



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI AMİNO ASİTLERİN PROTONLANMA
TEPKİMELERİNİN TERMODİNAMİĞİ VE MİKRO
PROTONLANMA SABİTLERİNİN HESAPLANMASI**

AYŞE VİLDAN BİLGİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ECZACILIK TEMEL BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. A. Seza Baştuğ

İSTANBUL-2011

TEZ ONAYI

Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Programın seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ()

Anabilim Dalı : Eczacılık Temel Bilimleri

Tez Sahibi : Ayşe Vildan BİLGİ

Tez Başlığı : Bazı Amino asitlerin Protonlanma Tepkimelerinin Termodinamiği ve Mikro Protonlanma Sabitlerinin Hesaplanması

Sınav Yeri : Eczacılık Fakültesi

Sınav Tarihi : 05.07.2011

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman (Unvan, Adı, Soyadı)

Kurumu

İmza

Prof. Dr. A. Seza BAŞTUĞ

Marmara Üniversitesi Ecz. Temel Bil. A.D.



Sınav Jüri Üyeleri

(Unvan, Adı, Soyadı)

Prof. Dr. A. Seza BAŞTUĞ

Marmara Üniversitesi Ecz. Temel Bil. A.D.



Prof. Dr. Mürşit PEKİN

Marmara Üniversitesi Analitik Kim. A. D.



Doç. Dr. Sinem GÖKTÜRK

Marmara Üniversitesi Ecz. Temel Bil. A.D.



Yukarıdaki jüri kararı Enstitü yönetim Kurulu'nun 26./07/2011 tarih ve 14. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gülden Z. OMURTAG



Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ağustos 2011

Ayşe Vildan Bilgi

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında ve tamamlanmasında bilimsel bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, her konuda destek veren, gösterdiği anlayış için ayrıca minnet duyduğum, tez danışmanım sayın hocam Eczacılık Temel Bilimleri Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. A. Seza BAŞTUĞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu zaman süresince Eczacılık Temel Bilimleri Anabilim Dalı öğretim üyelerinden hocam Doç. Dr. Sinem GÖKTÜRK'e ve burada adlarını anmadığım Eczacılık Temel Bilimleri Anabilim Dalı'nın değerli öğretim elemanlarına da yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca desteklerini hep yanımda hissettiğim sevgili annem Aysel Bilgi ve babam Ahmet Bilgi'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Önsöz	III
İçindekiler	IV
Kısaltma ve Simgeler	VI
Şekil Listesi	VII
1.ÖZET	1
2.SUMMARY	2
3.GİRİŞ ve AMAÇ	3
4.GENEL BİLGİLER	5
4.1. Asit- Baz Kavramının Başlangıcından Günümüze Tanımları	5
4.1.1. Asitlerin ve Bazların Arrhenius Tanımı	5
4.1.2.Asitlerin ve Bazların Brønsted-Lowry Tanımı	5
4.1.3.Asitlerin ve Bazların Lewis Tanımı	6
4.2. Sert ve Yumuşak Asitler ve Bazlar Kuralı	6
4.3. p’li Nicelikler	8
4.3.1. pH Kavramı	8
4.3.2. Asitlik Sabiti	9
4.3.3. pH ile pKa İlişkisi	10
4.4.Amino Asitlerin Genel Özellikleri	11
4.4.1.Amino Asitlerin Sınıflandırılması.....	13
4.4.2.Amino Asitlerin Asit- Baz Özellikleri	14
4.4.3.Makro ve Mikro Asitlik (Denge) Sabitleri.....	14
4.4.4.Mikro Asitlik Sabitleri ile İlgili Temel Denklemler	16
4.4.5.Mikro Asitlik Sabitlerle İlgili Çalışmalar	18
4.5.Asitlik Sabitlerinin Bulunmasında Uygulanan Deneysel Yöntemler	19
4.5.1. Potansiyometrik Analiz Yöntemleri.....	19
4.5.2. Irwing -Rossotti Yöntemi.....	20

4.5.3. Protonlanma Tepkimesinin Termodinamiği	20
5. GEREÇ ve YÖNTEM	22
5.1. Kullanılan Kimyasallar	22
5.1.1. Valin (Val)	22
5.1.2. Valin Metil Ester Hidroklorid	22
5.1.3. Prolin (Pro).....	22
5.1.4. Prolin Metil Ester Hidroklorür	23
5.1.5. Fenilalanin (Fal)	23
5.1.6. FenilalaninMetil Ester Hidroklorür.....	23
5.1.7. Sodyum Perklorat.....	23
5.1.8. Perklorat Asiti	23
5.1.9. Sodyum Hidroksit Titrisolü	23
5.1.10. Azot Gazı	24
5.1.11. Damıtık su	24
5.2. Kullanılan cihaz	24
5.3. Asitlik Sabitlerinin Tayini.....	24
5.4. Deneyde Kullanılan Çözeltiler	24
6. BULGULAR	26
6.1. Valine Ait Protonlanma Sabitlerinin Bulunması	27
6.2. Proline Ait Protonlanma Sabitlerinin Bulunması	51
6.3. Fenilalanine Ait Protonlanma Sabitlerinin Bulunması	75
7. TARTIŞMA ve SONUÇ	99
8. KAYNAKLAR.....	107
9. ÖZGEÇMİŞ.....	109

KISALTMA ve SİMGELER

Val	: Valin
Pro	: Prolin
Fal	: Fenilalanin
Val Ester	: Valin Metil Ester Hidroklorür
Pro Ester	: Prolin Metil Ester Hidroklorür
Fal Ester	: Fenilalanin Metil Ester Hidroklorür
T	: Sıcaklık / °C
K_a	: Asit sabiti
pK_a	: K _a 'nın (-) logaritması
K_b	: Baz sabiti
pK_b	: K _b 'nın (-) logaritması
K	: Termodinamik denge sabiti
K₁	: T ₁ sıcaklığındaki termodinamik denge sabiti
K₂	: T ₂ sıcaklığındaki termodinamik denge sabiti
k₁	: -COOH grubuna ait ilk protonun verilmesine ait denge sabiti
k₂	: -NH ₂ grubuna ait ikinci protonun verilmesine ait denge sabiti
k₃	: -NH ₂ grubuna ait ikinci protonun alınmasına ait denge sabiti
k₄	: -COOH grubuna ait ilk protonun alınmasına ait denge sabiti
pI	: İzoelektrik pH değeri
R	: İdeal gaz sabiti 8,314 J K ⁻¹ mol ⁻¹
ΔG_{ol}^o	: Standart oluşum serbest enerji değişimi, kJ mol ⁻¹
ΔH_{ol}^o	: Standart oluşum serbest entalpi değişimi, kJ mol ⁻¹
ΔS_{ol}^o	: Standart oluşum entropi değişimi, J K ⁻¹ mol ⁻¹
pK_N	: Aminoasidin -NH ₂ grubunun asitlik sabiti
pK_O	: Aminoasidin -COOH grubunun asitlik sabiti
n_A	: Proton - ligand sisteminde protonlanma derecesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1. Bazı Verici, Alıcı ve Çözücülerin Yumuşak, Orta ve Sert Sınıflandırılması	7
Şekil 4.2. α -Amino asitlerin genel yapısı	11
Şekil 4.3. Aminoasitlerin zwitter iyon (çift kutuplu iyon) hali.	11
Şekil 4.4. Amino asitlerin kuvvetli asidik ve bazik çözeltilerdeki yapıları	12
Şekil 4.5. En yalın amino asit olan glisin için ayrıntılı denge şeması.	15
Şekil 5.1. Val'nin genel yapısı	22
Şekil 5.2. Val Est'in genel yapısı	22
Şekil 5.3. Pro'nin genel yapısı	22
Şekil 5.4. Pro Est'nin genel yapısı	23
Şekil 5.5. Fal'nin genel yapısı	23
Şekil 5.6. Fal Est'nin genel yapısı	23
Şekil 6.1.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Val (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	27
Şekil 6.1.2. Asit (A) ve Asit+Val (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	28
Şekil 6.1.3. HClO_4 ve HClO_4 +Val çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	29
Şekil 6.1.4. Val – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	30
Şekil 6.2.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Val (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	31
Şekil 6.2.2. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Val (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	32
Şekil 6.2.3. HClO_4 ve HClO_4 +Val çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	33

Şekil 6.2.4. Val – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	34
Şekil 6.3.1. HClO_4 (A) ve HClO_4+Val (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	35
Şekil 6.3.2. Asit (A) ve Asit+Val (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	36
Şekil 6.3.3. HClO_4 ve HClO_4+Val çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	37
Şekil 6.3.4. Val – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	38
Şekil 6.4.1. HClO_4 (A) ve HClO_4+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	39
Şekil 6.4.2. Asit (A) ve Asit+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	40
Şekil 6.4.3. HClO_4 ve HClO_4+Val Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	41
Şekil 6.4.4. Val Ester– proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	42
Şekil 6.5.1. HClO_4 (A) ve HClO_4+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	43
Şekil 6.5.2. Asit (A) ve Asit+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	44
Şekil 6.5.3. HClO_4 ve HClO_4+Val Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	45
Şekil 6.5.4. Val Ester– proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	46

Şekil 6.6.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	47
Şekil 6.6.2. Asit (A) ve Asit+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	48
Şekil 6.6.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Val Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	49
Şekil 6.6.4. Val Ester– proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	50
Şekil 6.7.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	51
Şekil 6.7.2. Asit (A) ve Asit+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	52
Şekil 6.7.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Pro çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	53
Şekil 6.7.4. Pro – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	54
Şekil 6.8.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	55
Şekil 6.8.2. Asit (A) ve Asit+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	56
Şekil 6.8.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Pro çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	57
Şekil 6.8.4. Pro – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	58
Şekil 6.9.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	59

Şekil 6.9.2. Asit (A) ve Asit+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	60
Şekil 6.9.3. HClO_4 ve HClO_4 +Pro çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	61
Şekil 6.9.4. Pro – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	62
Şekil 6.10.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	63
Şekil 6.10.2. Asit (A) ve Asit+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	64
Şekil 6.10.3. HClO_4 ve HClO_4 +Pro Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	65
Şekil 6.10.4. Pro Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	66
Şekil 6.11.1 HClO_4 (A) ve HClO_4 +Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	67
Şekil 6.11.2 Asit (A) ve Asit+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	68
Şekil 6.11.3. HClO_4 ve HClO_4 +Pro Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	69
Şekil 6.11.4. Pro Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	70
Şekil 6.12.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	71
Şekil 6.12.2. Asit (A) ve Asit+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	72

Şekil 6.12.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Pro Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	73
Şekil 6.12.4. Pro Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	74
Şekil 6.13.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	75
Şekil 6.13.2. Asit (A) ve Asit+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	76
Şekil 6.13.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Fal çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	77
Şekil 6.13.4. Fal – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	78
Şekil 6.14.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	79
Şekil 6.14.2. Asit (A) ve Asit+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri.....	80
Şekil 6.14.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Fal çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	81
Şekil 6.14.4. Fal – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	82
Şekil 6.15.1. HClO ₄ (A) ve HClO ₄ +Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	83
Şekil 6.15.2. Asit (A) ve Asit+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	84
Şekil 6.15.3. HClO ₄ ve HClO ₄ +Fal çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	85

Şekil 6.15.4. Fal – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	86
Şekil 6.16.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	87
Şekil 6.16.2. Asit (A) ve Asit+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	88
Şekil 6.16.3. HClO_4 ve HClO_4 +Fal Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	89
Şekil 6.16.4. Fal Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	90
Şekil 6.17.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	91
Şekil 6.17.2. Asit (A) ve Asit+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	92
Şekil 6.17.3. HClO_4 ve HClO_4 +Fal Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	93
Şekil 6.17.4. Fal Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	94
Şekil 6.18.1. HClO_4 (A) ve HClO_4 +Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	95
Şekil 6.18.2. Asit (A) ve Asit+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	96
Şekil 6.18.3. HClO_4 ve HClO_4 +Fal Ester çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$	97
Şekil 6.18.4. Fal Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)	98

Şekil 7.1. Val, Pro ve Fal.'in çeşitli sıcaklıklardaki makro asitlik sabiti değerleri....	99
Şekil 7.2. Val, Pro, Fal 'in çeşitli sıcaklıklardaki mikro asitlik sabiti değerleri	100
Şekil 7.3. Val için mikroasitlik sabitler göz önüne alındığında makro asitlik sabitlerinin pH ile değişimi	101
Şekil 7.4. Pro için mikroasitlik sabitler göz önüne alındığında makro asitlik sabitlerinin pH ile değişimi	102
Şekil 7.5. Fal için mikroasitlik sabitler göz önüne alındığında makro asitlik sabitlerinin pH ile değişimi	103
Şekil 7.6. Amino asit ve esterlerinin protonlanma serbest enerji miktarı, entropik ve entalpik katkı yüzdeleri	105

1.ÖZET

Bu çalışmada, amino asitlerden L-valin (Val) ve L-fenilalanin (Fal) ile imino asitlerden L-prolin'in (Pro) ve bunların metil esterlerinin 5,0, 20,0 ve 35,0°C sıcaklıklarda ve sabit iyonik kuvvette (0,1 mol L⁻¹) potansiyometrik pH titrasyonu yöntemi kullanılarak makro ve mikro asitlik sabitleri (pK_a ve p*k*_a) bulunmuştur. Çalışılan altı maddenin de, pK_N (pK_{NH₂}) değerleri sıcaklık arttıkça azalmıştır. Val ve Pro'nin pK_O (pK_{COOH}) değerleri sıcaklıkla artıkça artmış, Fal de ise bu nicelik sıcaklıkla azalmıştır. Asitlik sabitleri yardımıyla termodinamik niceliklerden ΔG_{ol}^o, ΔH_{ol}^o ve ΔS_{ol}^o hesaplanmıştır. Val, Fal ve Pro için -N⁺H₃ grubundan proton ayrışmasına eşlik eden serbest enerji azalmasına entropik terimin (-TΔS) katkısı %30 – %52 arasında, valinin ve prolinin -COOH grubunun deprotonlanması için entropik terimin katkısının %100, fenilalanin için ise %7 olduğu belirlenmiştir. Her üç maddenin metil esterlerinin de -N⁺H₃ grubundan proton ayrışması tepkimesinin serbest enerji azalmasına entropik teriminin katkısının ise %8 – 50 arasında olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar *Sert ve Yumuşak Asitler ve Bazlar Kuralı* 'na göre yorumlanmıştır.

“Anahtar Sözcükler” L-fenilalanin, L-prolin, L-valin, mikro asitlik sabiti, protonlanmanın termodinamiği

2.SUMMARY

Thermodynamics of Protonation Reactions of Some Amino Acids and Determination of Their Micro Protonation Constants

In this work, macro and micro acidity constants (pK_a s and $pK_{a,s}$) of amino acids L-valine (Val), L-phenylalanine (Phe) and imino acid L-proline (Pro) and their methyl esters were determined by potentiometric pH titration method at 5.0, 20.0 ve 35.0°C and constant ionic strength (0.1 mol L^{-1}). pK_N (pK_{NH_2}) values of all substances decrease with increasing temperature. pK_O (pK_{COOH}) values of Val and Pro increase with increasing temperature but that of Pal decrease. By means of acidity constants ΔG_{ol}° , ΔH_{ol}° and ΔS_{ol}° were calculated. The entropic contributions to the ΔG_{ol}° of the deprotonation process of $-N^+H_3$ group for Val, Phe and Pro are in the range of 30% and 52% (8% and 50% for esters), those of $-COOH$ group for Val and Pro are 100% and 7% for Phe. The results were analysed by means of *hard and soft acids and bases principle*.

“Key Words” L-phenylalanine, L-proline, L-valine, mikro acidity constant, thermodynamics of protonation

3.GİRİŞ ve AMAÇ

Amino asitler, canlı organizmasında peptitlerin, proteinlerin ve enzimlerin yapı taşları olduğundan, çeşitli kimyasal madde grupları arasında özel bir öneme sahiptir. Bir aminoasidin yapısında iki fonksiyonel grup, bazik grup olan ($-NH_2$) ile asidik grup olan ($-COOH$) bulundurulur. Aminoasitler, asitler ve bazlarla tuz oluşturur. Asidik aminoasitlerin yan zincirinde ($R-$) ayrıca bir $-COOH$ grubu daha bulunur. Sulu çözeltilerde aminoasitlerin gerek α - karboksil grupları ve gerekse yan zincire bağlı olan karboksil grupları zayıf asidik ve α -amino grupları zayıf bazik etki gösterirler. Bilindiği gibi, pek çok kimyasal tepkime asit-baz dengelerine dayanmaktadır. Biyolojik sistemlerdeki çeşitli olayların aydınlatılabilmesi için de amino asitlerin ve onların türevlerinin asitlik (ya da protonlanma) sabitlerinin (pK_a) bilinmesi gereği açıktır.

Asitlik sabitlerinin tayin edilmesinin sebeplerini kısaca şöyle özetlemek mümkündür: Asitlik sabiti, bir maddenin herhangi bir pH'da oluşan farklı iyonik türlerinin kesri ile ilgili bir sabit olduğundan, bu sabit kullanılarak herhangi bir pH değeri için iyonlaşma yüzdesi hesaplanabilir. Bu pH'nın seçilmesi için asitlik sabitinin bilinmesi gerektiği açıktır. Asitlik sabitleri, yeni izole edilmiş maddelerin yapılarının aydınlatılmasında yardımcı olabilir. Analitik kimyada pK_a değerleri poliprotik asit veya bazların asit-baz titrasyon eğrilerinin yorumlanmasında da kullanılabilir. pK_a değerlerinin bilinmesi metal iyonlarıyla kompleksleşme dengeleri yönünden de önemlidir. Genel olarak ligand adı verilen amino asit gibi maddeler protonlanmış ya da protonlanmamış türleriyle çeşitli metal iyonlarına bağlanabilirler ve oluşan metal kompleksleri, metal ve ligandların kalitatif ve kantitatif tayini için kolaylık sağlar. Öyleyse asitlik sabitlerinin bilinmesi sadece biyolojik yönden değil organik kimya, fizikokimya ve özellikle analitik kimya yönünden de oldukça önem taşımaktadır (Doğan 2001b).

Ayrıca önemli biyolojik olarak önemli olan ligandlardan (biyoligand) olan ilaç etken maddelerinin sulu çözeltilerde proton ile oluşturdukları dengelerin denge sabiti

olan asitlik sabitlerinin belirlenmesi ilaçların vücutta absorblanmasında, dokularda dağılmasında ve vücuttan atılmasında rolü olan yarı geçirgen zarlardan geçişlerinin saptanmasında kolaylıklar sağlayabilir. Söz konusu denge sabitlerinin bilinmesi ayrıca ilaçların vücut sıvılarından özütlenmesi (ekstraksiyon) ve örneğin elektroforez gibi yöntemlerin geliştirilmesi için de gereklidir (Martinez, Maguregui, Jimenez and Alonso 2000).

4.GENEL BİLGİLER

4.1.Asit-Baz Kavramının Başlangıcından Günümüze Tanımları

Asitlerin ve bazların tanımı, kimyada kuşkusuz en önemli ve yararlı tanımlardan biridir ve gerçekte hemen hemen bütün kimyasal tepkimeleri, asit-baz tepkimeleri veya yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri olarak sınıflandırma olanağı vardır.

Günümüze dek asitler ve bazlar için çeşitli tanımlar yapılmıştır. Asitler ve bazlar için yapılan ilk tanımlar sulu çözeltilerde gözlemlenen bazı belirgin özelliklerine dayandırılmıştır. Örneğin, sulu çözeltilerinin ekşimsi bir tadı olan ve turnusol kağıdını kırmızıya dönüştüren maddelere asit denir tanımı yapılmıştır. Bazı kimyasalların sulu çözeltilerinin acımsı bir tadı vardır ve turnusol kağıdını maviye dönüştürürler. Baz olarak sınıflandırılan bu maddeler için de asitler için olduğu gibi anılan özelliklere dayalı bir tanım yapılabilir. Atomların ve moleküllerinin yapıları ile ilgili bilginin gelişmesi, kimyacıları asitlerin ve bazların yapıları ile özellikleri arasında ilişkiler aramaya zorlamıştır. Günümüze dek asitler ve bazlar için kullanılan en genel tanımlar ve kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir. Arrhenius tanımı, laboratuvarında sulu çözeltiler ile çalışırken yeterlidir. Brønsted-Lowry tanımında çözücü gereksinimi yoktur, fakat proton aktarılması koşulu aranır. Asitlik-bazlık için en genel ve kapsamlı yaklaşım olan Lewis tanımıdır (Erdik ve Sarıkaya 2004).

4.1.1.Asitlerin ve Bazların Arrhenius Tanımı

Asitler ve bazlar için modern Arrhenius tanımı, bir asidi sulu çözeltide hidroksonyum (hidronyum) iyonunun, H_3O^+ derişimini arttıran bir madde ve bir bazı ise, sulu çözeltide hidroksil iyonu OH^- derişimini arttıran bir madde olarak tanımlar. Ancak bu tanım yardımıyla yapılarında H^+ ve OH^- iyonu bulunmayan maddelerin asitliğini ve bazlığını açıklamak olanaklı değildir (Erdik ve Sarıkaya 2004).

4.1.2.Asitlerin ve Bazların Brønsted-Lowry Tanımı

Brønsted-Lowry tanımına göre asit, proton ya da protonlar veren bir madde, baz ise proton ya da protonlar alan bir maddedir. Bir başka anlatımla, asit proton verici

ve baz proton alıcıdır ve bir asidin bir bazla tepkimesinde proton asitten baza aktarılır. Asit ve baz arasında proton verilmesi alınması olayında asit ve baz eşlenik (konjuge) asit-baz çifti olarak adlandırılır. (Erdik ve Sarıkaya 2004).

4.1.3. Asitlerin ve Bazların Lewis Tanımı

Asitlerin ve bazların Brønsted-Lowry tanımı, Arrhenius tanımından daha geniş kapsamlı olmakla beraber, yalnız proton aktarılması tepkimelerine dayanır. Asit-baz tepkimesi özelliğini taşıyan pek çok reaksiyon Brønsted-Lowry tanımına uymazlar. Lewis tarafından önerilen asit-baz tanımı bu durumları da kapsar ve bundan dolayı çok daha geneldir.

Asitlerin ve bazların Lewis tanımında, bir baz, ortaklanmamış elektron çifti içeren daha doğrusu, bir ortaklaşım (kovalent) bağı oluşturmak için elektron çifti veren bir bileşik ve bir asit, bir ortaklaşım bağı oluşturmak için bir bazdan elektron çifti alan bir bileşiktir. Brønsted-Lowry tanımında proton aktarılması, Lewis tanımında ise elektron çifti aktarılmasıyla ortaklaşım bağı oluşması önemlidir. (Erdik ve Sarıkaya 2004).

4.2. Sert ve Yumuşak Asitler ve Bazlar Kuralı

Asitler ve bazlar çok çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir gibi kuvvetli asit-baz şeklinde de gruplandırılabilirler. Bir çözücü içinde tümüyle iyonlaşan HCl, HNO₃, H₂SO₄ ve HClO₄ gibi kimyasallara kuvvetli asit, kısmen iyonlaşan CH₃COOH ve HCN gibi maddelere ise zayıf asit denilmektedir. Benzer şekilde bir çözücü içinde tümüyle iyonlaşan NaOH, KOH ve Ca(OH)₂ gibi maddelere kuvvetli baz, kısmen iyonlaşan NH₃ ve amin gibi maddelere ise zayıf baz denilmektedir (Sarıkaya 2005).

Bir sınıflandırmada sert-yumuşak asitler ve bazlar biçiminde olup bu adı taşıyan bir de Kural geliştirilmiştir.

