

İLETKENLİK ÖLÇÜMÜYLE NÖTRALLEŞME TİTRASYONLARI

A. KURAMSAL BİLGİ Bir çözeltinin iletkenliği L , çözeltinin elektrik akımına gösterdiği direncin (R) tersidir ($L=1/R$).

Bir çözeltiye iki platin elektrot daldırıp elektrotlar arasındaki çözeltinin iletkenliği ölçüldüğünde, iletkenlik, elektrotların kesit alanı ile doğru, elektrotlar arasındaki uzaklık ile ters orantılıdır. Bu orantı sabiti, öz iletkenlik olup, 1 cm^2 yüzey alanlı iki elektrot arasında 1 cm uzaklık varken ölçülen iletkenliktir ve K simgesi ile gösterilir.

$$L = K \frac{A}{l} \quad (1)$$

Burada;

L : İletkenlik, ohm^{-1} (Siemens)

K : Öz iletkenlik, $\text{ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

l : Elektrotlar arası uzaklık, cm

A : Elektrotların kesit alanı, cm^2

dir.

Bu eşitlikteki (l/A) değeri iletkenlik ölçümünün yapıldığı hücrenin hücre sabitidir. Hücre sabiti 1 ise $L = K$ olur. Öz iletkenlik çözeltideki iyonların derişimine bağlıdır. 1 cm^3 lük hacimde ne kadar çok iyon varsa öz iletkenlik o kadar yüksektir. Yani öz iletkenlik iyon derişimi ile doğru orantılıdır. Bir başka tür iletkenlik ise eşdeğer iletkenlik olup, aralarında 1 cm uzaklık olan iki elektrot arasındaki 1 eşdeğer gram iyonun iletkenliğidir. Bu tanımda elektrotların yüzey alanı ile ilgili sınırlama yoktur ancak iyon sayısı sabittir (1 eşd madde). Bu nedenle çözeltinin seyrelmesiyle aynı sayıda iyonun daha büyük hacimde daha kolay hareket etmesi nedeniyle eşdeğer iletkenlik seyrelme ile artar. Yani öz iletkenliğin aksine derişimle ters orantılıdır. Eşdeğer iletkenlik ile öz iletkenlik ve derişim arasındaki ilişki aşağıdaki bağıntı ile verilir.

$$\Lambda = 1000 K/C \quad (2)$$

Burada;

C : iyonların derişimi (Normalite; 1 L çözeltide çözünenin eşdeğer gram sayısı)

K : Öz iletkenlik, $\text{ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

dir.

Eşitlikten de görüleceği üzere seyrelme ile eşdeğer iletkenlik artar. Bu artış belirli bir seyrelmede sabit kalır. Bu değere sonsuz seyrelmedeki eşdeğer iletkenlik denir ve Λ_0 ile gösterilir. Sonsuz seyreltik çözeltide iyonların arasında çekim kuvveti yoktur ve Λ_0 ortamdaki anyon ve katyonların sonsuz seyrelmedeki eşdeğer iletkenlikleri toplamına eşittir.

$$\Lambda_0 = \lambda_{o^+} + \lambda_{o^-}$$

Bazı iyonların sonsuz seyreltik çözeltideki iletkenlikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Saf su elektrik akımını iletmez, kuramsal olarak iyon içermediği için iletkenliği yoktur denir. Ancak gerçekte saf suda çok az da olsa iyon olduğu için $2 \text{ mikrosiemens } (\mu\text{S})$ civarında bir iletkenlik okunur. Bir suyun saf olup olmadığı iletkenlik değerine bakılarak anlaşılır. Örneğin ultra saf suyun (iyonları giderilmiş) iletkenliği $0,055 \mu\text{S/cm}$, saf suyun iletkenliği $2,5 \mu\text{S/cm}$, çeşme suyunun iletkenliği $150 \mu\text{S/cm}$ civarındayken, maden suyunda $250 \mu\text{S/cm}$ deniz suyunda bu değer $56000 \mu\text{S/cm}$ civarındadır.

Çizelge 1. Bazı iyonların 25 °C’da sonsuz seyreltik çözeltideki iletkenlikleri

Kasyon	λ_0 (S.cm ² /mol)	Kasyon	λ_0 (S. cm ² /mol)	Anyon	λ_0 (S. cm ² /mol)	Anyon	λ_0 (S. cm ² /mol)
H ⁺	349,8	Ba ²⁺	127,3	OH ⁻	198,0	SO ₄ ⁻⁴	159,6
Li ⁺	38,7	Mg ²⁺	106,1	Cl ⁻	76,3	C ₂ O ₄ ⁻²	74,0
Na ⁺	50,1	La ³⁺	208,8	Br ⁻	78,4	HC ₂ O ₄ ⁻	43,1
K ⁺	73,5	Rb ⁺	76,4	I ⁻	76,8	HCOO ⁻	56,0
NH ₄ ⁺	73,4	Cs ⁺	76,8	NO ₃ ⁻	71,4	CO ₃ ²⁻	72,0
Ag ⁺	61,9	Be ²⁺	45,0	CH ₃ COO ⁻	40,9	HSO ₃ ²⁻	50,0
Ca ²⁺	119,0			ClO ₄ ⁻	68,0	SO ₃ ²⁻	72,0

