

# ЭЛЕКТРОЛИТ ЕРІТІНДІЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІГІ

## 1. ЖҰМЫСТЫҢ МАҚСАТЫ

Жұмыстың мақсаты-электролиттердің сулы ерітінділерінің электр өткізгіштігінің теориялық негіздерін және эксперименттік анықтамасын зерттеу.

## 2. ТЕОРИЯЛЫҚ БӨЛІМ

Заттардың электр тоғын өткізу қабілетін электр өткізгіштік деп атайды. Бірінші текті өткізгіштер (металдар) сияқты, электролиттер де электр тоғының өтуіне қарсы бірақ кедергі жасайды. Оның себебі ерітіндіде электролиттің әрбір ионы еріткіш молекулаларымен және иондық атмосферамен қоршалған болады.

Электродтар арқылы электролит ерітіндісіне жіберілген электр кернеуінің әсерінен иондар қозғалысқа түсе бастайды, демек ерітіндіден электр тоғы өте бастайды. Иондардың қозғалысы еріткіш молекулаларының әсерінен де, ионды қоршаған қарсы зарядты иондардың (иондық атмосфераның) әсерінен де тежелуге ұшырайды. Еріткіш молекулаларының ион қозғалысына әсері тұтқыр ортада қозғалатын шарға әсер ететін үйкеліс күшіне ұқсайды.

Ион қозғалысына иондық атмосфераның әсері релаксациялық және электрофоретикалық күштердің әсерімен түсіндіріледі. Ерітіндіде берілген ион бір нүктеден екінші нүктеге қарай қозғалысы барысында оның иондық атмосферасы ыдырап, жаңа иондық атмосфера түзіліп отырады. Ескі иондық атмосфера ыдырап, жаңа иондық атмосфера түзілуіне біраз уақыт қажет болады, бұл уақыт ( $\tau$ ) иондық атмосфераның релаксация уақытымен ( $\theta$ ) байланысты болады. Релаксация уақыты деп иондық атмосферадағы иондардың орталық (центральный) ионның зарядынан артық заряды е рет ( $e$  - натурал логарифм негізгі) азаюына кететін уақытты айтады. Катионы мен анионының зарядтары тең (симметриялы) электролиттер үшін:

$$\tau = 2\theta \quad (1)$$

Иондық атмосфераның ыдырап, содан соң қайтадан түзілуіне белгілі бір уақыт қажет болатындықтан, қозғалатын орталық ионның центрі оның иондық атмосфераның центрінен ауытқиды. Бұл кезде иондық атмосфера мен орталық ионның арасында электростатикалық тартылыс күші пайда болады, соның әсерінен орталық ионның қозғалысы бәсеңдейді. Бұл құбылысты релаксациялық эффект деп атайды.

Сонымен қатар, орталық ионның қозғалу бағытына оның иондық атмосферасындағы қарсы зарядталған иондар қарама-қарсы қозғалады. Бұл кезде ион мен оның иондық атмосферасына арасында үйкеліс пайда болады, сөйтіп орталық ионның қозғалысын тежейтін тағыда бір қосымша күш пайда болады. Бұл құбылысты электрофоретикалық эффект деп атайды.

Ион қозғалысын тежейтін күштердің бәрі әрине ерітіндінің концентрациясына байланысты, өйткені концентрация иондық атмосфераның құрылысына әсер етеді. Ион қозғалысын тежейтін күштердің барлығы электролит ерітіндісінің кедергісін туғызады.

Электролит ерітіндісінің кедергісі ( $R$ ) электродтардың ара қашықтығына ( $l$ ) тура пропорционалды, ал электродтың көлденең қимасының ауданына ( $S$ ) кері пропорционалды:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2),$$

мұнда  $\rho$  - пропорционалдық коэффициент, ол электролит ерітіндісінің табиғатымен анықталады, сондықтан ерітіндінің меншікті кедергісі деп аталады.