1958 yılında Ahrland, Chat ve Davies a ve b sınıfı alıcılar (akseptörler, elektron çifti alıcıları) olmak üzere alıcı iyonları için ikili bir sınıflandırma önermişlerdir. Daha sonra bu sınıflandırma genişletilerek sert-yumuşak asitler ve bazlar kuralı adını almıştır. Bu kurala göre sert verici (donör) sert alıcılar ile yumuşak verici ise

yumuşak alıcılarla kararlı bir bileşik yapar. a sınıfı (sert) alıcılar; F, O, N gibi verici atom içeren sert bazlarla, b sınıfı (yumuşak) alıcılar ise Cl, Br, I, P, S, As, Se gibi verici atom içeren daha yumuşak bazlarla bağlanmayı tercih ederler (Avşar 1993). Kural olarak sert asitler sert bazlarla, yumuşak asitler yumuşak bazlarla güçlü kompleksler oluştururlar. Sert özellikli olan bir asit, kolay bükülebilir yörüngeçler (orbital) içeren, elektron alan atomun küçük ve artı yüklü olduğu bir Lewis asididir. Yumuşak asit ise elektronları kolay kutuplanabilen (polarize olabilen) yörüngeçlerde bulunan, elektron alan atomun büyük, hiç artı yük içermeyen türden olduğu Lewis asitleridir.

Şekil 4.1. Bazı Verici, Alıcı ve Çözücülerin Yumuşak, Orta Sert ve Sert Sınıflandırılması

Sert	Orta Sert	Yumuşak
Metal İyonları (alıcılar, akseptörler)		
H^+ , Mn^{2+} , Fe^{3+}	Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}	Ag^+ , Cu^+ , Au^+ , Cd^{2+} , Tl^{3+}
Ligandlar (vericiler, donörler)		
F, O vericileri	N vericileri Cl^- , Br^-	S, Se, Te vericileri
Çözücüler		
H_2O , ROH	NH_3	Nitroparafinler, DMF

Alıcı ve vericilerin bu sınıflandırması çok büyük deneysel bilgi birikimini düzenli kıldığı için oldukça kullanışlıdır. Öte yandan, verici ve alıcıların birleşme davranışları büyük oranda kullanılan çözeltilerin solvasyon ve dielektrik özelliklerine bağlıdır (Apak 1994).

4.3.p’li Nicelikler

Canlı organizmalar içindeki veya bir bilimsel araştırmada hidrojen iyonu (H^+) derişimindeki çok ufak değişikler çok önemli sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bir çözeltilinin pH 'si bu çözeltilinin hidrojen iyonu $[H^+]$ derişiminin eksi logaritmasına eşittir. pH ölçeğinin logaritmik olarak ifade edilmesinin sebebi, çok küçük rakamlar (on üzeri eksi rakamları olan sayılar) ile gösterilmekte olan $[H^+]$ iyonu derişimini daha kolay algılanabilir sayılarla ifade etmektir. Bu yöntem sayesinde sadece H^+ iyonu derişimi için değil daha başka iyon derişimleri (örneğin Cu^{2+}) ve nicelikler için de p’li nicelikler (pCu, pK gibi) oluşturulabilir.

4.3.1.pH Kavramı

Matematiksel olarak pH, sulu bir çözeltideki hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritmasıdır.

$$pH = \log (1 / [H^+])$$

$$pH = -\log [H^+]$$

Su molekülü; hidronyum (H_3O^+) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına ayrışır. Hidronyum iyonunu basit olarak H^+ iyonu olarak göstererek aşağıdaki ayrışma reaksiyonunu yazmak mümkündür.



Suyun ayrışma sabiti (K_d) aşağıdaki bağıntı ile verilmiştir. Köşeli ayraç içindeki simgeler molar derişimleri göstermektedir. Suda 25 °C’de, 10^{-7} mol H^+ iyonu ve 10^{-7} mol OH^- iyonu bulunur.

$$K_d = [H^+] [OH^-] / [H_2O]$$

Suyun derişimi iyonlaşma ile çok az değiştiğinden yukarıdaki bağıntıyı aşağıdaki şekilde basitleştirerek yazmak mümkündür.

$$K_{su} = [H^+] [OH^-] = 1,0 \times 10^{-14} \text{ mol / L}$$

H^+ ve OH^- derişimleri birbiri ile ilişkilidir; biri artarken, diğeri azalır. $[H^+] = 10^{-2}$ olduğu durumda $[OH^-] = 10^{-12}$ dir. Bu nedenle pH ölçeği 0–14 arasında düzenlenmiştir. Alttaki eşitlik pH ve pOH arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

$$pH + pOH = 14$$

4.3.2. Asitlik Sabiti

Asit ve bazların göreceli kuvvetleri kadar, suda çözünebilirlik özellikleri de derecelendirilebilir. Çözünürlük sabiti (iyonlaşma sabiti, çözünme dengesi sabiti, K_d veya K ile simgelendirilir) değerlerini pek çok biyokimya kitabında bulmak mümkündür. Yüksek K değerine sahip asitler sulu çözeltilerinde daha yüksek oranda iyonlarına ayrışırlar. pK ; proton alıcısı ve proton vericisi türlerin eşit derişimlerde bulunduğu pH değerindeki iyonlaşma sabitinin (K) eksi logaritmasıdır.

$$pK_a = -\log K_a$$

Aynı şekilde bazlar için de K_b baz sabiti tanımlanır. Bir asit-baz çiftinin asit ve baz sabitleri arasında

$$pK_a + pK_b = 14 \text{ bağıntısı vardır.}$$

Birden çok proton verebilen asitlere (H_2SO_4 , H_3PO_4 gibi) ait dengeler aşağıdaki gibidir.



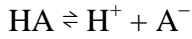
Nötr aminoasitler için pK_1 ve pK_2 , $-COOH$ ve $-NH_2$ gruplarına ait olduğundan bu grupları anlatmak üzere pK_{COOH} (pK_O) ve pK_{NH_2} (pK_N) olarak simgelendirilirler (Apak 1997). Bu çalışmada daha da kısa olan ve proton ile etkileşen atomları gösteren pK_O ve pK_N simgelerini kullanacağız. Kuvvetli asitlerin pK değerleri 3,0'ın altında, kuvvetli bazların pK değerleri ise 9,0'ın üstündedir. Asitler kendi pK değerlerinin üstünde bir pH'da H^+ iyonu vererek iyonlarına ayrışırlar. Bazlar ise pK değerlerinin

altında bir pH'da ortama (OH^-) iyonu verirler. Birden fazla pK değerine sahip bileşikler ortama birden fazla H^+ iyonu verme ya da ortamdan alma özelliğindedir.

4.3.3.pH ile pKa İlişkisi

Henderson-Hasselbalch denklemi

Henderson-Hasselbalch denklemi tampon etkisinin ve organizmadaki asit-baz dengesinin anlaşılmasında önem taşır. Zayıf bir asidin (HA) ayrışması ile H^+ ve A^- iyonları oluşur.



Asidin ayrışma sabiti (K_a) aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$[\text{H}^+]$ eşitliğin sol tarafına çekilir.

$$[\text{H}^+] = K_a \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

Eşitliğin her iki tarafının eksi logaritması alınır

$$-\log [\text{H}^+] = -\log K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \text{ olur ve}$$

$-\log [\text{H}^+]$ yerine pH, $-\log K_a$ yerine ise $\text{p}K_a$ yerleştirilirse

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

$-\log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ ifadesindeki pay ve paydanın yer değiştirmesiyle (-) işareti (+) ya dönüşür ve Henderson-Hasselbalch eşitliği elde edilir.

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}^+]}$$

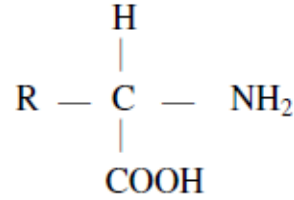
$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{proton alıcısı}]}{[\text{proton vericisi}]}$$

Biyokimyasal tepkimler her tepkimeye özgü sabit bir pH değerinde meydana gelir. Bu bakımdan tepkime ortamının pH değerinin tampon sistemlerle sabit olarak korunması önem taşır. Tamponlar zayıf bir asit veya baz ile ilgili tuzundan oluşan ve tepkime ortamındaki pH değişikliğine karşı koyan sistemlerdir. Tamponun etkinliği, tampon sistemin pK değeri ile ortamın pH değerine bağlıdır. Tamponun pK değeri ortamın pH değerine ne kadar yakınsa o kadar kuvvetli tamponlama etkisi meydana gelir. Proton alıcısının molar derişiminin, proton vericisinin molar derişimine eşit olduğu durumlarda, Henderson-Hasselbalch eşitliğine göre $\text{pH} = \text{p}K$ olduğundan

maksimum tamponlama kapasitesi görülür. Genel bir kural olarak, tamponun optimum pH'sı $pH = pK \pm 1$ sınırları içinde olmalıdır. (<http://www.istanbul.edu.tr>, Erişim tarihi: 18 Kasım 2010).

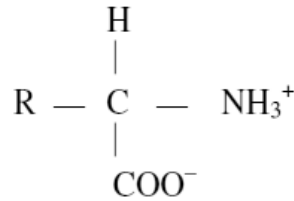
4.4.Amino Asitlerin Genel Özellikleri

Amino asitler, canlı organizmasında peptitlerin, proteinlerin ve enzimlerin yapı taşları olduklarından çeşitli kimyasal madde grupları arasında özel bir öneme sahiptirler.Molekülünde hem amin grubu ($-NH_2$), hem de karboksilik asit grubu ($-COOH$) bulunan organik bileşiklere amino asitler denir. Bir amino asit genel olarak şekildeki gibi gösterilebilir (R= çeşitli fonksiyonel gruplar)



Şekil 4.2. α -Amino asitlerin genel yapısı

Yalnızca α -karbon atomuna bağlı bir amino ve bir karboksil grubu içeren aminoasitlere *nötral aminoasitler* denir. Asidik aminoasitlerin yan zincirinde (R-) ayrıca bir $-COOH$ grubu daha bulunur. Sulu çözeltilerde aminoasitlerin gerek α -karboksil grupları ve gerekse yan zincire bağlı olan karboksil grupları zayıf asidik ve α -amino grupları zayıf bazik etki gösterirler. Sulu çözeltilerinde belirli pH aralıklarında olduğu gibi kuru katı halde de aminoasitler karboksil grubunun karboksilat ($-COO^-$) iyonu, amin grubunun NH_3^+ iyonu halinde bulunduğu “çifte iyon” (zwitter iyon, dipolar iyon) adı verilen halde (formda) bulunur. Bu yapıda, karboksilik asit grubunun protonu amin grubunun azotuna bağlanmış, dolayısıyla her iki fonksiyonlu grup da iyon haline dönüşmüştür.

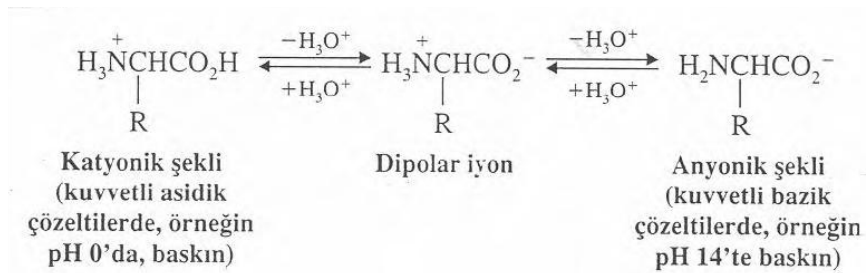


Şekil 4.3. Aminoasitlerin zwitter iyon (çift kutuplu iyon) hali.

Dipolar iyon “iç tuz ” yapısına karşılıktır ve suda çözünme, organik çözücülerde çözünmeme, dipol momentin çok büyük olması ve uçucu olmama, çözüldüğü zaman suyun kutupluluğunun artması gibi gözlenen fiziksel özellikler hep bu yapıdan yansıyan özelliklerdir. Gerçek yapı bu olmakla birlikte, nötral molekül halinde yazmak gelenek haline gelmiştir. Amino asidin dipolar iyon yapısında, $-NH_3^+$ grubunun bir protonunun $-COO^-$ grubuna geri bağlanacağı da düşünülebilir. Ama böyle olmaz, çünkü mono karboksilik asitlerin K_a değerleri 10^{-5} , alifatik primer aminlerin K_b değerleri $10^{-4} - 10^{-5}$ civarındadır. Sulu çözeltilerde $K_a K_b = 10^{-14}$ olduğundan, karboksilat anyonunun bazlığı amin grubunun bazlığından 10000 – 100000 kez daha azdır; dolayısıyla, karboksilat anyonuna proton bağlanma olasılığı, amin grubuna proton bağlanma olasılığından daha azdır (Doğan 2001a).

Her amino asidin en az iki iyonlaşma sabiti vardır. Bunlardan birisi karboksil grubuna aittir (K_{a1} , K_{COOH} veya K_O). Diğeri amino grubu içindir (K_{a2} , K_{NH_2} veya K_N). α -amino asitlerin pK_1 değerleri 2,2 civarındadır ve bu sebeple pH 3,5’ den büyük olduğunda bu grup, karboksilat biçimindedir. α -amino grupları için pK değerleri 9,4 dolayındadır ve pH 8,0’den küçük değerlerde amonyum biçimindedir. Amino asitler, beyaz renkte ve kristal yapıda katılardır, suda oldukça iyi çözünürler. Birçoğunun erime noktası $300^\circ C$ civarındadır. İyonik olmayan türevlerinin erime noktası ise $100^\circ C$ dolayındadır.

Bir çözeltideki amino asidin baskın şekli, çözeltilinin pH’sına ve amino asidin karakterine bağlıdır. Kuvvetli asidik çözeltilerde bütün amino asitler öncelikle kationlar olarak, kuvvetli bazik çözeltilerde ise anyonlar olarak bulunurlar. Moleküllerin net bir yüke sahip olmadığı pH, eşelektrik (izoelektrik) nokta (pI) olarak adlandırılır.



Şekil 4.4. Amino asitlerin kuvvetli asidik ve bazik çözeltilerdeki yapıları

Her amino asidin belirli bir eşelektrik (izoelektrik) noktası vardır. Basit amino asitlerden nötr α -amino asitler için eşelektrik nokta, karboksil ve amin gruplarının pK_a 'larının ortalamasıdır. Asidik amino asitler için ise eşelektrik nokta net yükün sıfır olmasına katkıda bulunan iki pK_a 'nın ortalamasıdır.

4.4.1.Amino Asitlerin Sınıflandırılması

Amino asitler, farklı ölçütlere göre sınıflandırılırlar.

a) Moleküllerinde bulunan amino ve karboksil grupları sayısına göre:

- Monoamino monokarboksilik asitler
- Monoamino dikarboksilik asitler
- Diamino monokarboksilik asitler
- Diamino dikarboksilik asitler

b) Moleküllerinde bulunan zincir ve halka yapıları esas alınarak:

- Alifatik amino asitler

Alifatik amino asitler, zincir şeklinde yapıları olan amino asitlerdir. Bu gruptaki amino asitler 4 alt grupta incelenirler:

i) Nötral Amino Asitler

Çözelti halinde nötr reaksiyon gösteren amino asitlerdir.

ii) Asidik Amino Asitler ve Bunların Amitleri

Aspartik asit ve glutamik asit, çözelti halinde asidik davranan amino asitlerdir.

Bunların karboksil gruplarından birisindeki $-OH$ grubu yerine $-NH_2$ grubunun girmesiyle amitleri oluşur. Asparajin, aspartik asidin; glutamin, glutamik asidin amitidir. Gerek asparajin ve gerekse glutamin nötral amino asitlerdir.

iii) Bazik Amino Asitler

Çözelti halinde bazik reaksiyon gösterirler.

iv) Kükürt İçeren Amino Asitler

- Aromatik amino asitler

Aromatik amino asitler, yapılarında benzen halkası bulunan amino asitlerdir.

- Heterosiklik amino asitler

Heterosiklik amino asitler, yapılarında heterosiklik halka bulunan amino asitlerdir.

c) Çözelti halinde asit, baz veya nötr tepkime göstermeleri esas alınarak:

- Asidik amino asitler

- Bazik amino asitler
- Nötral amino asitler

d) Amino asitlerin yan zincirinin kimyasal özellikleri esas alınarak:

- Apolar yan zinciri bulunan amino asitler
- Yüksüz polar yan zinciri bulunan amino asitler
- Yüklü polar yan zinciri bulunan amino asitlerdir.

4.4.2.Amino Asitlerin Asit- Baz Özellikleri

Amino asitler, düşük pH'larda katyon halindedir. NaOH gibi kuvvetli bir bazla titrasyonlarında bir diprotik asidin davranışını gösterirler. Amino asitlerin pK değerlerinin incelenmesi sonucunda aşağıdaki özellikler bulunur:

1. R grubu, hidrokarbon veya polar olmayan bir grup ise karboksil grubunun pK_O , değeri yaklaşık 2,30; amino grubunun pK_N değeri ise yaklaşık 9,80 dolayındadır.
2. Amino asidin yapısında iyonlaşabilen üçüncü bir grup var ise, pK_O azalır, pK_N ise grubun asitliğine ve bazlığına göre değişim gösterir.
3. Mono karboksilik asitlerin pK_a değerleri 4 – 5 dolayındadır, amino asitlerin –COOH grubunun asitlik gücünün karboksilik asitlerinkinden 100 –1000 kat artmış olduğu görülür. Bunun nedeni, $\alpha-N^+H_3$ grubunun pozitif indüktif etkisidir.
4. Amino grubunun bazlığının, alifatik primer aminlerinkinden fazla farklı olmadığı görülür.
5. Amino asit molekülünün elektrik yükü taşımadığı pH değeri ise, yukarıda da değinildiği gibi eşelektrik nokta olarak tanımlanır (pI). Bu pH değeri,

$$pI = \frac{1}{2} (pK_1 + pK_2)$$
bağıntısı ile bulunur (Şanlı 2002).

4.4.3.Makro ve Mikro Asitlik (Denge) Sabitleri

Bir Brønsted asidi proton verici, Brønsted bazı da proton alıcı olarak tanımlanır. Çözeltilerin asit baz özellikleri, genellikle asidin çözeltiye proton verme eğilimini veya bazın proton alma eğilimini gösteren iyonlaşma sabitleri cinsinden verilir. Bir asidin bir çözücü içindeki kuvveti, iyonlaşma sabiti cinsinden belirlenir. Kimyasal ve biyokimyasal açıdan önemli olan birçok molekül, birden fazla asidik ve/veya bazik grup içerir. Bu moleküller çok sayıda ve farklı şekilde iyonlaşmış halde bulunabilir.

Asidik gruplar, asidik çözeltilerde yüksüz, yeterince bazik çözeltilerde ise negatif yüklü olarak bulunurlar. Bazik gruplar ise, kuvvetli asidik çözeltilerde pozitif yüklü (protonlanmış), bazik çözeltilerde ise yüksüz haldedirler. İki iyonlaşabilen proton içeren asidik bileşiklerde (protonlanmış glisin gibi), iyonlaşma dengesi kabaca aşağıdaki şekildedir:

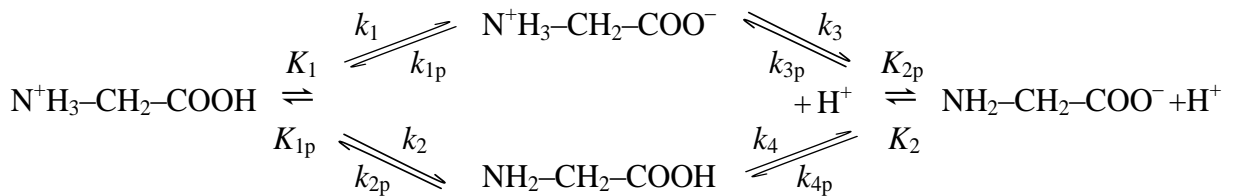


$\text{p}K_1$ ve $\text{p}K_2$ çeşitli yöntemlerle (pH titrasyonu veya spektroskopik ölçümlerle) deneysel olarak tayin edilebilir. Ölçülen bu $\text{p}K$ değerlerine *makro (makroskopik) sabitler* denir.

Protonlardan hangisinin iyonlaştığı veya protonun hangi merkeze bağlandığı belirli olmayabilir. Çözeltide bulunan her bir türle ilgili ayrıntılı dengelere ait sabitlere ise, *mikro (mikroskopik) sabitler* adı verilir. Bu mikro sabitler doğrudan ölçülemeyebilir veya tek tek tayin edilemeyebilir.

Amino asitler çifte iyon (zwitter iyon) şeklinde bulunan moleküllere birer örnektir. Sulu çözeltilerde çifte iyonlar ile yüksüz moleküller denge halindedir. Bu denge, iyonlaşan grubun asit ve baz kuvvetine bağlıdır (Doğan 2000a).

Her iyonlaşabilen gruba ait iki tane mikroskopik sabit vardır. Bunlar ilk protonun verilmesi ile ilgili k_1 ve k_2 , ikinci protonun verilmesi ile ilgili k_3 ve k_4 sabitleridir. (p altı yazısı protonlanma sürecini göstermektedir)



Şekil 4.5. En yalın amino asit olan glisin için ayrıntılı denge şeması. (K_1 ve K_2 makro ve k_1, k_2, k_3, k_4 mikro asitlik sabitleridir.)

4.4.4.Mikro Asitlik Sabitleri ile İlgili Temel Denklemler

Mikro sabitler ve çiftte iyon oranının belirlenmesi çok sayıda biyolojik molekülün yapısını anlamak açısından son derece önemlidir. Bu maddelerin kimyasal ve biyolojik aktiviteleri iyonlaşma derecesi ile değişir. Bu sebepten dolayı dipolar iyonik maddelerin iyonlaşma sabitlerinin bilinmesi bunların içerildiği kimyasal ve biyolojik süreçlerin mekanizmalarının anlaşılması için şarttır. Ne yazık ki 100'den daha az sayıda madde için mikro sabitler saptanmıştır.

Mikro denge sabitleri genellikle tek tek ve doğrudan tayin edilemeyebilir. Valin gibi iki tane iyonlaşabilen grubu bulunan bir molekülde, her bir iyonlaşabilen gruba ait iki tane mikro denge sabiti vardır. Bunlar ilk protonun ($-\text{COOH}$ grubuna ait) verilmesi ve alınması ile ilgili olan denge sabitleri, k_1 ve k_4 ile ikinci protonun ($-\text{N}^+\text{H}_3$ grubuna ait) verilmesi ve alınması ile ilgili olan denge sabitleri ise k_2 ve k_3 tür.

Mikro asitlik sabitleri ile ilgili çalışmaların 1933 yılından beri yapıldığı ve sayısının az olduğu bilinmektedir. Makro ve mikro asitlik (protonlanma) sabitleri birbirleri ile ilişkilidir. Bu ilişki aşağıdaki bağıntılarla tanımlıdır. (Doğan 2001, Baştuğ ve Asil 2007).

$$K_1 = k_1 + k_2 + \frac{k_3 k_1}{[\text{H}^+]} + \frac{k_4 k_2}{[\text{H}^+]}$$

Ancak eğer $[\text{H}^+] \gg k_3$ ve $[\text{H}^+] \gg k_4$ ise bu bağıntı yaklaşık olarak

$$K_1 \cong k_1 + k_2$$

biçiminde kısalır. Öte yandan başka bir bağıntı,

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{k_4} + \frac{1}{k_3} + \frac{[\text{H}^+]}{k_1 k_3} + \frac{[\text{H}^+]}{k_2 k_4}$$

olup burada da

$$\frac{1}{k_4} + \frac{1}{k_3} \gg \frac{[\text{H}^+]}{k_1 k_3} + \frac{[\text{H}^+]}{k_2 k_4}$$

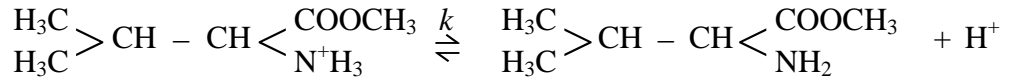
olması gerçekleşmiş ise bağıntı yaklaşık olarak

$$\frac{1}{K_2} \cong \frac{1}{k_4} + \frac{1}{k_3}$$

biçimini alır (Loux 2002). Termodinamik gereklilikler nedeniyle bu dört mikro asitlik (protonlanma) sabiti birbirlerine aşağıdaki gibi bağlıdır.

$$k_1 k_3 = k_2 k_4$$

Daha önce de belirtildiği gibi potansiyometrik pH titrasyonu yöntemi ile yalnızca makro asitlik (protonlanma) sabitleri K_1 ve K_2 (K_O ve K_N) bulunabilir. Mikro asitlik (protonlanma) sabitlerinin belirlenebilmesi için başvurulan yöntemlerden birisi amino asidin $-COOH$ grubunun proton vermesine ve almasına engel olmak ve proton alınıp verilmesi sürecinde molekülün $-NH_2$ grubunu tek başına bırakmak üzere aminoasidin *metil* ya da *etil esteri*'nden yararlanmaktır. Örnek olarak Val ele alınır ve eğer Val Metil Ester'den proton ayrışması tepkimesinin denge sabitinin (k),



Şekil.4.6. Val Ester ile protonun oluşturduğu denge

önceki sayfada Gli için verilen ayrıntılı (halkalı) dengenin Val için düzenlenmesi ile elde edilen k_2 sabitine eşit olduğu varsayılırsa,

$$k_1 = K_1 - k_2$$

yazılabilir. Öte yandan yukarıda verilen bağıntıların yeniden düzenlenmesiyle elde edilen

$$k_3 = K_2 \frac{k_1 + k_2}{k_1} \qquad k_4 = K_2 \frac{k_1 + k_2}{k_2}$$

bağıntılarının yardımıyla k_4 belirlenir ve böylece pk_1 , pk_2 , pk_3 ve pk_4 nicelikleri hesaplanır.