Analitik Uygulamalar

Derişim tayini

İletkenliğin doğrudan ölçülmesi ile bir çözeltideki toplam iyon derişimi saptanır. Seçimli bir ölçüm olmamakla beraber toplam iyon derişiminin bilinmesi bazı durumlarda önemli olabilir. Damıtma sırasında istenen nitelikte suyun elde edilip edilmediği iletkenlik ölçümü ile anlaşılır. Tek bir elektrolit içeren çözeltideki derişim tayini de iletkenlik ölçülerek yapılabilir. Bu tür çözeltilerde derişim-iletkenlik ilişkisi kütlece %20 derişim değerlerine kadar doğrusaldır.

Denge sabitlerinin tayini

Zayıf asit ve bazların sulu çözeltideki iyonlaşma sabitleri (K_a veya K_b) iletkenlik ölçerek tayin edilebilir. Örneğin, HA ile gösterilen bir zayıf asidin ayrışma derecesi, α , ve dolayısıyla K_a iletkenlik ölçülerek hesaplanabilir.

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha C_0 \alpha C_0}{C_0 - \alpha C_0} = \frac{\alpha^2 C_0}{(1 - \alpha)} \quad (3)$$

Dengesi için başlangıç derişimi C₀ ise ve ayrışma derecesi α ise, $\alpha = [HA]/C_0$ olduğundan, dengede $[H^+] = [A^-] = \alpha C_0$ $[HA] = C_0 - \alpha C_0$ olur. Asidin ayrışma derecesi α iletkenlik ölçümü ile bulunursa K_a hesaplanabilir.

Bu amaçla önce HA asidinin belirli bir derişimdeki çözeltisinin eşdeğer iletkenliği (Λ) ölçülür. Daha sonra, HA asidinin tamamen ayrıştığına ölçülebilecek eşdeğer iletkenlik değeri (Λ_0) çizelgeden bulunan iyonların sonsuz seyrelmedeki eşdeğer iletkenlik değerlerinden (H⁺ ve A⁻ için λ_0 değerleri toplanarak) hesaplanır. Çözeltinin herhangi bir derişimdeki eşdeğer iletkenliğinin sonsuz seyrelmedeki eşdeğer iletkenliğine oranı ayrışma derecesine (α) eşit olacaktır.

$$\alpha = \Lambda / \Lambda_0$$

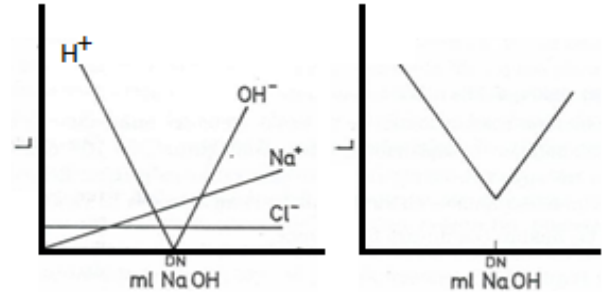
Bu şekilde hesaplanan α değeri denge sabiti Bağıntı 3’te yerine konarak K_a değeri hesaplanır.

İletkenlik titrasyonu

Çözeltideki iletkenlik değişimlerine dayanarak yapılan analiz yöntemine *iletkenlik ölçme (kondüktometri)* denir.

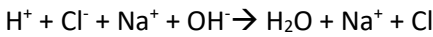
Derişimi bilinmeyen numunenin (analitin) derişimi bilinen titrant ile tepkimesi sırasında iletkenlikteki değişimlerden yararlanılarak dönüm noktasının belirlendiği titrasyona iletkenlik titrasyonu denir. İndikatör ile dönüm noktasının belirlenemediği zayıf asit-zayıf baz titrasyonları, çöktürme titrasyonları vb. gibi titrasyonların dönüm noktaları iletkenlik ölçerek bulunabilir.

Herhangi bir tepkimede tepkenleri ve ürünleri oluşturan iyonların iletkenlikleri arasında bir fark oluşuyorsa bu tepkime iletkenlik ölçülerek izlenebilir. Bir tepkime sırasında iyonik olmayan bir tür, iyonik bir türe veya iyonik türler molekül halindeki türlere dönüşüyorsa, bu tepkimeye dayalı bir titrasyonun dönüm noktası iletkenlik ölçümü ile belirlenebilir.



Şekil 1. HCl çözeltisinin NaOH çözeltisi ile titrasyonunda (a) türlerin iletkenlik değişimi, (b) titrasyon eğrisi

Örneğin bir kuvvetli asidin bir kuvvetli baz ile titre edildiği durumdaki tepkimede,



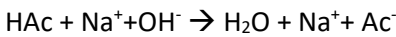
iletkenliğe katkısı olmayan su moleküllerinin oluşması ve bu sırada iletkenliğe büyük katkısı olan H^+ iyonlarının ortamdan sürekli olarak uzaklaşması sonucu iletkenlik dönüm noktasına kadar azalır. Dönüm noktasından sonra eklenen fazla Na^+ ve OH^- iyonları iletkenliği yeniden artırır. İletkenlikteki bu ani değişikliğin olduğu nokta tepkimenin eşdeğerlik noktası olarak kabul edilir.