Кедергіге кері шаманы электр өткізгіштік ( $L$ ) дейді, өлшемі  $\text{Ом}^{-1}$ :

$$L = \frac{l}{R} \quad (3)$$

Электр өткізгіштіктің маңызды сипаттамаларының бірі меншікті электр өткізгіштік  $\chi$ , ол меншікті кедергіге кері шама:

$$\chi = \frac{l}{\rho} \quad (4)$$

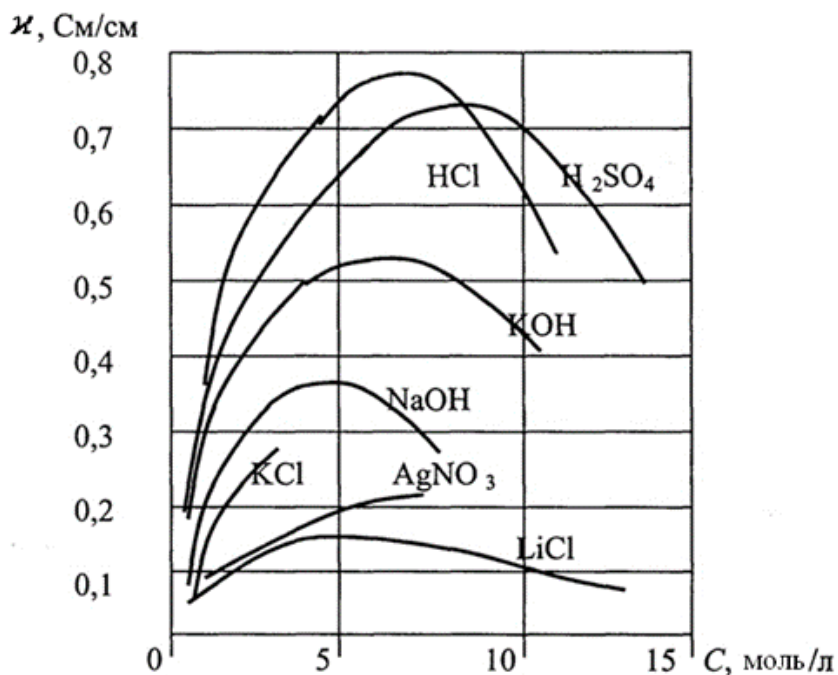
Меншікті электр өткізгіштік деп аудандары  $1 \text{ см}^2$ , ара қашықтығы  $1 \text{ см}$  екі электрод арасына орналасқан  $1 \text{ см}^3$  электролит ерітіндісінің электр өткізгіштігін айтады, оның размерлігі  $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$  немесе СИ жүйесі бойынша:  $\text{См} \cdot \text{м}^{-1}$ , мұнда См - Сименспен алынған өлшем бірлігі ( $\text{См} = \text{Ом}^{-1}$ ).

Практикада меншікті электр өткізгіштікті анықтау үшін (2-формула)  $l$  және  $S$  шамаларын өлшеу өте қиын. Бірақ меншікті электр өткізгіштігі белгілі ерітіндінің кедергісін өлшеу арқылы  $l/S$  қатынасын оңай табуға болады. Бұл  $l/S$  қатынасы электр өткізгіштік өлшенетін ыдыстың (ұяшықтың) тұрақтысы (ыдыс тұрақтысы) деп аталады, оны  $K$  әрпімен белгілесек:

$$\frac{l}{S} = \frac{R}{\rho} = R\chi = K \quad (5)$$

Ыдыс тұрақтысы электродтар арасындағы берілген ерітіндінің кедергісі оның меншікті кедергісінен неше рет көп не аз екенін көрсетеді. Ыдыс тұрақтысын анықтағаннан кейін, электродтардың жылжып кетпеуіне, қарайтылған платинамен жабылған беттік қабатының бұзылмауына көңіл аудару керек, өйтпеген күнде ыдыс тұрақтысының мәні өзгеріп кетеді.

