($K_d=1,73 \cdot 10^{-5}$) и NaCl ($\alpha=0,95$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,4 моль/кг)?
6. Молярная электропроводность дихлоруксусной кислоты с концентрацией 0,065 моль/л при 25 °С равна 195,6 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 21

1. Напишите формулу, по которой рассчитывается понижение температуры замерзания раствора электролита.
2. Покажите связь активности раствора электролита со средней ионной активностью a_{\pm} .
3. Напишите соотношение Аррениуса. Объясните физический смысл величин, которые в него входят.
4. Вычислите активность растворенного в воде $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с моляльной концентрацией 0,05 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,19.

5. Рассчитайте молярную электропроводность пропионовой кислоты, если при концентрации 0,075 моль/л её удельная электропроводность составляет $6,32 \cdot 10^{-4} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.
6. Молярная электропроводность масляной кислоты с концентрацией 0,017 моль/л при 25 °С равна 11,24 $\text{См} \cdot \text{см}^2/\text{моль}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 22

1. Напишите уравнение закона разведения Оствальда. Какие величины в него входят?
2. Какими причинами можно объяснить уменьшение эквивалентной электропроводности раствора с увеличением концентрации сильного электролита?
3. Укажите размерность числа переноса:
1) $\text{м}^2/(\text{Ом} \cdot \text{моль})$; 2) $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$; 3) Ом; 4) $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;
5) безразмерная величина.
4. Вычислите активность растворенного в воде LaBr_3 с молярной концентрацией 0,05 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,402.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы сахарозы, масляной кислоты ($K_d=1,51 \cdot 10^{-5}$) и ZnSO_4 ($\alpha=0,67$) с одинаковой молярной концентрацией (0,5 моль/кг)?
6. Молярная электропроводность трихлоруксусной кислоты с концентрацией 0,025 моль/л при 25 °С равна 347,37

$\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 23

1. Приведите уравнение для расчета подвижности иона λ_i .
Дайте пояснения.
2. Напишите уравнение, которое определяет зависимость константы диссоциации от температуры.
3. Объясните зависимость удельной электропроводности от температуры.
4. Вычислите активность растворенного в воде LaCl_3 с моляльной концентрацией 0,1 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,314.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы фруктозы, коричной кислоты ($K_d=1,32\cdot 10^{-4}$) и CuSO_4 ($\alpha=0,78$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,1 моль/кг)?
6. Молярная электропроводность валериановой кислоты с концентрацией 0,008 моль/л при 25 °С равна $15,9 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$.
Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 24

1. Дайте пояснения определению «средняя ионная активность электролита a_{\pm} ».
2. Объясните увеличение удельной электропроводности сильного электролита с повышением концентрации.

3. Дайте определение эквивалентной электропроводности.
4. Вычислите активность растворенного в воде $ZnCl_2$ с моляльной концентрацией 0,02 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,64.
5. Рассчитайте молярную электропроводность сероводородной кислоты, если при концентрации 0,045 моль/л её удельная электропроводность составляет $2,17 \cdot 10^{-5} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.
6. Молярная электропроводность угольной кислоты (диссоциация по I ступени) с концентрацией 0,05 моль/л при 25°C равна $1,18 \text{ См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 25

1. Напишите формулу, по которой рассчитывается понижение температуры замерзания раствора электролита.
2. Объясните причины роста, а затем спада удельной электропроводности сильного электролита с увеличением концентрации.
3. Укажите размерность эквивалентной электропроводности:
 - 1) $\text{м}^2/(\text{Ом} \cdot \text{моль})$; 2) $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$; 3) Ом; 4) $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;
 - 5) безразмерная величина.
4. Вычислите активность растворенного в воде $Pb(NO_3)_2$ с моляльной концентрацией 0,01 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,694.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы лактозы, муравьиной

кислоты ($K_d=1,772 \cdot 10^{-4}$) и H_2SO_4 ($\alpha=0,91$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,2 моль/кг)?

6. Молярная электропроводность сероводородной кислоты (диссоциация по I ступени) с концентрацией 0,09 моль/л при 25 °С равна 0,456 См·см²·моль⁻¹. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Вариант № 26

1. Какими причинами можно объяснить уменьшение эквивалентной электропроводности с увеличением концентрации сильного электролита?