Hacim Düzeltmeleri Titrasyon süresince hacim devamlı arttığından seyrelmeden dolayı da iletkenlik azalır. Bu nedenle bu seyrelme hatasını düzeltmek için ölçülen iletkenlik değerleri $\frac{V_A + V_T}{V_A}$ katsayısıyla çarpılır. Burada, V_A , analit çözeltisinin başlangıç hacmi, V_T ise ilave edilen titrant hacmidir. Titrant çözeltisi titre edilecek çözeltiden, 80-100 defa daha derişik yapılırsa, böyle bir düzeltmeye gerek kalmayabilir.

İletkenlik Titrasyon Türleri

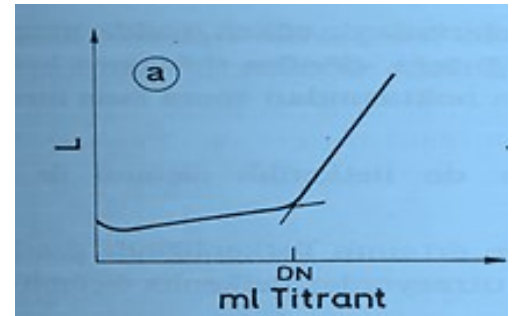
Bir zayıf asidin bir kuvvetli baz ile titrasyonu

HAc'nin NaOH ile titrasyonu örnek olarak verilirse; Titrasyon tepkimesi şöyledir:



Şekil 2'de görüldüğü gibi başlangıçtaki iletkenlik değeri iyonlaşan H^+ (çoğu) ve Ac^- iyonlarına aittir. Dönüm noktası (DN)'a kadar, NaOH eklendikçe, Na^+ ve Ac^- artar ve iletkenliği artırır. Dönüm noktasında iletkenlik Na^+ ve Ac^- iyonlarından ileri gelir. DN'den sonra eklenen NaOH, Na^+ ve OH^- derişimini artırır, iletkenlik daha da artar, çünkü OH^- 'nin λ_0 değeri diğer iyonlarınkinden daha büyüktür.

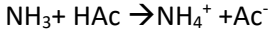
Bir zayıf asidin kuvvetli bir baz ile titrasyonunda iletkenlikte başlangıçtaki azalma, ortamda zayıf asitten gelen ve iletkenliği sağlayan H^+ 'nin. NaOH ilavesiyle hemen harcanması ve iletkenliğin azalması nedeniyledir. H^+ bitince fazla OH^- iyonlarının artması nedeniyle iletkenlik artar (Şekil 2). İletkenlik titrasyonu ile asitlik sabiti 10^{-10} olan zayıf asitler bile titre edilebilir. Orta kuvvetteki asitler için elde edilen dönüm noktası, çözelti seyreltildiğinde daha da belirginleşir.



Şekil 2. Zayıf asidin kuvvetli bazla iletkenlik titrasyon eğrisi

Bir zayıf asidin bir zayıf bazla titrasyonu

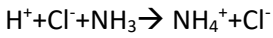
İndikatör yanında titrasyonu yapılamayan zayıf asit zayıf baz titrasyonu iletkenlik ölçümüyle kolayca yapılabilir. HAC'nin NH₃ ile titrasyonu örnek olarak verilirse (Şekil 3);



başlangıçta ortamın iletkenliğini HAC'ın iyonlaşması belirler, bu da çok düşüktür. DN'a kadar NH₃ ekledikçe ortamda NH₄⁺ ve Ac⁻ derişimi artar ve DN'a kadar bu artış devam eder. DN'dan sonra ilave edilen zayıf baz kuramsal olarak iletken olmadığından ortamın iletkenliğini ortamda mevcut NH₄⁺ ve Ac⁻ belirler ve iletkenlik hemen hemen sabit kalır.

Kuvvetli asidin zayıf bazla titrasyonu

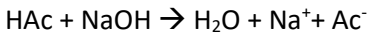
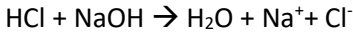
HCl'nin NH₃ ile titrasyonu örnek olarak verilirse (Şekil 4);



Başlangıçta iletkenliği H⁺ (çoğu) ve Cl⁻ iyonları belirler. NH₃ ilavesiyle H⁺ iyonları tepkimeye girdiğinden iletkenlik azalır. DN'da iletkenliği NH₄⁺ ve Cl⁻ iyonları belirler. DN'den sonra NH₃ ilavesi iletkenliği değıştirmediğinden eğri sabit kalır.

Kuvvetli asit/zayıf asit karışımının kuvvetli bir bazla titrasyonu

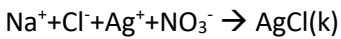
Titrasyonda iki dönüm noktalı bir titrasyon eğrisi elde edilir. Kuvvetli asit tüketildikten sonra zayıf asit tepkimeye girdiği için birinci dönüm noktası kuvvetli asidin miktarını ikinci dönüm noktası ise zayıf asidin miktarını belirler. HCl+HAc karışımının NaOH ile titrasyonu örnek verilirse, tepkime tamlığı daha yüksek olan HCl+NaOH titrasyonu önce olur (Şekil 5).