Ерітіндінің меншікті электр өткізгіштігі оның концентрациясына тәуелді (1 сурет). Концентрациясы аз ерітінің  $1 \text{ см}^3$  көлеміндегі иондардың саны аз болатындықтан ерітіндінің меншікті электр өткізгіштігі аз болады. Концентрация өскен сайын  $1 \text{ см}^3$  ерітіндідегі иондар саны өседі, демек меншікті электр өткізгіштік те өседі. Бірақ концентрация белгілі бір мәнге жеткенде күшті электролиттер үшін релаксациялық және электрофоретикалық эффектілердің әсерінен, ал әлсіз электролиттер үшін диссоциация дәрежесінің азаюы әсерінен меншікті электр өткізгіштік азая бастайды.



1-сурет Меншікті электр өткізгіштіктің концентрацияға тәуелділігі

Электролит ерітіндісінің электр өткізгіштігі иондардың қозғалысы нәтижесінде болатындықтан меншікті электр өткізгіштік иондардың валенттілігі тұрақты кезінде ион қозғалысының жылдамдығымен, иондардың концентрациясымен және температурамен анықталады. Меншікті электр өткізгіштіктің температураға тәуелділігі мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\chi_t = \chi_{18}[1 + \alpha(t-18)] \quad (6)$$

мұнда  $\chi_t$  - электролиттің  $t$  температурадағы меншікті электр өткізгіштігі;  $\chi_{18}$  - электролиттің  $18^\circ\text{C}$ -дегі меншікті электр өткізгіштігі;  $\alpha$  - температуралық коэффициент.

Бинарлы бір-бір валентті күшті электролит үшін меншікті электр өткізгіштіктің иондардың концентрациясына және қозғалыс жылдамдықтарына тәуелділігі мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\chi = \frac{C_i F (u_k + u_a)}{1000} \quad (7)$$

мұнда  $F$  - Фарадей саны;  $C_i$  - ион концентрациясы, г-экв/л;  $U_k$  және  $U_a$  - катион мен анионның потенциал градиенті = 1 В/см болған кездегі абсолюттік жылдамдығы.

Бұл теңдеу көбінесе мына түрде жазылады:

$$\chi = \frac{C_i}{1000} (\lambda_k + \lambda_a) \quad (8)$$

мұнда  $\lambda_k = F \cdot u_k$ ,  $\lambda_a = F \cdot u_a$  - катион мен анионның қозғалғыштықтары деп аталады.

Меншікті электр өткізгіштіктің концентрацияға тәуелділігі (8)-теңдеуге қарағанда көп күрделі болады, өйткені концентрацияның өзгерісімен иондардың қозғалғыштықтары да өзгереді.

Күшті электролиттер теориясы бойынша, (8)-теңдеуді былай жазу керек:

$$\chi = \frac{C_i f_\lambda}{1000} (\lambda_k + \lambda_a) \quad (9)$$

мұнда  $f_\lambda$  - электр өткізгіштік коэффициенті.

Ал әлсіз электролиттер үшін:

$$\chi = \frac{C_i \alpha \lambda}{1000} (\lambda_k + \lambda_a) \quad (10)$$

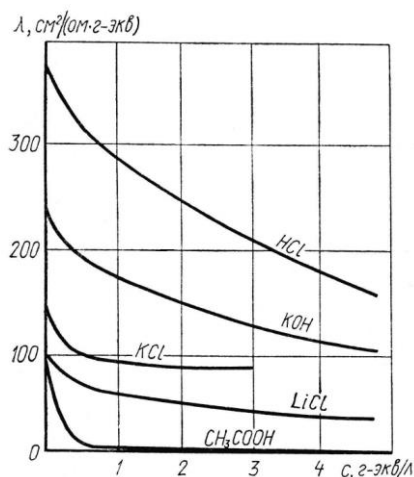
мұнда  $\alpha_i$  - диссоциациялану дәрежесі.

Электрохимияда эквиваленттік (немесе, концентрация моль/л-мен өлшенсе, молярлық) электр өткізгіштік деген ұғым жиі қолданылады (эквиваленттік электр өткізгіштік деген ұғымды алғаш Р. Ленц еңгізген).

