

**AMİNO ASİT VE ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERİNİN,
RADYOFREKANSTA (200 kHz - 40 MHz) ELEKTRODİNAMİK
ALANDAN SOĞURDUKLARI ENERJİNİN KONSANTRASYONLA
DEĞİŞİMİNİN İNDÜKTİF TIP HÜCRE İLE İNCELENMESİ***

Hamza Esen**

Elektrolit çözeltilerin modern teorisi, iyon-iyon ve iyon çözücü etkileşim kuvvetlerini de hesaplamalarda dikkate alan Debye-Hückel modeline dayalı olarak kurulmuştur. Bu teoriye göre, iyonların çözelti içerisindeki dağılımları, keyfi olarak seçilen merkezi bir iyonun etrafında küresel düzenlenim gösterir. Merkezi iyon etrafındaki böyle bir istatistiksel küre iyonik atmosfer olarak adlandırılır. Bir dış alanın etkisinde, iyonik atmosferin bozunumunun ve oluşumunun sonlu bir hızda meydana geldiği bulunmuştur. Bu hız, relaksasyon zamanı ile karakterize edilmektedir. İyonik atmosferin sonlu bir zaman içinde oluşumu nedeni ile, relaksasyon kuvvetleri frekansa bağımlıdır. Yüksek frekansta gözlenen ve elektriksel iletkenlik üzerinde etkin rol oynayan bu olay, Debye-Falkenhagen olayı veya iletkenliğin dispersiyonu olarak adlandırılır (1,12). Yüksek frekansta iletkenlik ve enerji kaybının konsantrasyona bağlı değişim eğrisinde gözlenen maksimum, birçok araştırmacı tarafından, Debye-Falkenhagen relaksasyon mekanizması ile açıklanmıştır (4, 9,10,13,14). Maksimumun gözlendiği konsantrasyon değerinin sıcaklıkla (4) ve frekansla (4,9) değişimi saptanmıştır. Bununla birlikte, gözlenen maksimumun her zaman Debye-Falkenhagen relaksasyon mekanizması ile açıklanamayacağı da gösterilmiştir (5). Yöntem, çözelti içindeki iyonların çözücü ile etkileşimi ve çözeltilerin yapısal özelliklerinin anlaşılmasında (9,11), titrimetrik dönüm noktasının (17,18) ve biyolojik sıvılardaki toplam elektrolit miktarının tayin edilmesinde (4) kullanılmıştır. Elektrod polarizasyonu nedeni ile oluşacak hataların giderilmesi (5,18), uygun elektrod sistemlerine ve dönüm noktasının gözle seçilmesini sağlayan indikatörlere gereksinmeyi ortadan kaldırışı (17,20) yöntemin diğer yöntemlere göre üstün bir yanıdır.

İndüktif tip hücrede, deneysel olarak elde edilen eğriler bir *minimum* ve bir maksimuma sahiptir (6,8,15). Buradaki maksimumun da hücre sarımları civarındaki elektrik alanı ile çözelti arasındaki etkileşimin sonucunda ortaya çıktığı ileri sürülmüştür (5). Bu sav Ermakov ve arkadaşları (8) tarafından deneysel olarak

* Prof. Dr. Ziya Güner yönetiminde hazırlanmış ve A.Ü. Tıp Fakültesinde doktora tezi olarak kabul edilmiş çalışmanın özetidir.

** A.Ü. Tıp Fakültesi Medikal Fizik Kürsüsü Asistanı.

doğrulanmıştır. Bununla birlikte, ileri sürülen eşdeğer-devre modelleri ve deneysel gözlem sonuçları (7,8) konuyu yeterli ve tam bir biçimde açıklamaktan uzaktır.

Bu çalışmada, indüktif tip hücrede gözlenen deneysel sonuçlar bu sonuçlarla tutarlı olan tam bir kuramsal temel üzerine oturtulmuş ve bu bilgilerin ışığı altında çeşitli elektrolitler ve amino asitler incelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Deney sistemi, ilke olarak, seri-rezonans devresi akortlama kondansatörünün uçlarına bağlanan bir elektronik voltmetrenin, devrenin kalite faktörünü ölçecek biçimde kalibre edildiği bir Q metredir (3). Böyle bir sistemde, bobin çözelti ile dolu iken rezonans durumunda ölçülen Q_{LS} değeri, bobin boşkenki kayıp $1/Q_L$ ve çözelti nedeni ile ortaya çıkan kayıp $1/Q_S$ terimlerinin toplamınca belirlenir. Buradan, yalnızca çözeltinin neden olduğu kayıp büyüklüğü için,

$$\chi_D'' = \frac{1}{Q_S} = \frac{1}{Q_{LS}} - \frac{1}{Q_L} \quad (1)$$

yazılabilir. Bu tezde (1) bağıntısının belirlenen kayıp faktörünün ve akortlama kondansatörü sığasının çözelti konsantrasyonu ile değişimi incelenmiştir.

1 — DEĞİŞKEN BİR MAGNETİK ALAN İÇİNDEKİ İLETKENİN NEDEN OLDUĞU ENERJİ KAYBI

Zamanla değişen magnetik alanların madde içindeki doğası ilgilenilen maddenin cinsine ve alanın frekansının büyüklüğüne bağlıdır. Sonlu hızda yayılma nedeni ile ortaya çıkan etkilerden ihmal edildiği ve alanın değişim hızının çok büyük olmadığı durum için, iletken içindeki alanı betimleyen eşitlikler, quasi-static alanları belirleyen Maxwell denklemlerinden oluşur (19).

Sistemin silindirik simetriye sahip olduğu gözönünde bulundularak (Şekil. 1) Maxwell denklemleri silindirik koordinatlarda yazılabilir. İlgilendiğimiz durum için, magnetik alan yalnızca z doğrultusunda bileşene sahiptir ve bobin boyu çapına oranla çok büyük seçildiğinde, bu büyüklük z koordinatından bağımsız alınabilir. Böylece, bobin çözelti sistemini karakterize eden bağıntılar, silindirik koordinatlarda,

$$J_\phi = \sigma E_\phi = -dH_z/dr \quad (2)$$

$$\mu dH_z/dt = -(1/r) \cdot d(rE_\phi)/dr \quad (3)$$

denklemlerinden oluşur. Burada, H magnetik alan şiddeti, E magnetik alanın zamanla değişimi sonucu oluşan elektrik alan şiddeti, μ ortamın magnetik

geçirgenliği σ ise materyalin öz-iletkenliğidir. $H_z = H(r) \exp(-j\omega t)$ seçilip yukardaki iki bağıntı arasında $E\psi$ yok edilirse,

$$\frac{d^2 H(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dH(r)}{dr} + k^2 H(r) \quad (4)$$

diferansiyel denklemi elde edilir. Burada, $k = \sqrt{j\omega \mu \sigma} = (1+j)/\delta$ ifadesi ile tanımlıdır. Bağıntıdaki δ büyüklüğü elektromagnetik dalganın materyal içine sızabildiği derinliğin (penetration depth) bir ölçüsüdür. Bobin çözelti sınır yüzeyinde magnetik alanın tegetsel bileşeninin süreklilik koşulu kullanılarak bu denklemin fiziksel çözümü için,

$$H_z = H_0 \frac{J_0(kr)}{J_0(kr_0)} \exp(-j\omega t) \quad (5)$$

bulunur. Bu sonuç iletken içindeki magnetik alan şiddetinin sabit olmadığını ve çözelti sütununun yarıçapı ile değiştiğini açıkça göstermektedir.

