# Неравновесные явления в растворах электролитов

# Неравновесные явления

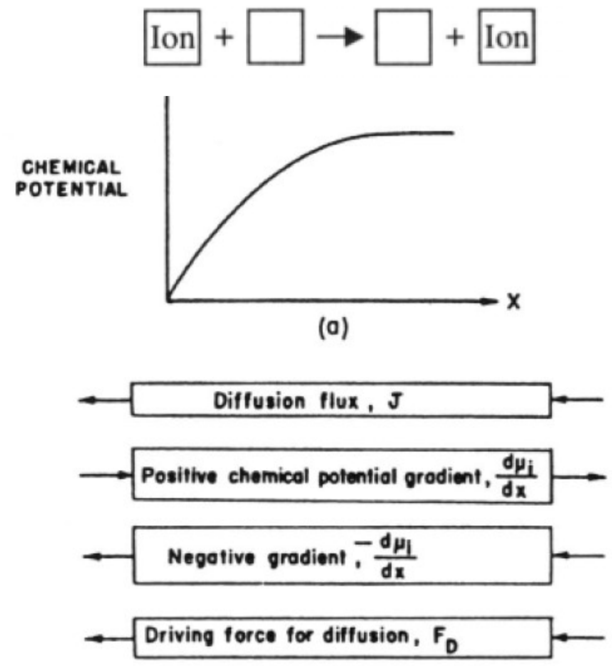
Изменение концентрации растворенного вещества

Наложение электрического поля

Изменение состава раствора по отношению к равновесному

$$j_\mathrm{d} = -k_\mathrm{d} c_i \mathrm{grad}\mu_i$$

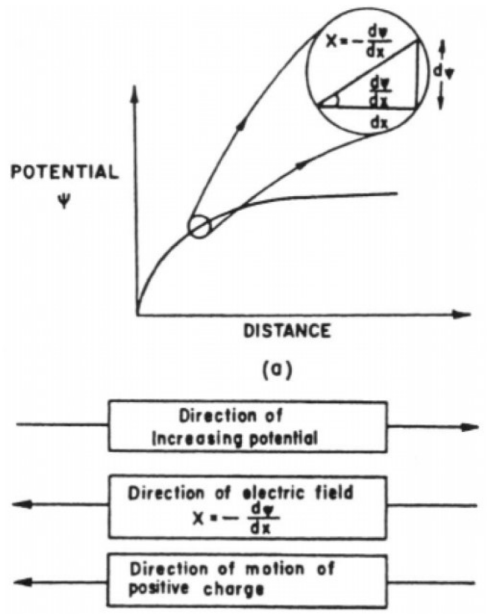
$$k_\mathrm{d} = \frac{l^2}{2hN_A}\exp\left(-\frac{\Delta G^{\neq}}{RT}\right)$$




$$j_\mathrm{m} = c_i v_i \qquad v_i = \frac{z_i}{|z_i|} u_i X$$

$$X = -\mathrm{grad}\,\varphi$$

$$j_\mathrm{m} = \frac{z_i}{|z_i|} c_i\, u_i\, X = -\frac{z_i}{|z_i|} c_i\, u_i\, \mathrm{grad}\,\varphi$$




Химическая реакция (кинетика)

# Диффузия



$$j_{\mathrm{d}} = -k_{\mathrm{d}}\, c_i \,\mathrm{grad}\, \mu_i$$

- Одномерная диффузия

$$j_i = -k_{\mathrm{d}} c_i \frac{d\mu_i}{dx} = -k_{\mathrm{d}} c_i \frac{d}{dx}\left(\mu_i^0 + RT\ln f_i c_i\right) = -k_{\mathrm{d}} c_i \frac{RT}{f_i c_i}\frac{d}{dx}(f_i c_i)$$

$$= -k_{\mathrm{d}} RT \frac{dc_i}{dx} - \frac{k_{\mathrm{d}} RT c_i}{f_i}\frac{df_i}{dx} = -k_{\mathrm{d}} RT \frac{dc_i}{dx} - \frac{k_{\mathrm{d}} RT c_i}{f_i}\frac{df_i}{dc_i}\frac{dc_i}{dx} = -k_{\mathrm{d}} RT\left(1 + \frac{c_i}{f_i}\frac{df_i}{dc_i}\right)\frac{dc_i}{dx}$$

$$\boxed{D = k_{\mathrm{d}} RT\left(1 + \frac{\mathrm{d}\ln f_i}{\mathrm{d}\ln c_i}\right)}$$

$$\boxed{j_{\mathrm{d}} = -D\frac{\mathrm{d}c_i}{\mathrm{d}x}}$$

1855 г.
Первый закон Фика

| Electrolyte | Diffusion Coefficient $D$ in Units of $10^{-5}$ $\boxed{\mathrm{cm}^2\ \mathrm{s}^{-1}}$ at Concentration (in molarity) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.5 |
| HCl | 3.07 | 3.05 | 3.06 | 3.18 |
| LiCl | 1.28 | 1.27 | 1.27 | 1.28 |
| NaCl | 1.51 | 1.48 | 1.48 | 1.47 |

# Миграция



$$j_{\mathrm{m}} = -\frac{z_i}{|z_i|} c_i u_i \mathrm{grad}\varphi \qquad j = j_{\mathrm{d}} + j_{\mathrm{m}}$$

электрическая подвижность м²/(В·с)

- Движущая сила – градиент электрохимического потенциала

$$\bar{\mu}_i = \mu_i + z_i F \varphi$$

- В условиях равновесия: $j_d + j_m = 0$;   $\mathrm{grad}\mu_i = -z_i F \mathrm{grad}\varphi$

$$j_{\mathrm{d}} = -k_d c_i \mathrm{grad}\mu_i = z_i F k_d c_i \,\mathrm{grad}\varphi \qquad j_{\mathrm{m}} = -\frac{z_i}{|z_i|} c_i u_i \mathrm{grad}\varphi \qquad j_{\mathrm{d}} = -j_{\mathrm{m}}$$

$$k_{\mathrm{d}} = \frac{u_i}{|z_i| F} \qquad D_i = k_{\mathrm{d}} RT \left(1 + \frac{\mathrm{dln}f_i}{\mathrm{dln}c_i}\right) \longrightarrow D_i = u_i \frac{RT}{|z_i| F} \left(1 + \frac{\mathrm{dln}f_i}{\mathrm{dln}c_i}\right)$$

- При бесконечном разбавлении: $\boxed{D_i^0 = \frac{RT}{|z_i| F} u_i^0}$ **Уравнение Нернста-Эйнштейна**

- (связь коэффициента диффузии при бесконечном разведении с электрической подвижностью)