**Эквиваленттік (молярлық) электр өткізгіштік ( $\lambda$ ) деп ішінде 1 г-экв (1 моль) электролит еріген, ара қашықтығы 1 см екі электрод арасына орналасқан ерітіндінің электр өткізгіштігін айтады.**

Концентрациясы  $C_i$  электролит ерітіндісінің эквиваленттік электр өткізгіштігі былай өрнектеледі (2 сурет):

$$\lambda_c = \frac{\chi}{C_i} \cdot 1000 \quad (11)$$

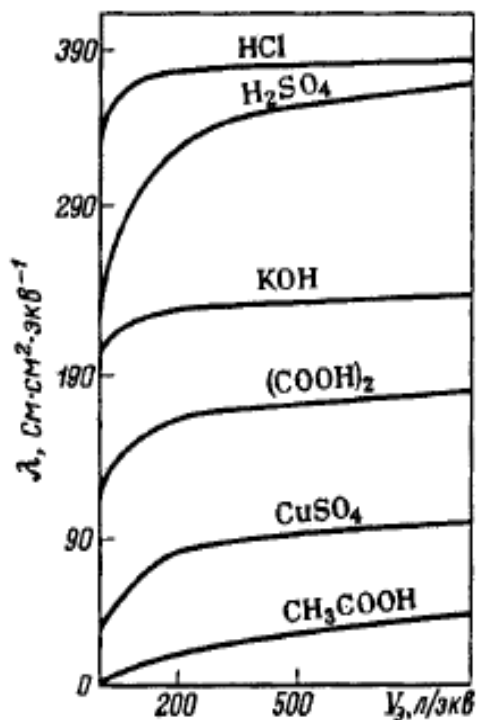


2-сурет Молярды элект өткізгіштіктің концентрацияға тәуелділігі

немесе

$$\lambda_v = \chi \cdot 1000 \cdot V,$$

мұнда  $V$  - ерітіндінің сұйылту саны (3 сурет)



3-сурет молярды электр өткізгіштіктің әртүрлі электролиттер үшін сұйылтуға тәуелділігі және

$$\lambda_c = f_\lambda (\lambda_k + \lambda_a) \quad (12).$$

Ерітіндіні шексіз сұйылтқан кезде электр өткізгіштіктің коэффициенті 1-ге жақындайды, сонда

$$\lambda_\infty = \lambda_{k,\infty} + \lambda_{a,\infty} \quad (13),$$

мұнда  $\lambda_\infty$  - шексіз сұйылтылған электролит ерітіндісінің электр өткізгіштігі;  $\lambda_{k,\infty}$  және  $\lambda_{a,\infty}$  - иондардың шексіз сұйылтылған ерітіндідегі қозғалғыштықтары. Демек

$$f_{\lambda} = \frac{\lambda_C}{\lambda_{\infty}} \quad (14),$$

ал әлсіз электролиттер үшін (10)- теңдеу бойынша:

$$\alpha = \frac{\lambda_C}{\lambda_{\infty}} \quad (15).$$

Эквиваленттік электр өткізгіштіктің температураға тәуелділігі (6)-теңдеуге ұқсас теңдеумен өрнектеледі, себебі эквиваленттік электр өткізгіштік меншікті электр өткізгіштікке тура пропорционал:

$$\lambda_t = \lambda_{18}[1+\alpha(t-18)] \quad (16).$$

Эквиваленттік электр өткізгіштіктің де концентрацияға тәуелдігі күрделі, бірақ төмен концентрациялы бинарлы күшті электролиттер үшін бұл тәуелділік төмендегі эмпирикалық теңдеулердің бірімен өрнектеледі:

$$\lambda_C = \lambda_{\infty} - A\sqrt{C} \quad (17)$$

$$\lambda_C = \lambda_{\infty} - B\sqrt[3]{C} \quad (18),$$

мұнда А және В - тұрақты шамалар.