4.4.5. Mikro Asitlik Sabitleriyle İlgili Çalışmalar

Günümüze kadar amino asitlerin mikro asitlik sabitleri üzerine ve bunların sıcaklıkla değişimleriyle ilgili çok az sayıda çalışma yapılmış olup bunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

1933 yılında Edsall ve Blanchard'ın yapmış olduğu çalışmada bazı amino asitler ve onlarla ilgili esterlerinin iyonlaşma sabitleri potansiyometrik yöntemle belirlenmiş, çalışılan bütün maddeler için sulu çözeltide amino asitlerin dipolar formunun daha baskın olduğu fakat dikarboksilik amino asitlerde, mono karboksilik asitlere göre bu formun daha az olduğu görülmüş, dielektrik sabitinin küçük olduğu çözücülerde de polar dipolar derişiminin oldukça düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca amino asitteki $-COOH$ grubunun amino asit esterlerindeki $-COOCH_3$ veya $-COOC_2H_5$ grupları ile eşdeğer olduğu kabulü yapılarak amino asitler için mikroskopik sabitler hesaplanmıştır.

Martin ve arkadaşlarının 1958 yılında yapmış olduğu çalışmada tirozin ve türevlerinin iyonlaşma sabitleri, ayrıca tirozin molekülünde bulunan üç iyonlaşan grubun her biri için dört tane mikro iyonlaşma sabiti farklı pH değerlerinde, farklı iyonik şiddetlerde spektroskopik ölçümlerle ve bu sabitler arasındaki çeşitli ilişkiler kullanılarak tayin etmiştir.

Hughes ve arkadaşlarının 1986'da yaptıkları çalışmada on tane amino asidin pK_a değerleri ve onların esterlerinin pK_a 'ları seyreltik dimetil sülfoksit çözeltilerinde spektrofotometrik olarak tayin edilmiş, dipolar iyon/yüksüz form denge sabiti değerleri bulunmuş, çalışılan α -amino asitlerin pK_a değerlerinin 6,3 – 7,5 aralığında ve amino asit esterlerinin pK_a değerlerinin de 6,4 – 8,7 aralığında değiştiği görülmüştür.

Hilal ve Karickhoff'un 1995 de yapmış olduğu çalışmada SPARC adlı yazılım kullanılarak kuramsal olarak 3685 tane maddenin pK_a 'sı saptanmış, deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır(Doğan 2001a).

4.5.Asitlik Sabitlerinin Bulunmasında Uygulanan Deneysel Yöntemler

Asitlik sabitlerinin belirlenmesinde spektrofotometrik yöntem, potansiyometrik yöntem ve kapiller bölge elektroforezi gibi yöntemler sıkça kullanılmaktadır. Potansiyometrik yöntem, UV-görünür bölge spektrofotometrisi'ne göre daha kısa zamanda sonuç vermektedir. Ayrıca, spektrofotometrik yöntemle tüm asitlik sabitlerinin belirlenmesi mümkün olmayabilmektedir. Bu yüzden potansiyometrik yöntem günümüzde asitlik sabitlerinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan ve en iyi sonuç veren yöntemdir. Bununla birlikte ligandın suda çözünmemesi halinde ortama belli oranda dioksan, dimetil formamid, etanol, metanol gibi çözücülerin ilave edilmesi gerekir (Sarioğlan, Narin, Sarı, Anılanmert ve Berçin 2008).

4.5.1.Potansiyometrik Analiz Yöntemleri

Ortamdaki türlerin konsantrasyonuna bağlı olarak indikatör ve referans elektrotlar arasında oluşan potansiyelin ölçümüne dayanan metotlara “potansiyometrik yöntem” ya da “potansiyometri” adı verilir.

Farklı tepkimeler, çeşitli elektrotlar kullanılarak, potansiyometrik ölçümlerle izlenebilir. Potansiyometrik titrasyon adı verilen bu nicel analiz yönteminde her titrant eklenmesinden sonra ölçülen gerilim değeri, eklenen titrant hacmine karşı grafiğe geçirilerek potansiyometrik titrasyon eğrisi oluşturulur. Uzatılmış S şeklinde olan potansiyometrik titrasyon eğrisinde, dönüm noktası eğrinin eğiminin en büyük değeri aldığı noktadır. Dönüm noktasının hatasız bir biçimde elde edilebilmesi için, eşdeğerlik noktası civarında titrant eklenmesi azar azar ve çok özenli olarak yapılmalıdır. Potansiyometrik titrasyon ile doğru ve kesin sonuçlar elde edilir ve sürekli olarak gerilim değışmesi ölçüldüğünden sıvı temas geriliminin ve aktiflik katsayısının ölçümlere etkisinin dikkate alınması gerekmez. Asit-baz tepkimelerinde kullanılan iyon seçici elektrot, cam elektrottur. Bu titrasyonlarda eşdeğerlik noktasında pH değeri birdenbire büyük bir sıçrama olur. Asidin veya bazın kuvveti azaldıkça, yani pK_a veya pK_b değeri arttıkça, dönüm noktasında gözlenen pH değışmesinin büyüklüğü ve keskinliği azalır.

Potansiyometrik titrasyonlardaki dönüm noktasının belirlenmesinde, mL titrant – mV veya mL titrant – pH grafiklerinden yararlanılabilir. Titrasyonda eşdeğerlik hacmi, titrasyon eğrisinin birinci ve ikinci türevleri alınarak daha kolay saptanabilir (Gündüz 2002).

4.5.2.Irving -Rossotti Yöntemi

Irving ve Rossotti potansiyometrik titrasyon uygulamasının zayıf asit ve baz özelliği taşıyan ligandlar için derişimi bilinen inert bir güçlü asit (perklorat asidi) varlığında yapılmasını önermişlerdir (Irving and Rossoti 1953). Bu yöntemle göre proton-ligand sisteminde protonlama derecesi şu bağıntı ile hesaplanır.

$$n_A = p + \frac{(v_1 - v_2)([B] + [A]_0)}{(V_0 - v_1)[L]_0}$$

[B] / mol L⁻¹ :NaOH hazır çözeltisinin (titrisol) derişimi

[A]₀ / mol L⁻¹ :Asit çözeltisinin başlangıçtaki derişimi

[L]₀ / mol L⁻¹ :Çözeltideki toplam ligand derişimi

V₀ / ml :Titre edilen çözeltinin başlangıçtaki hacmi

v₁ ve v₂ / ml :[B] derişimindeki NaOH titrisolü ile yapılan titrasyon sonucunda seçilen pH değerlerine karşılık titrasyon eğrilerinden okunan hacim değerleri

p :Ligandlardan ayrışabilen proton sayısı

pH'ye karşı hesaplanan n_A değerleri grafiğe geçirilerek n_A = 0,5 ve n_A = 1,5 değerlerine karşılık gelen protonlanma sabitleri grafik üzerinden okunur ya da uygun bir yazılımla bilgisayar yardımıyla hesaplatılır (Baştuğ, Göktürk, Talman, Tuncay ve Yars 2007).

4.5.3.Protonlanma Tepkimesinin Termodinamiği

Van't Hoff bağıntısından türetilen

$$\Delta G_{ol}^0 = -RT \ln K$$

Bağıntısı ile denge (kararlılık) sabitlerinin sıcaklıkla değişimi tanımlanmıştır.

Bu bağıntıda,

K: Termodinamik Denge Sabiti

R: İdeal Gaz Sabiti = 8,314 J/ K mol

ΔG_{ol}° : Standart oluşum serbest enerjisindeki değişimdir.

Öte yandan,

$$\ln K = -\frac{\Delta H_{ol}^{\circ}}{R} \times \frac{1}{T} + C$$

Bu denklemde;

ΔH_{ol}° : Standart oluşum serbest entalpisindeki değişim,

C: İntegral sabitidir.

Bilindiği gibi bir bileşiğin, birim aktivitedeki elementlerinden başlayarak söz konusu bileşiğin birim aktivitede oluşumundaki serbest enerji değişmesine serbest enerji değişimi denir.

ΔG_{ol}° ve ΔG_{ol}° arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$\Delta G_{ol}^{\circ} = \Delta H_{ol}^{\circ} - T \Delta S_{ol}^{\circ} \text{ dir}$$

Bu bağıntıda,

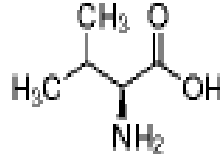
ΔS_{ol}° : Standart oluşum serbest entropisindeki değişimdir (Sarıkaya 2005).

5.GEREÇ ve YÖNTEMLER

5.1. Kullanılan Kimyasallar

5.1.1. Valin (Val)

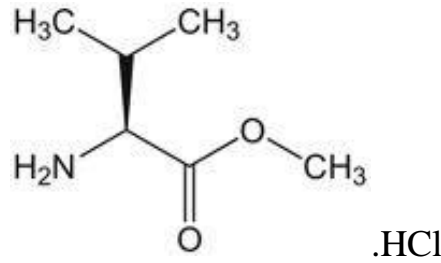
E. Merck (Almanya) firmasının 6760 no'lu biyokimyasal ürünüdür. Molar Kütlesi: $117,2 \text{ g mol}^{-1}$ dir. Valin, yan zinciri her hangi bir yük taşımadığı için nötr bir aminoasittir.



Şekil 5.1. Val'nin molekül yapısı

5.1.2. Valin Metil Ester Hidroklorür

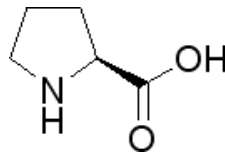
Merck firmasının 854118 no'lu % 98 saflıktaki ürünüdür. Molar Kütlesi: $167,63 \text{ g mol}^{-1}$ dir.



Şekil 5.2. Val Metil Ester'in molekül yapısı

5.1.3. Prolin

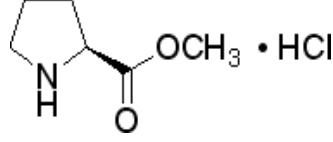
Sigma-Aldrich firmasının P0380 no'lu % 99 saflıktaki ürünüdür. Molar Kütlesi: $115,13 \text{ g mol}^{-1}$ dir.



Şekil 5.3. Pro'nin molekül yapısı

5.1.4.Prolin Metil Ester Hidroklorür

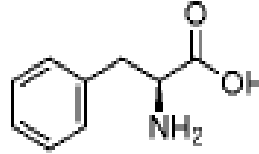
Merck firmasının 854065 no'lu % 98 saflıktaki ürünüdür. Molar Kütlesi: 165,62 g mol⁻¹ dir.



Şekil 5.4. Pro Metil Esteri'nin molekül yapısı

5.1.5.Fenilalanin

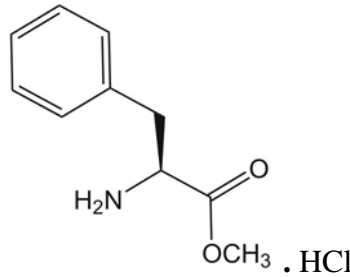
Sigma-Aldrich firmasının P2126 no'lu % 98 saflıktaki ürünüdür. Molar Kütlesi: 165,19 g mol⁻¹ dir.



Şekil 5.5. Fal'nin molekül yapısı

5.1.6.Fenilalanin Metil Ester Hidroklorür

Merck firmasının 854064 no'lu % 99 saflıktaki ürünüdür. Molar Kütlesi: 215,68 g mol⁻¹ dir.



Şekil 5.6. Fal Metil Esteri'nin molekül yapısı

5.1.7.Perklorat Asidi (HClO₄): Merck (Almanya) firmasının %37 saflıktaki K30311514 no'lu ürünüdür.

5.1.8.Sodyum perklorat (NaClO₄.H₂O): Merck (Almanya) firmasının %99 saflıktaki A325964 no'lu ürünüdür.

5.1.9.Sodyum Hidroksit Titrisölü (NaOH): Riedel-de Haën firmasının 0,1 mol L⁻¹ 'lık hazır çözeltisidir.

5.1.10.Azot Gazısı: Laboratuvardaki azot tpnde bulunan kuru azottur.

5.1.11.Damıtık su: Deneylede kullanılan damıtık su, GFL–2004 marka damıtık su cihazı ile Millipore marka Milli-Q-RG model ultra saf su cihazı ile damıtılmıştır.

5.2.Kullanılan Cihaz

Potansiyometrik pH titrasyonları Radiometer marka TIM 860 Titration Manager model otomatik titratr yardımıyla yapılmıştır. Potansiyometrik titrasyonlar, ligandların havadaki oksijenden etkilenme olasılığına karşı inert atmosferde (N₂ altında), ift cidarlı 100 mL’lik cam tepkime kabı ve RedRod marka PH2085RED model bileşik elektrot kullanılarak gerekleştirildi. Titrasyonlarda, sıcaklığın istenilen değerde tutulması iin Thermohaake DC 10 marka soğutmalı sıcaklık ayarlayıcısı kullanıldı. Elde edilen veriler Microsoft Office Excel yazılımı yardımıyla grafiğe geirilmış ve hesaplamaları yapılmıştır.

5.3.Asitlik Sabitlerinin Tayini

Bu alışmada, valin, valin metil ester; prolin, prolin metil ester ve fenilalanin, fenilalanin metil esterlerinin asitlik sabitleri su ortamında Irwing-Rossotti potansiyometrik pH titrasyonu yntemi ile tayin edilmiştir. Titrasyonlar, soğutmalı sıcaklı sabitleyici kullanılarak 5,0–20,0 ve 35,0°C sıcaklıklarda, azot altında ve iyonik kuvveti değişmez tutmak iin 0,1 mol L⁻¹ NaClO₄’ l ortamda yapılmıştır.

5.4.Deneyde Kullanılan zltiler

Val, Val metil ester, Fal, Fal metil ester ve Pro, Pro metil ester ligandlarının asitlik sabitlerini tayin etmek iin aşağıda bileşimleri verilen zltiler, ayarlı NaOH zltisi ile yukarıda tanımlana cihazlar kullanılarak belirtilen koşullarda titre edilmiştir.

Her titrasyon adımı ardarda iki zltinin (A ve AL) titrasyonundan oluşur. Bu Titrasyon zltilerinin bileşimi şyledir:

A (Asit) zltisi:

0,050 mol L⁻¹ derişimli perklorik asit zltisinden: 10 mL

1,0 mol L⁻¹ sodyum perklorat zltisinden: 5 mL

Toplam hacim 50,0 mL'ye damıtık suyla getirildi.

AL (Asit + Ligand) Çözeltisi:

0,010 mol L⁻¹ derişimli ligand (L, amino asit ya da esteri) çözeltisinden: 10,0 mL

0,050 mol L⁻¹ derişimli perklorik asit çözeltisinden: 10,0 mL

1,0 mol L⁻¹ sodyum perklorat çözeltisinden perklorat asiti: 5,0 mL

Toplam hacim 50,0 mL'ye damıtık suyla getirildi.

Böylece titrasyon çözeltisindeki derişimler:

[H⁺] = 0,010 mol L⁻¹; [L] = 0,0020 mol L⁻¹ ve [NaClO₄] = 0,1 mol L⁻¹

Yukarıdaki şekilde hazırlanan 50 mL'lik titrasyon çözeltisi 0,100 mol L⁻¹ sodyum hidroksit hazır çözeltisi ile titre edilmiş ve titrasyonun sodyum hidroksit hacmi ile pH değerleri titratöre ait özel yazılım kullanılarak bilgisayar aracılığıyla Microsoft Excel yazılımının bir dosyasına aktarılmıştır.

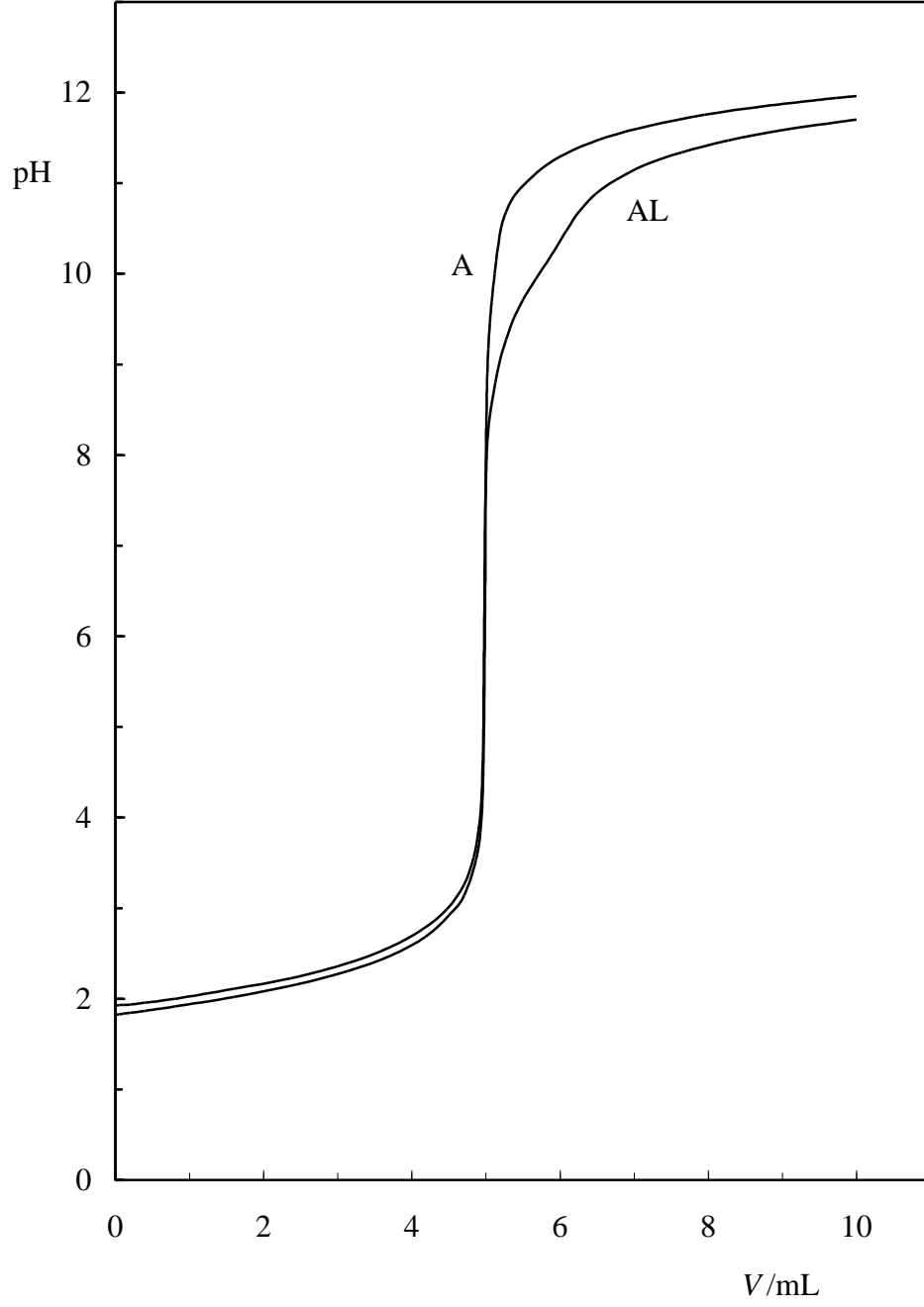
6.BULGULAR

Protonlanma sabitlerinin bulunması için 5,0, 20,0 ve 35,0°C sıcaklıklarda A (asit) ve AL (asit+amino asit) çözeltileri sırasıyla titre edilmiş, elde edilen pH ve hacim değerleri bir MS Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır. Bu değerlerden önce belli ve aynı pH değerleri için hem A ve hem de AL çözeltilerinin $V(\text{NaOH})$ değerleri bilgisayara hesaplatılmıştır. Seçilerek ve hesapla bulunan bu değerlerden yola çıkarak protonun liganda bağlanma derecesi olan n_A değerleri saptanmıştır.

Val, Val ester, Pro, Pro ester ve Fal, Fal ester ligandlarıyla 3 farklı sıcaklıkta gerçekleştirilen deneylerin pH – V değerleriyle hesaplanan pH – v_1 ve v_2 ve n_A değerleri birer örnek olarak 20,0°C sıcaklık için aşağıdaki şekilde çizelgelere grafiklere geçirilmiştir. Öteki sıcaklıklarda da benzer grafikler elde edilmiştir. Her bir titrasyon adımı en az üç kez yinelenmiştir.