Magnetik alanın zamansal değişimi sonucunda ortaya çıkan elektrik alanı, çözelti içinde eddy akımlarının oluşumunu sağlar. Bu akımların sonucu olarak, iletken bir magnetik momente sahiptir. Çözelti içinde oluşan eddy akımları daireseldir yani, sıfırdan farklı tek bileşen Denk. (2). ile belirlidir. Çözelti hacmi V_s , magnetik polarizebilite α_j olmak üzere magnetik moment için $m_i = V_s \alpha_{ij} H_{ij}$ ilişkisi yazılabilir. İletkenlik akımları sonucu, çözelti sütununun birim uzunluğu başına oluşan magnetik moment büyüklüğünün bu ilişkiye göre yazılıp, (2) ve (5) denklemlerinin magnetik momentin tanım bağıntısında kullanılmasıyla elde edilecek büyüklüğe eşitlenmesi ile, magnetik kutuplanabilirlik için,

$$\alpha_z = - \left(1 - \frac{2J_1(kr_0)}{kr_0 J_0(kr_0)} \right) \quad (6)$$

bulunur. Çalıştığımız frekans bölgesinde, inceleme yaptığımız sıvıların öz-iletkenliği dikkate alındığında, $kr_0 \ll 1$ veya $\delta \gg r_0$ koşulu geçerlidir. Bu koşul, altında, Bessel fonksiyonlarını kr büyüklüğünün kuvvetleri cinsinden seriye açtığımızda,

$$\alpha_z' = - \frac{1}{6} \left(\frac{kr_0}{2} \right)^4 = \frac{1}{96} \omega^2 \mu^2 \sigma^2 r_0^4 \quad (7)$$

$$\alpha_z'' = \frac{1}{2} \left(\frac{kr_0}{2} \right)^2 = \frac{1}{8} \omega \mu \sigma r_0^2 \quad (8)$$

ile tanımlı olmak üzere, $\alpha_z = \alpha' + \alpha''$ eşitliği elde edilir.

Düzgün bir dış magnetik alan içerisinde yerleştirilen iletkenin neden olduğu zaman-ortalama enerji kaybı,

$$\overline{W}_B = \frac{1}{2} \omega \mu \alpha'' \cdot V_S \langle H_0^2 \rangle_S \quad (9)$$

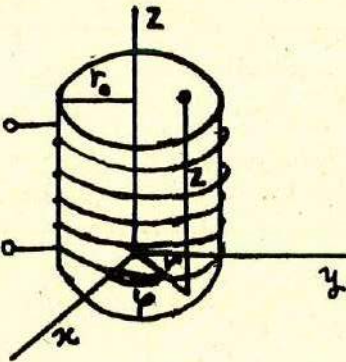
bağıntısı ile belirlidir. Gerçekte, iletken ortamda oluşan kaybı belirleyebilmek için, enerjinin bobin içindeki dağılımını hesaplamalarda dikkate almak gerekir. Bu nedenle, magnetik alanın iletken ortamdaki ortalama değeri $\langle \rangle$ parantez ile gösterilmiştir. Bobin hacmi V_B ile gösterildiğinde, bobinde depolanan enerji için bilinen bağıntının da kullanılmasıyla, enerji kayıp faktörü, $1/Q$,

$$\chi_M'' = \frac{1}{Q_M} = \eta \alpha'' = \frac{1}{8} \cdot \omega \mu \eta \sigma r_0^2 \quad (10)$$

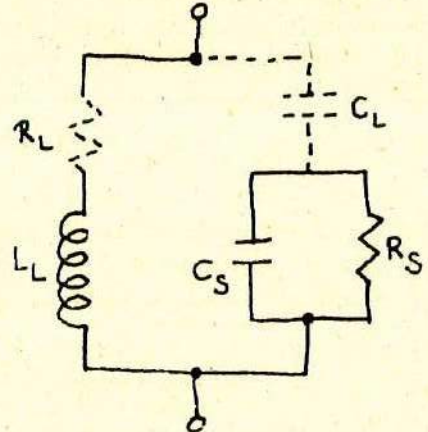
olarak bulunur. Burada eta doldurma faktörüdür (filling factor).

2 — İNDÜKTİF HÜCRE SARIMLARI CİVARINDA VAR OLAN ELEKTRİK ALANININ ÇÖZELTİ İLE ETKİLEŞİMİ :

Çalıştığımız frekans bölgesinde, indüktif hücre elektrik alanı ile çözelti arasındaki etkileşimi karakterize eden eşdeğer-devre, indüktif hücre (3,21) ve kapasitif hücre (5) için çok iyi bilinen elektriksel eşdeğer devrelerin birleştirilmesiyle, Şek. 2. deki gibi belirlenebilir. Burada, R_S çözelti direncini, C_S ise çözelti sığasını göstermektedir. Bununla birlikte, gerçek eşdeğer devrenin deneyle saptanması gerektiği de dikkate alınmalıdır.



Şekil 1. Bobin-çözelti sistemi ve silindirik koordinatlarda bir noktanın gösterilişi.



Şekil 2. İndüktif hücrede, elektrik alan-çözelti etkileşimini betimleyen elektriksel eşdeğer-devre.

Deney sisteminde, rezonans devresini beslemek için kullanılan direnç çok küçük ($0,02 \text{ } \Omega$) olduğundan (3), rezonans devresinin etkin görünümü Şek. 3-a. daki gibidir. Bu eşdeğer devreye göre, seri rezonans devresinin empedansı,