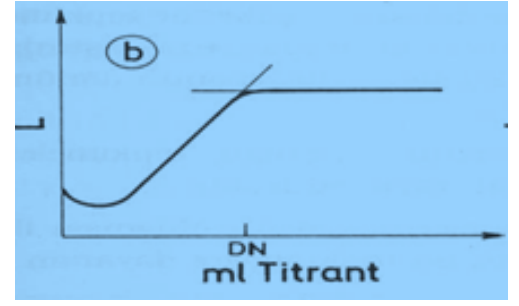
başlangıç iletkenliğini (daha çok) H⁺ ve Cl⁻ iyonları belirler. NaOH ilave ettikçe H⁺ iyonları H₂O'ya dönüşeceğinden iletkenlik 1. dönüm noktasına kadar düşer. 1. DN'da iletkenliği Na⁺ ve Cl⁻ iyonları belirler. 2. DN'a kadar Na⁺ ve Ac⁻ iyon derişimi arttığı için iletkenlik artar. 2. DN da iletkenliği, Na⁺ Cl⁻ ve Ac⁻ iyonları belirler. 2. DN'den sonra Na⁺ ve OH⁻ iyonlarının derişimi arttığından iletkenlik daha fazla bir eğimle artar.

Çöktürme titrasyonu:

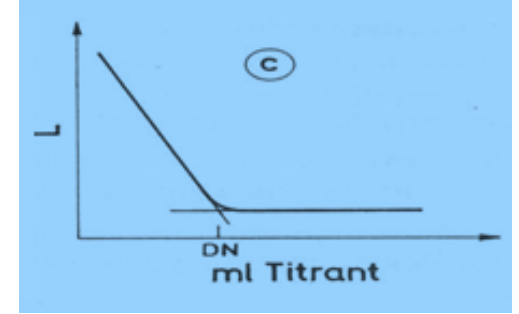
NaCl'nin AgNO₃ ile titrasyonunu örnek verilirse (Şekil 6);



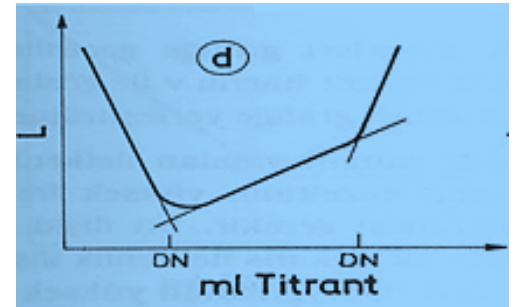
Başlangıçta iletkenliği Na⁺ ve Cl⁻ iyonları sağlar. Ag⁺ ilavesiyle Cl⁻ iyonlarının derişimi azalır, iletkenlik azalır. DN'da iletkenliği Na⁺ ve NO₃⁻ iyonları sağlar. DN'dan sonra eklenen Ag⁺ ve NO₃⁻ iyonları iletkenliği artırır. (açıklama, iyonların iletkenlik değeri birbirine yakın olduğu durumda geçerlidir, iyonların iletkenlikleri çok farklı olduğunda eğride farklılık görülebilir).



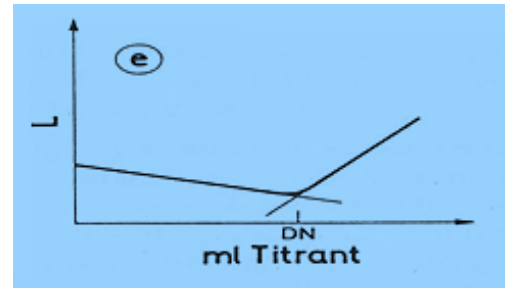
Şekil 3. Zayıf asidin zayıf bazla iletkenlik titrasyon eğrisi



Şekil 4. Kuvvetli asidin zayıf bazla iletkenlik titrasyon eğrisi



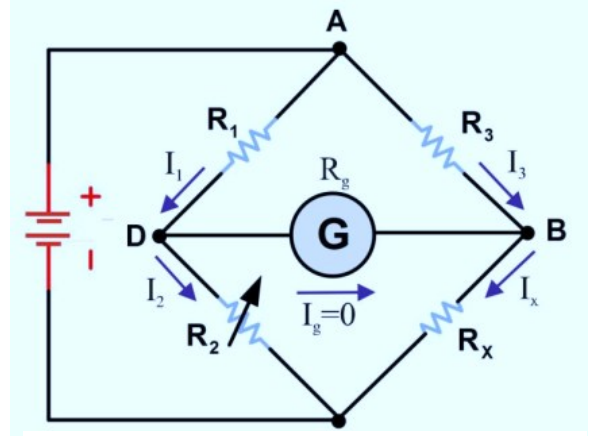
Şekil 5 Kuvvetli asit zayıf asit karışımının kuvvetli bazla iletkenlik titrasyon eğrisi