# Диффузионный потенциал

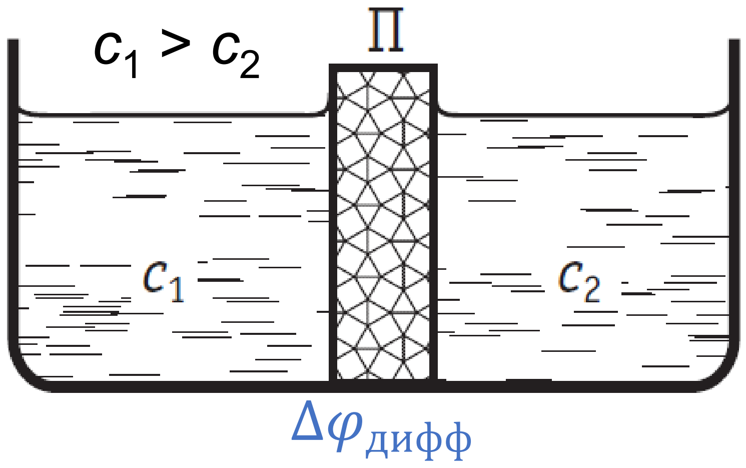
- Коэффициенты диффузии катионов и анионов не равны

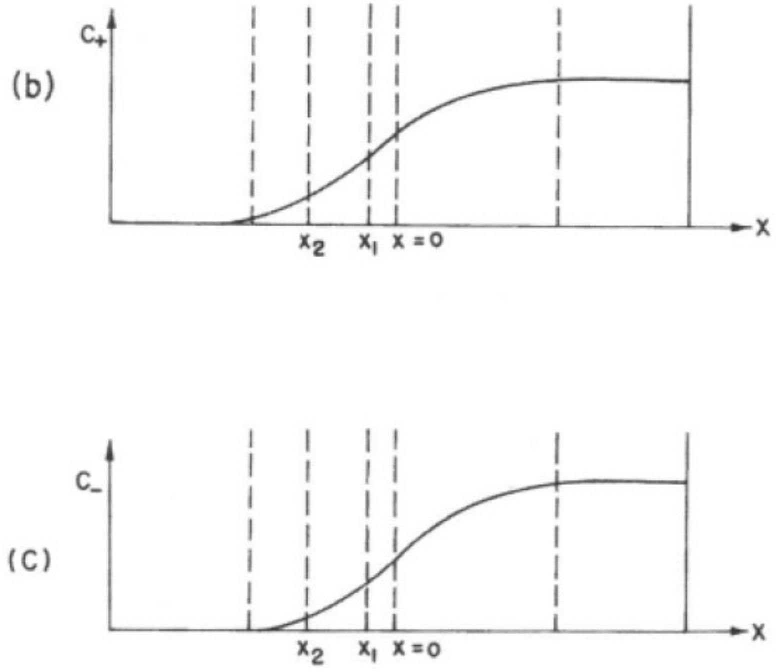
$$D_+ < D_-$$

$$j_+ = -D_+\mathrm{grad}c_+ - \frac{z_+F}{RT}D_+c_+\mathrm{grad}\varphi$$

$$j_- = -D_-\mathrm{grad}c_- - \frac{z_-F}{RT}D_-c_-\mathrm{grad}\varphi$$

$$\boxed{\Delta\varphi_{\text{дифф}} = \frac{D_- - D_+}{z_+D_+ + |z_-|D_-}\frac{RT}{F}\ln\frac{c_2}{c_1}}$$



# Электропроводность

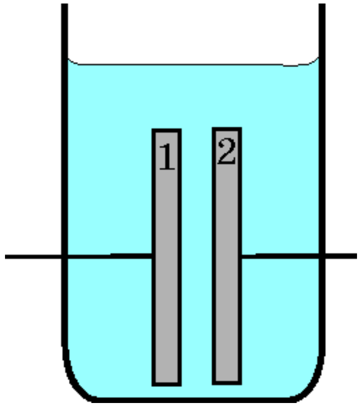
- Сопротивление проводника: $R = \frac{\rho l}{s}$
- Удельная электропроводность: $\boxed{\kappa = \frac{l}{sR}}$
- $\kappa(H_2O) = 0.55 \cdot 10^{-5}$ См/м (25 °C)

$\kappa R = \frac{l}{s}$

постоянная ячейки

| Substance | Type of Conductor | Specific Conductivity (S cm$^{-1}$) |
|---|---|---|
| Copper | Metallic | $5.8 \times 10^{5}$ |
| Lead | Metallic | $4.9 \times 10^{5}$ |
| Iron | Metallic | $1.1 \times 10^{5}$ |
| 4 *M* $H_2SO_4$ | Electrolytic | $7.5 \times 10^{-1}$ |
| 0.1 *M* KCl | Electrolytic | $1.3 \times 10^{-2}$ |
| Xylene | Nonelectrolyte | $1 \times 10^{-19}$ |