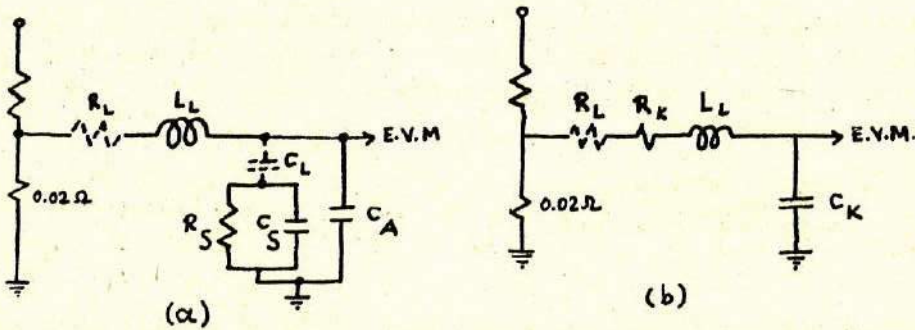
$$Z = R_L + R_K + j \left(\omega L_L - \frac{1}{\omega C_K} \right) \quad (11)$$

bağıntısı ile ifade edilebilir. Burada R_K ve C_K büyüklüğü,

$$R_K = \frac{\left(\frac{C_L}{C_A + C_L} \right)^2 R_S}{\omega^2 R_S^2 \left(C_S + \frac{C_A C_L}{C_A + C_L} \right)^2 + 1} \quad (12)$$

$$C_K = \frac{\omega^2 R_S^2 (C_S (C_A + C_L) + C_A C_L)^2 + (C_A + C_L)^2}{\omega^2 R_S^2 (C_L + C_S) \cdot (C_S (C_A + C_L) + C_A C_L) + (C_A + C_L)} \quad (13)$$

eşitlikleriyle tanımlıdır. Seyreltik konsantrasyon bölgesinde hücre indüktansının, L_L , değişimi söz konusu değildir. Ortam iletkenliği ve çözelti sığasındaki değişimler akortlama kondansatörünün sığasını, C_A , değiştirir fakat, çalışma frekansı sabit tutularak rezonans sağladığından, C_K büyüklüğü sabit olmalıdır. Böylece rezonans koşulu, $\omega_0 = 1/\sqrt{L_L C_K}$ bağıntısı ile belirlidir. Hücre elektrik alanı ile çözel-



Şekil 3. a) Seri rezonans devresinin etkin görünümü. b) (a) daki devrenin elektriksel eşdeğerinin (12) numaralı bağıntılarla belirlenen toplu parametrelerle gösterimi.

ti arasındaki etkileşim sonucu ortaya çıkan, yüksek frekans enerji kaybı **RK** büyüklüğüne,

$$\chi''_E = \frac{1}{Q_E} = \frac{R_K}{\omega_0 L} \quad (14)$$

eşitliği ile bağlıdır. Direnç ve eşdeğer-iletkenlik büyüklüklerinin tanım bağıntularının ve dikkate alınan çok seyreltik konsantrasyon bölgesinde eşdeğer iletkenliğin fazla değişmediği yaklaşımının kullanılması ile, çözelti direncinin konsantrasyona bağımlılığı için,

$$R_S = \frac{c^m}{c} \frac{1}{\omega_0 (C_L + C_S)} \quad (15)$$

yazılabilir. Burada, c herhangi bir c^m ise maksimumun gözleendiği konsantrasyon değeridir. Deneysel gözlemlerimiz sırasında, ayrıca, $CA \gg CL$ koşulunun geçerli olması sağlanmıştır. Tüm bu koşullar altında, (12), (14) ve (15) bağıntılarının kullanılması ile,

$$\chi''_E \frac{C_A^2}{C_K} = \frac{C_L^2}{C_L + C_S} \frac{c/c^m}{1 + \left(\frac{c}{c^m}\right)^2} \quad (16)$$

eşitliği elde edilir. Aynı koşullar için, akortlama kondansatörü sığasındaki değişim, $\Delta CA = CK - CA$ Denk. (13) den,

$$\Delta C_A = C_L \frac{\left(\frac{c}{c^m}\right)^2 + \frac{C_S}{C_L + C_S}}{\left(\frac{c}{c^m}\right)^2 + 1} \quad (17)$$

olarak bulunur. Denk. (16) dan da görülebileceği gibi, deneysel eğrilerde gözlenen maksimum, aynen kapasitif hücrede olduğu gibi, çok yalın bir biçimde Debye-Falkenhagen relaksasyon mekanizması ile açıklanamaz. Denk. (16) ve Denk. (17) nin ortaklaşa çözümü ise,

$$\left(\Delta C_A = \frac{(\Delta C_A)_0 + (\Delta C_A)_\infty}{2}\right)^2 + \left(\chi''_E \frac{C_A^2}{C_K}\right)^2 = \left(\frac{(\Delta C_A)_\infty - (\Delta C_A)_0}{2}\right)^2 \quad (18)$$

eşitliği ile belirli bir daire denklemi verir. Bu denklem deneysel ve kuramsal sonuçların birbiri ile tutarlılığını kontrol etmede kullanılmıştır. Buradaki alt indisler, c/cm nin sıfır ve sonsuz büyük değerler aldığı duruma karşılık gelmektedir.