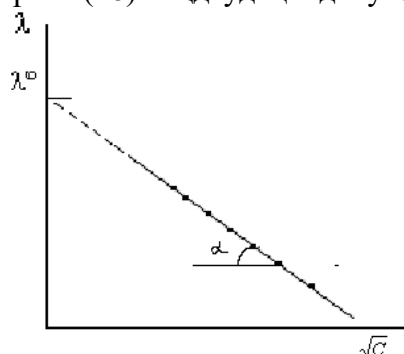
Жалпы алғанда эквиваленттік электр өткізгіштік ерітіндіні сұйылтқан сайын өседі: әлсіз электролит үшін диссоциациялану дәрежесінің өсуімен, күшті электролиттер үшін иондар арасындағы әрекеттесу күші азайып, ион қозғалғыштығы өсуімен байланысты.

Шексіз көп сұйылтқан ( $C \rightarrow 0$ ) кезде эквиваленттік электр өткізгіштік өзінің максималды мәніне жетеді, бұл мәнді шекті электр өткізгіштік ( $\lambda_{\infty}$ ) деп атайды.

Шекті электр өткізгіштік (13)-теңдеу бойынша иондардың (катион және анион) шексіз сұйылтқан ерітіндідегі қозғалғыштықтарының яғни иондардың электр өткізгіштіктерінің қосындысына тең (Кольрауш заңы). **Кольрауш заңының физикалық мағынасы (13-теңдеу): катион мен анион шексіз сұйылтылған кезде электр тоғын бір-біріне тәуелсіз өткізеді.** Бұл қатынас шамамен басқа концентрациялы ерітінділер үшін де (көптеген тұздардың 0,01 г-экв/л, ал қышқылдар мен негіздердің 0,001 г-экв/л концентрацияларына дейін) орындалады:

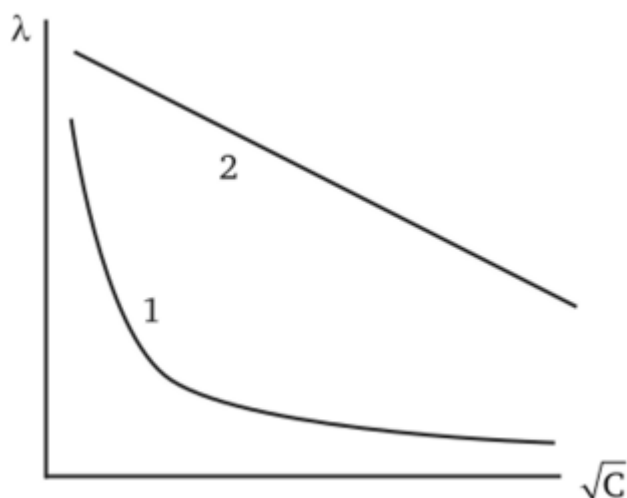
$$\lambda_{\infty} = \lambda_{k,\infty} + \lambda_{a,\infty}$$

Күшті электролиттің шекті электр өткізгіштігін табу үшін (17)-теңдеу қолданылады. Ол үшін электролит ерітіндісінің концентрациясын азайта отырып электр өткізгіштіктің мәндерін анықтайды. Алынған мәліметтерді  $\lambda_C \equiv f\sqrt{C}$ , тәуелділігінің графигіне салып, алынған түзуді концентрацияның нөл мәніне дейін экстраполяциялайды, түзудің ординат өсімен қиылысқан нүктесі  $\lambda_{\infty}$ -тің мәніне береді (4 сурет). Бұл әдіс концентрацияның 0,003 г-экв/л-ден төмен мәндері үшін жарамды. Одан жоғары концентрациялы ерітінділер (0,5 г-экв/л) үшін (18)-теңдеуді қолдану қажет.



4-сурет күшті электролиттер үшін  $\lambda_C = f(\sqrt{C})$  тәуелділігі

Әлсіз электролиттер үшін бұл әдіс қолданылмайды, өйткені олардың толығымен диссоциацияланды өте төмен концентрациясында ғана байқалады: ондай ерітіндімен жұмыс істеу ыңғайсыз болады (5 сурет).