**Двухэлектродная ячейка**



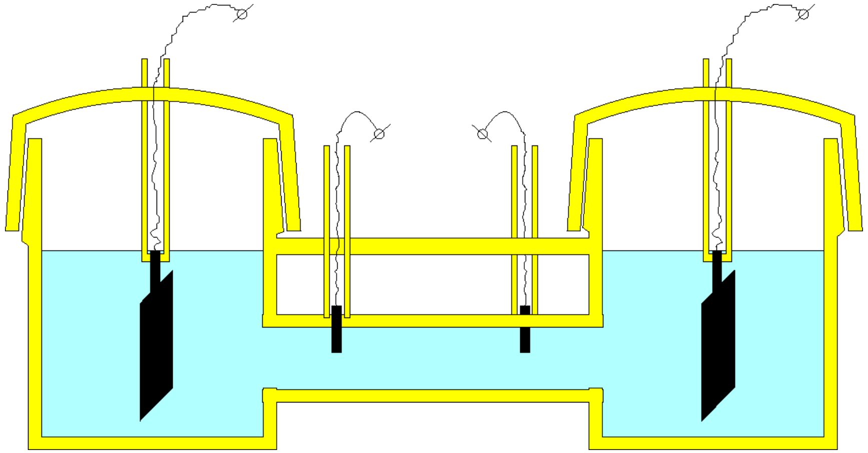

$U = \Delta E_1 + \Delta E_2 + i\mathbf{R}$

$\Delta E_1, \Delta E_2 \to 0$

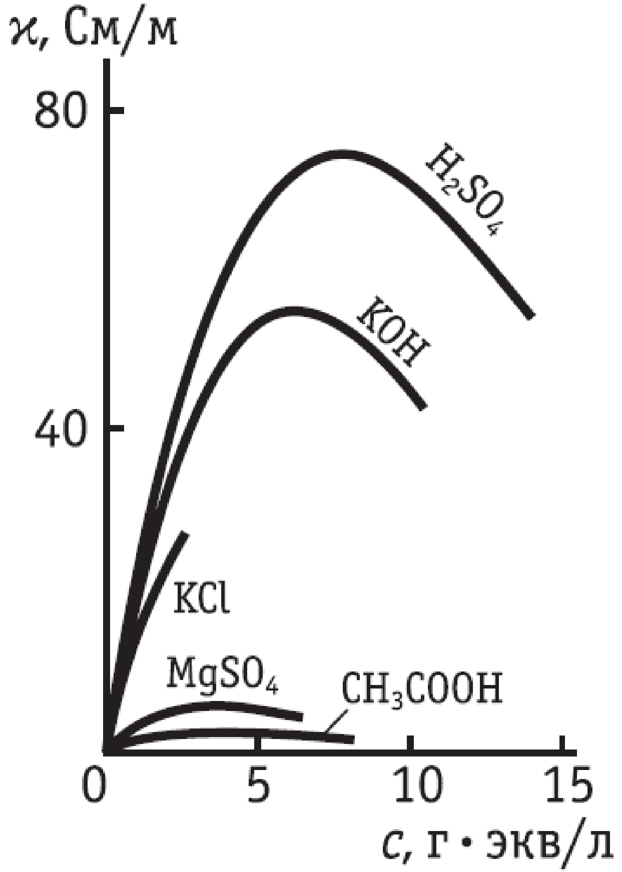
$j_д \to 0$

Переменный ток малой амплитуды

**Четырехэлектродная ячейка**



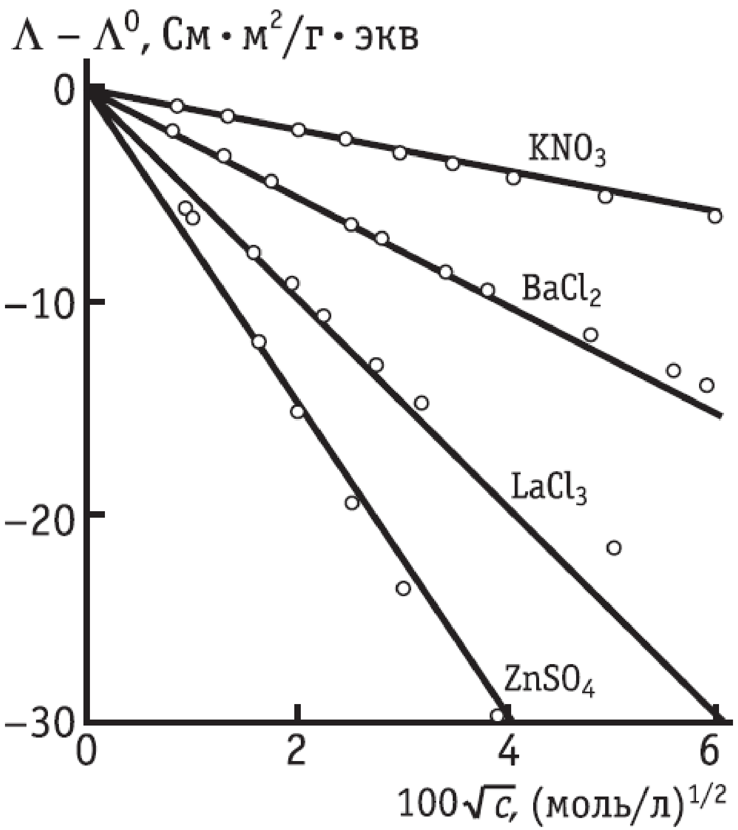
# Зависимость электропроводности от концентрации




- Эквивалентная электропроводность

$$\Lambda = \frac{\kappa}{z_+ \nu_+ c} = \frac{\kappa}{z_- \nu_- c}$$

[См · м$^2$/г·экв] [См · м$^2$/моль]