DENEYSEL SONUÇLAR VE BULGULAR

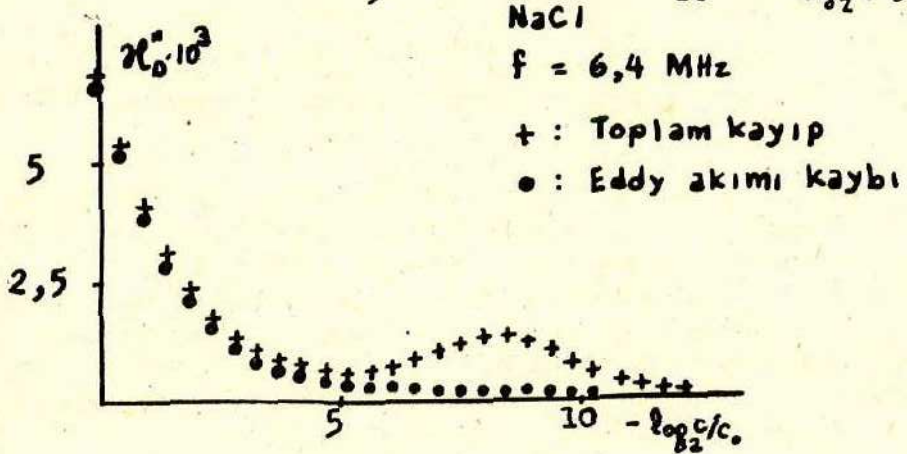
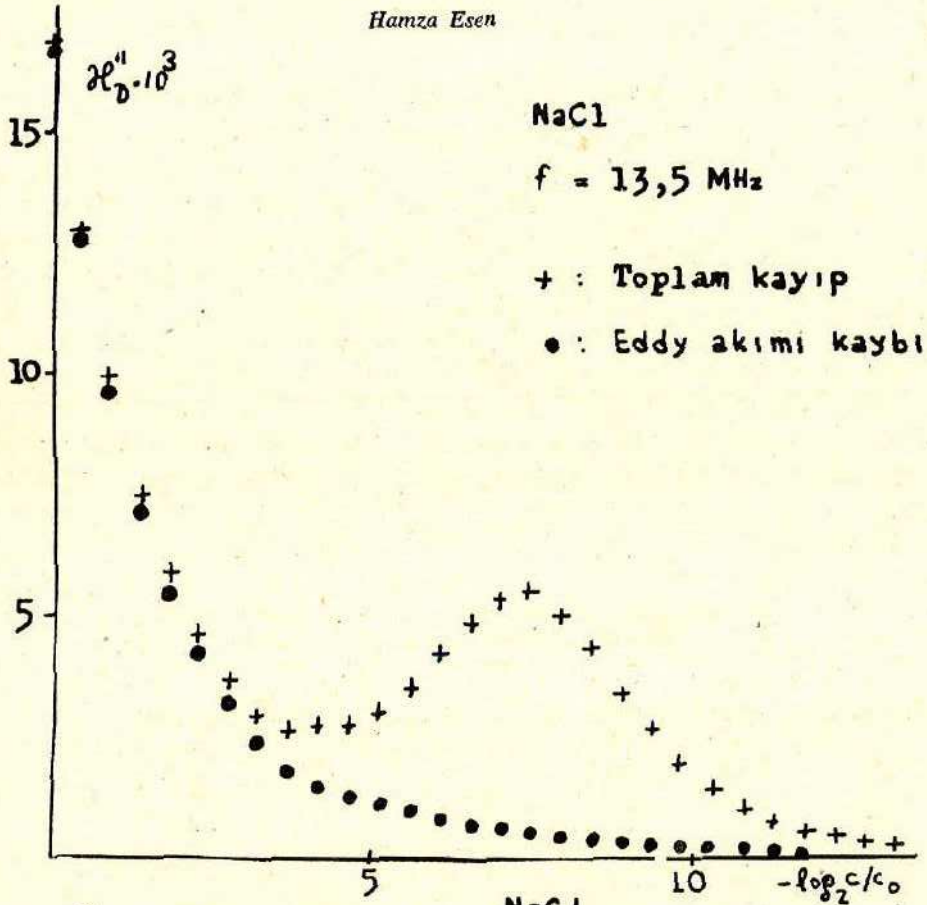
Çözeltiyi içeren kabın elektrostatik perdeleme kullanılarak hücreden yalıtılması, hücre içinde kurulan magnetik alanın çözelti ile etkileşimine dokunmaksızın, elektrik alan çözelti etkileşimini ortadan kaldırır. Bu sonuç Şek. 4. ve Şek. 5. de açıkça görülmektedir. Farklı öz-iletkenliğe sahip KCl çözeltileri için, elektrostatik perdeleme kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar Şek. 6. da özetlenmiştir. İncelemede, $T = 20 \pm 0,1$ °C ve çözelti sütununun yarıçapı, $r_0 = 1,548 \pm 0,005$ dir. İlgilenilen konsantrasyonlar için, ölçülen kayıp ve bilinen iletkenlik değerleri (16) kullanılarak, doldurma faktörünün değeri hesaplanmıştır. Bulunan ortalama değerler arasındaki fark anlamlı değildir ve bu büyüklüğün değeri $\eta = 0,183 \pm 0,004$ ile belirlidir. Hesaplanan bu değer kullanılarak, çeşitli çözeltilerde öz-iletkenlik tayini yapılmıştır. İletkenliğin tayinindeki doğruluk, Q faktörü ölçümündeki belirsizlik % ± 5 ile sınırlıdır. Elde edilen bazı deneysel sonuçlar Tablo I. de özetlenmiştir.

Tablo. I. Elektrostatik perdeleme kullanılarak bulunan kayıp ve iletkenlik değerleri. $f = 25$ MHz $T = 20$ °C.

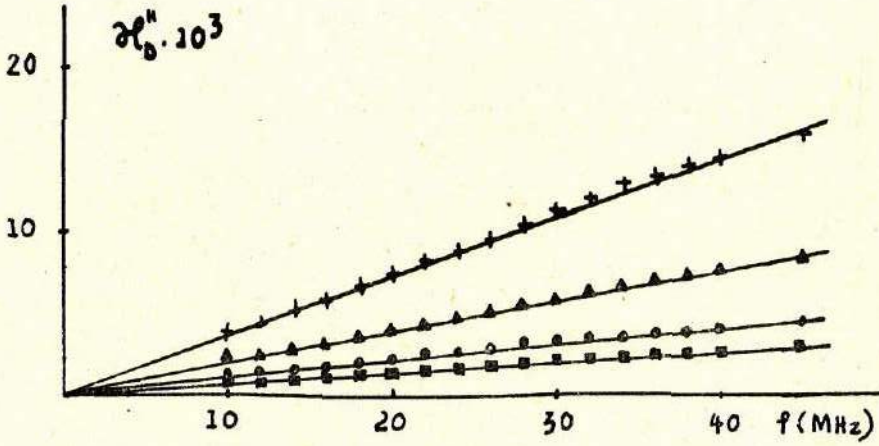
c(Mol/lit)	NaCl		c(Mol/lit)	CaCl ₂	
	$\chi M \cdot 10^3$	σS (mho/m)		$\chi M \cdot 10^3$	σS (mho/m)
1,09	8,78	0,09	0,54	7,80	7,19
0,79	6,63	6,11	0,39	5,78	5,33
0,57	4,92	4,54	0,28	4,49	4,14
0,41	3,90	3,60	0,21	3,38	3,12
0,30	2,98	2,75	0,15	2,55	2,35
0,21	2,22	2,05	0,11	1,86	1,71
0,15	1,64	1,51	0,007	1,33	1,23
0,11	1,23	1,13	0,056	0,95	0,88
0,081	0,91	0,84	0,040	0,74	0,68
0,058	0,70	0,65	0,029	0,54	0,50

f çalışma f_L ise indüktif hücrenin öz-titreşim frekansını göstermek üzere, kayıp büyüklüğünün konsantrasyona bağımlılığını belirleyen etkenler, deneysel gözlem sonuçları olarak, aşağıdaki şekilde özetlenebilir. a) $f < f_L$ ise μ , r_0 , w ve σ parametrelerinin alacağı değerlere bağlı olarak, hücre elektrik ve magnetik alan bileşenlerinin etkisinin üst üste binmesi sonucu ortaya çıkan kayıp gözlenmektedir. b) $f > f_L$ olduğunda yalnızca elektrik alan bileşeni sonucu ortaya çıkan kayıp gözlenebilmiştir. c) Elektrostatik perdeleme kullanarak veya öz-titreşim frekansında çalışarak istenen kaybı diğerinden ayırmak olanaklıdır.

İndüktif hücrenin öz-titreşim frekansında çalışılarak elde edilen ve Şek. 7. de özetlenen deneysel sonuçlardan, $CL = 13,0 \pm 0,3$ pF $CS = 4,8 \pm 0,3$ pF, $cm = 2,22 \cdot 10^{-3}$ Mol/lit değerleri bulunmuştur. Bu büyüklüklerin kullanılmasıyla (16),



Şekil 4. Şekil 5. Elektrostatik perdeeme kullanılarak eddy akımı kaybının toplam kayıptan ayrılması.