5-сурет  $\lambda_c = f(\sqrt{C})$  тәуелділігі: 1- күшті электролит, 2- әлсіз электролит үшін

Шекті электр өткізгіштіктің ( $\lambda_\infty$ ) мәнін әлсіз электролиттер үшін Оствальд-Вальден ережесі бойынша шамамен есептеуге болады:

$$\lambda_\infty = \lambda_c + n\sqrt{C} \quad (19),$$

мұнда  $n$  - анион мен катионның валенттіліктерінің көбейтіндісі;  $C$  электролит концентрациясына тәуелді тұрақты шама.

Төменде  $C$  шамасының ерітінді концентрациясына тәуелділігі берілген:

$1/C$ , л/г-экв	32	64	128	256	512	1024
$\sqrt{C}$	13	10	8	6	4	2,5

Әлсіз электролиттер үшін  $\lambda_\infty$  мәні Кольрауш заңы (13) арқылы анықталады, егер шексіз сұйылту кезінде иондардың эквивалентті электр өткізгіштігі кестелік мәліметтерден белгілі болса. Бұл шамалар көбінесе  $25^\circ\text{C}$  ( $18^\circ\text{C}$ ) температурада беріледі, сондықтан оларды қолданар алдында (16) формула бойынша тәжірибе температурасына түзетумен қайта есептеу қажет.

(15) теңдеуімен әлсіз электролит үшін  $\lambda_\infty$  және  $\lambda$  мәндерін есептеу арқылы оның диссоциациялану дәрежесін және Оствальдтың сұйылту заңына есептеуге болады:

$$K_d = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} \quad (20)$$

Оның диссоциация константасын электр өткізгіштігі арқылы анықтау арқылы:

$$K_d = \frac{\lambda^2 C}{\lambda_\infty(\lambda_\infty - \lambda_c)} \quad (21)$$

Әлсіз электролиттер үшін  $\alpha \ll 1$ , онда (20) теңдеуінен  $K_d = \alpha^2 C$ , осыдан

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}} = \frac{\lambda}{\lambda_\infty} \quad (22)$$

Соңғы қатынастан мынаны білдіреді:  $\lambda = \lambda_{\infty} \sqrt{\frac{K}{C}}$ , ал логарифмдік формада бұл тәуелділік келесі түрде болады:

$$\lg \lambda = \lg \lambda_{\infty} + 1/2 \lg K - 1/2 \lg C \quad (23)$$

Сонымен, әлсіз электролиттер үшін  $\lambda_{\infty}$  и  $K_d$  - тұрақты шамалар, онда  $\lg \lambda = f(\lg C)$  тәуелділік графигі сызықты болады  $1/2$  бұрыштық коэффициентпен. (20) теңдеуді түрлендіруге болады және келесі түрінде ұсынуға болады:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_{\infty}} + \frac{\lambda C}{K \lambda_{\infty}^2} \quad (24)$$

Осыдан  $\frac{1}{\lambda} = f(\lambda C)$  тәуелділігі түзу сызықтың  $\frac{1}{K \lambda_{\infty}^2}$ - ге тең көлбеу бұрышының тангенсімен өрнектеледі.

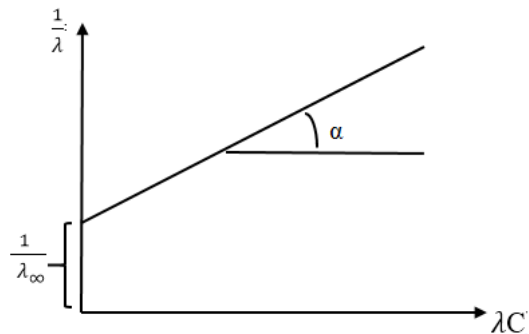


Рисунок 1

$\lambda_{\infty}$  шамасы нөлдік концентрацияға сызықтық тәуелділіктің экстраполяциясы арқылы анықталады, ал  $K_d$  теңдеу бойынша есептеледі:

$$K_d = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\lambda_{\infty}^2} \quad (25)$$

Берілген концентрациядағы күшті электролиттердің эквивалентті электр өткізгіштігінің белгілі бір электр өткізгіштікке қатынасы  $f_{\lambda}$  электр өткізгіштік коэффициенті деп аталады және ионаралық өзара әрекеттесуді көрсетеді:

$$f_{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}} = \frac{\lambda^+ + \lambda^-}{\lambda_{\infty}^+ + \lambda_{\infty}^-} \quad (26)$$

$f_{\lambda}$  шамасы иондардың зарядына байланысты: 0.1 н ерітіндісіндегі бір валентті (1-1) электролит үшін  $f_{\lambda} \approx 0.8$ , бір-екі валентті (1-2) үшін -  $f_{\lambda} \approx 0.75$ , екі валентті (2-2) үшін -  $f_{\lambda} \approx 0.4$ .