Şekil 6.1.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Val (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

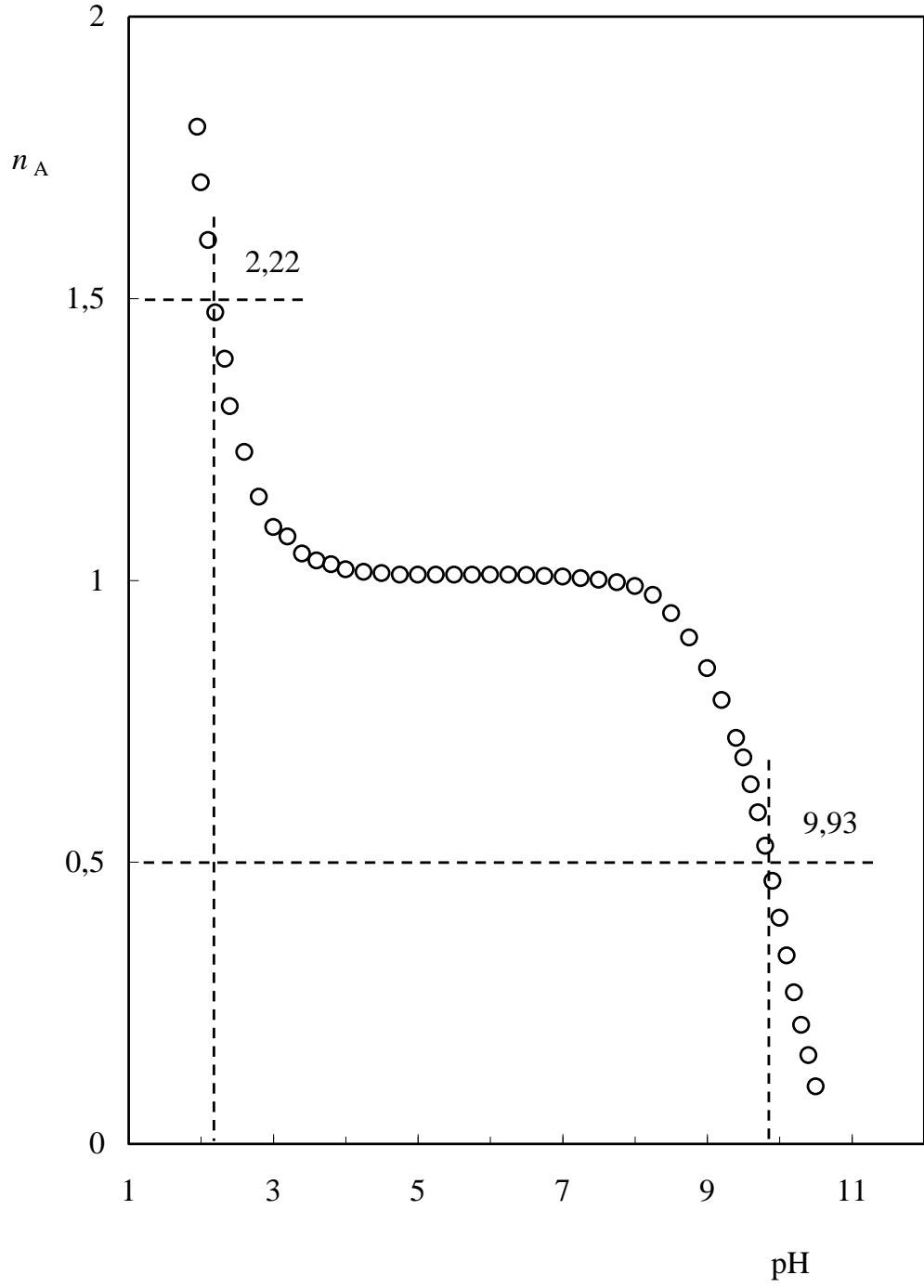
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,825	0,000	1,925
0,050	1,829	0,050	1,930
0,100	1,835	0,100	1,933
0,200	1,846	0,200	1,938
0,401	1,868	0,401	1,957
0,800	1,914	0,800	2,000
1,600	2,018	1,600	2,110
2,436	2,155	2,368	2,227
3,141	2,307	3,153	2,398
3,721	2,477	3,704	2,570
4,190	2,687	4,140	2,763
4,509	2,925	4,476	2,991
4,707	3,141	4,703	3,258
4,864	3,535	4,834	3,564
4,924	3,842	4,901	3,859
4,957	4,233	4,940	4,184
4,974	4,897	4,964	4,846
4,982	5,647	4,973	5,711
4,989	6,427	4,975	5,950
4,992	6,858	4,979	6,441
4,995	7,351	4,987	7,002
5,002	8,109	4,995	7,479
5,009	8,586	5,006	7,883
5,019	8,904	5,018	8,137
5,034	9,171	5,038	8,325
5,054	9,463	5,075	8,554
5,080	9,699	5,126	8,798
5,118	10,001	5,192	9,043
5,159	10,281	5,273	9,270
5,207	10,520	5,378	9,512
5,270	10,681	5,503	9,717
5,384	10,862	5,671	9,942
5,556	11,018	5,871	10,187
5,833	11,210	6,086	10,478
6,174	11,364	6,257	10,685
6,639	11,511	6,475	10,880
7,225	11,638	6,754	11,037
7,949	11,755	7,153	11,203
8,785	11,853	7,644	11,341



Şekil 6.1.2. Asit (A) ve Asit+Val (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.1.3. HClO₄ ve HClO₄+Val çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

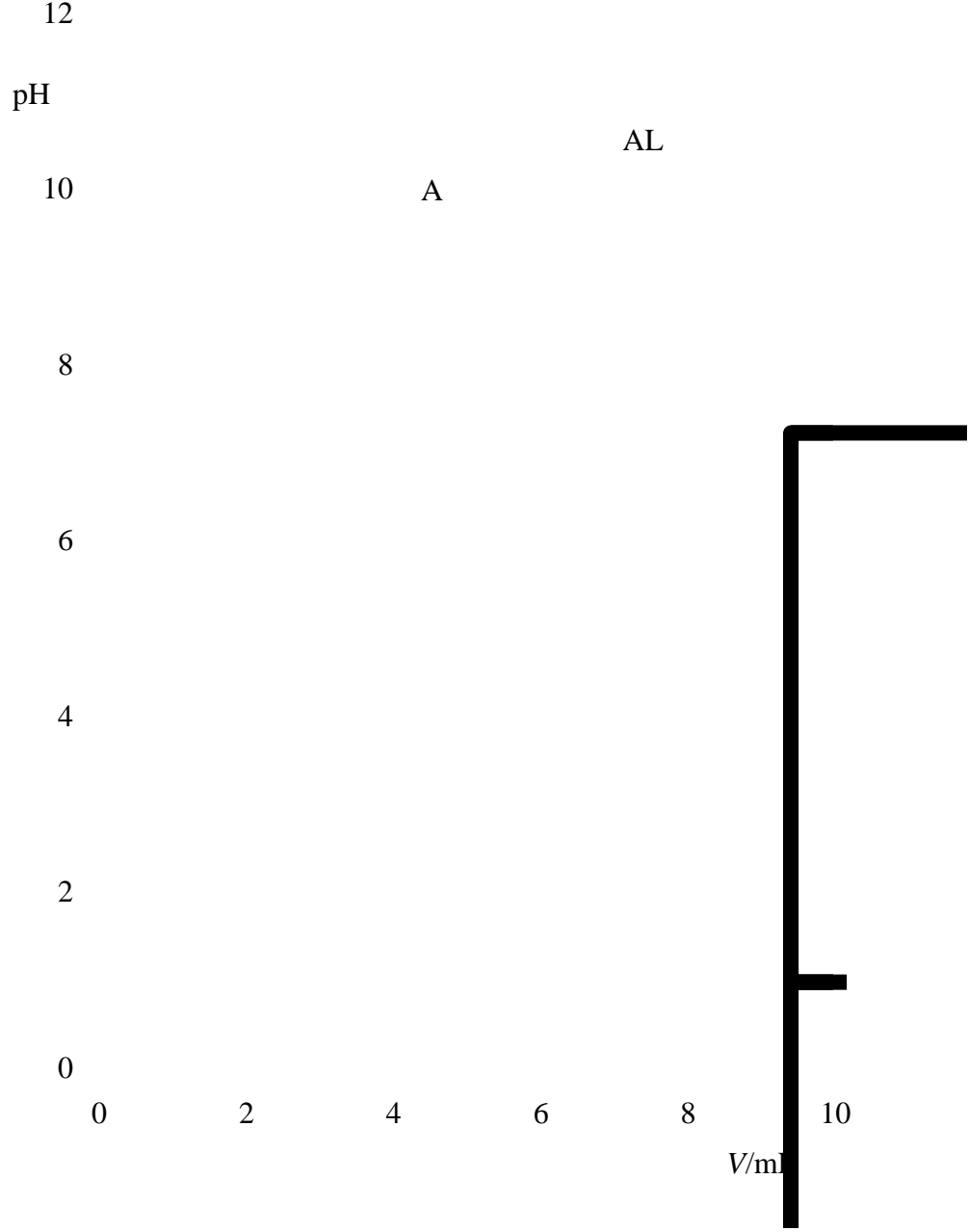
pH	V_1	V_2	n_A
1,95	1,0769	0,3297	1,8045
2,00	1,4602	0,7994	1,7062
2,10	2,1015	1,5296	1,6036
2,20	2,6464	2,1914	1,4752
2,33	3,2201	2,8399	1,3928
2,40	3,4589	3,1584	1,3091
2,60	3,9963	3,7727	1,2277
2,80	4,3414	4,1951	1,1480
3,00	4,5775	4,4839	1,0942
3,20	4,7307	4,6534	1,0777
3,40	4,8106	4,7636	1,0471
3,60	4,8770	4,8421	1,0349
3,80	4,9157	4,8875	1,0283
4,00	4,9373	4,9179	1,0194
4,25	4,9575	4,9425	1,0150
4,50	4,9639	4,9514	1,0125
4,75	4,9703	4,9602	1,0101
5,00	4,9751	4,9653	1,0099
5,25	4,9779	4,9679	1,0099
5,50	4,9806	4,9706	1,0099
5,75	4,9831	4,9732	1,0098
6,00	4,9851	4,9754	1,0097
6,25	4,9872	4,9776	1,0095
6,50	4,9892	4,9801	1,0091
6,75	4,9910	4,9831	1,0077
7,00	4,9928	4,9865	1,0063
7,25	4,9946	4,9911	1,0035
7,50	4,9966	4,9958	1,0007
7,75	4,9987	5,0022	0,9965
8,00	5,0009	5,0114	0,9894
8,25	5,0040	5,0303	0,9737
8,50	5,0080	5,0663	0,9417
8,75	5,0145	5,1162	0,8984
9,00	5,0244	5,1803	0,8442
9,20	5,0355	5,2481	0,7877
9,40	5,0497	5,3298	0,7202
9,50	5,0583	5,3733	0,6854
9,60	5,0694	5,4322	0,6378
9,70	5,0805	5,4930	0,5882
9,80	5,0930	5,5653	0,5286
9,90	5,1054	5,6399	0,4666
10,00	5,1179	5,7185	0,4007



Şekil 6.1.4. Val – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.2.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Val (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
 (T = 20,0°C, c(NaClO₄) = 0,1 mol / L)

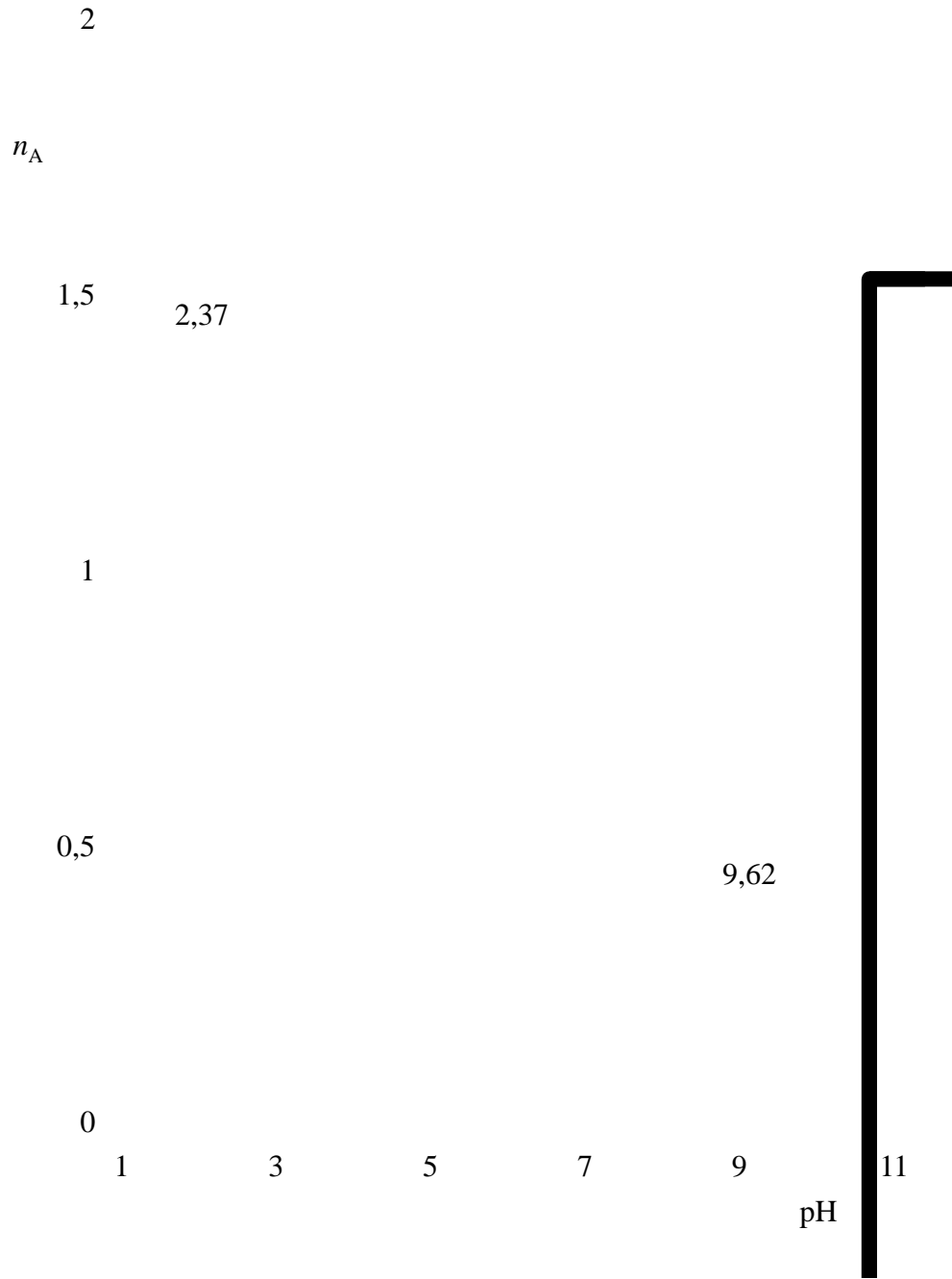
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	2,069	0,000	2,106
0,050	2,074	0,050	2,111
0,100	2,079	0,100	2,118
0,200	2,089	0,200	2,131
0,401	2,109	0,401	2,155
0,800	2,152	0,800	2,208
1,600	2,251	1,600	2,318
2,453	2,381	2,459	2,463
3,186	2,536	3,162	2,623
3,760	2,706	3,721	2,795
4,212	2,913	4,173	2,998
4,526	3,157	4,500	3,227
4,714	3,399	4,719	3,490
4,841	3,716	4,849	3,786
4,904	4,135	4,918	4,088
4,929	4,171	4,958	4,441
4,956	5,970	4,979	5,024
4,978	7,399	4,989	5,437
4,984	7,219	4,999	6,190
4,997	7,928	5,000	6,303
5,006	8,447	5,005	6,768
5,014	8,760	5,013	7,266
5,027	9,149	5,023	7,614
5,042	9,356	5,037	7,921
5,068	9,671	5,055	8,196
5,097	9,913	5,079	8,417
5,138	10,13	5,117	8,618
5,199	10,31	5,176	8,879
5,298	10,51	5,246	9,061
5,434	10,69	5,358	9,308
5,638	10,86	5,487	9,510
5,933	11,01	5,663	9,752
6,364	11,17	5,858	9,983
6,894	11,30	6,079	10,26
7,566	11,43	6,278	10,45
8,353	11,54	6,539	10,63
		6,878	10,81
		7,299	10,98
		7,801	11,13
		8,410	11,26
		9,147	11,38
		9,965	11,47



Şekil 6.2.2. HClO_4 ve HClO_4+Val çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.2.3. HClO₄ ve HClO₄+Val çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

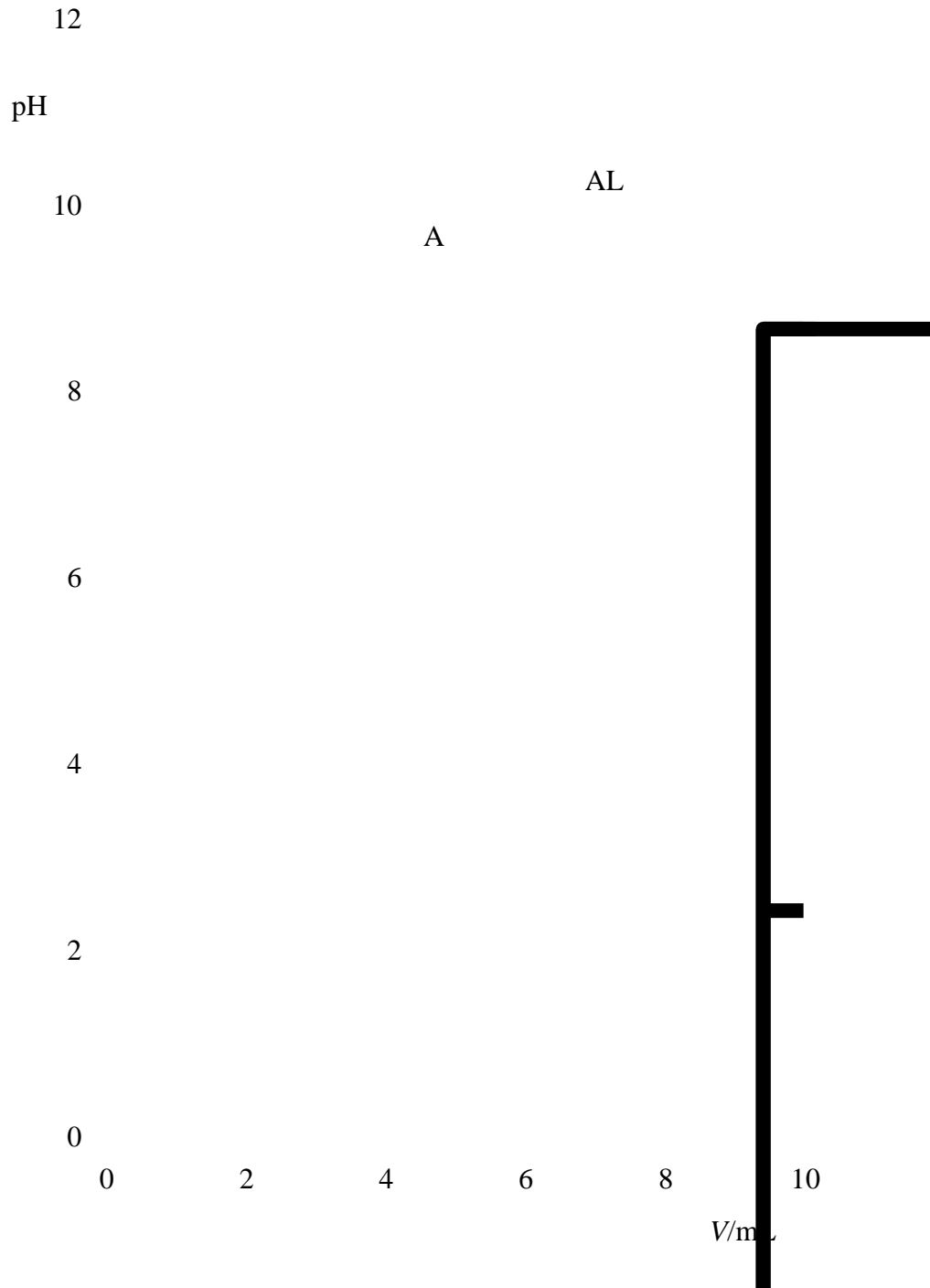
pH	V_1	V_2	n_A
2,11	0,4094	0,0433	1,3992
2,15	0,7804	0,3583	1,4568
2,20	1,1889	0,7422	1,4795
2,40	2,5425	2,0838	1,4799
2,60	3,4019	3,0625	1,3494
2,80	3,9649	3,7324	1,2369
3,00	4,3239	4,1759	1,1498
3,20	4,5588	4,4618	1,0977
3,40	4,7148	4,6443	1,0709
3,60	4,7946	4,7674	1,0273
3,80	4,8535	4,8522	1,0013
4,00	4,8834	4,8982	0,9852
4,25	4,9299	4,9366	0,9933
4,50	4,9337	4,9603	0,9733
4,75	4,9375	4,9694	0,9681
5,00	4,9413	4,9785	0,9628
5,25	4,9451	4,9848	0,9603
5,50	4,9489	4,9900	0,9589
5,75	4,9527	4,9931	0,9596
6,00	4,9565	4,9962	0,9604
6,25	4,9603	4,9992	0,9612
6,50	4,9641	5,0020	0,9621
6,75	4,9679	5,0049	0,9631
7,00	4,9922	5,0089	0,9833
7,25	4,9848	5,0130	0,9718
7,50	4,9894	5,0199	0,9696
7,75	4,9941	5,0291	0,9650
8,00	4,9985	5,0419	0,9567
8,25	5,0025	5,0607	0,9418
8,50	5,0069	5,0949	0,9122
8,75	5,0135	5,1467	0,8669
9,00	5,0218	5,2221	0,7999
9,20	5,0305	5,3086	0,7223
9,40	5,0452	5,4168	0,6289
9,50	5,0535	5,4812	0,5730
9,60	5,0619	5,5528	0,5098
9,70	5,0713	5,6253	0,4470
9,80	5,0835	5,7034	0,3814
9,90	5,0957	5,7877	0,3096
10,00	5,1140	5,8714	0,2445
10,10	5,1332	5,9519	0,1836
10,20	5,1628	6,0325	0,1334



Şekil 6.2.4. Val – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.3.1. HClO₄ ve HClO₄+Val çözeltilerinin titrasyon verileri
 (T = 35,0°C, c(NaClO₄) = 0,1 mol / L)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,987	0,000	2,096
0,050	1,991	0,050	2,099
0,100	1,997	0,100	2,104
0,200	2,006	0,200	2,114
0,401	2,027	0,401	2,136
0,800	2,070	0,800	2,180
1,600	2,170	1,600	2,287
2,448	2,306	2,402	2,422
3,150	2,457	3,091	2,576
3,726	2,632	3,659	2,751
4,171	2,837	4,108	2,952
4,485	3,075	4,437	3,180
4,682	3,323	4,657	3,443
4,810	3,651	4,788	3,736
4,870	3,933	4,859	4,007
4,909	4,217	4,906	4,378
4,936	4,857	4,930	4,666
4,947	5,203	4,949	5,315
4,957	5,734	4,958	5,631
4,966	6,108	4,963	5,901
4,970	6,431	4,970	6,266
4,978	6,984	4,979	6,538
4,985	7,165	4,994	7,102
4,999	7,996	5,004	7,395
5,007	8,470	5,020	7,700
5,016	8,735	5,040	7,969
5,031	8,979	5,067	8,185
5,055	9,221	5,109	8,414
5,089	9,445	5,167	8,606
5,138	9,678	5,258	8,840
5,204	9,887	5,370	9,056
5,297	10,08	5,517	9,277
5,432	10,27	5,698	9,520
5,628	10,44	5,897	9,784
5,914	10,61	6,099	10,04
6,305	10,76	6,307	10,26
6,824	10,88	6,550	10,45
7,497	11,00	6,862	10,62
8,307	11,10	7,265	10,77
9,250	11,18	7,796	10,91
10,000	11,23	8,467	11,02
		9,278	11,12

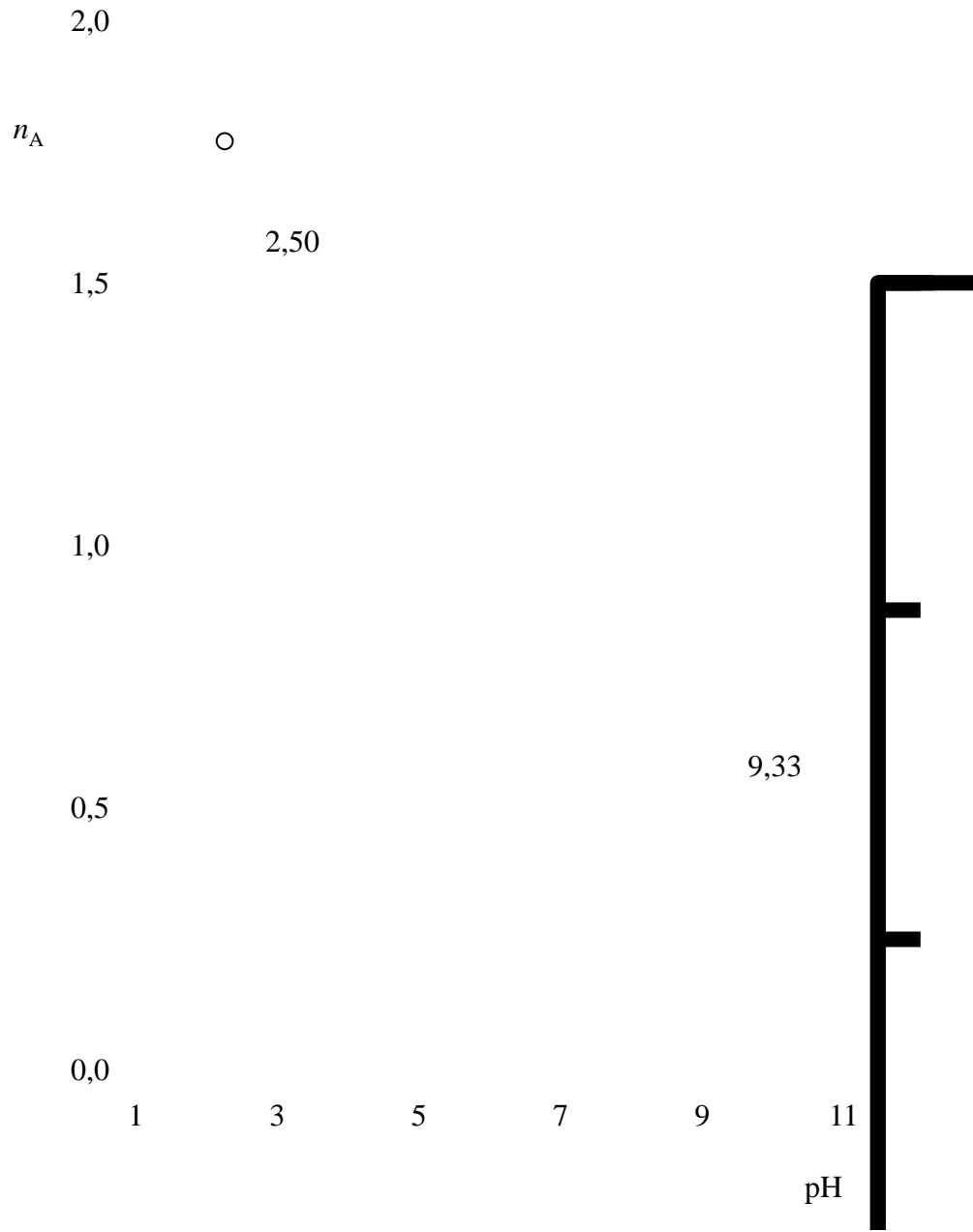


Şekil 6.3.2. Asit ve Asit+Val çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.3.3. HClO₄ ve HClO₄+Val çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