2. Укажите правильную формулу:

1) $\lambda = \frac{\chi}{C}$; 2) $\chi = \frac{\lambda}{C}$; 3) $\lambda = \alpha\chi$; 4) $\lambda_0 = \alpha\lambda$; 5) $\lambda = \alpha/\chi$.

3. Укажите размерность числа переноса:

1) м²/(Ом·моль); 2) Ом⁻¹·моль⁻¹; 3) Ом; 4) Ом⁻¹·м⁻¹;

5) безразмерная величина.

4. Вычислите средние ионные коэффициенты активности электролитов в водном растворе, если последний содержит CaCl₂ концентрации 0,3 моль/кг и AlCl₃ концентрации 0,5 моль/кг. $A(H_2O)=0,509$.

5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы глюкозы, каприловой кислоты ($K_d=1,28 \cdot 10^{-5}$) и HCl ($\alpha=0,89$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,3 моль/кг)?

6. Молярная электропроводность бензойной кислоты с концентрацией 0,063 моль/л при 25 °С равна 11,88 См·см²·моль⁻¹. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 27

1. Приведите уравнение для расчета подвижности иона λ_i . Дайте пояснения.
2. Известно, что при электролитической диссоциации слабого электролита $\Delta H > 0$. Как изменяется степень диссоциации α этого электролита с повышением температуры? Ответ обоснуйте.
3. Дайте определение эквивалентной электропроводности.
4. Вычислите активность растворенного в воде LaBr_3 с моляльной концентрацией 0,85 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,298.
5. В какой последовательности и при каких температурах начнут замерзать водные растворы фруктозы, бромбензойной кислоты ($K_d = 1,54 \cdot 10^{-4}$) и ZnCl_2 ($\alpha = 0,85$) с одинаковой моляльной концентрацией (0,4 моль/кг)?
6. Молярная электропроводность пропионовой кислоты с концентрацией 0,25 моль/л при 25 °С равна 2,82 См·см²·моль⁻¹. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и рН раствора.

Вариант № 28

1. Напишите выражение числа переноса иона. Дайте пояснения относительно величин, входящих в это уравнение.
2. Какими причинами можно объяснить уменьшение эквивалентной электропроводности с увеличением концентрации сильного электролита?
3. Укажите правильную формулу:
 - 1) $\lambda = \frac{\chi}{C}$; 2) $\chi = \frac{\lambda}{C}$; 3) $\lambda = \alpha\chi$; 4) $\lambda_0 = \alpha\lambda$; 5) $\lambda = \alpha/\chi$.
4. Вычислите активность растворенного в воде $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ с молярной концентрацией 0,5 моль/кг, если средний ионный коэффициент активности γ_{\pm} равен 0,445.
5. Рассчитайте ионную силу водного раствора, содержащего 0,5 моль/кг MgCl_2 , 0,1 моль/кг ZnSO_4 и 0,5 моль/кг $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
6. Молярная электропроводность валериановой кислоты с концентрацией 0,008 моль/л при 25 °С равна 15,9 $\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Рассчитайте константу диссоциации кислоты и pH раствора.

Литература

1. Краткий справочник физико-химических величин ; исп. и дополн. / под ред. А.А.Равделя и А.М. Пономаревой. СПб.: «Иван Федоров», 2002. - 240 с.
2. Практические работы по физической химии / под ред. К.П. Мищенко. - Л. : Химия, 1982. - 400 с.
3. Сборник примеров и задач по физической химии : учебное пособие для химико-технологических вузов / Е.В. Киселева [и др.]. - М. : Высш. шк., 1983. - 456 с.
4. Задачи по физической химии : учебное пособие / В.В. Еремин [и др.]. - М.: Изд. «Экзамен», 2003. - 320 с.

Учебное издание

Сафиуллина Т.Р.

кандидат химических наук, доцент

Нуриева Э.Н.

кандидат педагогических наук

РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к самостоятельной работе студентов**

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 20.12.2012
Подписано в печать 31.01.2013.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 2,25. Тираж 100.
Заказ №2.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.