$\lambda = f(\sqrt{C})$  тәуелділікті  $C=0$  дейін экстраполяциялау арқылы күшті электролиттер үшін  $\lambda_{\infty}$  есептеуге болады. Колрауштың екінші заң теңдеуінен,:

$$\lambda = \lambda_{\infty} - A\sqrt{C} \quad (17)$$

Сұйылтылған ерітінділердегі бинарлы 1-1 валентті электролит үшін (17) теңдеудегі  $A$  тұрақты Дебай-Гюккель-Онзагер теориясына сәйкес электрофоретикалық  $A_3$  және релаксация  $A_p$  эффектiрлердiң әсерлерiнiң қосындысын бiлдiредi:  $A = A_3 + A_p \cdot \lambda_{\infty}$  және (17) теңдеудi жазуға болады:

$$\lambda = \lambda_{\infty} - (A_3 + A_p \lambda_{\infty})\sqrt{C} \quad (27)$$

Ол Онзагер теңдеуі ретінде белгілі:

$$A_3 = \frac{82.4}{(\xi T)^{1/2} \eta} \quad (28)$$

$$A_p = \frac{8.2 \times 10^5}{(\xi T)^{3/2}} \quad (29)$$

Мұндағы  $\xi$  - еріткіштің диэлектрлік константасы,  $\eta$ -Т,К температурадағы ортаның тұтқырлығы

Электрхимиялық жүйелерде меншікті және эквивалентті (молярлық) электр өткізгіштігі маңызды рөл атқарады. Электролит ерітінділерінің электр өткізгіштігін жоғары жиілікті айнымалы токпен қоректенетін Колпрауш көпірінің көмегімен жүзеге асырылады, өлшеу құрылғысы барлық Физикалық химия практикумдарында толық сипатталған.

### 3. ЖҰМЫСТЫҢ ОРЫНДАЛУ РЕТІ

Құралдар мен материалдар: калий хлориді, натрий нитраты, аммоний хлориді, тұз қышқылы, натрий гидроксиді және басқалардың 0,1М ерітінділері, бидистильденген су, кондуктометр.

Күшті электролиттің концентрациясы 0,1-ден 0,0001М-ге дейінгі аралықта жататын бес ерітіндісі дайындалады. Бұл ерітінділердің меншікті электр өткізгіштігі концентрациясы ең кішісінен бастап өлшенеді.

#### 4.НӘТИЖЕЛЕРДІ ӨНДЕУ

1. Зерттелетін электролиттердің эквивалентті электр өткізгіштігін есептелінеді:

$$\lambda_c = \frac{\chi}{c_i} \times 1000.$$

2. Меншікті электр өткізгіштіктің анықталған мәндері және эквиваленттік электр өткізгіштіктің есептелген мәндері бойынша

$\chi = f(c)$  және  $\lambda_c = f(\sqrt{c})$  тәуелділіктерінің графиктері тұрғызылады және тәуелділіктерді түсіндіріледі.

3.  $\lambda_c = \lambda_\infty - A\sqrt{c}$  ( $\lambda_c = f(\sqrt{c})$ ) теңдеу арқылы күшті электролит үшін графиктен шекті электр өткізгіштіктің ( $\lambda_\infty$ ) мәні анықталады және алынған мәліметтер анықтамалық мәліметтермен салыстырылады.

4. Кольрауш теңдеуі бойынша:  $\lambda_\infty = \lambda_{k,\infty} + \lambda_{a,\infty}$  өлсіз электролит үшін  $\lambda_\infty$  шекті эквиваленттік электр өткізгіштігін анықтаңыз, шексіз сұйылту кезінде иондардың эквивалентті электр өткізгіштігі кестелік мәліметтерден алынады.