Şekil 6. İletkenlik ölçümüyle çöktürme titrasyonu

B. İLETKENLİK ÖLÇER (KONDÜKTOMETRE) İLE İLETKENLİK ÖLÇÜMÜ

İletkenlik doğrudan ölçülemediğinden direnç ölçülerek tersi alınır. Oldukça küçük miktardaki direnç, yandaki gibi bir Wheatstone köprüsü ile ölçülür. Bunun için iki Pt levha arasına yerleştirilen çözelti bu elektronik devreye bağlanır. A ve B noktaları arasına 50-1000 Hz frekanslı bir alternatif akım uygulanır. Bilinmeyen direnci (R_x) ölçebilmek için ayarlı direnç (R_2) değiştirilerek galvanometrenin gösterdiği akımın sıfır olması sağlanır. Şekil 'de, R_x direnci bilinmeyen, ölçülmek istenen sabit bir direnç, R_1 , R_2 ve R_3 ise bilinen dirençlerdir. R_2 değeri ayarlanabilen bir dirençtir.



Şekil 7. Çözeltilerin direnci ölçülürken kullanılan Wheatstone köprüsünün şematik gösterimi

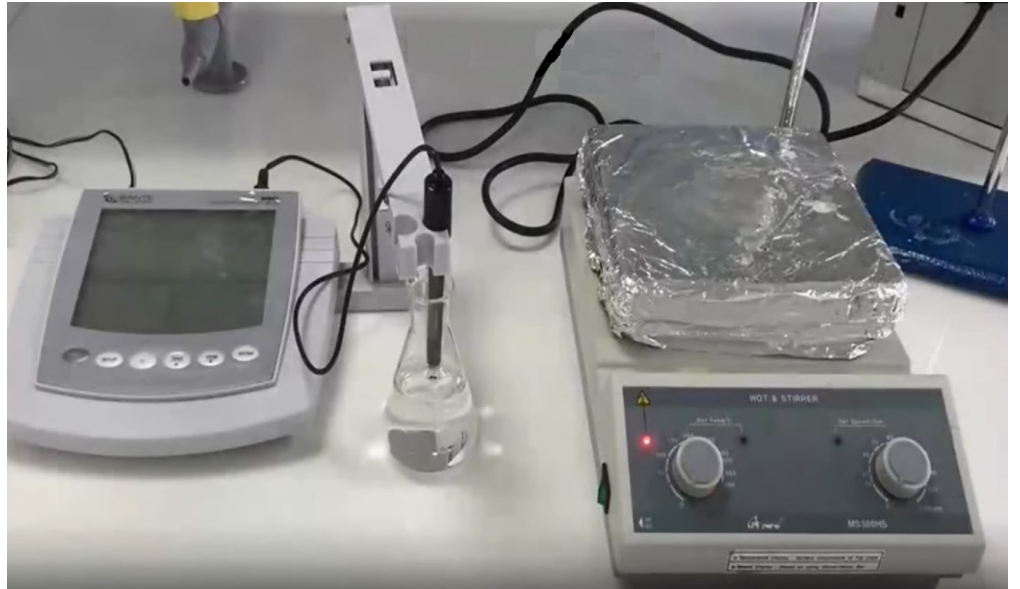
Alternatif sinyalin uygulanması elektrotlarda ortaya çıkan elektrolizle madde kaybını en aza indirir. Alternatif akımın bir yarı çevriminde bir yönde yürüyen elektroliz, akımın ikinci yarı çevriminde geriye döndürülür ve böylece elektrolizle kaybedilen madde yeniden kazanılmış olur.

$R_x = R_{AC} \frac{R_k}{R_{BC}}$ denkleminde direnç $L_x = \frac{1}{R_x}$ denkleminde de iletkenlik hesaplanır.

C. DENEY

Cihazlar ve malzemeler

- İletkenlik ölçer Cihazı
- Manyetik Karıştırıcı
- Terazi
- Erlen
- Büret
- Ölçülü balon
- Manyetik Balık
- NaOH Çözeltisi 0,2000 M
- HCl çözeltisi 0,0200M
- CH₃COOH çözeltisi 0,0200M
- 0,01 M ve 0,001 MKCl çözeltisi



İŞLEM

1. İletkenlik Ölçerin kalibrasyonu

Deneye başlamadan önce iletkenlik ölçer çalıştırılır ve KCl çözeltisi ile cihazı kalibre edilir Bunun için iki farklı derişimdeki KCl çözeltisinin iletkenliği ölçülür ve standart değerlerle karşılaştırılır.

25 °C'da 0,001 M KCl çözeltisinin iletkenliği = 146,9 μ S/cm'dir,

0,01 M KCl çözeltisinin iletkenliği = 1413 μ S/cm'dir.

Bu değerlerin ölçülmesi cihazın doğru ölçüm yaptığını gösterir.