Şekil 6. Eddy akımı kaybının frekansa bağımlılığı.

(17), (18) bağıntılarından hesaplanan büyüklükler deneysel gözlem sonuçlarıyla tutarlıdır ve aynı şekil üzerinde görülmektedir.

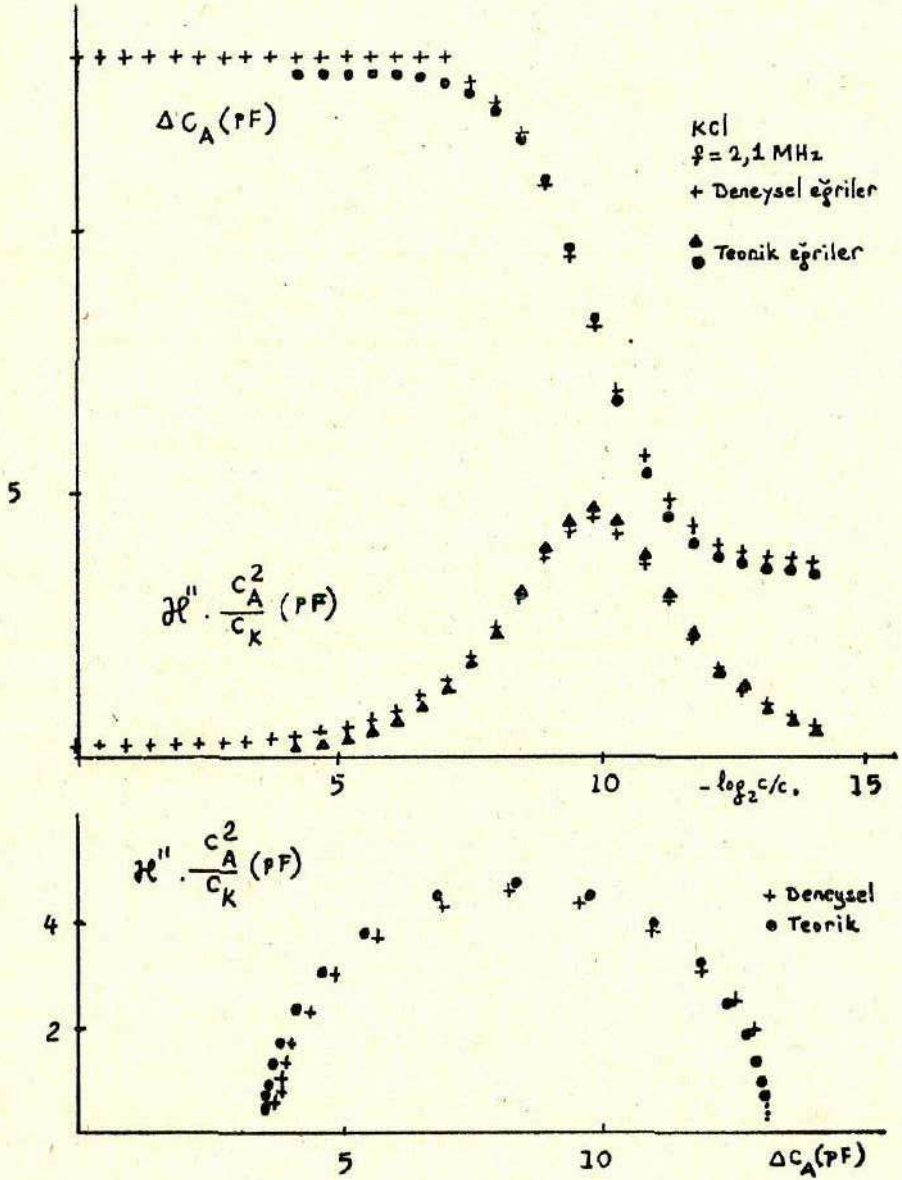
Methanol standard sıvı olarak seçilip hücre sabiti $\lambda = 137,5 \text{ m}^{-1}$ bulunmuş ve $R_s \rightarrow \infty$ koşulunu sağlayan sıvıların dielektrik sabiti tayin edilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, literatür sonuçlarıyla birlikte, Tablo. II. de özetlenmiştir.

Tablo. II. İndüktif hücre kullanılarak, bulunan dielektrik sabiti değerleri.

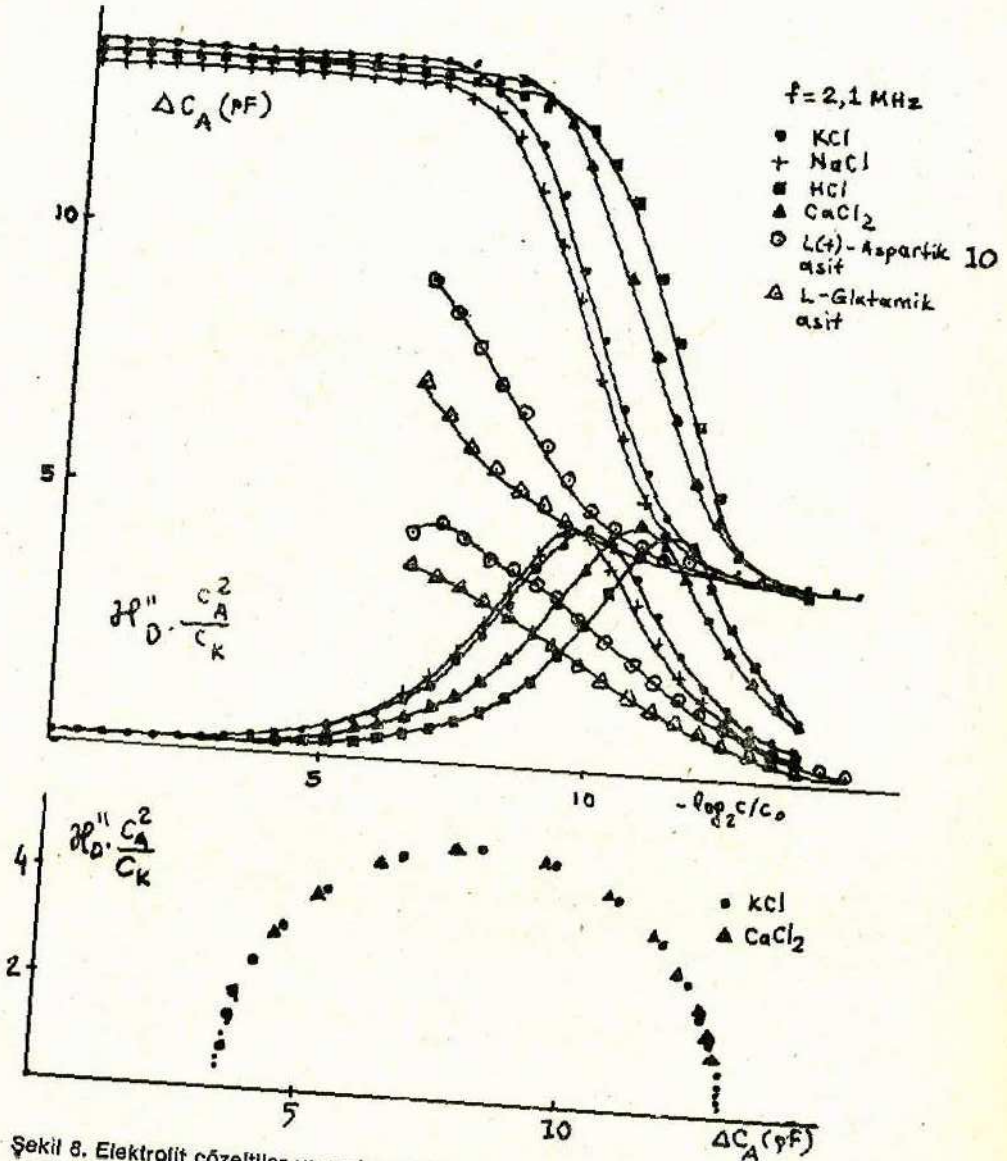
$f = 2,5 \text{ MHz}$ $T = 25^\circ\text{C}$ $CL = 18,5 \text{ pF}$