- Ионные электропроводности

$$\Lambda = \alpha(\lambda_+ + \lambda_-)$$

$$\lambda_+ = \mathrm{F}u_+ \qquad \lambda_- = \mathrm{F}u_-$$

- При бесконечном разведении

$$\Lambda^0 = \lambda_+^0 + \lambda_-^0$$

*Предельные электропроводности (подвижности) ионов*

# При бесконечном разведении

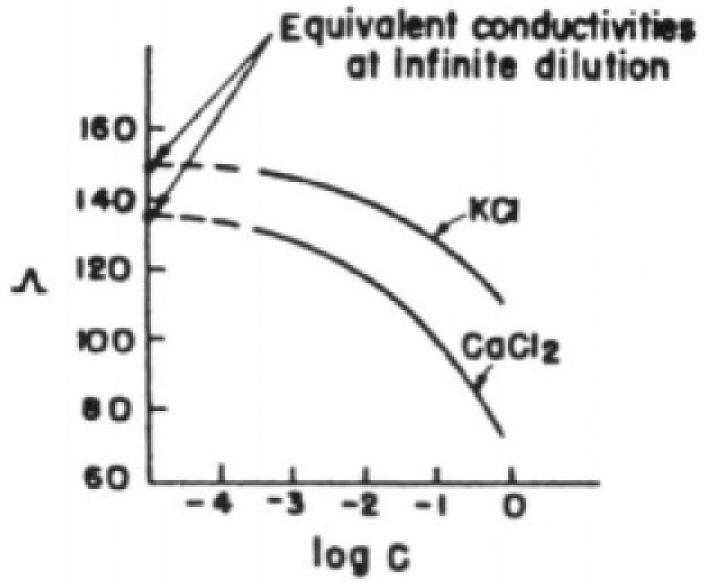
| Ion | λ $10^{-4}$ m² S mol⁻¹ | D $10^{-5}$ cm² s⁻¹ |
|---|---|---|
| **Inorganic Cations** | | |
| $Ag^+$ | 61.9 | 1.648 |
| $1/3Al^{3+}$ | 61 | 0.541 |
| $1/2Ba^{2+}$ | 63.6 | 0.847 |
| $1/2Be^{2+}$ | 45 | 0.599 |
| $1/2Ca^{2+}$ | 59.47 | 0.792 |
| $1/2Cd^{2+}$ | 54 | 0.719 |
| $1/3Ce^{3+}$ | 69.8 | 0.620 |
| $1/2Co^{2+}$ | 55 | 0.732 |
| $1/3[Co(NH_3)_6]^{3+}$ | 101.9 | 0.904 |
| $1/3[Co(en)_3]^{3+}$ | 74.7 | 0.663 |
| $1/6[Co_2(trien)_3]^{6+}$ | 69 | 0.306 |
| $1/3Cr^{3+}$ | 67 | 0.595 |
| $Cs^+$ | 77.2 | 2.056 |
| $1/2Cu^{2+}$ | 53.6 | 0.714 |
| $D^+$ | 249.9 | 6.655 |
| $1/3Dy^{3+}$ | 65.6 | 0.582 |
| $1/3Er^{3+}$ | 65.9 | 0.585 |
| $1/3Eu^{3+}$ | 67.8 | 0.602 |
| $1/2Fe^{2+}$ | 54 | 0.719 |
| $1/3Fe^{3+}$ | 68 | 0.604 |
| $1/3Gd^{3+}$ | 67.3 | 0.597 |
| $H^+$ | 349.65 | 9.311 |
| $1/2Hg^{2+}$ | 68.6 | 0.913 |
| $1/2Hg^{2+}$ | 63.6 | 0.847 |
| $1/3Ho^{3+}$ | 66.3 | 0.589 |
| $K^+$ | 73.48 | 1.957 |
| $1/3La^{3+}$ | 69.7 | 0.619 |
| $Li^+$ | 38.66 | 1.029 |
| $1/2Mg^{2+}$ | 53.0 | 0.706 |
| $1/2Mn^{2+}$ | 53.5 | 0.712 |
| $NH_4^+$ | 73.5 | 1.957 |
| $N_2H_5^+$ | 59 | 1.571 |
| $Na^+$ | 50.08 | 1.334 |
| $1/3Nd^{3+}$ | 69.4 | 0.616 |
| $1/2Ni^{2+}$ | 49.6 | 0.661 |
| $1/4[Ni_2(trien)_3]^{4+}$ | 52 | 0.346 |
| $1/2Pb^{2+}$ | 71 | 0.945 |
| $1/3Pr^{3+}$ | 69.5 | 0.617 |
| $1/2Ra^{2+}$ | 66.8 | 0.889 |
| $Rb^+$ | 77.8 | 2.072 |
| $1/3Sc^{3+}$ | 64.7 | 0.574 |
| $1/3Sm^{3+}$ | 68.5 | 0.608 |
| $1/2Sr^{2+}$ | 59.4 | 0.791 |
| $Tl^+$ | 74.7 | 1.989 |
| $1/3Tm^{3+}$ | 65.4 | 0.581 |
| $1/2UO_2^{2+}$ | 32 | 0.426 |
| $1/3Y^{3+}$ | 62 | 0.550 |
| $1/3Yb^{3+}$ | 65.6 | 0.582 |
| $1/2Zn^{2+}$ | 52.8 | 0.703 |

# Эквивалентная электропроводность



- Слабый электролит: $\Lambda = \alpha(\lambda_+ + \lambda_-)$
- Сильный электролит: $\Lambda = \lambda_+ + \lambda_-$
- При бесконечном разведении: $\Lambda^0 = \lambda_+^0 + \lambda_-^0$

| Соль | NaCl | KCl | NaBr | KBr |
|---|---|---|---|---|
| $\Lambda^0 \cdot 10^4$, См · м$^2$/г · экв | 126,45 | 149,85 | 128,24 | 151,64 |




$$\boxed{\Lambda = \Lambda^0 - \mathrm{const}\sqrt{c}}$$

Закон Кольрауша

- Электрическое число переноса – доля тока, переносимая ионами вида *i*

$$t_+ = \frac{i_+}{i} = \frac{\lambda_+}{\lambda_+ + \lambda_-} \qquad t_- = \frac{i_-}{i} = \frac{\lambda_-}{\lambda_+ + \lambda_-}$$

- В бинарном электролите: $t_+ + t_- = 1$

# Сольводинамические радиусы



| Ион | $\lambda_i^0$, см$^2$/(Ом·г·экв) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 °C | 18 °C | 25 °C | 45 °C | 100 °C |
| $Li^+$ | 19,4 | 32,8 | 38,7 | 58,0 | 115 |
| $Na^+$ | 26,5 | 42,8 | 50,1 | 73,7 | 145 |
| $K^+$ | 40,7 | 63,9 | 73,5 | 103,5 | 195 |
| $Rb^+$ | 43,9 | 66,5 | 77,8 | 108,6 | — |
| $Cs^+$ | 44,0 | 67,0 | 77,3 | 107,5 | — |

- Рост электропроводности при повышении T и увеличении радиуса иона
- Ион – макроскопический шар в вязкой жидкости (?)

сила

$$v = \frac{P}{6\pi\eta r} \quad \longrightarrow \quad v^0 = \frac{\lambda_i^0 X}{F} \quad \longrightarrow \quad \frac{\lambda_i^0 X}{F} = \frac{|z_i| e_0 X}{6\pi\eta r}$$

вязкость

$$\lambda_i^0 = \frac{|z_i| e_0^2 N_A}{6\pi\eta r_i}$$

сольводинамический (стоксовский) радиус

# Сольводинамические радиусы



$r_{st}$ ($Br^-$) = 1.17 Å
$r_{cr}$ ($Br^-$) = 1.82 - 1.96 Å

$$\lambda_i^0 = \frac{|z_i| e_0^2 N_A}{6\pi\eta r_i}$$

*Правило Вальдена*

$$\boxed{\lambda_i^0 \eta = const = \frac{z e_0 F}{6\pi r_i}}$$

$$D_i^0 = \frac{RT}{|z_i| F^2} \lambda_i^0 = \frac{kT}{|z_i| e_0^2 N_A} \lambda_i^0$$

$$\boxed{D_i^0 = \frac{kT}{6\pi\eta r_i}}$$

*Ур-ние Стокса-Эйнштейна*

KI

- для больших квазисферических частиц

| Solvent | $\Lambda$ | $\eta$ | $\Lambda\eta$ |
|---|---|---|---|
| Sulfur dioxide[a] | 265 | 0.00394 | 1.044 |
| Acetonitrile | 198.2 | 0.00345 | 0.684 |
| Acetone | 185.5 | 0.00316 | 0.586 |
| Nitromethane | 124.0 | 0.00611 | 0.758 |
| Methyl alcohol | 114.8 | 0.00546 | 0.627 |
| Pyridine[b] | 71.3 | 0.00958 | 0.682 |
| Ethyl alcohol | 50.9 | 0.01096 | 0.560 |
| Furfural | 43.1 | 0.01490 | 0.642 |
| Acetophenone | 39.8 | 0.01620 | 0.644 |