2. Kuvvetli asit (HCl)-Kuvvetli Baz (0,2000 M NaOH) Titrasyonu;

- Büret ayarlı 0,2000 M NaOH çözeltisi ile doldurulur ve başlangıç hacmi kaydedilir.
- Derişimi bilinmeyen HCl çözeltisinden 20 mL erlen içerisine alınır ve çözeltinin içerisine, erlenin dibine değmeyecek şekilde iletkenlik ölçer elektrodu sabitlenir. Erlen içerisine bir manyetik balık atılır ve 30 s karıştırıldıktan sonra iletkenlik değeri kaydedilir.

- 20 mL HCl çözeltisi bulunan erlen (iletkenlik hücresi) içerisine büretten 0,2 mL 0,2000 M NaOH çözeltisi ilave edilir ve çözelti 30 s karıştırılır ve iletkenlik değeri kaydedilir. İşlem dönüm noktasından sonra 5 ekleme olana kadar aynı hacim eklemeleriyle tekrar edilir.
- Eklenen titrant hacmine karşı okunan iletkenlik değerleri grafiğe geçirilir.
- Oluşturulan grafik üzerinden dönüm noktasındaki titrant (NaOH) hacmi belirlenir ve kuvvetli asidin derişimi hesaplanır.

3. Zayıf asit (CH₃COOH)-Kuvvetli Baz (0,2000 M NaOH) Titrasyonu;

- Büret ayarlı 0,2000 M NaOH çözeltisi ile doldurulur ve başlangıç hacmi kaydedilir.
- Derişimi bilinmeyen CH₃COOH çözeltisinden 20 mL erlen içerisine alınır ve çözeltinin içerisine, erlenin dibine değmeyecek şekilde iletkenlik ölçer elektrodu sabitlenir. Erlen içerisine bir manyetik balık atılır ve çözelti 30 s karıştırılır iletkenlik değeri kaydedilir.
- 20 mL CH₃COOH çözeltisi bulunan erlen (iletkenlik hücresi) içerisine büretten 0,2 mL 0,2000 M NaOH çözeltisi ilave edilir ve çözelti 30 s karıştırılır, iletkenlik değeri kaydedilir. İşlem dönüm noktasından sonra 5 ekleme olana kadar aynı hacim eklemeleriyle tekrar edilir.
- Eklenen titrant hacmine karşı okunan iletkenlik değerleri grafiğe geçirilir.
- Oluşturulan grafik üzerinden dönüm noktasındaki titrant (NaOH) hacmi belirlenir ve zayıf asidin derişimi hesaplanır.

4. CH₃COOH + HCl Karışımının Kuvvetli Bazla (0,2000 M NaOH) Titrasyonu;

- Büret ayarlı 0,2000 M NaOH çözeltisi ile doldurulur ve başlangıç hacmi kaydedilir.
- Derişimi bilinmeyen asit karışım çözeltisinden 20 mL erlen içerisine alınır ve çözeltinin içerisine, erlenin dibine değmeyecek şekilde iletkenlik ölçerin elektrodu sabitlenir. Erlen içerisine bir manyetik balık atılır ve çözelti 30 s karıştırılır, iletkenlik değerleri kaydedilir.
- Erlenindeki 20 mL asit karışımı çözeltisi içerisine büretten 0,2 mL 0,2000 M NaOH çözeltisi ilave edilir ve çözelti 30 s karıştırılır iletkenlik değeri kaydedilir. İşlem, ikinci dönüm noktasından sonra 5 ekleme olana kadar aynı hacim eklemeleriyle tekrar edilir her ilaveden sonra iletkenlik değerleri kaydedilir.
- Eklenen titrant hacmine karşı okunan iletkenlik değerleri grafiğe geçirilir.
- Oluşturulan grafik üzerinden 1. Ve 2. dönüm noktasındaki titrant (NaOH) hacmi belirlenir ve kuvvetli ve zayıf asidin derişimleri hesaplanır.

D. Hesaplamalar

1. Seyrelme Faktörünün Hesaplanması;

Ortama NaOH ilavesinden dolayı okunan iletkenlik değerleri seyrelme faktörü ile çarpılarak düzeltilmiş iletkenlik değeri elde edilir.

$$\text{Seyrelme faktörü} = \frac{\text{Eklenen titrant hacmi} + \text{başlangıçtaki numunenin hacmi}}{\text{Başlangıçtaki numunenin hacmi}}$$

Kuvvetli asit (HCl)- Kuvvetli Baz (NaOH) titrasyonunda ölçülen birkaç iletkenlik değeri aşağıda verilmiştir.

Eklenen titrant (mL) (NaOH)	Okunan İletkenlik Değeri (μs/cm)	Seyrelme faktörü	Düzeltilmiş İletkenlik Değeri (μs)
0	7,42	0+20/20= 1	7,42
0,2	6,99	0,2+20/20=1,01	7,06
0,4	6,45	0,4+20/20=1,02	6,58
0,6	5,79	0,6+20/20=1,03	5,96

Örneğin;

0,2 mL NaOH ilavesi için seyrelme faktörü hesaplanırsa;