Materyal	Cs (pF)	ϵ	
		Deneysel	Kaynak (16)
Etil alkol	1,61	25,0	24,30
Aseton	1,33	20,7	20,7
n—Butanol	1,19	18,5	17,1
Asetik asit	0,4	6,2	6,15

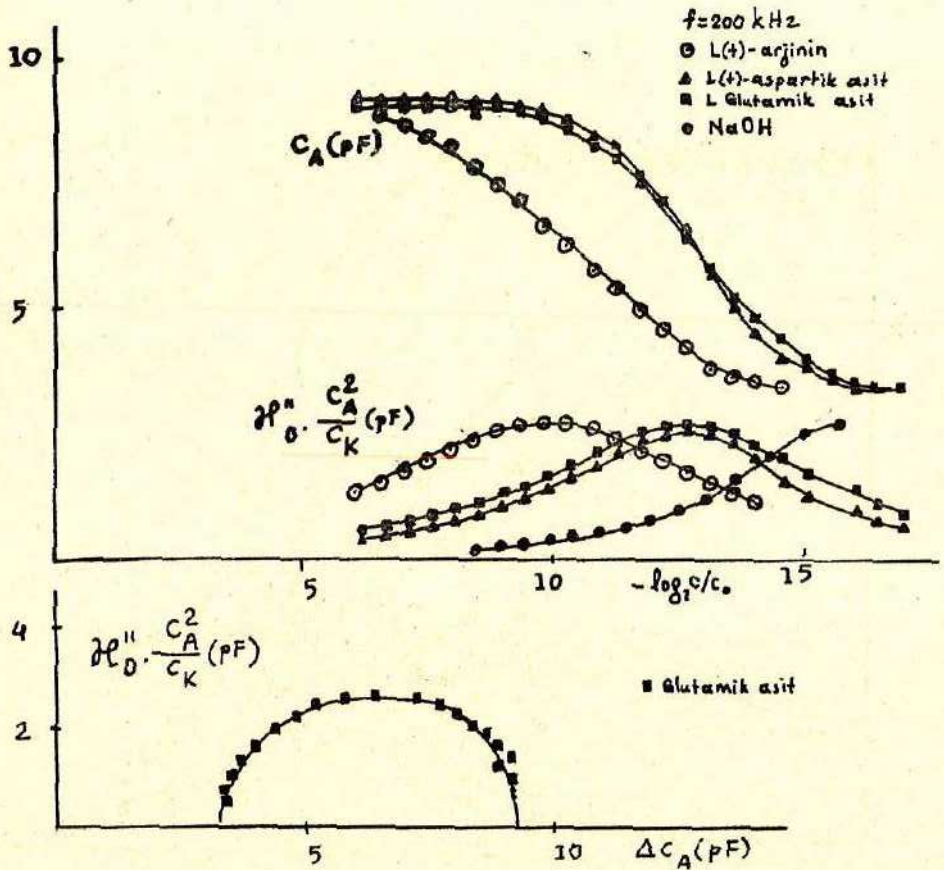
Amino asitlerin soğurma eğrilerinin yarı genişliği elektrolit çözeltilerinkinden daha büyüktür (Şek. 8 ve Şek. 9). Aspartik asit ve glutamik asit ile ilgili deneysel sonuçlar ortamdaki H^+ iyonu dikkate alınarak HCl in grafiği üzerine çizildiğinde, iki eğrinin birbiri üzerine bindiği görülür (Şek. 10.). Hücre, çalışma frekansı ve çözücü aynı seçildiğinden, aynı kayıp büyüklüğüne karşılık gelen iletkenlik değerlerinin birbirine eşit olması gerektiği, türetilen bağıntılardan görülebilir. n birim hacimdeki iyon sayısını, Z cebirsel değerliği, μ mobilitiyi göstermek üzere, $nZ\mu$



Şekil 7. Elektrik alan çözelti etkileşimi için, deneysel ve kuramsal sonuçların karşılaştırılması.



Şekil 8. Elektrolit çözeltiler ve amino asitler için elde edilen kayıp-konsantrasyon ilişki eğrileri,

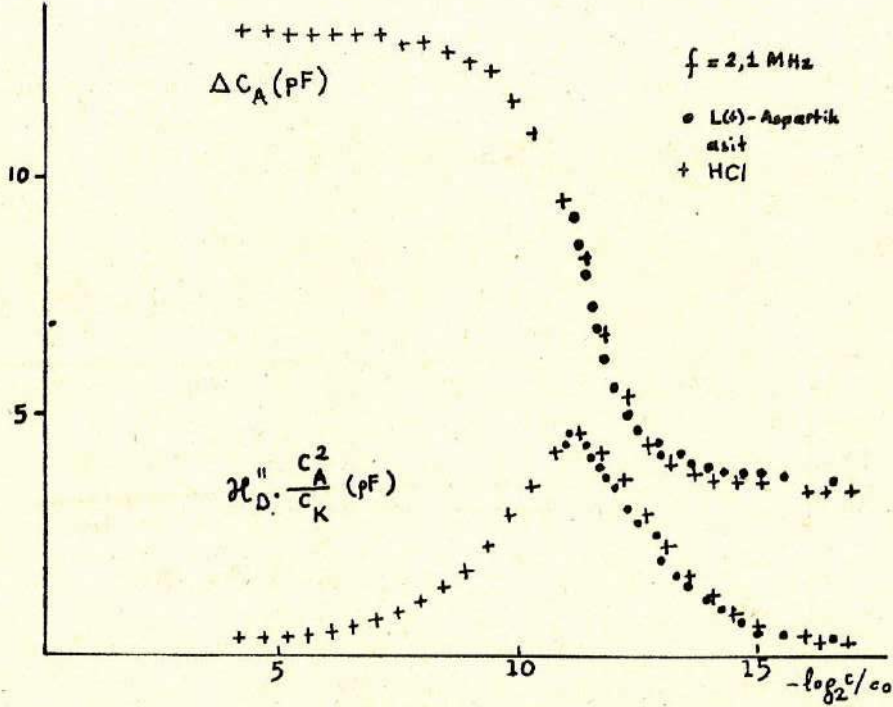


Şekil 9. Amino asitlerde, elektrik alan çözelti etkileşimi sonucu gözlenen deneysel sonuçlar.