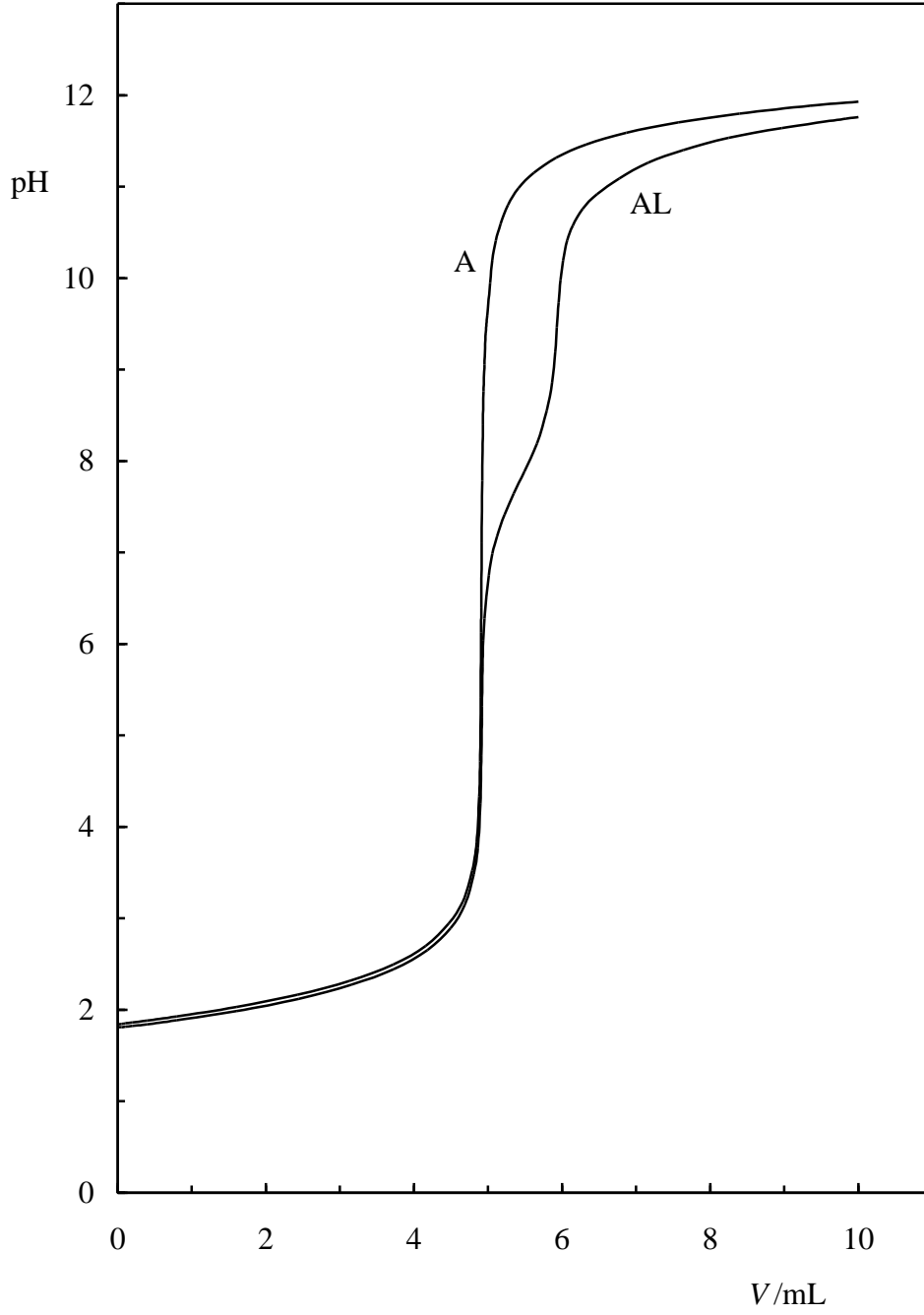
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	1,7858	0,9471	1,8903
2,40	2,8849	2,2694	1,6398
2,60	3,6203	3,1684	1,4633
2,80	4,0906	3,7686	1,3273
3,00	4,3857	4,1773	1,2107
3,20	4,5840	4,4532	1,1318
3,40	4,7120	4,6211	1,0914
3,60	4,7898	4,7273	1,0627
3,80	4,8417	4,8049	1,0369
4,00	4,8793	4,8575	1,0218
4,25	4,9099	4,8901	1,0198
4,50	4,9208	4,9162	1,0045
4,75	4,9317	4,9323	0,9994
5,00	4,9406	4,9396	1,0010
5,25	4,9476	4,9470	1,0006
5,50	4,9525	4,9540	0,9985
5,75	4,9575	4,9600	0,9975
6,00	4,9633	4,9650	0,9983
6,25	4,9677	4,9699	0,9978
6,50	4,9711	4,9777	0,9935
6,75	4,9746	4,9844	0,9902
7,00	4,9784	4,9909	0,9875
7,25	4,9864	4,9989	0,9875
7,50	4,9906	5,0094	0,9812
7,75	4,9949	5,0236	0,9713
8,00	4,9992	5,0439	0,9553
8,25	5,0032	5,0792	0,9240
8,50	5,0000	5,1352	0,8648
8,75	5,0169	5,2227	0,7944
9,00	5,0334	5,3409	0,6929
9,20	5,0532	5,4659	0,5879
9,40	5,0823	5,6086	0,4747
9,50	5,1007	5,6831	0,4190
9,60	5,1217	5,7583	0,3651
9,70	5,1450	5,8338	0,3133
9,80	5,1763	5,9097	0,2693
9,90	5,2097	5,9883	0,2247
10,00	5,2570	6,0668	0,1944
10,10	5,3084	6,1546	0,1589
10,20	5,3814	6,2489	0,1389
10,30	5,4543	6,3559	0,1062
10,40	5,5821	6,4841	0,1078



Şekil 6.3.4. Val – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.4.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,843	0,000	1,810
0,050	1,846	0,050	1,811
0,100	1,852	0,100	1,815
0,200	1,863	0,200	1,824
0,401	1,883	0,401	1,842
0,800	1,928	0,800	1,886
1,600	2,031	1,600	1,986
2,427	2,166	2,448	2,120
3,131	2,316	3,157	2,274
3,720	2,496	3,724	2,444
4,158	2,699	4,182	2,653
4,470	2,944	4,496	2,892
4,659	3,184	4,691	3,154
4,786	3,523	4,807	3,482
4,845	3,830	4,862	3,773
4,878	4,325	4,895	4,251
4,892	4,715	4,910	4,778
4,902	5,421	4,917	5,198
4,907	6,129	4,919	5,322
4,909	6,392	4,927	5,756
4,915	7,099	4,936	6,036
4,923	7,783	4,952	6,279
4,931	8,403	4,976	6,518
4,940	8,765	5,011	6,753
4,953	9,054	5,059	6,989
4,971	9,404	5,123	7,178
4,991	9,595	5,223	7,413
5,027	9,947	5,345	7,646
5,060	10,198	5,493	7,886
5,104	10,410	5,662	8,190
5,168	10,592	5,795	8,549
5,272	10,802	5,864	8,857
5,413	10,983	5,906	9,190
5,619	11,152	5,930	9,463
5,920	11,315	5,953	9,735
6,327	11,461	5,978	9,982
6,869	11,587	6,014	10,191
7,569	11,702	6,068	10,411
8,397	11,799	6,144	10,572
9,348	11,884	6,278	10,756
10,000	11,931	6,474	10,917

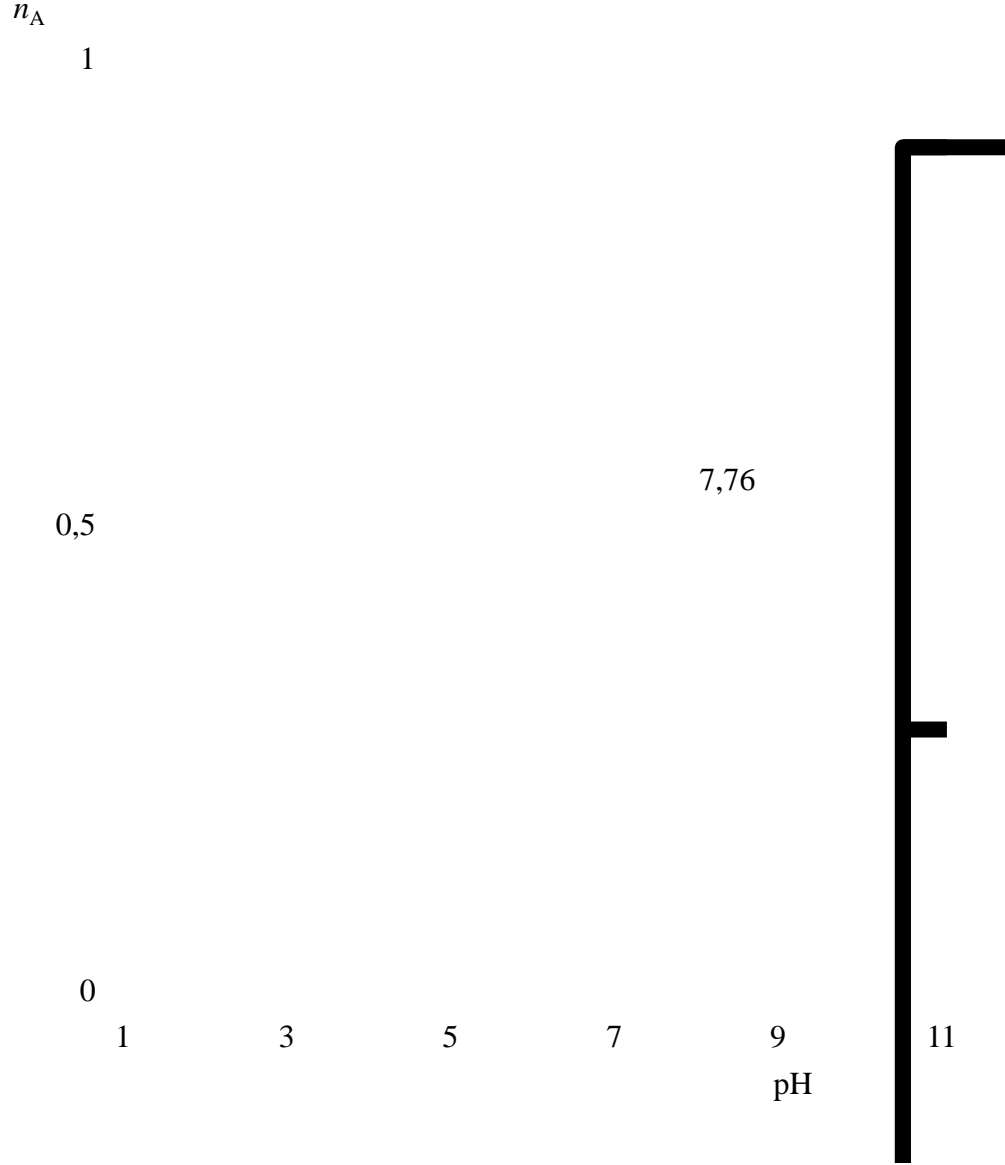


Şekil 6.4.2. Asit (A) ve Asit+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.4.3. HClO₄ ve HClO₄+Val Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

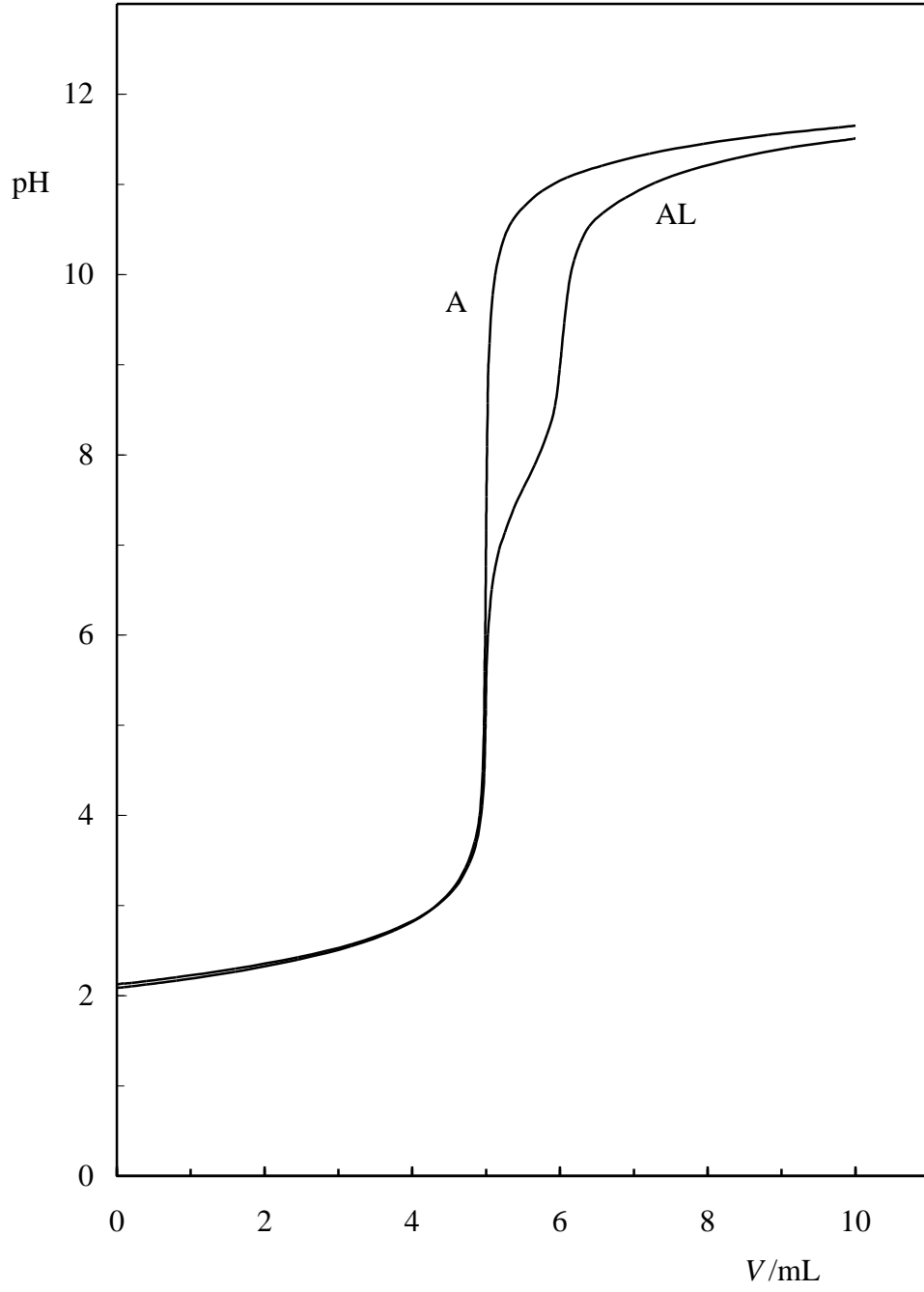
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	2,5881	2,8155	0,7626
2,40	3,4064	3,5781	0,8235
2,60	3,9443	4,0664	0,8758
2,80	4,2863	4,3747	0,9106
3,00	4,5137	4,5758	0,9375
3,20	4,6646	4,7069	0,9575
3,40	4,7399	4,7775	0,9623
3,60	4,8009	4,8288	0,9721
3,80	4,8391	4,8635	0,9755
4,00	4,8562	4,8777	0,9785
4,25	4,8730	4,8954	0,9776
4,50	4,8841	4,9024	0,9817
4,75	4,8921	4,9094	0,9827
5,00	4,8958	4,9137	0,9821
5,25	4,8995	4,9177	0,9817
5,50	4,9026	4,9220	0,9806
5,75	4,9044	4,9264	0,9780
6,00	4,9062	4,9350	0,9711
6,25	4,9080	4,9503	0,9577
6,50	4,9100	4,9744	0,9356
6,75	4,9121	5,0107	0,9015
7,00	4,9143	5,0629	0,8513
7,25	4,9168	5,1536	0,7632
7,50	4,9196	5,2686	0,6510
7,75	4,9223	5,4091	0,5133
8,00	4,9256	5,5560	0,3697
8,25	4,9289	5,6840	0,2451
8,50	4,9334	5,7769	0,1569
8,75	4,9398	5,8403	0,1000
9,00	4,9504	5,8822	0,0688
9,20	4,9602	5,9067	0,0543
9,40	4,9705	5,9247	0,0468
9,50	4,9808	5,9334	0,0486
9,60	4,9914	5,9416	0,0511
9,70	5,0016	5,9498	0,0533
9,80	5,0119	5,9595	0,0541
9,90	5,0221	5,9699	0,0541
10,00	5,0339	5,9815	0,0545
10,10	5,0472	5,9985	0,0510
10,20	5,0605	6,0161	0,0470
10,30	5,0812	6,0409	0,0432
10,40	5,1018	6,0657	0,0394



Şekil 6.4.4. Val Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.5.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
(T = 20,0°C, c(NaClO₄) = 0,1 mol / L)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	2,087	0,000	2,124
0,050	2,090	0,050	2,129
0,100	2,094	0,100	2,134
0,200	2,104	0,200	2,143
0,401	2,123	0,401	2,161
0,800	2,166	0,800	2,202
1,600	2,264	1,600	2,298
2,450	2,396	2,453	2,426
3,170	2,548	3,189	2,572
3,752	2,720	3,798	2,750
4,205	2,923	4,246	2,947
4,527	3,166	4,570	3,187
4,723	3,417	4,770	3,462
4,845	3,708	4,881	3,739
4,913	4,000	4,946	4,105
4,955	4,492	4,976	4,470
4,971	4,982	4,993	5,025
4,980	5,595	4,996	5,176
4,987	6,003	5,002	5,450
4,997	6,757	5,011	5,708
5,002	7,163	5,026	6,011
5,006	7,532	5,047	6,250
5,013	8,087	5,076	6,504
5,021	8,572	5,115	6,702
5,032	8,950	5,178	6,946
5,045	9,237	5,256	7,139
5,064	9,520	5,372	7,398
5,088	9,771	5,502	7,629
5,122	9,988	5,658	7,885
5,172	10,196	5,826	8,226
5,246	10,411	5,930	8,539
5,348	10,584	5,994	8,947
5,511	10,750	6,022	9,146
5,762	10,929	6,059	9,460
6,096	11,076	6,091	9,702
6,569	11,205	6,135	9,947
7,209	11,339	6,192	10,156
7,947	11,447	6,275	10,350
8,817	11,546	6,398	10,533
9,778	11,631	6,581	10,680
10,000	11,649	6,885	10,848
		7,287	11,016

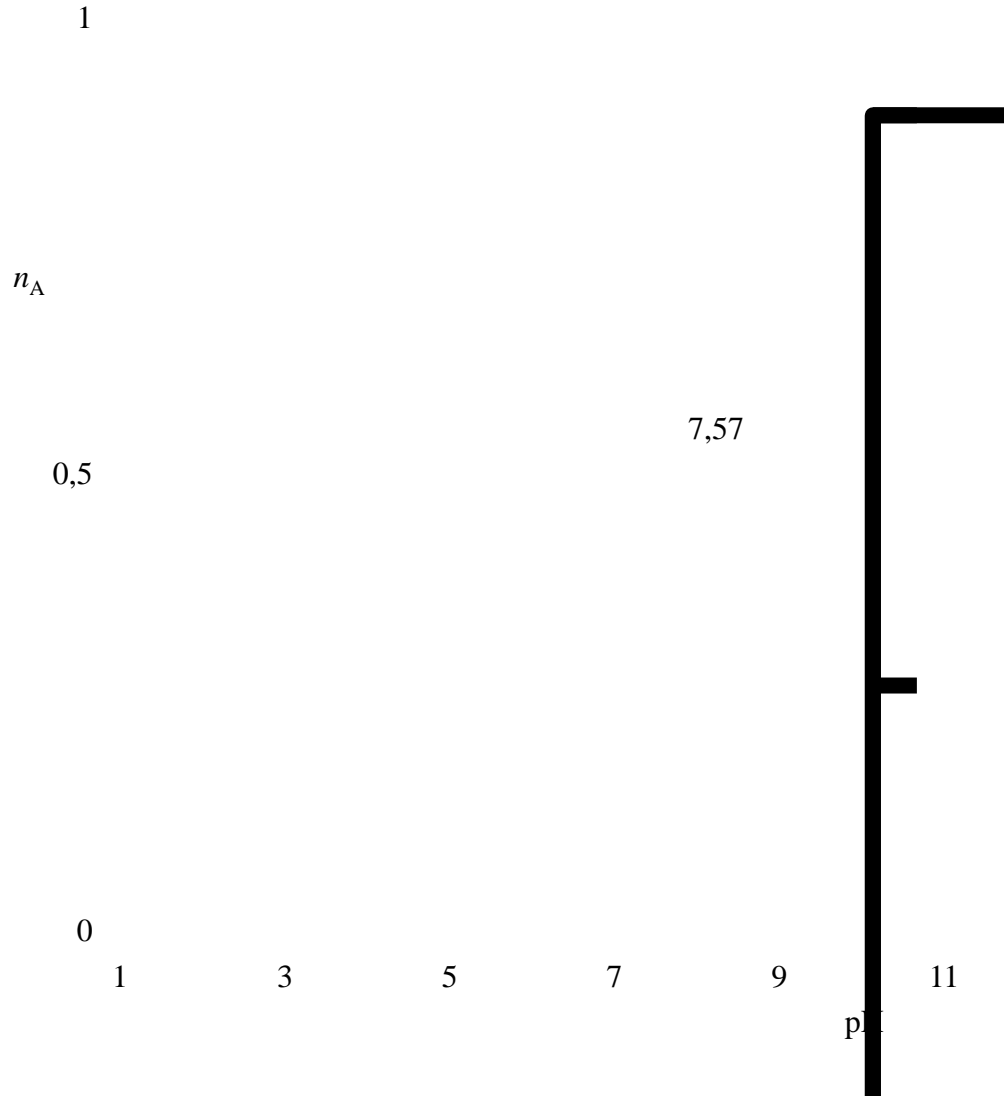


Şekil 6.5.2. Asit (A) ve Asit+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.5.3. HClO₄ ve HClO₄+Val Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