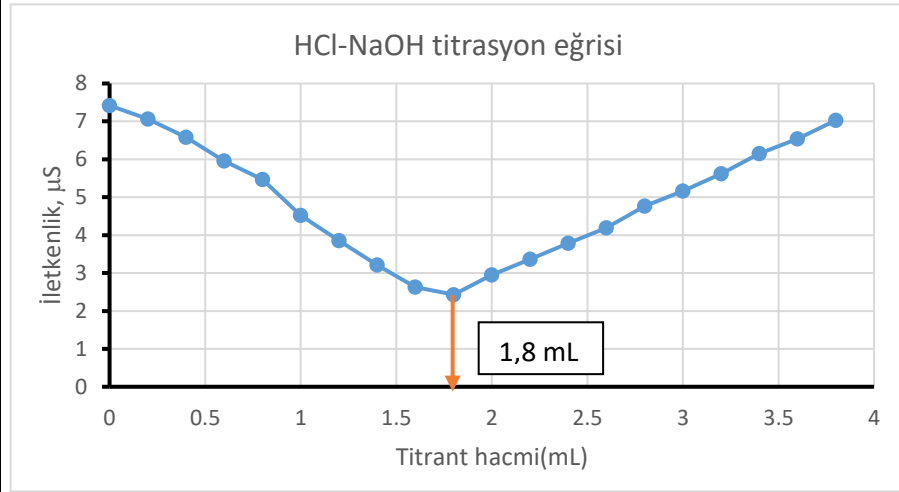
$$\text{Seyrelme faktörü} = \frac{0,2+20}{20} = 1,01$$

$$\text{Düzeltilmiş değer} = 6,99 \times 1,01 = 7,06$$

2. Kuvvetli Asit (20mL, X M HCl) -Kuvvetli Baz (0,2000 M NaOH) Titrasyonu

Düzeltilmiş iletkenlik değerleri hesaplandıktan sonra eklenen titrant hacmine karşı düzeltilmiş iletkenlik değerleri grafiğe geçirilir.

Eklenen Baz (mL)	İletkenlik (μS)	Eklenen Baz (mL)	İletkenlik (μS)
0	7,42	2,0	2,95
0,2	7,06	2,2	3,36
0,4	6,58	2,4	3,79
0,6	5,96	2,6	4,19
0,8	5,47	2,8	4,77
1,0	4,52	3,0	5,16
1,2	3,85	3,2	5,62
1,4	3,21	3,4	6,15
1,6	2,63	3,6	6,54
1,8	2,43	3,8	7,03

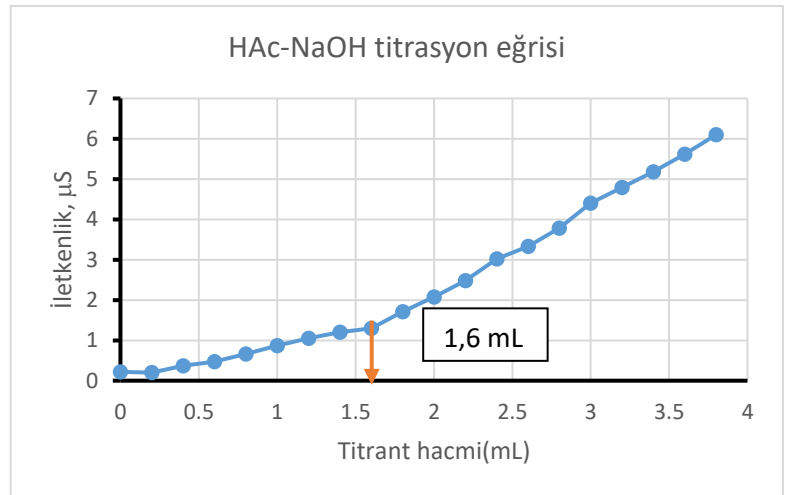


Oluşturulan grafik üzerinden 20mL HCl için dönüm noktasında 1,8 mL, 0,2000 M NaOH harcandığı belirlenir. $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ tepkimesine göre

$$M_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}} = M_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} \text{ den } M_{\text{HCl}} = 0,2000 \times 1,8 / 20 = 0,018 \text{ M HCl bulunur}$$

3. Zayıf Asit (20mL, X M CH₃COOH) -Kuvvetli Baz (0,2000 M NaOH) Titrasyonu

Eklenen Baz (mL)	İletkenlik (μS)	Eklenen Baz (mL)	İletkenlik (μS)
0	0,22	2,0	2,08
0,2	0,2	2,2	2,48
0,4	0,37	2,4	3,02
0,6	0,47	2,6	3,33
0,8	0,66	2,8	3,78
1,0	0,87	3,0	4,4
1,2	1,05	3,2	4,79
1,4	1,22	3,4	5,18
1,6	1,36	3,6	5,62
1,8	1,61	3,8	6,1