büyükliğünün HCl ve amino asit çözeltilerinde, H^+ iyonu için yaklaşık eşit alınabileceği sonucu da (Şek. 10.) kullanıldığında,

$$Z(H_A \sim H_{Cl}^-) = (e_{HCl}/e_A) \quad (19)$$

eşitliği elde edilir. Benzer sonuç bazik özellik gösteren amino asitler ile NaOH in soğurma eğrilerinin karşılaştırılmasında da geçerlidir. Konsantrasyonun 10^{-3} Mol/lit den küçük olduğu durum için Na^+ ve Cl^- iyonları mobilitesi yaklaşık sabit alınabileceğinden $Z \mu A \mp$ büyüklüğünün amino asit konsantrasyonuna bağımlılığı saptanabilir. Deneysel sonuçların kullanılmasıyla Denk. (19). dan hesaplanan büyüklükler Şek. 11 ve Şek. 12. de ve bu şekillerden bulunan izoelektrik nokta pH de-

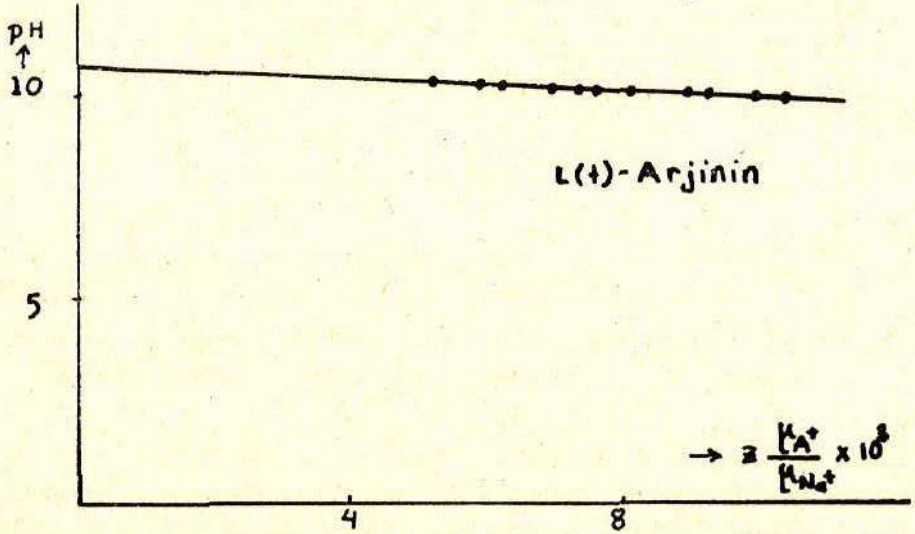
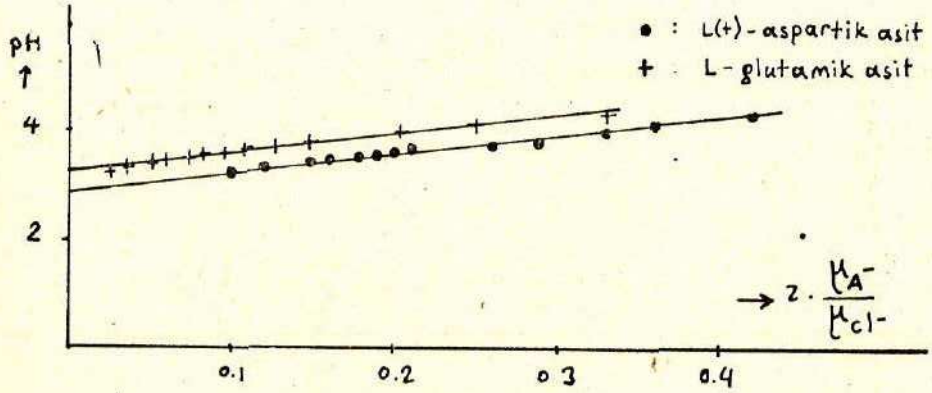


Şekil 10. Amino asit ve HCl çözeltileri için bulunan deneysel sonuçların, amino asit çözeltilisindeki H⁺ iyonu konsantrasyonu dikkate alınarak, karşılaştırılması.

ğerleri de Tablo. III. de özetlenmiştir. Amino asitler için, mobilitenin konsantrasyona bağımlılığı Onsager yasasına (22) uymamaktadır (Şek. 13.). Konsantrasyonun artması ile mobilitede gözlenen hızlı düşüş, zayıf elektrolitler için gözlenen deneysel sonuçlara uymaktadır. Bu durum, konsantrasyon arttıkça, amino asitlerin ayrışma dengesinin dipolar iyon formuna doğru kaydığını gösterir. Kayıp-konsantrasyon ilişki eğrilerinde gözlenen genişlemenin nedeni de bu olaydır. Tüm bu deneysel sonuçlar türettiğimiz bağıntıların deneyle tutarlılığını açıkça göstermektedir.

Tablo. III. Radyofrekansa enerji soğurulmasından yararlanılarak bulunan izoelektrik nokta pH değerleri.