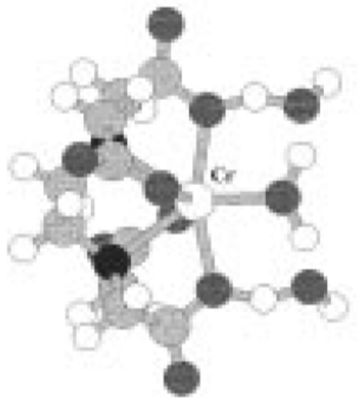



**TABLE 1: Diffusion Coefficients of [CrEDTA]$^-$ Determined in Different Solvents at 25 °C with 0.1 M TEAP as Electrolyte and Solvent Viscosities**

| solvent | $\eta^a/10^{-3}$ Pa s | $D_0/10^{-6}$ cm$^2$ s$^{-1}$ |
|---|---|---|
| AN | 0.341 | 11.9 ± 0.4 |
| DMA | 0.88 | 4.7 ± 0.1 |
| DMF | 0.802 | 5.5 ± 0.1 |
| DMSO | 1.996 | 2.8 ± 0.1 |
| EG | 16.9 | 0.24 ± 0.02 |
| $H_2O$ | 0.89 | 5.1 ± 0.1 |
| MeOH | 0.545 | 6.8 ± 0.4 |
| PC | 2.513 | 2.02 ± 0.05 |
| PN | 0.41 | 10.3 ± 0.2 |

[a] Viscosities of the pure solvents taken from ref 42.

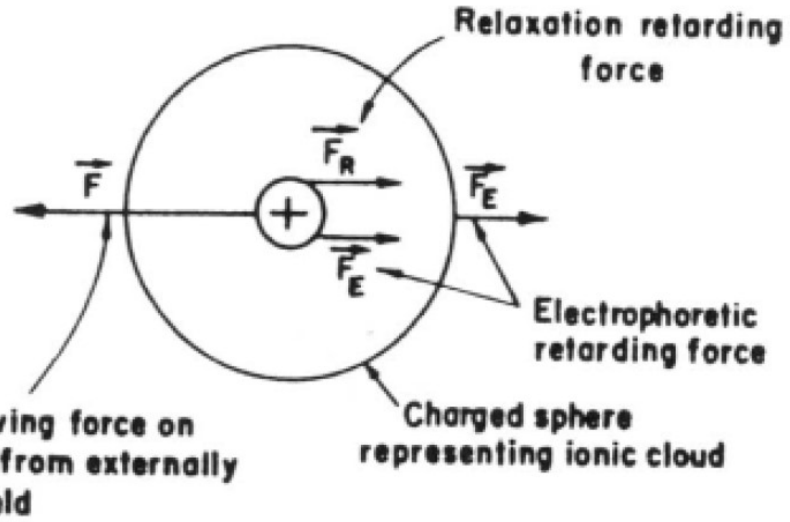
Mathias Hecht, W. Ronald Fawcett, J. Phys. Chem. 1995, 99, 1311-1316

# Электрофоретический эффект

Ионная атмосфера движется навстречу движущемуся иону

Подвижность ионной атмосферы радиусом $r_{atm} = \dfrac{1}{\kappa}$ $\kappa = \sqrt{\dfrac{e_0^2}{\varepsilon\varepsilon_0 kT}\sum(n_{i0}z_i^2)}$

$$\Delta\lambda_э = \frac{|z_i|e_0^2 N_A \kappa}{6\pi\eta} = \frac{|z_i|e_0^3 N_A}{6\pi\eta}\left(\frac{2N_A\cdot 10^3}{\varepsilon_0\varepsilon kT}\right)^{1/2}\sqrt{c} = |z_i|b_э\sqrt{c}$$

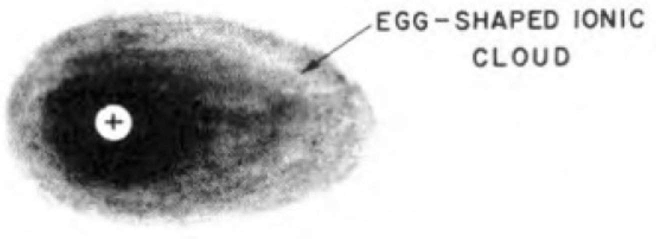


# Релаксационный эффект



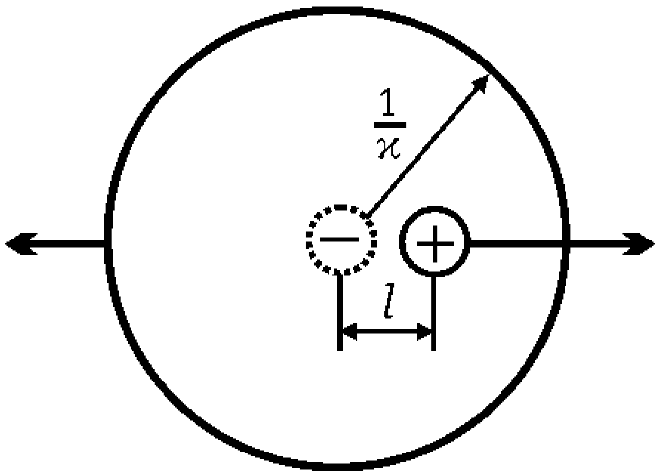
Конечное время распада/формирования ионной атмосферы (t) → Смещение центра ионной атмосферы → Ослабление электрического поля $X - \Delta X$

$$\lambda_i = \left(\lambda_i^0 - |z_i| b_э \sqrt{c}\right)\left(1 - \frac{\Delta X}{X}\right) \approx \lambda_i^0 - |z_i| b_э \sqrt{c} - \lambda_i^0 \frac{\Delta X}{X}$$




$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\left(2-\sqrt{2}\right) e_0^2 \kappa}{24\pi\varepsilon\varepsilon_0 kT} = \frac{\left(2-\sqrt{2}\right) e_0^3}{24\pi\varepsilon\varepsilon_0 kT}\left(\frac{2N_A \cdot 10^3}{\varepsilon_0 \varepsilon kT}\right)^{1/2}\sqrt{c} = b_р\sqrt{c}$$

(Л. Онзагер)