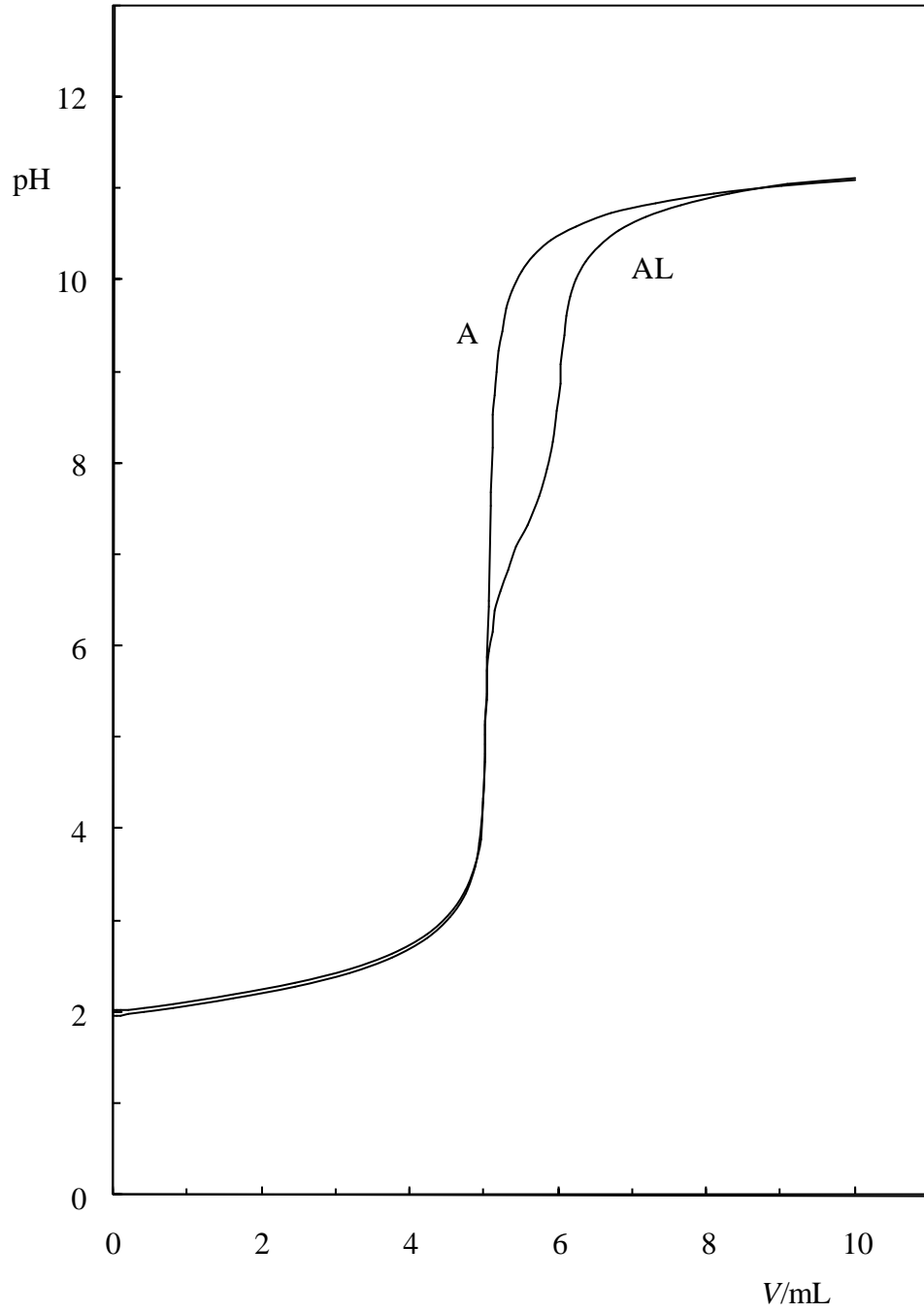
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	1,0755	0,7781	1,3203
2,40	2,4674	2,2807	1,1957
2,60	3,3469	3,2844	1,0644
2,80	3,9309	3,9119	1,0194
3,00	4,3075	4,3172	0,9902
3,20	4,5533	4,5794	0,9737
3,40	4,7090	4,7248	0,9841
3,60	4,7995	4,8252	0,9742
3,80	4,8666	4,8917	0,9749
4,00	4,9134	4,9274	0,9860
4,25	4,9345	4,9581	0,9764
4,50	4,9552	4,9771	0,9780
4,75	4,9632	4,9847	0,9785
5,00	4,9710	4,9923	0,9786
5,25	4,9748	4,9980	0,9767
5,50	4,9786	5,0041	0,9745
5,75	4,9827	5,0132	0,9695
6,00	4,9871	5,0259	0,9612
6,25	4,9905	5,0465	0,9440
6,50	4,9939	5,0755	0,9184
6,75	4,9973	5,1275	0,8698
7,00	5,0000	5,1994	0,8006
7,25	5,0026	5,3055	0,6971
7,50	5,0053	5,4295	0,5758
7,75	5,0084	5,5753	0,4332
8,00	5,0116	5,7143	0,2974
8,25	5,0156	5,8337	0,1822
8,50	5,0201	5,9175	0,1030
8,75	5,0263	5,9634	0,0634
9,00	5,0341	6,0015	0,0332
9,20	5,0432	6,0279	0,0161
9,40	5,0556	6,0515	0,0052



Şekil 6.5.4. Val Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.6.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	2,020	0,000	1,960
0,050	2,023	0,050	1,965
0,100	2,027	0,100	1,970
0,200	2,036	0,200	1,981
0,401	2,055	0,401	2,001
0,800	2,096	0,800	2,044
1,600	2,192	1,600	2,144
2,444	2,321	2,441	2,275
3,169	2,471	3,165	2,427
3,757	2,643	3,748	2,597
4,215	2,844	4,209	2,802
4,541	3,082	4,531	3,035
4,745	3,339	4,738	3,292
4,869	3,623	4,865	3,587
4,939	3,901	4,934	3,847
4,985	4,337	4,982	4,288
5,004	4,750	5,002	4,816
5,012	5,042	5,006	4,926
5,015	5,183	5,012	5,133
5,025	5,484	5,024	5,409
5,039	5,876	5,041	5,737
5,055	6,445	5,062	5,938
5,066	6,507	5,097	6,169
5,087	7,540	5,147	6,404
5,094	7,694	5,213	6,604
5,108	8,173	5,311	6,846
5,119	8,535	5,428	7,085
5,132	8,754	5,567	7,317
5,155	9,006	5,732	7,637
5,186	9,236	5,850	7,937
5,232	9,443	5,931	8,242
5,299	9,702	5,982	8,580
5,379	9,891	6,011	8,873
5,501	10,101	6,034	9,095
5,661	10,275	6,068	9,403
5,900	10,448	6,107	9,624
6,229	10,596	6,162	9,834
6,696	10,736	6,241	10,021
7,303	10,851	6,364	10,214
8,075	10,952	6,538	10,384
8,988	11,034	6,798	10,550
10,000	11,100	7,162	10,701

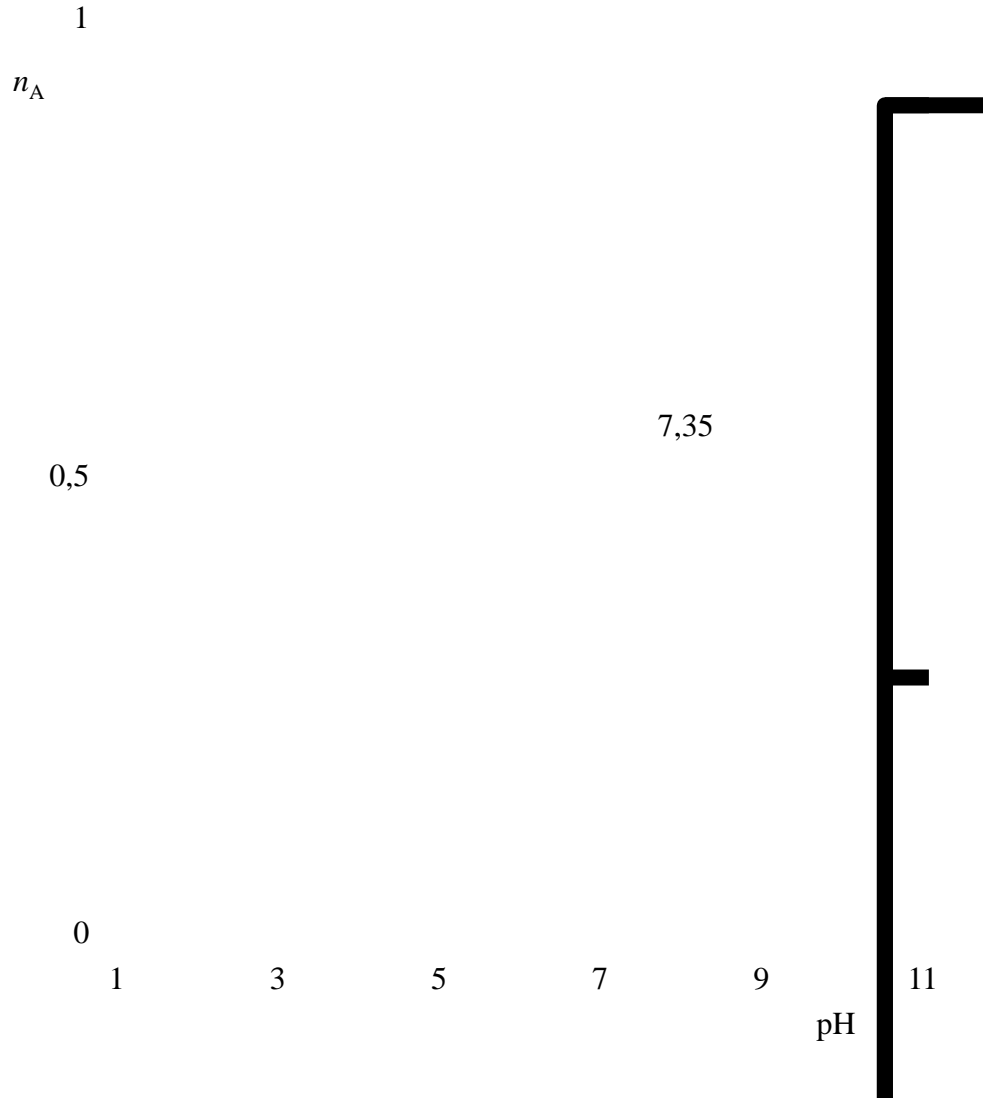


Şekil 6.6.2. Asit (A) ve Asit+Val Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.6.3. HClO₄ ve HClO₄+Val Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

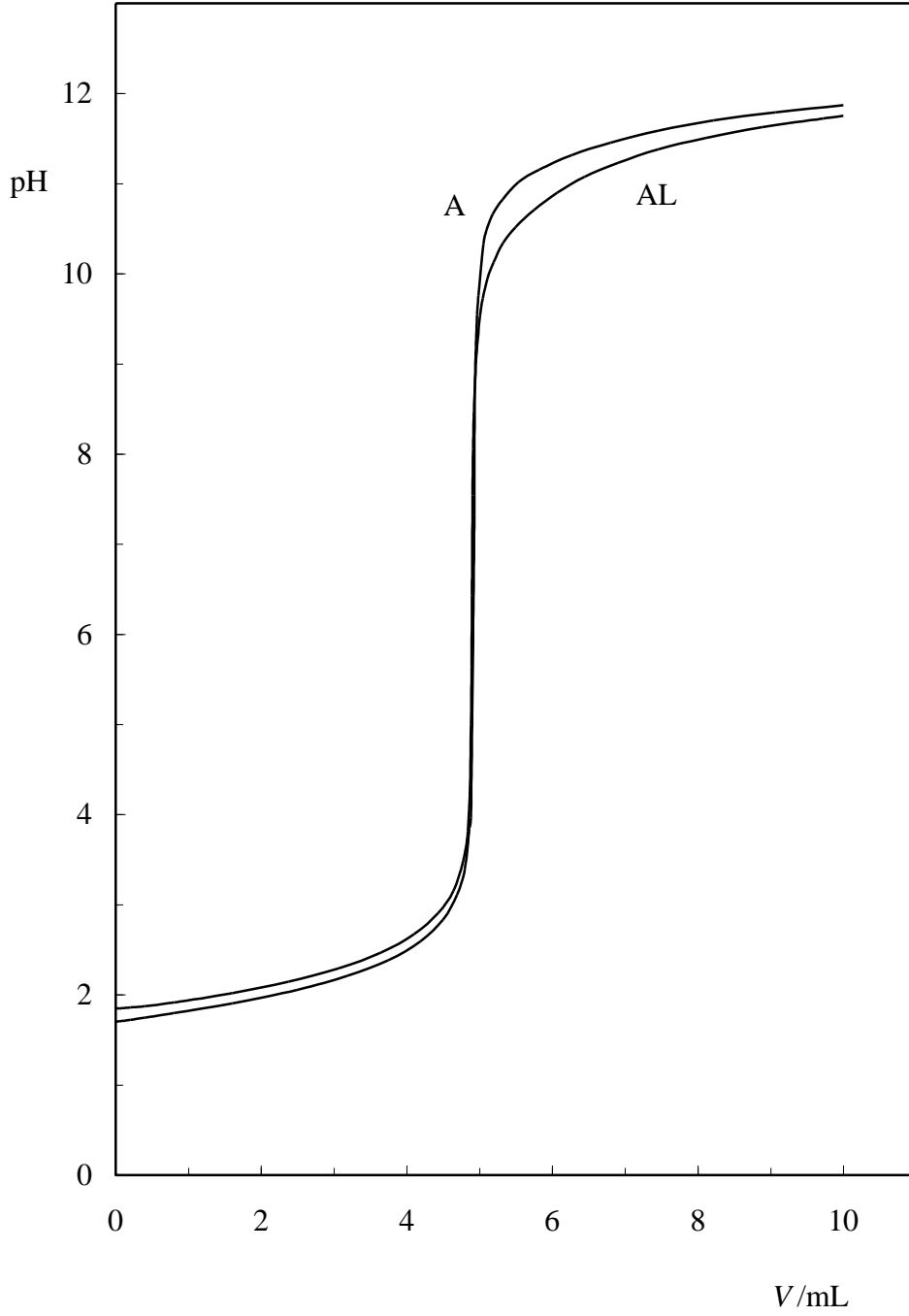
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	1,6499	1,9605	0,6688
2,40	2,8246	3,0377	0,7778
2,60	3,6098	3,7540	0,8518
2,80	4,1142	4,2044	0,9082
3,00	4,4285	4,4828	0,9451
3,20	4,6345	4,6643	0,9700
3,40	4,7714	4,7847	0,9866
3,60	4,8585	4,8683	0,9902
3,80	4,9135	4,9212	0,9923
4,00	4,9495	4,9505	0,9990
4,25	4,9758	4,9780	0,9978
4,50	4,9924	4,9903	1,0021
4,75	5,0040	4,9999	1,0041
5,00	5,0106	5,0080	1,0026
5,25	5,0175	5,0170	1,0005
5,50	5,0253	5,0285	0,9968
5,75	5,0343	5,0424	0,9919
6,00	5,0423	5,0713	0,9710
6,25	5,0493	5,1144	0,9349
6,50	5,0644	5,1787	0,8857
6,75	5,0706	5,2721	0,7985
7,00	5,0758	5,3863	0,6895
7,25	5,0809	5,5269	0,5542
7,50	5,0861	5,6616	0,4246
7,75	5,0957	5,7768	0,3191
8,00	5,1031	5,8669	0,2366
8,25	5,1104	5,9320	0,1790
8,50	5,1176	5,9700	0,1483
8,75	5,1315	5,9989	0,1335
9,00	5,1541	6,0239	0,1315
9,20	5,1812	6,0454	0,1375
9,40	5,2220	6,0681	0,1563
9,50	5,2463	6,0852	0,1638
9,60	5,2725	6,1025	0,1730
9,70	5,2986	6,1266	0,1754
9,80	5,3404	6,1529	0,1915
9,90	5,3840	6,1899	0,1987
10,00	5,4420	6,2323	0,2150
10,10	5,5000	6,2915	0,2146
10,20	5,5921	6,3552	0,2441
10,30	5,6959	6,4523	0,2521



Şekil 6.6.4. Val Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.7.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

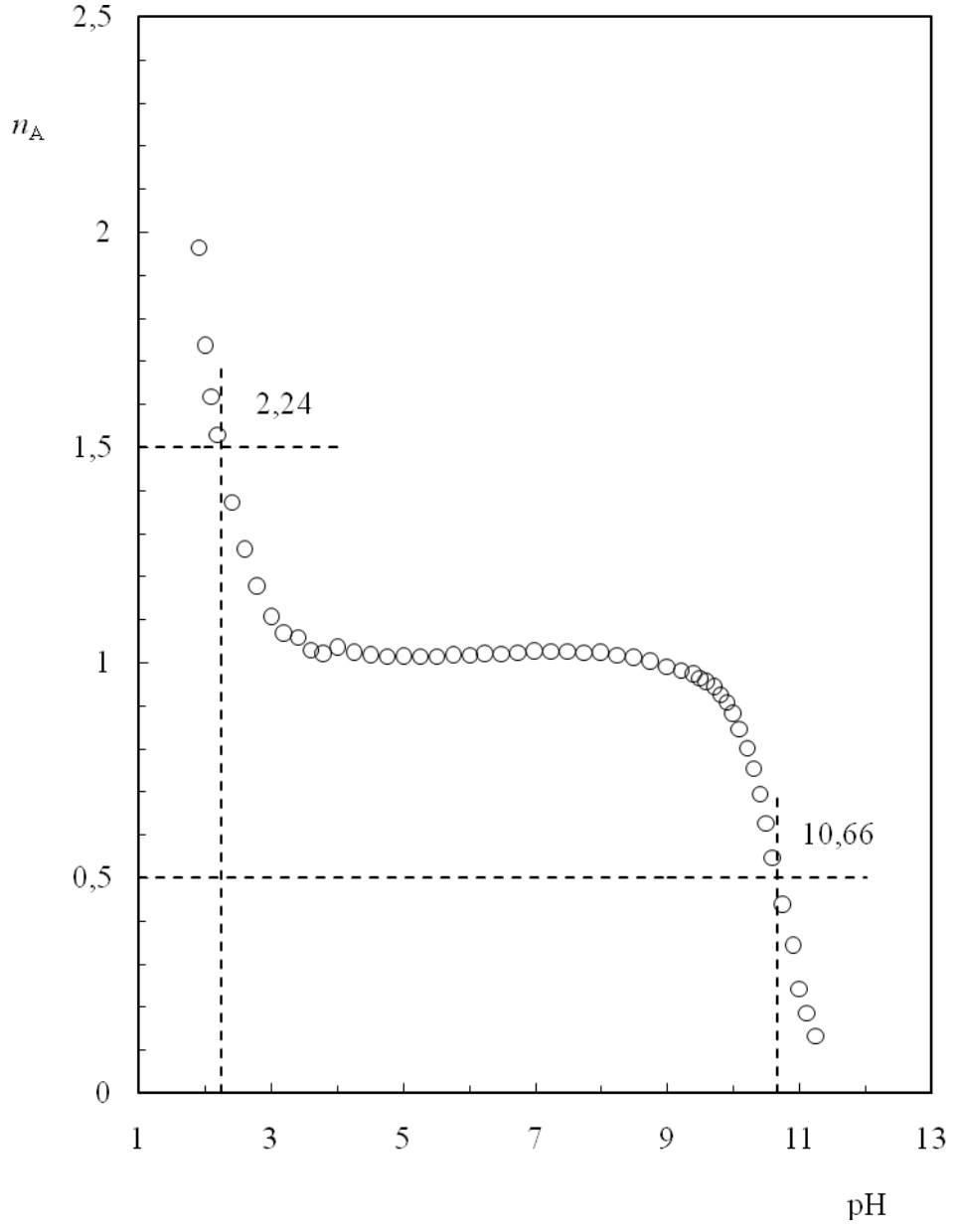
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,701	0,000	1,851
0,050	1,707	0,050	1,851
0,100	1,713	0,100	1,853
0,200	1,721	0,200	1,859
0,401	1,747	0,401	1,874
0,800	1,799	0,800	1,914
1,600	1,904	1,600	2,017
2,499	2,056	2,374	2,145
3,181	2,210	3,062	2,295
3,744	2,385	3,645	2,470
4,190	2,594	4,101	2,671
4,497	2,834	4,429	2,907
4,690	3,111	4,639	3,151
4,797	3,392	4,776	3,489
4,860	3,849	4,838	3,817
4,882	3,966	4,870	4,337
4,928	7,321	4,883	4,996
4,929	7,545	4,891	5,647
4,935	8,585	4,896	6,429
4,940	8,943	4,898	6,760
4,950	9,191	4,904	7,540
4,967	9,546	4,911	8,058
4,986	9,754	4,920	8,407
5,018	10,056	4,933	8,684
5,054	10,328	4,952	9,007
5,097	10,486	4,974	9,272
5,181	10,663	5,004	9,528
5,315	10,824	5,043	9,724
5,534	11,016	5,106	9,944
5,819	11,153	5,192	10,129
6,265	11,316	5,324	10,344
6,800	11,453	5,493	10,515
7,461	11,587	5,747	10,705
8,212	11,701	6,067	10,901
9,069	11,793	6,443	11,074
10,000	11,870	6,902	11,231
6,869	11,587	7,459	11,380
7,569	11,702	8,105	11,504
8,397	11,799	8,877	11,626
9,348	11,884	9,720	11,724
10,000	11,931	10,000	11,754



Şekil 6.7.2. Asit (A) ve Asit+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.7.3. HClO₄ ve HClO₄+Pro çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