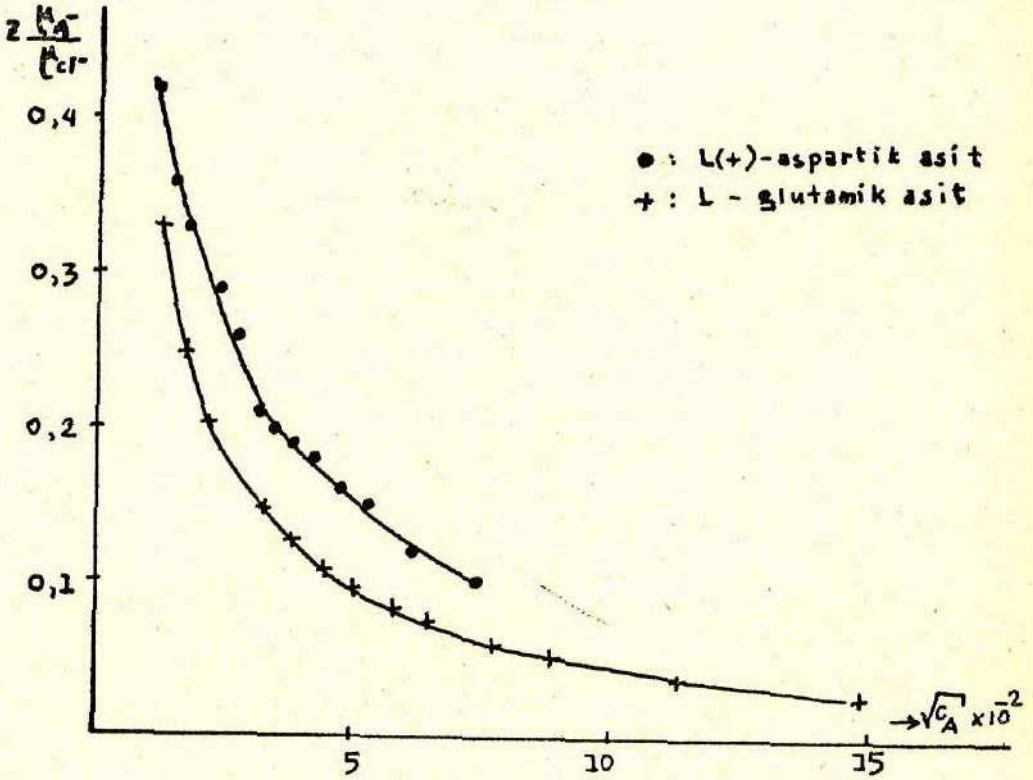
Amino asit	pH (Deneysel)	pH (Kaynak (16))
L(+)-Aspartik asit	2,94	2,98
L-Glutamik asit	3,26	3,08
L(+)-Arjinin	10,68	10,76



Şekil 11 ve Şekil 12. Amino asitlerde mobilitenin ortam pH sına bağımlılığı.

ÖZET

Çalışmamızda, yüksek-frekans enerji kayıp faktörünün konsantrasyona bağımlılığı, indüktif tip hücre ile incelenmiştir. Ölçülen kayıp büyüklüğü, hücre magnetik alanı ve hücre sınırları civarında var olan elektrik alanının çözelti ile etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Magnetik alan çözelti etkileşimine dayalı kaybı belirleyen bağıntı, Maxwell denklemlerinden türetilmiş ve bağıntıdaki çeşitli parametrelerin kayıp büyüklüğü üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Elektrik alan çözelti etkileşimi ise, indüktif ve kapasitif hücre için çok iyi bilinen elektriksel eşdeğer devrelerin birleştirilmesiyle açıklanmıştır. Elektrostatik perdeleme kullanılarak veya indüktif hücrenin öz-titreşim frekansında çalışarak, istenen kaybı di-



Şekil 13. Amino asitlerde mobilitenin konsantrasyona bağımlılığı.

ğerinden ayırmak olanaklıdır. Deneysel sonuçlar ve türetilen bağıntılardan hesaplanan değerler birbiri ile uyum içindedir. Radyofrekansta enerji soğurulmasından yararlanılıp, mobilitenin konsantrasyona bağımlılığı, iletkenlik, dielektrik sabiti ve izoelektrik nokta pH değeri tayini yapılmıştır. Elektrod-çözelti temasının getireceği hataları içermemesi, birçok araştırmacının da belirttiği gibi yöntemin üstün bir yanındır.

SUMMARY

Investigation of Electrolyte Solutions and Certain Amino Acids by Using Inductive Type Cell. (200 kHz - 40 MHz)

In this study, the dependence of high-frequency loss factor on the concentration has been investigated by using inductive type cells. The experimental loss factor is a results of the interaction of the cell magnetic field and the existing electric field in the vicinity of the cell windings with the test solutions. The equation which determines the value of the loss factor due to the interaction between the

magnetic field and the solution is derived from Maxwell's equations, and the effect of various parameters (r_0 , w , μ , σ) on the loss factor is investigated in detail. The electric field-solution interaction, on the other hand, is explained by the combination of the well known electrical equivalent circuits for the inductive and capacitive cells. The separation of one of the losses from the other is possible by using electrostatic screening or by making studies on the cell's self-resonance frequency. The experimental results are in good agreement with the values calculated from the equations (10), (16), (17), (18). The determination of the conductivity, the dielectric constant, the dependence of mobility on concentration and the isoelectric-point pH value is made by using the loss factor.

KAYNAKLAR

1. Antropov, L.I. : Theoretical electrochemistry, 1972, Mir. Pub. Moscow, English translation, chap. : II
2. Beljian, J., Berry, R. : Ann. Surg., 154 : 278, 1961
3. Circuit magnification meter : Handbook, Marconi. 1960
4. Çetin, M. : Doktora tezi., D. Ü. Tıp Fak., 1973
5. Delahay, P. : New Instrumental methods in electrochemistry, 1954 Intescience, New York, chap. : XV
6. Ermakov, V.I. : Russ. J. Phys. Chem., 34 : 1072, 1960
7. Ermakov, V.I. Zagorets. P.A. Smirnov, N.I. : I. Measuring cells, Russ. J. Phys. Chem., 36 : 625, 1962
8. Ermakov, V.I. Zagorets, P.A. Smirnov, N.I. : Russ. J. Phys. Chem. 36 : 757, 1962
9. Ermakov, V.I. Zagorets, P.A. : Russ. Ü. Phys. Chem. 36 : 880, 1962
10. Ermakov, V.I. Smirnov, N.I. : Russ. J. Phys. Chem. 37 : 280, 1963
11. Ermakov, V.I. Scherbakov, V.V. Khubetsov, S.B. : Sov. Ejeç. 12 (1) : 131, 1976
12. Falkenhagen, H. Williams, J.M. : J. Phys. Chem. 33 : 1121, 1929
13. Forman, J. Crisp, D.J. : Trans. Faraday Soc. 42 A : 186, 1946
14. Gülsün, Z. : Doktora tezi. D. Ü. Tıp Fak. 1974
15. Güner, Z. Esen, H. : A. Ü. Tıp Fak. Mec., XXXII : 259, 1979
16. Handbook of chem. and phys. 55th ed. C.R.C. Press Inc. 1974
17. Ladd, M.F.C. LEE, W.H. : Talanta., 4 : 274, 1960
18. Ladd, M.F.C. LEE, W.H. : Talanta., 12 : 941, 1965
19. Landau, L.D. Lifshitz, E.M. : Electrodynamics of continuous media., 1968, Addison-Wesley., chap. : VII
20. Milner, O.I. : Anal. Chem., 24 : 1247, 1952
21. Molchanov, A. Zanadvorov, P. : Electrical and radio engineering for physicists., 1973, Mir Pub. English trans., chap. : I.
22. Robinson. R.A., Stokes. R.H. : Eectrolyte solutions., 1968 Butterworts., London. Chap. : IV., VII