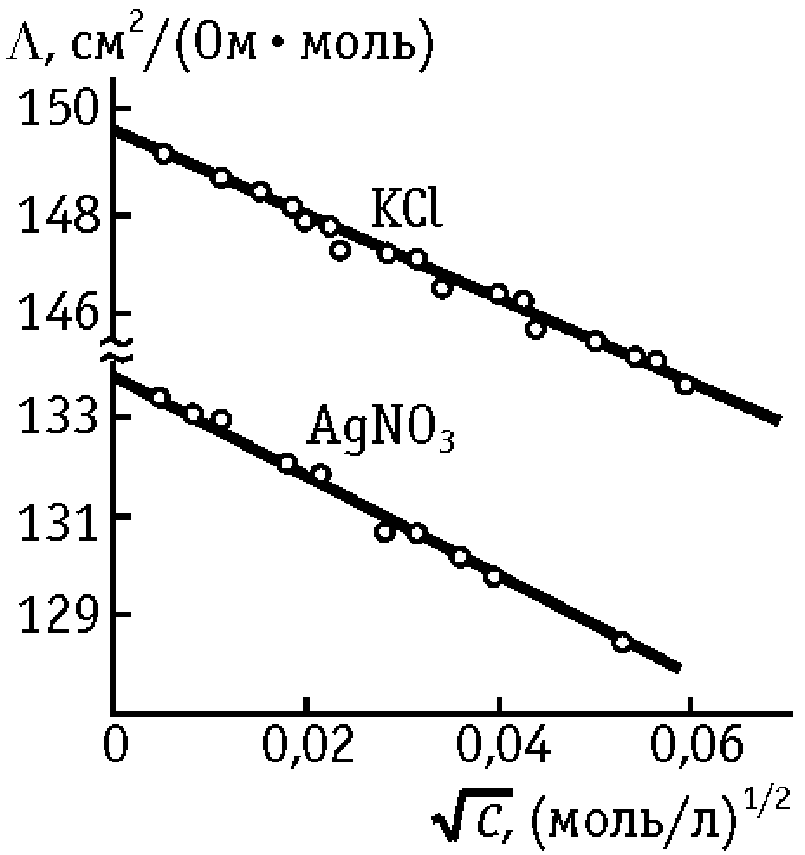
# Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера

- 1-1 электролит, c ≤ 0.001 M

$$\Lambda = \Lambda^0 - (2b_э + b_р\Lambda^0)\sqrt{c}$$

*электрофоретический* *релаксационный*

$$\Lambda = \alpha\Lambda^0 - \alpha(2b_э + b_р\Lambda^0)\sqrt{\alpha c}$$ слабый эл-т




- В водных растворах при 25 ºC:

$$\Lambda = \Lambda^0 - (60.4 \cdot 10^{-4} + 0.23\Lambda^0)\sqrt{c}$$

- Уравнение Онзагера-Фуосса

$$\Lambda = \Lambda^0 - b_p\Lambda^0\sqrt{c} - 2b_э\frac{\sqrt{c}}{1 + aB\sqrt{c}}$$ (аналогично II прибл. ДХ)

- Уравнение Робинсона-Стокса $$\Lambda = \Lambda^0 - \frac{(2b_э + b_p\Lambda^0)\sqrt{c}}{1 + aB\sqrt{c}}$$ $c < 0.1$ моль/л

# Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера


$$b_э = \frac{(1{,}6022\cdot 10^{-19})^3\cdot 6{,}022\cdot 10^{23}}{6\cdot 3{,}1416}\left(\frac{2\cdot 6{,}022\cdot 10^{23}\cdot 10^3}{0{,}88542\cdot 10^{-11}\cdot 1{,}3807\cdot 10^{-23}}\right)^{1/2}\times$$

$$\times\frac{1}{\eta(\varepsilon T)^{1/2}} = 4{,}124\cdot 10^{-4}\frac{1}{\eta(\varepsilon T)^{1/2}}\left[\frac{\text{См}\bullet\text{м}^2}{\text{г}\bullet\text{экв}}\cdot\frac{\text{Н}\bullet\text{с}}{\text{м}^2}\cdot\frac{\text{К}^{1/2}}{(\text{г}\bullet\text{экв}/\text{л})^{1/2}}\right]$$

$$b_р = \frac{0{,}5858\cdot(1{,}6022\cdot 10^{-19})^3}{24\cdot 3{,}1416\cdot 0{,}88542\cdot 10^{-11}\cdot 1{,}3807\cdot 10^{-23}}\times$$

$$\times\left(\frac{2\cdot 6{,}022\cdot 10^{23}\cdot 10^3}{0{,}88542\cdot 10^{-11}\cdot 1{,}3807\cdot 10^{-23}}\right)^{1/2}\frac{1}{(\varepsilon T)^{3/2}} =$$

$$= 8{,}204\cdot 10^5\frac{1}{(\varepsilon T)^{3/2}}\left[\left(\frac{\text{г}\bullet\text{экв}}{\text{л}}\right)^{-1/2}\text{К}^{3/2}\right].$$

# Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера


## Низкие концентрации

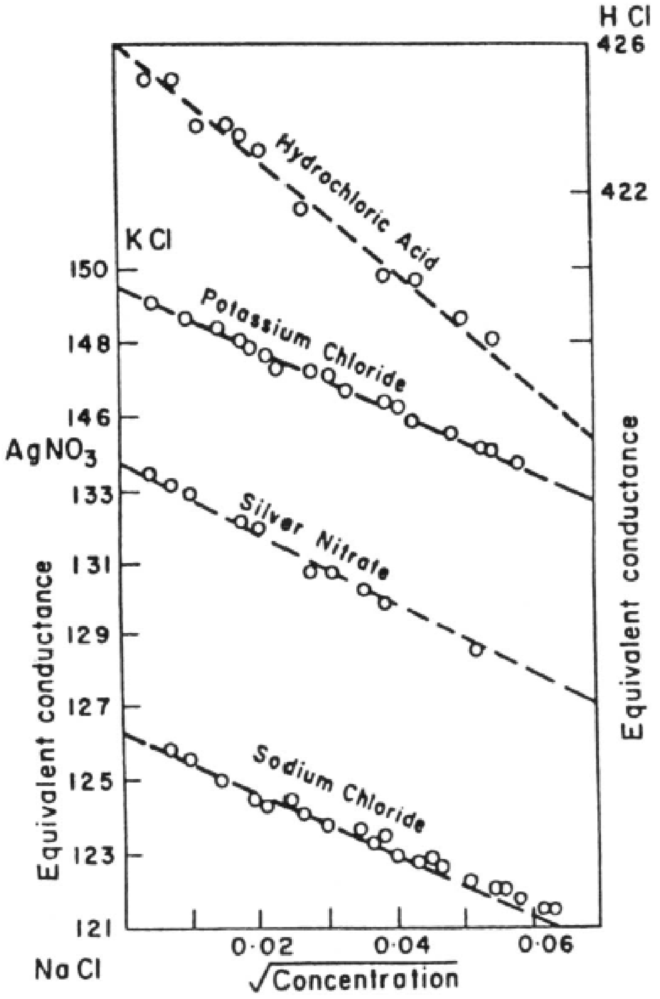


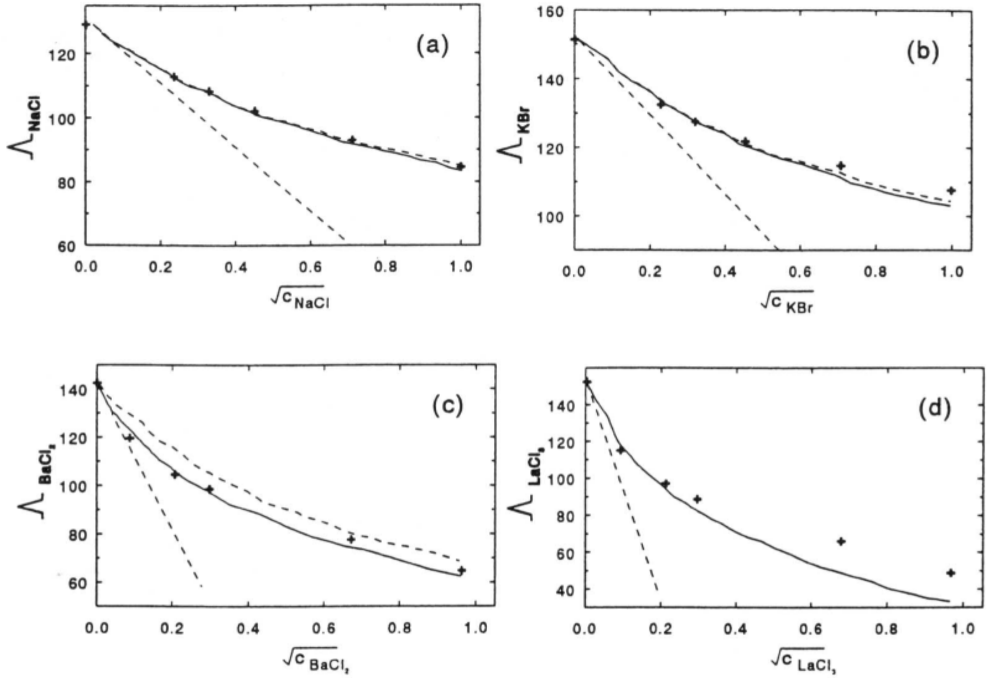

**Fig. 4.93.** Comparison of the equivalent conductivities of HCl and some salts predicted by the Debye–Hückel–Onsager equation (4.321) with those observed experimentally.

**TABLE 4.21**

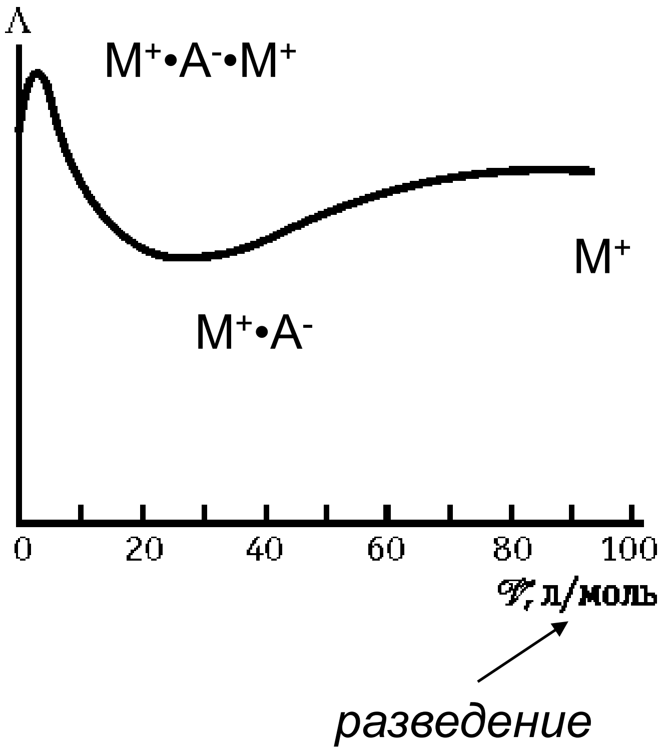
**Observed and Calculated Onsager Slopes in Aqueous Solutions at 298 K**

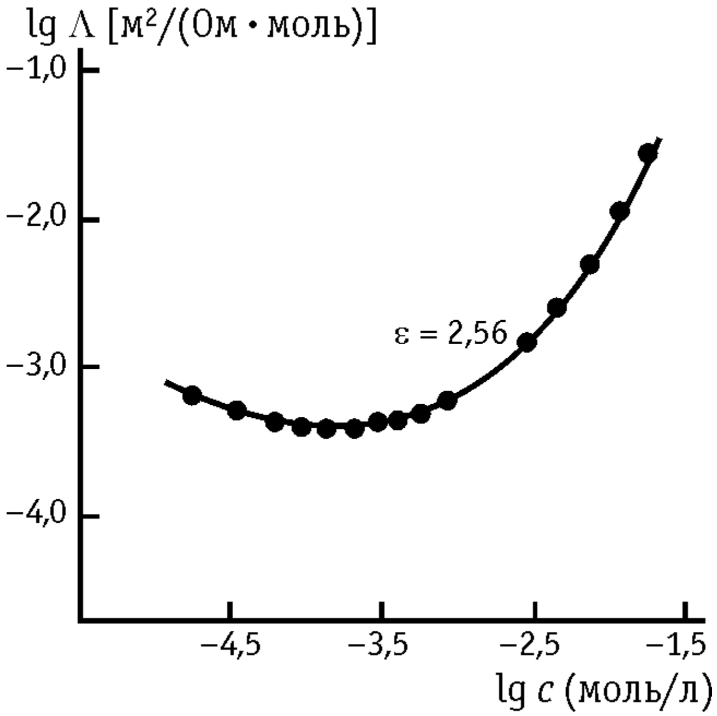
| Electrolyte | Observed Slope | Calculated Slope |
|---|---|---|
| LiCl | 81.1 | 72.7 |
| $NaNO_3$ | 82.4 | 74.3 |
| KBr | 87.9 | 80.2 |
| KCNS | 76.5 | 77.8 |
| CsCl | 76.0 | 80.5 |
| $MgCl_2$ | 144.1 | 145.6 |
| $Ba(NO_3)_2$ | 160.7 | 150.5 |
| $K_2SO_4$ | 140.3 | 159.5 |