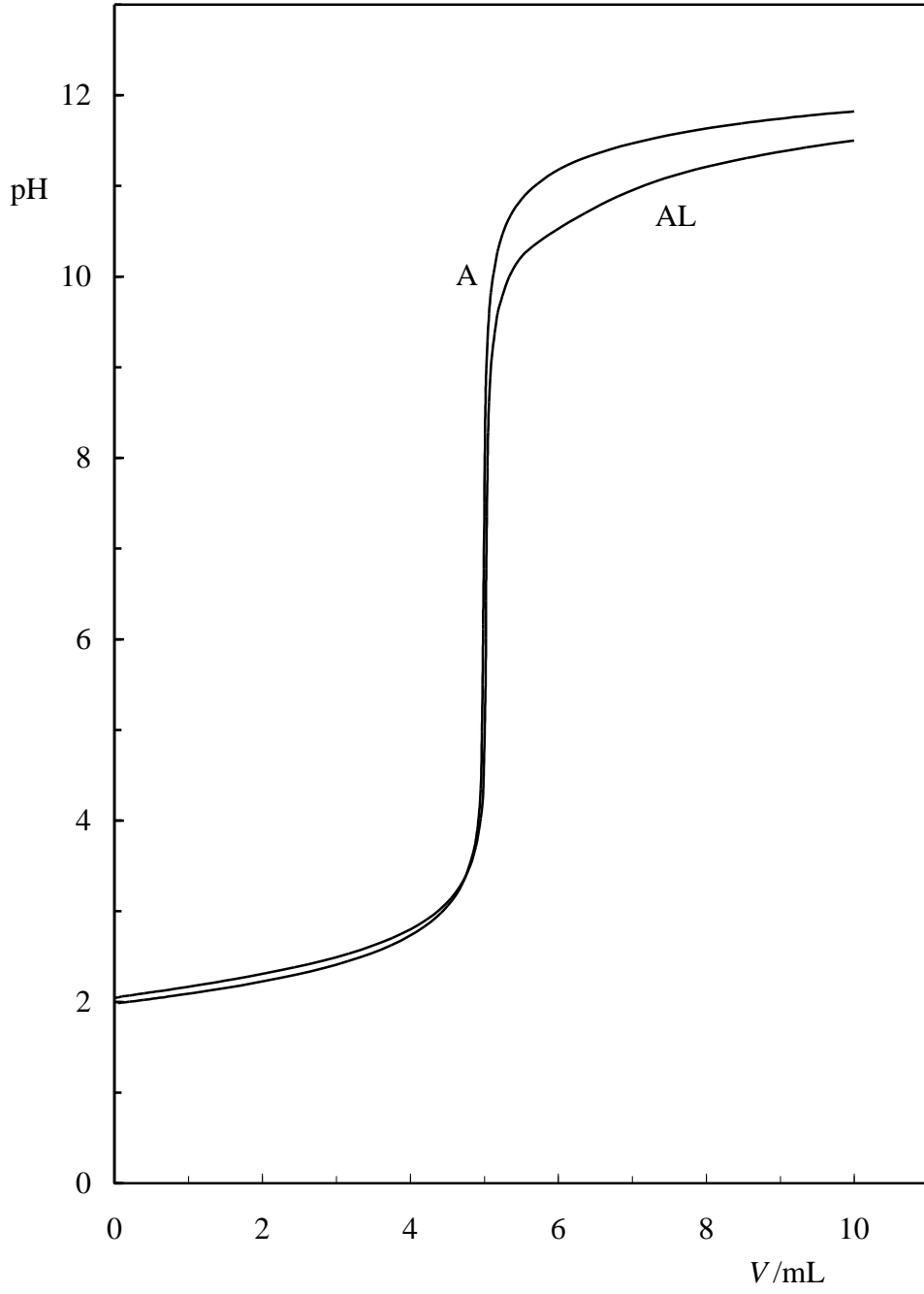
pH	V_1	V_2	n_A
1,90	1,5663	0,6613	1,9639
2,00	2,1659	1,4677	1,7350
2,20	3,1378	2,6251	1,5299
2,40	3,7770	3,4129	1,3718
2,60	4,1971	3,9397	1,2609
2,80	4,4539	4,2802	1,1752
3,00	4,6131	4,5090	1,1047
3,20	4,7243	4,6584	1,0661
3,40	4,7983	4,7397	1,0588
3,60	4,8258	4,7969	1,0289
3,80	4,8532	4,8349	1,0183
4,00	4,8828	4,8495	1,0333
4,25	4,8862	4,8649	1,0213
4,50	4,8896	4,8734	1,0162
4,75	4,8930	4,8782	1,0148
5,00	4,8964	4,8830	1,0135
5,25	4,8999	4,8859	1,0140
5,50	4,9033	4,8888	1,0145
5,75	4,9067	4,8912	1,0156
6,00	4,9101	4,8928	1,0174
6,25	4,9135	4,8944	1,0192
6,50	4,9170	4,8960	1,0210
6,75	4,9204	4,8975	1,0229
7,00	4,9238	4,8994	1,0244
7,25	4,9272	4,9014	1,0259
7,50	4,9291	4,9033	1,0258
7,75	4,9304	4,9065	1,0239
8,00	4,9317	4,9099	1,0218
8,25	4,9330	4,9158	1,0171
8,50	4,9343	4,9244	1,0099
8,75	4,9372	4,9369	1,0004
9,00	4,9425	4,9512	0,9913
9,20	4,9504	4,9679	0,9825
9,40	4,9600	4,9890	0,9710
9,50	4,9647	5,0007	0,9640
9,60	4,9719	5,0184	0,9535
9,70	4,9810	5,0385	0,9425
9,80	4,9908	5,0650	0,9259
9,90	5,0013	5,0934	0,9080
10,00	5,0118	5,1319	0,8801
10,10	5,0234	5,1782	0,8456
10,20	5,0367	5,2352	0,8019
10,30	5,0499	5,2966	0,7539
10,40	5,0735	5,3791	0,6952
10,50	5,1038	5,4783	0,6268



Şekil 6.7.4. Pro – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.8.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,983	0,000	2,023
0,050	1,987	0,050	2,027
0,100	1,992	0,100	2,034
0,200	2,002	0,200	2,045
0,401	2,023	0,401	2,068
0,800	2,066	0,800	2,114
1,600	2,166	1,600	2,220
2,451	2,300	2,434	2,354
3,160	2,451	3,151	2,506
3,741	2,626	3,744	2,680
4,189	2,830	4,203	2,885
4,505	3,063	4,523	3,115
4,710	3,312	4,734	3,368
4,841	3,626	4,866	3,660
4,906	3,894	4,939	3,984
4,951	4,349	4,976	4,321
4,969	4,983	4,998	4,856
4,977	5,498	5,007	5,545
4,984	6,112	5,008	5,697
4,985	6,171	5,015	6,185
4,992	6,778	5,024	6,715
5,001	7,508	5,034	7,596
5,009	8,278	5,041	8,158
5,017	8,696	5,050	8,421
5,027	8,976	5,065	8,725
5,043	9,286	5,084	8,976
5,064	9,588	5,112	9,253
5,089	9,825	5,147	9,467
5,125	10,039	5,199	9,668
5,179	10,271	5,278	9,908
5,251	10,475	5,376	10,070
5,354	10,672	5,542	10,257
5,502	10,854	5,774	10,429
5,716	11,023	6,097	10,614
6,025	11,189	6,490	10,811
6,437	11,333	6,923	10,979
6,987	11,469	7,439	11,130
7,664	11,586	8,053	11,255
8,473	11,689	8,801	11,380
9,394	11,777	9,624	11,483
10,000	11,824	10,000	11,522
		9,967	11,467

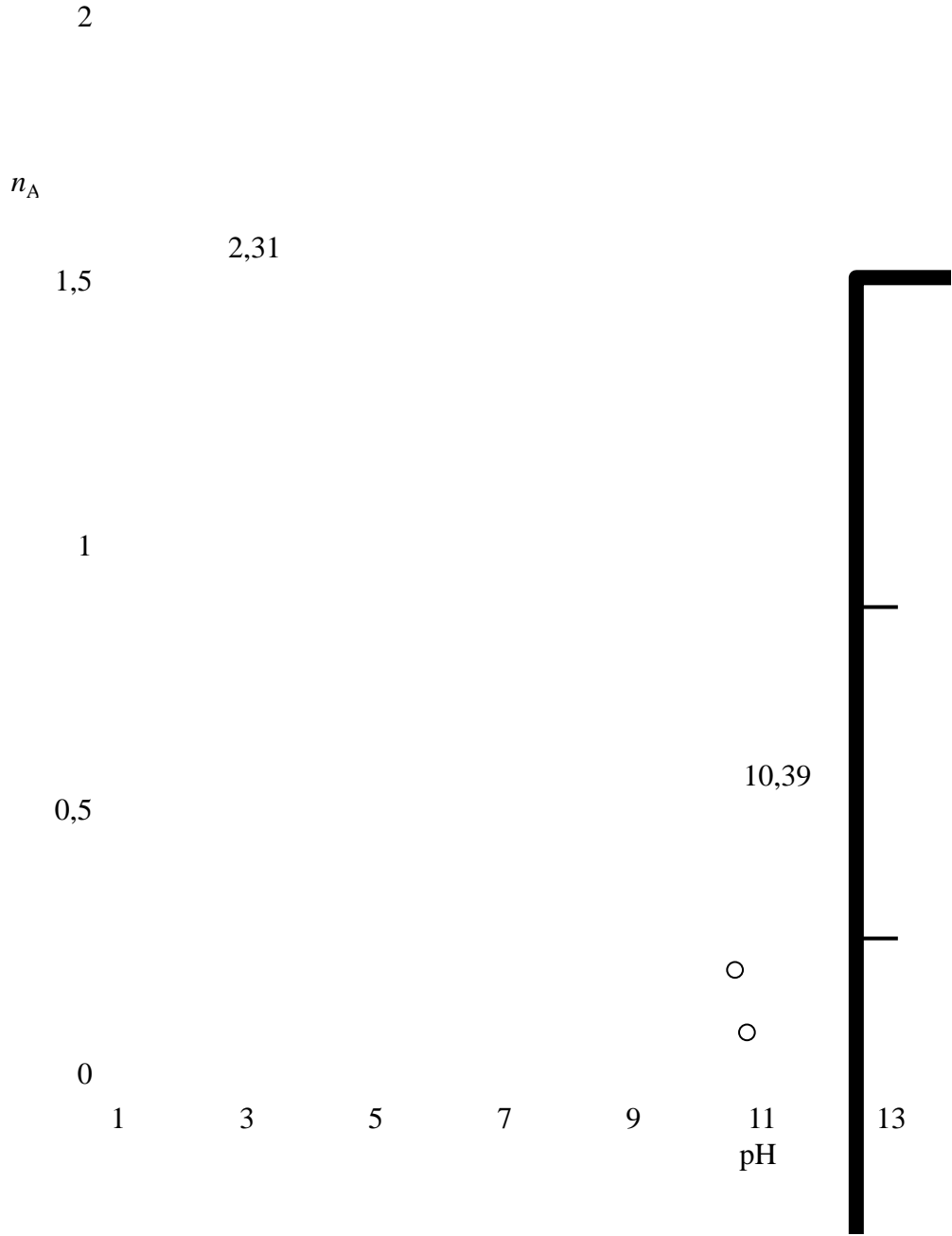


Şekil 6.8.2. Asit (A) ve Asit+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.8.3. HClO₄ ve HClO₄+Pro çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

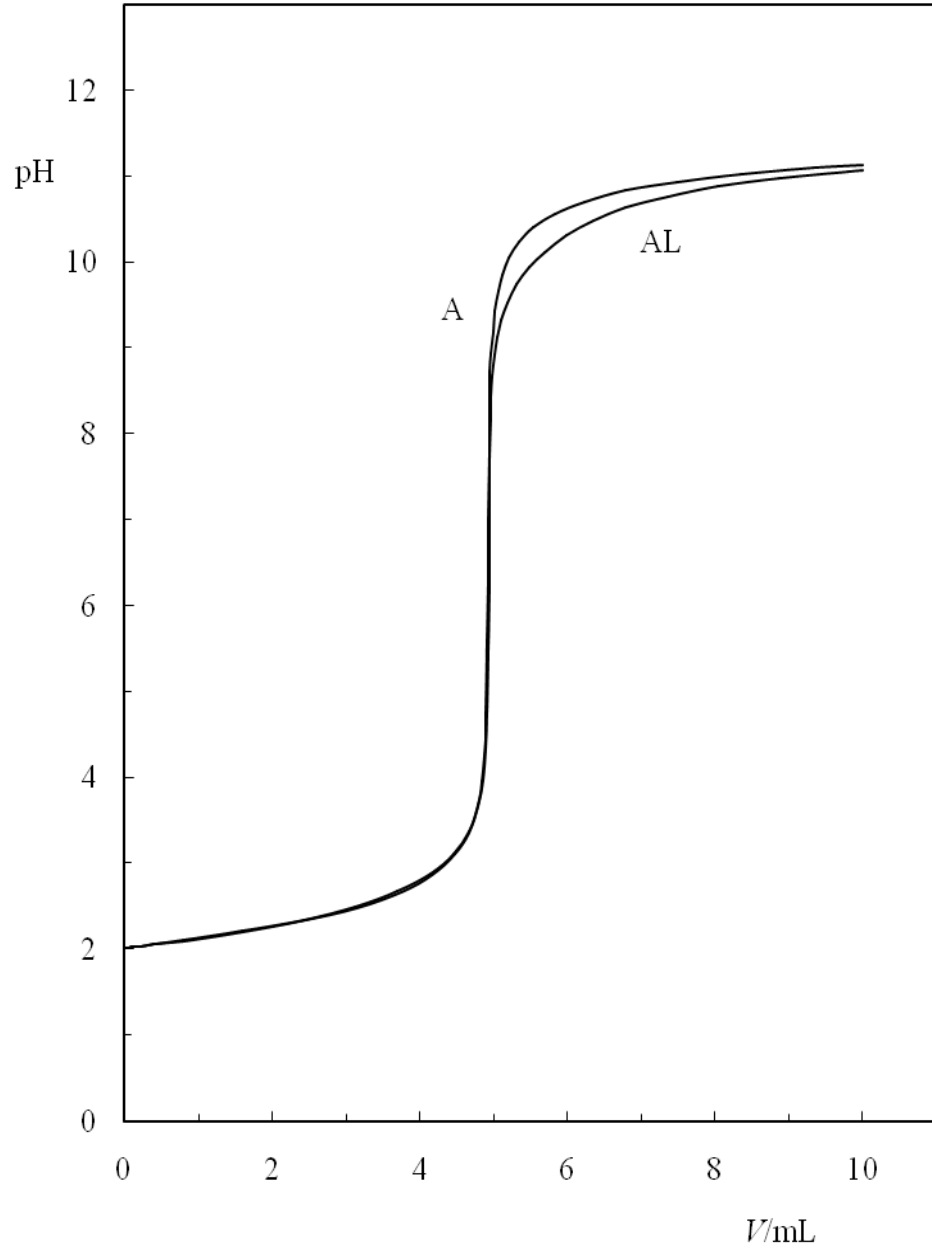
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	1,8164	1,4504	1,3884
2,40	2,9197	2,6493	1,2810
2,60	3,6550	3,4704	1,1892
2,80	4,1240	4,0115	1,1143
3,00	4,4199	4,3625	1,0580
3,20	4,6178	4,5940	1,0239
3,40	4,7466	4,7485	0,9980
3,60	4,8300	4,8390	0,9910
3,80	4,8833	4,8974	0,9859
4,00	4,9166	4,9421	0,9744
4,25	4,9409	4,9682	0,9727
4,50	4,9548	4,9835	0,9713
4,75	4,9619	4,9937	0,9682
5,00	4,9688	4,9998	0,9690
5,25	4,9731	5,0029	0,9702
5,50	4,9773	5,0059	0,9714
5,75	4,9801	5,0091	0,9710
6,00	4,9829	5,0124	0,9705
6,25	4,9858	5,0160	0,9698
6,50	4,9887	5,0201	0,9687
6,75	4,9917	5,0240	0,9676
7,00	4,9946	5,0270	0,9677
7,25	4,9976	5,0299	0,9677
7,50	5,0006	5,0329	0,9677
7,75	5,0033	5,0359	0,9673
8,00	5,0059	5,0391	0,9668
8,25	5,0086	5,0441	0,9645
8,50	5,0129	5,0536	0,9593
8,75	5,0185	5,0665	0,9521
9,00	5,0282	5,0866	0,9416
9,20	5,0387	5,1067	0,9321
9,40	5,0511	5,1360	0,9152
9,50	5,0580	5,1556	0,9025
9,60	5,0653	5,1816	0,8839
9,70	5,0759	5,2098	0,8663
9,80	5,0864	5,2428	0,8439
9,90	5,1017	5,2758	0,8263
10,00	5,1186	5,3338	0,7853
10,10	5,1393	5,4024	0,7376
10,20	5,1626	5,4914	0,6721
10,30	5,1892	5,6001	0,5906
10,40	5,2244	5,7347	0,4918



Şekil 6.8.4. Pro – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.9.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
 (T = 35,0°C, c(NaClO₄) = 0,1 mol / L)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	2,020	0,000	2,021
0,050	2,024	0,050	2,025
0,100	2,028	0,100	2,030
0,200	2,038	0,200	2,041
0,401	2,057	0,401	2,062
0,800	2,101	0,800	2,108
1,600	2,200	1,600	2,213
2,445	2,336	2,421	2,348
3,145	2,481	3,119	2,500
3,751	2,669	3,698	2,675
4,173	2,868	4,151	2,885
4,480	3,109	4,460	3,110
4,672	3,366	4,670	3,377
4,789	3,684	4,792	3,668
4,847	3,957	4,860	3,970
4,887	4,472	4,899	4,353
4,901	4,765	4,918	4,761
4,916	5,606	4,930	5,489
4,923	6,326	4,937	6,290
4,929	7,009	4,937	6,346
4,930	7,035	4,943	7,055
4,937	7,814	4,951	7,725
4,945	8,375	4,960	8,183
4,954	8,721	4,970	8,453
4,967	8,941	4,987	8,678
4,989	9,197	5,013	8,921
5,020	9,443	5,050	9,130
5,062	9,665	5,107	9,333
5,122	9,858	5,191	9,534
5,214	10,055	5,312	9,738
5,346	10,239	5,477	9,940
5,540	10,407	5,691	10,122
5,828	10,567	5,983	10,309
6,229	10,707	6,343	10,481
6,780	10,834	6,794	10,633
7,483	10,939	7,356	10,767
8,344	11,029	8,044	10,882
9,337	11,101	8,867	10,980
10,000	11,137	9,813	11,059
		10,000	11,068

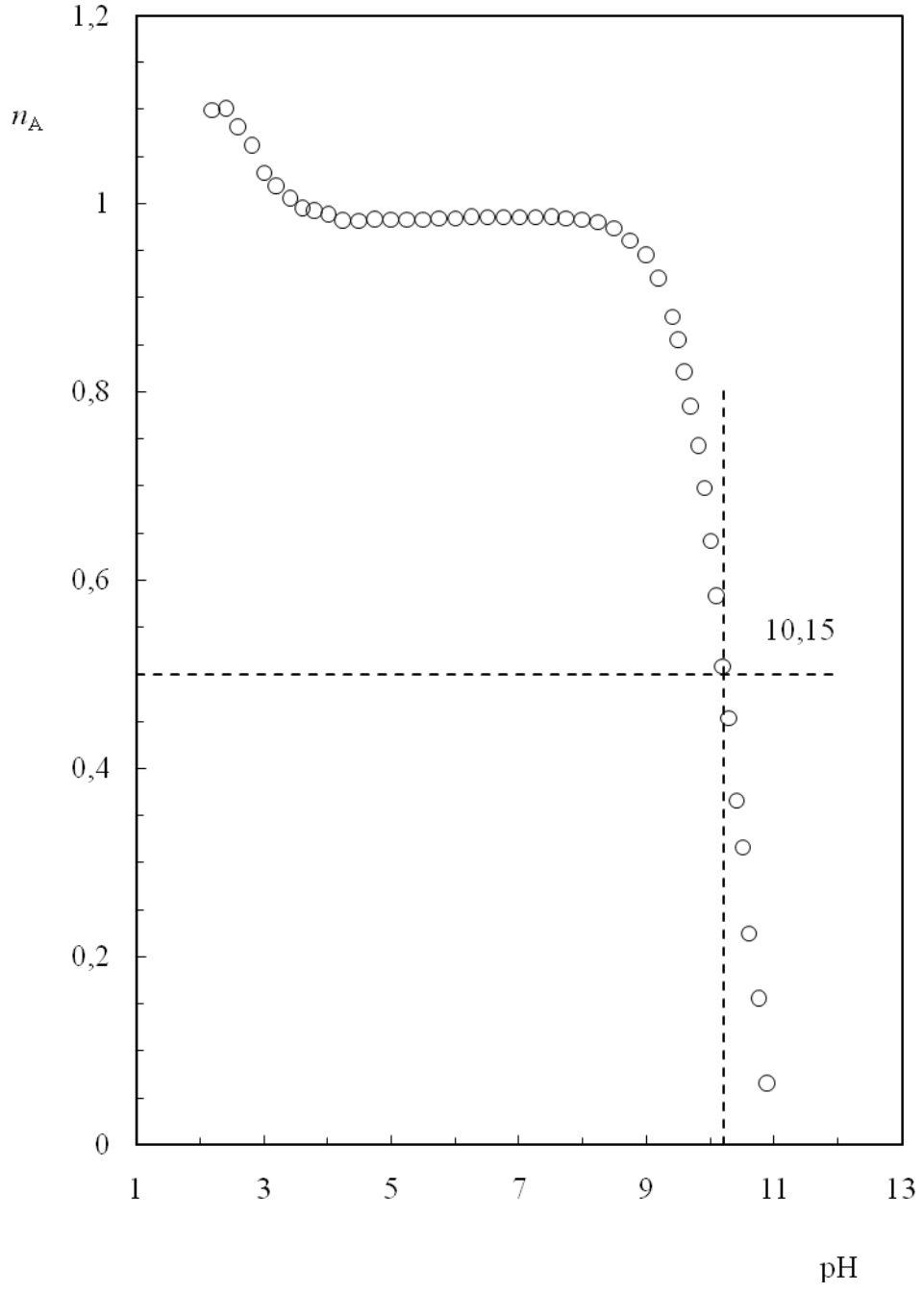


Şekil 6.9.2. Asit (A) ve Asit+Pro (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.9.3. HClO₄ ve HClO₄+Pro çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

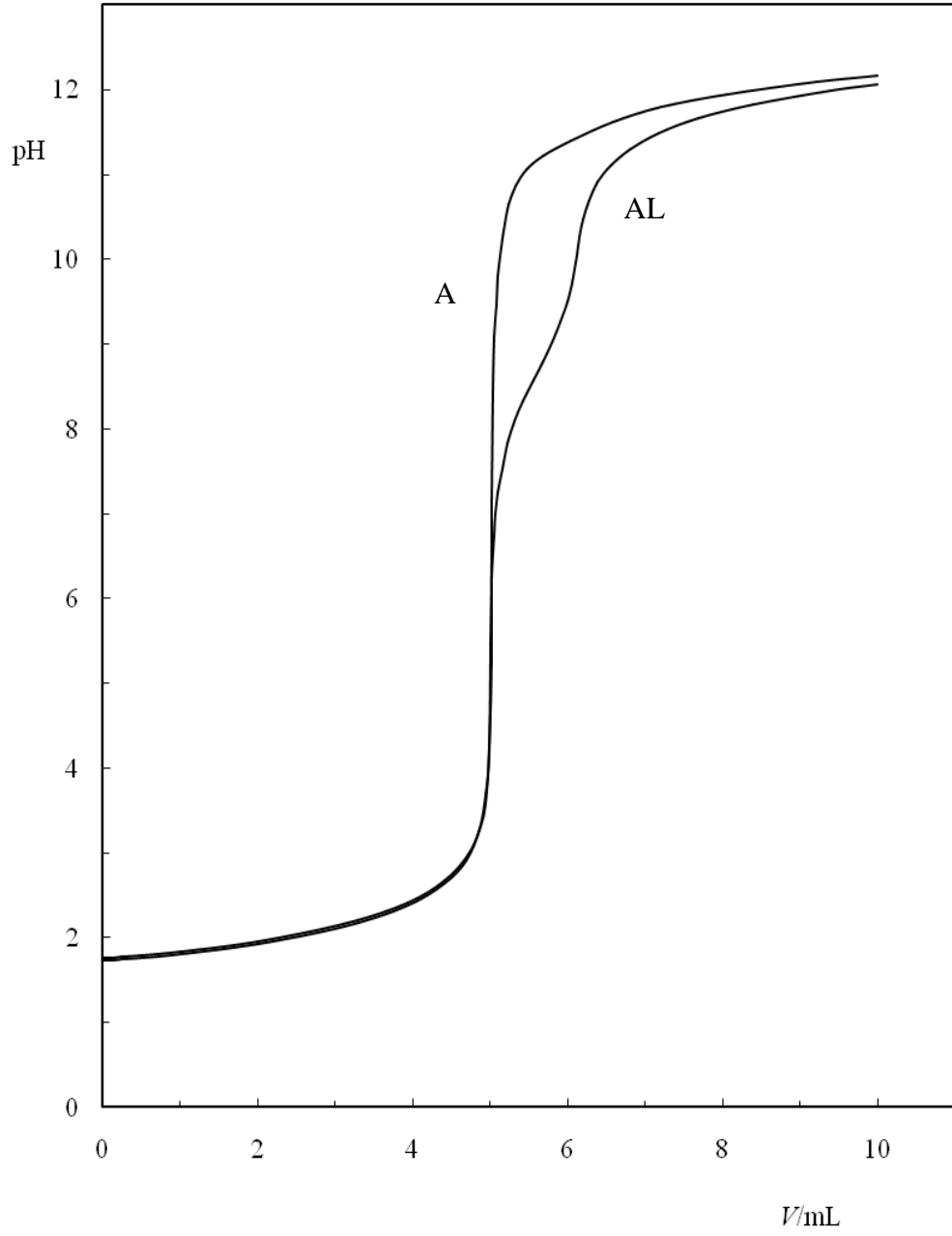
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	1,5969	1,5032	1,0997
2,40	2,7547	2,6585	1,1002
2,60	3,5285	3,4500	1,0805
2,80	4,0284	3,9680	1,0614
3,00	4,3410	4,3085	1,0329
3,20	4,5477	4,5300	1,0178
3,40	4,6841	4,6792	1,0048
3,60	4,7578	4,7636	0,9943
3,80	4,8138	4,8219	0,9919
4,00	4,8507	4,8630	0,9876
4,25	4,8698	4,8883	0,9814
4,50	4,8881	4,9058	0,9823
4,75	4,9006	4,9178	0,9829
5,00	4,9054	4,9222	0,9831
5,25	4,9096	4,9264	0,9832
5,50	4,9138	4,9304	0,9834
5,75	4,9170	4,9325	0,9845
6,00	4,9195	4,9346	0,9849
6,25	4,9220	4,9367	0,9853
6,50	4,9244	4,9387	0,9857
6,75	4,9267	4,9408	0,9859
7,00	4,9291	4,9429	0,9862
7,25	4,9315	4,9456	0,9859
7,50	4,9339	4,9485	0,9854
7,75	4,9363	4,9516	0,9847
8,00	4,9394	4,9563	0,9831
8,25	4,9428	4,9624	0,9804
8,50	4,9479	4,9736	0,9742
8,75	4,9555	4,9945	0,9611
9,00	4,9721	5,0273	0,9448
9,20	4,9897	5,0699	0,9199
9,40	5,0150	5,1350	0,8802
9,50	5,0313	5,1769	0,8546
9,60	5,0502	5,2304	0,8202
9,70	5,0733	5,2897	0,7841
9,80	5,1039	5,3627	0,7420
9,90	5,1412	5,4441	0,6983
10,00	5,1877	5,5474	0,6420
10,10	5,2457	5,6653	0,5828
10,20	5,3179	5,8125	0,5089
10,30	5,4166	5,9680	0,4535
10,40	5,5325	6,1736	0,3659