5. Өлсіз электролит үшін диссоциация дәрежесінің орташа мәнін анықтаңыз:  $\alpha = \frac{\lambda_c}{\lambda_\infty}$

және диссоциация константасының орташа мәні:  $K_d = \frac{\lambda^2 c}{\lambda_\infty(\lambda_\infty - \lambda_c)}$ , алынған мәліметтер анықтамалық мәліметтермен салыстырылады.

### 5.ҚАУІПСІЗДІК ТЕХНИКАСЫ

Жұмысты орындау барысында тыйым салынады:

1. Оқытушының рұқсатынсыз құрылғыларды қосып өшіру.
2. Кернеулі қондырғыны қараусыз қалдыруға.
3. Жерге қосылмаған жабдықпен жұмыс жасауға.

Зертханалық жұмысты орындау кезінде студент міндетті:

- халатта жұмыс істеу, қажет болған жағдайда жеке қорғаныс құралдарын пайдалану;



- жұмысты ұқыпты жасау, тазалықты сақтау;
- пайдаланылған ерітінділерді арнайы ыдыстарға төгіп тастау;
- химиялық ыдыстарды, реактивтерді, жабдықтарды ұқыпты ұстау;
- жұмысты көрсетілген ретпен орындау.

## 6. ЕСЕПКЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР

Есепте келесі бөлімдер болуы керек:

1. Жұмыстың мақсаты.
2. Эксперименттердің аралық және соңғы нәтижелері.
3. Нәтижелерді өңдеу бойынша есептеулер.
4. Эксперименттер мен есептеулердің нәтижелері бойынша қорытынды.
5. Жұмысқа студент пен оқытушы қол қоюы керек

## 7. БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Релаксация және электрофоретикалық әсерлер дегеніміз не?
2. Меншікті электр өткізгіштіктің физикалық мәні, оның мөлшері, концентрация мен температураға тәуелділігі қандай?
3. Эквивалентті электр өткізгіштіктің физикалық мәні, оның өлшемі, концентрациясы мен температурасына тәуелділігі қандай?
4. Колрауш иондарының тәуелсіз қозғалыс заңын тұжырымдаңыз.
5. Күшті және әлсіз электролиттер үшін шекті электр өткізгіштігін қалай анықтауға болады?
6. Иондардың қозғалғыштығы мен абсолютті жылдамдығы дегеніміз не?
7. Әлсіз электролиттің диссоциация константасын қалай анықтауға болады?
8. Белсенді массалар заңы. Диссоциация дәрежесі, диссоциация константасы, Оствальдтың сұйылту Заңы.
9. Онзагер теңдеуін түсіндіріңіз.

## 8. ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шәбікова Г.Х. Электрохимия әдістері. Алматы, 1992, 192б.
2. Оспанов Х.Қ., Қамысбаев Д. Х., Абланова Е. Х., Шәбікова Г. Х. – Физикалық химия. Өскемен: ШҚМУ Баспасы, 1997, 576 бет.
3. Оспанова А.К., Сейлханова Г.А. Химиялық кинетика және электрохимия. Алматы, ҚазҰУ, 2006., 2010.
4. Шабикова Г.Х., Оспанова А.К., Ашимхан Н.С. Физикалық химия бойынша есептер мен мысал есептер. Алматы. 2013. 271 бет.
5. Ә.Қ. Оспанова., Г.А. Сейлханова Физикалық химияның таңдаулы тараулары. – Алматы, 2011 ж. – 149 б.
6. Стромберг А.Г. Физическая химия, М.: 1988, 1999, 2003. Интернет-ресурстары:.
7. Семиохин И.А., Страхов Б.В., Осипов А.Н. Кинетика химических реакций. М.: МГУ, 1995. – 347 с.
8. Краснов К.С. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1995. – 319 с.
9. Горбачев С.В. Практикум по физической химии. – 1974. – С.388-391