## Высокие концентрации



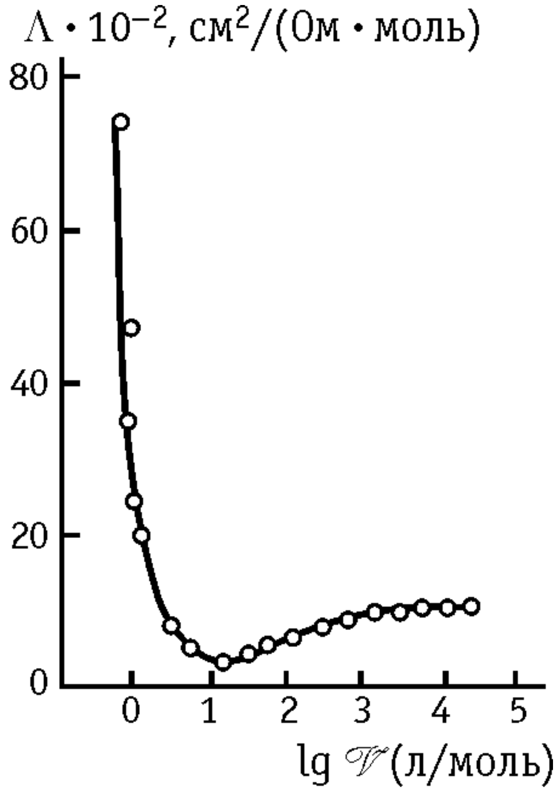
неводные растворы с $\varepsilon < 35$




вода-диоксан
нитрат тетраизоамиламмония

сольватированный электрон




$$M + aNH_3 = [M(NH_3)_{a-x}]^+ + e^-(NH_3)_x$$

# Домашнее задание - 3

| Compound | Infinite dilution | Concentration (mol/L) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.0005 | 0.001 | 0.005 | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.1 | |
| | $\Lambda^\circ$ | $\Lambda$ | | | | | | | |
| $AgNO_3$ | 133.29 | 131.29 | 130.45 | 127.14 | 124.70 | 121.35 | 115.18 | 109.09 | |
| $1/2BaCl_2$ | 139.91 | 135.89 | 134.27 | 127.96 | 123.88 | 119.03 | 111.42 | 105.14 | |
| $1/2CaCl_2$ | 135.77 | 131.86 | 130.30 | 124.19 | 120.30 | 115.59 | 108.42 | 102.41 | |
| $1/2Ca(OH)_2$ | 258 | — | — | 233 | 226 | 214 | — | — | |
| $1/2CuSO_4$ | 133.6 | 121.6 | 115.20 | 94.02 | 83.08 | 72.16 | 59.02 | 50.55 | |
| HCl | 425.95 | 422.53 | 421.15 | 415.59 | 411.80 | 407.04 | 398.89 | 391.13 | |
| KBr | 151.9 | 149.8 | 148.9 | 146.02 | 143.36 | 140.41 | 135.61 | 131.32 | **Группа 1** |
| KCl | 149.79 | 147.74 | 146.88 | 143.48 | 141.20 | 138.27 | 133.30 | 128.90 | **Группа 2** |
| $KClO_4$ | 139.97 | 138.69 | 137.80 | 134.09 | 131.39 | 127.86 | 121.56 | 115.14 | |
| $1/3K_3Fe(CN)_6$ | 174.5 | 166.4 | 163.1 | 150.7 | — | — | — | — | |
| $1/4K_4Fe(CN)_6$ | 184 | — | 167.16 | 146.02 | 134.76 | 122.76 | 107.65 | 97.82 | |
| $KHCO_3$ | 117.94 | 116.04 | 115.28 | 112.18 | 110.03 | 107.17 | — | — | |
| KI | 150.31 | 148.2 | 143.32 | 144.30 | 142.11 | 139.38 | 134.90 | 131.05 | **Группа 3** |
| $KIO_4$ | 127.86 | 125.74 | 124.88 | 121.18 | 118.45 | 114.08 | 106.67 | 98.2 | |
| $KNO_3$ | 144.89 | 142.70 | 141.77 | 138.41 | 132.75 | 132.34 | 126.25 | 120.34 | **Группа 4** |
| $KMnO_4$ | 134.8 | 132.7 | 131.9 | — | 126.5 | — | — | 113 | |
| KOH | 271.5 | — | 234 | 230 | 228 | — | 219 | 213 | |
| $KReO_4$ | 128.20 | 126.03 | 125.12 | 121.31 | 118.49 | 114.49 | 106.40 | 97.40 | |
| $1/3LaCl_3$ | 145.9 | 139.6 | 137.0 | 127.5 | 121.8 | 115.3 | 106.2 | 99.1 | |
| LiCl | 114.97 | 113.09 | 112.34 | 109.35 | 107.27 | 104.60 | 100.06 | 95.81 | |
| $LiClO_4$ | 105.93 | 104.13 | 103.39 | 100.52 | 98.56 | 96.13 | 92.15 | 88.52 | |
| $1/2MgCl_2$ | 129.34 | 125.55 | 124.15 | 118.25 | 114.49 | 109.99 | 103.03 | 97.05 | |
| $NH_4Cl$ | 149.6 | 147.5 | 146.7 | 134.4 | 141.21 | 138.25 | 133.22 | 128.69 | |
| NaCl | 126.39 | 124.44 | 123.68 | 120.59 | 118.45 | 115.70 | 111.01 | 106.69 | **Группа 5** |
| $NaClO_4$ | 117.42 | 115.58 | 114.82 | 111.70 | 109.54 | 106.91 | 102.35 | 98.38 | |
| NaI | 126.88 | 125.30 | 124.19 | 121.19 | 119.18 | 116.64 | 112.73 | 108.73 | |
| $NaOOCCH_3$ | 91.0 | 89.2 | 88.5 | 85.68 | 83.72 | 81.20 | 76.88 | 72.76 | |
| NaOH | 247.7 | 245.5 | 244.6 | 240.7 | 237.9 | — | — | — | |
| Na picrate | 80.45 | 78.7 | 78.6 | 75.7 | 73.7 | — | 66.3 | 61.8 | |
| $1/2Na_2SO_4$ | 129.8 | 125.68 | 124.09 | 117.09 | 112.38 | 106.73 | 97.70 | 89.94 | |
| $1/2SrCl_2$ | 135.73 | 131.84 | 130.27 | 124.18 | 120.23 | 115.48 | 108.20 | 102.14 | |
| $1/2ZnSO_4$ | 132.7 | 121.3 | 114.47 | 95.44 | 84.87 | 74.20 | 61.17 | 52.61 | |

## Задание

Проанализировать данные по электропроводности в рамках теории ДХО.
Найти параметр a, рассчитать из него коэффициенты активности и сравнить с экспериментальными данными по коэффициентам активности (их взять из справочника CRC Handbook)