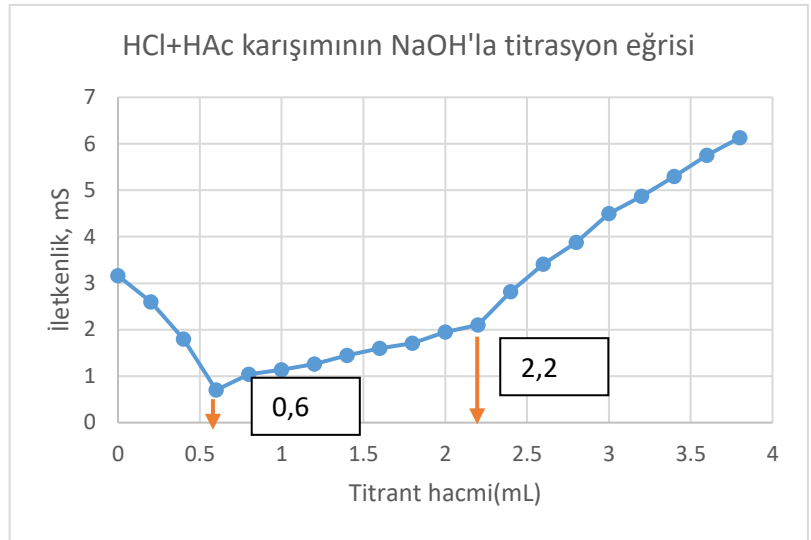
Oluşturulan grafik üzerinden 20mL HAc için dönüm noktasında 1,6 mL, 0,2000 M NaOH harcandığı belirlenir.

$\text{HAc} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{Ac}^-$ tepkimesine göre

$$M_{\text{HAc}}V_{\text{HAc}} = M_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} \text{ den } M_{\text{HAc}} = 0,2000 \times 1,6 / 20 = 0,016 \text{ M HAc bulunur.}$$

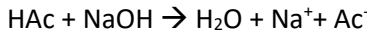
4. [CH₃COOH (X M) +HCl (0,0200M) karışımı] (12mL) -Kuvvetli Baz (0,2000 M) Titrasyonu (Zayıf asit ve Kuvvetli asit Karışımı-NaOH):

Eklenen Baz (mL)	İletkenlik (μs)	Eklenen Baz (mL)	İletkenlik (μs)
0	3,16	2,0	1,95
0,2	2,8	2,2	2,35
0,4	2,06	2,4	2,63
0,6	0,7	2,6	3,41
0,8	1,15	2,8	3,88
1,0	1,14	3,0	4,5
1,2	1,26	3,2	4,87
1,4	1,45	3,4	5,3
1,6	1,6	3,6	5,75
1,8	1,71	3,8	6,13



Oluşturulan grafik üzerinden 1. dönüm noktasındaki titrant (NaOH) sarfiyatını 0,6 mL olarak , 2. dönüm noktasındaki titrant (NaOH) sarfiyatını 2,2 mL olarak belirlenir.

Buradan 12 mL'lik karışımdaki HCl için 0,6 mL, HAc için 1,6 mL (2,2-0,6) 0,2000 M NaOH harcadığı görülür. Karışımda $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$



Tepkimelerine göre

$$M_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}} = M_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} \text{ den } M_{\text{HCl}} = 0,2000 \times 0,6 / 12 = 0,01 \text{ M HCl}$$

$$M_{\text{HAc}}V_{\text{HAc}} = M_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} \text{ den } M_{\text{HAc}} = 0,2000 \times 1,6 / 12 = 0,027 \text{ M HAc bulunur.}$$

E.ÇALIŞMA SORULARI

1- Kuvvetli asidin kuvvetli bazla titrasyonunda elde edilen iletkenlik grafiğinde dönüm noktasında iletkenlik neden sıfırdan geçmez?

2- Aynı derişime sahip olan CH₃COOH ve HCl eşit hacimde karıştırılıp kuvvetli bir bazla titre edildiğinde hangi asit önce tepkimeye girer neden? Tepkime tamlığı ile ifade ediniz.

3- 25 mL HCl çözeltisinin 0,2 M NaOH ile titrasyonunda dönüm noktası 25 mL'de gözleniyor. 25 mL HAc çözeltisinin NaOH ile titrasyonunda dönüm noktası 20 mL'de gözleniyor. Aynı asitlerin kullanıldığı 45 mL HCl ve HAc karışımında birinci dönüm noktası 20 mL ve 2. Dönüm noktası 40 mL'de gözleniyor. Karışımdaki asitlerin hacimlerini bulunuz. (H:1, Cl:35,5, C:12, O:16)

4- 0,0120M HX'in 25 °C'deki eşdeğer iletkenliği 14,7 olduğuna göre asidin ayrışma sabitini hesaplayınız. ($\Lambda_0 = 390,7$ alınız)

F. KAYNAKLAR

- [1] D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, S. R. Crouch, Fundamentals of Analytical Chemistry, 8. Edition, 2004. Çeviri editörleri: E. Kılıç, H. Yılmaz. Analitik Kimya Temel İlkeler. 8. Baskı. 2011, Ankara.
- [2] D.C. Harris, Nicel Kimyasal Analiz, 8. Baskı, Çeviri Editörü: A. R. TÜRKER, Palme Yayıncılık. 2015, Ankara.
- [3] D.A. Skoog, F.J. Holler, S.R. Crouch Enstrümental Analiz, 2007, 6. Edition, Çeviri editörleri: E. Kılıç, H. Yılmaz, Bilim Yayıncılık, 2013, Ankara.