Şekil 6.9.4. Pro – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.10.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,758	0,000	1,732
0,125	1,762	0,125	1,736
0,251	1,770	0,251	1,742
0,500	1,788	0,500	1,757
1,001	1,835	1,001	1,802
2,000	1,958	2,000	1,925
3,163	2,176	3,114	2,131
3,933	2,415	3,899	2,364
4,419	2,679	4,411	2,639
4,706	2,977	4,696	2,917
4,862	3,288	4,863	3,277
4,949	3,701	4,942	3,587
4,990	4,194	4,994	4,271
5,015	5,483	5,016	5,306
5,025	6,651	5,020	5,573
5,030	7,177	5,031	6,254
5,043	8,449	5,047	6,728
5,058	9,077	5,069	6,996
5,079	9,467	5,106	7,246
5,106	9,806	5,162	7,537
5,143	10,150	5,231	7,834
5,188	10,424	5,313	8,090
5,248	10,651	5,420	8,327
5,339	10,869	5,561	8,584
5,473	11,054	5,733	8,889
5,689	11,222	5,906	9,251
6,054	11,400	6,026	9,592
6,593	11,623	6,107	9,973
7,215	11,796	6,154	10,258
8,062	11,952	6,202	10,472
9,212	12,092	6,280	10,694
10,001	12,165	6,394	10,911
		6,559	11,103
		6,813	11,296
		7,181	11,493
		7,683	11,665
		8,404	11,829

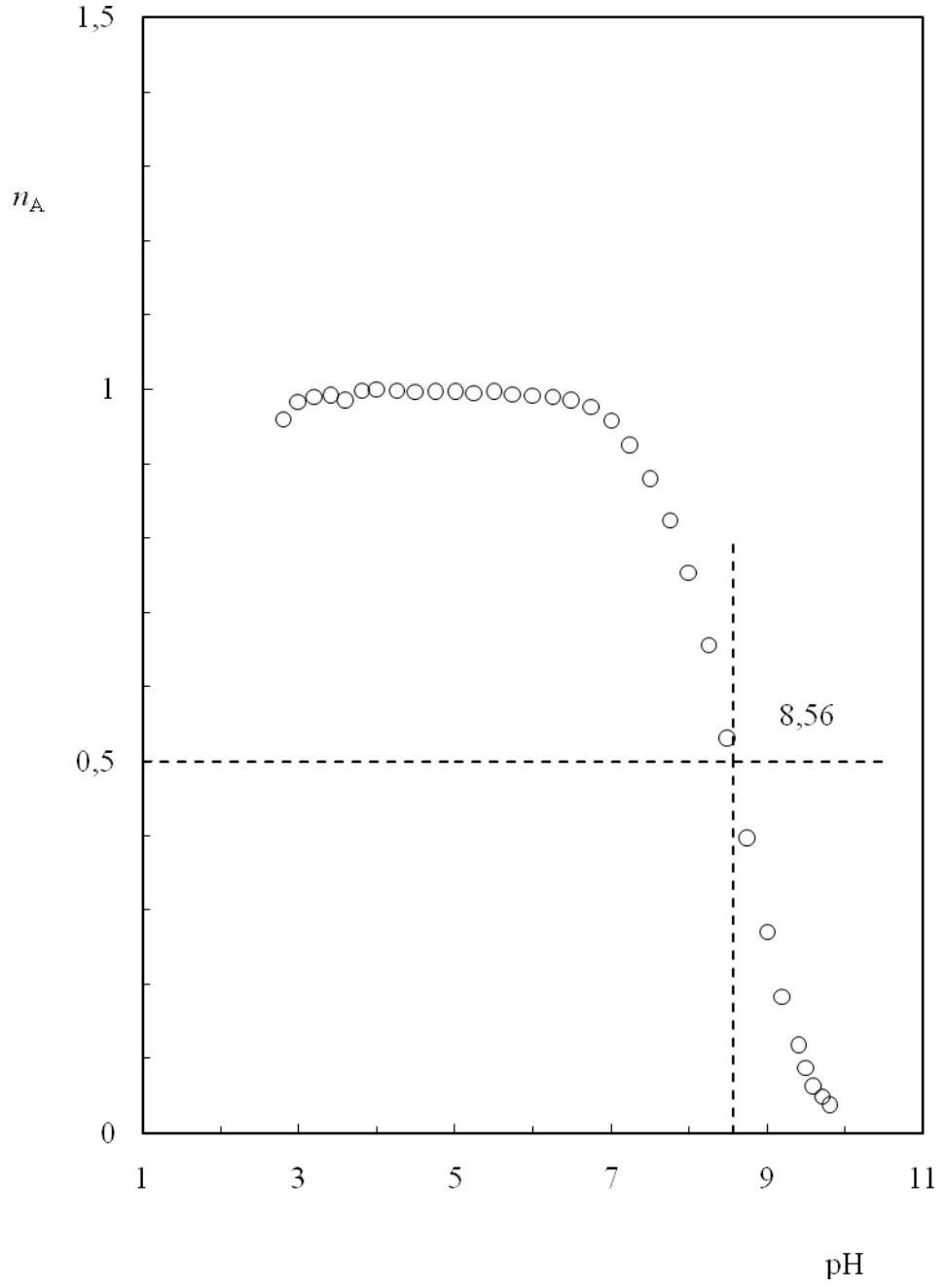


Şekil 6.10.2. Asit (A) ve Asit+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.10.3. HClO₄ ve HClO₄+Pro Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

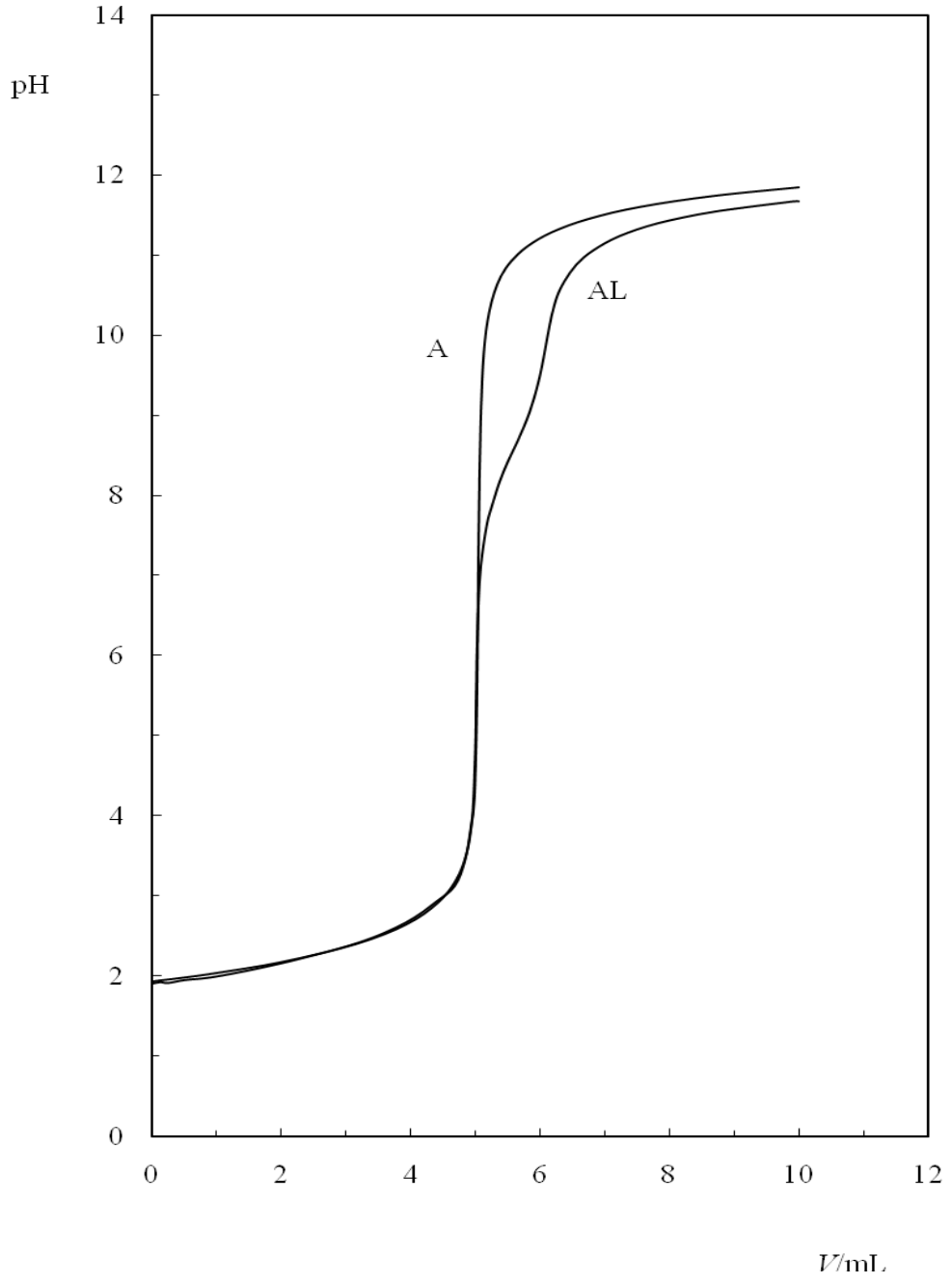
pH	V_1	V_2	n_A
1,90	1,5261	1,7995	0,7080
2,00	2,2225	2,4071	0,8055
2,20	3,2398	3,3468	0,8893
2,40	3,8857	3,9659	0,9181
2,60	4,2740	4,3382	0,9349
2,80	4,5358	4,5756	0,9599
3,00	4,7180	4,7341	0,9838
3,20	4,8180	4,8274	0,9905
3,40	4,8856	4,8947	0,9909
3,60	4,9277	4,9433	0,9844
3,80	4,9573	4,9584	0,9988
4,00	4,9739	4,9736	1,0003
4,25	4,9911	4,9925	0,9986
4,50	4,9958	4,9989	0,9969
4,75	5,0006	5,0042	0,9964
5,00	5,0054	5,0095	0,9959
5,25	5,0102	5,0147	0,9954
5,50	5,0148	5,0190	0,9957
5,75	5,0170	5,0230	0,9940
6,00	5,0192	5,0269	0,9923
6,25	5,0214	5,0308	0,9905
6,50	5,0236	5,0394	0,9842
6,75	5,0258	5,0491	0,9767
7,00	5,0280	5,0697	0,9584
7,25	5,0304	5,1066	0,9237
7,50	5,0331	5,1546	0,8785
7,75	5,0357	5,2116	0,8242
8,00	5,0384	5,2843	0,7542
8,25	5,0411	5,3848	0,6564
8,50	5,0444	5,5149	0,5297
8,75	5,0504	5,6547	0,3959
9,00	5,0564	5,7860	0,2708
9,20	5,0646	5,8817	0,1836
9,40	5,0751	5,9585	0,1174
9,50	5,0813	5,9937	0,0885
9,60	5,0893	6,0278	0,0626
9,70	5,0974	6,0489	0,0497
9,80	5,1054	6,0701	0,0368



Şekil 6.10.4. Pro Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.11.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,936	0,000	1,793
0,125	1,950	0,125	1,807
0,251	1,962	0,251	1,821
0,500	1,987	0,500	1,849
1,001	2,043	1,001	1,909
2,000	2,179	2,000	2,048
3,158	2,405	3,188	2,285
3,933	2,650	3,948	2,533
4,417	2,917	4,417	2,789
4,702	3,203	4,711	3,086
4,865	3,535	4,870	3,397
4,949	3,934	4,960	3,810
4,991	4,308	5,002	4,102
5,021	5,235	5,041	5,277
5,038	6,326	5,047	5,524
5,043	6,720	5,057	5,938
5,051	7,442	5,075	6,475
5,068	8,326	5,098	6,860
5,086	8,979	5,128	7,119
5,106	9,434	5,174	7,415
5,132	9,787	5,234	7,636
5,166	10,060	5,325	7,910
5,215	10,296	5,436	8,165
5,290	10,529	5,574	8,396
5,396	10,740	5,758	8,709
5,555	10,927	5,934	9,068
5,804	11,111	6,052	9,398
6,183	11,288	6,134	9,753
6,745	11,453	6,187	9,937
7,559	11,606	6,284	10,213
8,690	11,742	6,398	10,409
10,001	11,848	6,578	10,610
		6,842	10,804
		7,221	10,993
		7,752	11,162
		8,521	11,315
		9,607	11,453
		10,001	11,485

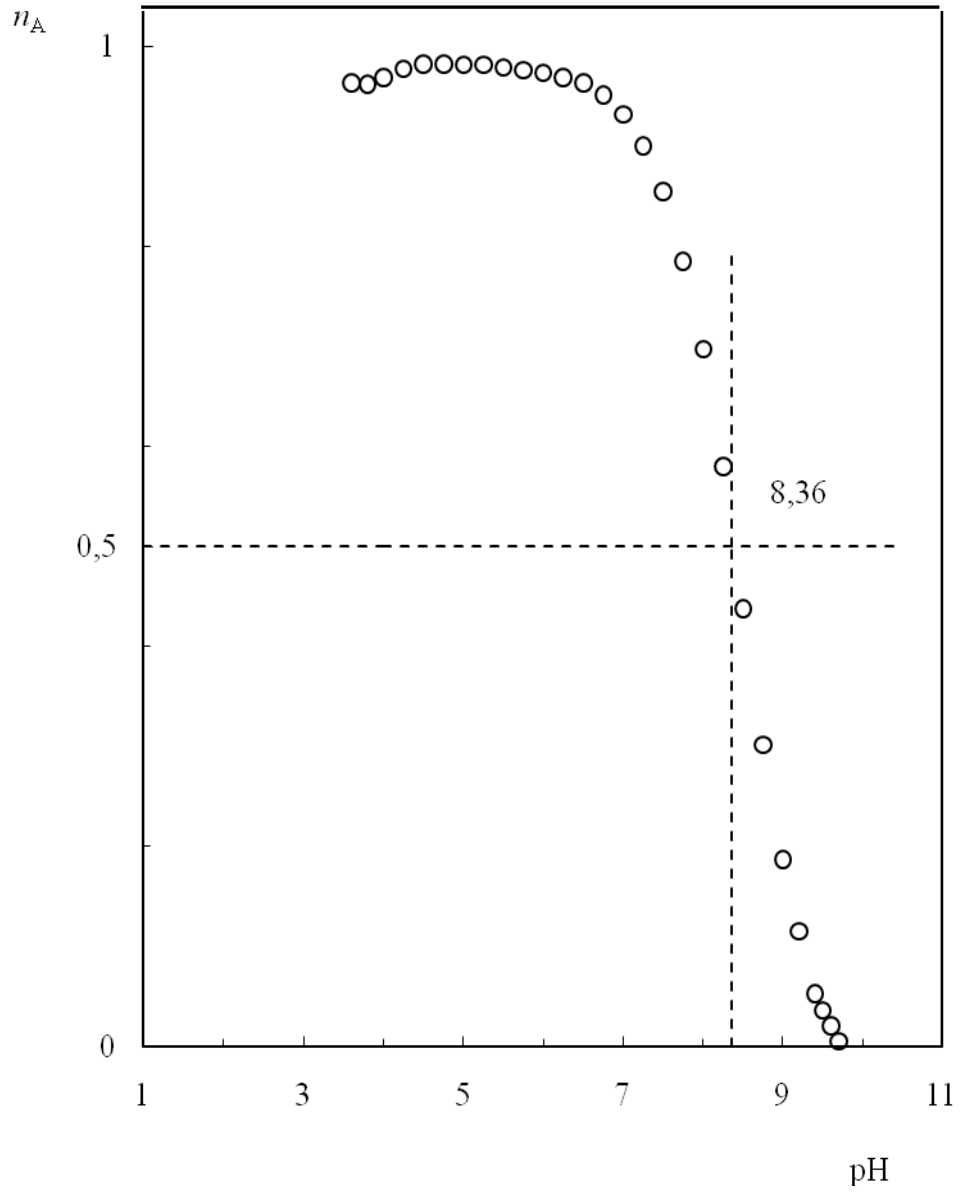


Şekil 6.11.2. Asit (A) ve Asit+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.11.3. HClO₄ ve HClO₄+Pro Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

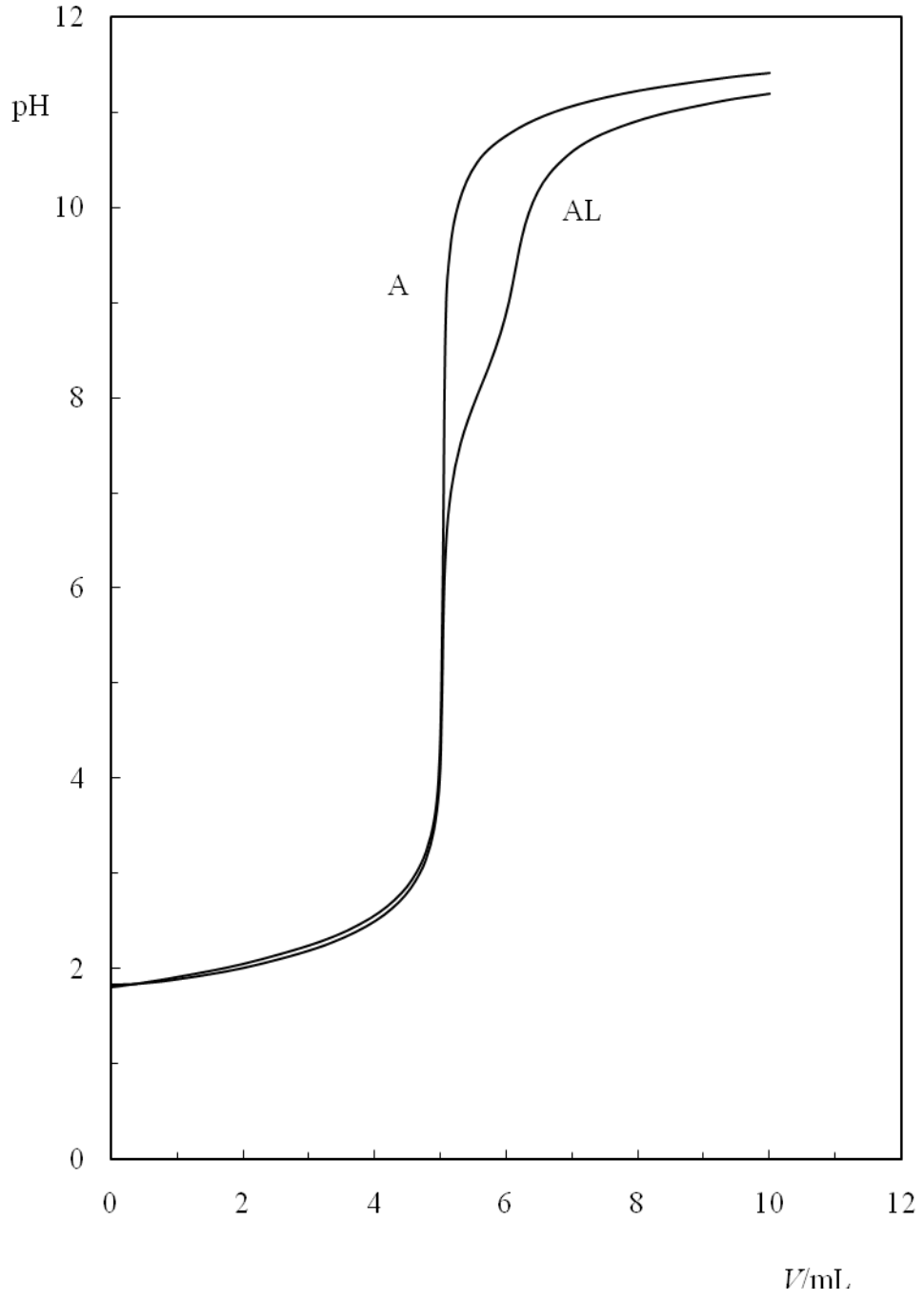
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	2,1063	2,7624	0,3069
2,40	3,1318	3,5413	0,5758
2,60	3,7756	4,0719	0,6967
2,80	4,2055	4,4285	0,7735
3,00	4,5000	4,6256	0,8731
3,20	4,6989	4,7688	0,9296
3,40	4,7985	4,8706	0,9276
3,60	4,8783	4,9142	0,9641
3,80	4,9207	4,9578	0,9628
4,00	4,9565	4,9875	0,9690
4,25	4,9848	5,0071	0,9777
4,50	4,9976	5,0152	0,9824
4,75	5,0057	5,0234	0,9823
5,00	5,0138	5,0315	0,9823
5,25	5,0216	5,0396	0,9820
5,50	5,0254	5,0460	0,9793
5,75	5,0291	5,0522	0,9769
6,00	5,0328	5,0588	0,9740
6,25	5,0366	5,0671	0,9695
6,50	5,0398	5,0760	0,9638
6,75	5,0429	5,0910	0,9518
7,00	5,0460	5,1139	0,9321
7,25	5,0490	5,1482	0,9009
7,50	5,0525	5,1971	0,8554
7,75	5,0571	5,2719	0,7852
8,00	5,0617	5,3642	0,6976
8,25	5,0663	5,4865	0,5800
8,50	5,0725	5,6349	0,4379
8,75	5,0793	5,7778	0,3019
9,00	5,0864	5,9001	0,1870
9,20	5,0954	5,9809	0,1154
9,40	5,1044	6,0525	0,0529
9,50	5,1108	6,0756	0,0364
9,60	5,1181	6,0986	0,0208



Şekil 6.11.4. Pro Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.12.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,810	0,000	1,833
0,125	1,821	0,125	1,836
0,251	1,834	0,251	1,838
0,500	1,859	0,500	1,849
1,001	1,918	1,001	1,890
2,000	2,054	2,000	2,008
3,178	2,290	3,114	2,216
3,927	2,532	3,871	2,445
4,404	2,795	4,372	2,702
4,690	3,084	4,682	2,995
4,852	3,394	4,852	3,303
4,944	3,756	4,948	3,659
4,994	4,284	5,000	4,099
5,019	5,018	5,028	4,926
5,036	6,003	5,035	5,204
5,051	7,032	5,046	5,641
5,054	7,270	5,062	6,085
5,066	8,203	5,087	6,455
5,083	8,842	5,118	6,756
5,102	9,193	5,162	7,016
5,132	9,447	5,225	7,273
5,180	9,731	5,309	7,523
5,241	9,950	5,420	7,763
5,336	10,170	5,565	8,031
5,474	10,382	5,734	8,323
5,672	10,572	5,913	8,673
5,972	10,744	6,045	9,016
6,445	10,928	6,134	9,323
7,097	11,088	6,202	9,571
8,032	11,234	6,289	9,821
9,315	11,366	6,404	10,050
10,001	11,417	6,561	10,260
		6,784	10,449
		7,121	10,643
		7,590	10,807
		8,302	10,969
		9,287	11,117
		10,001	11,192

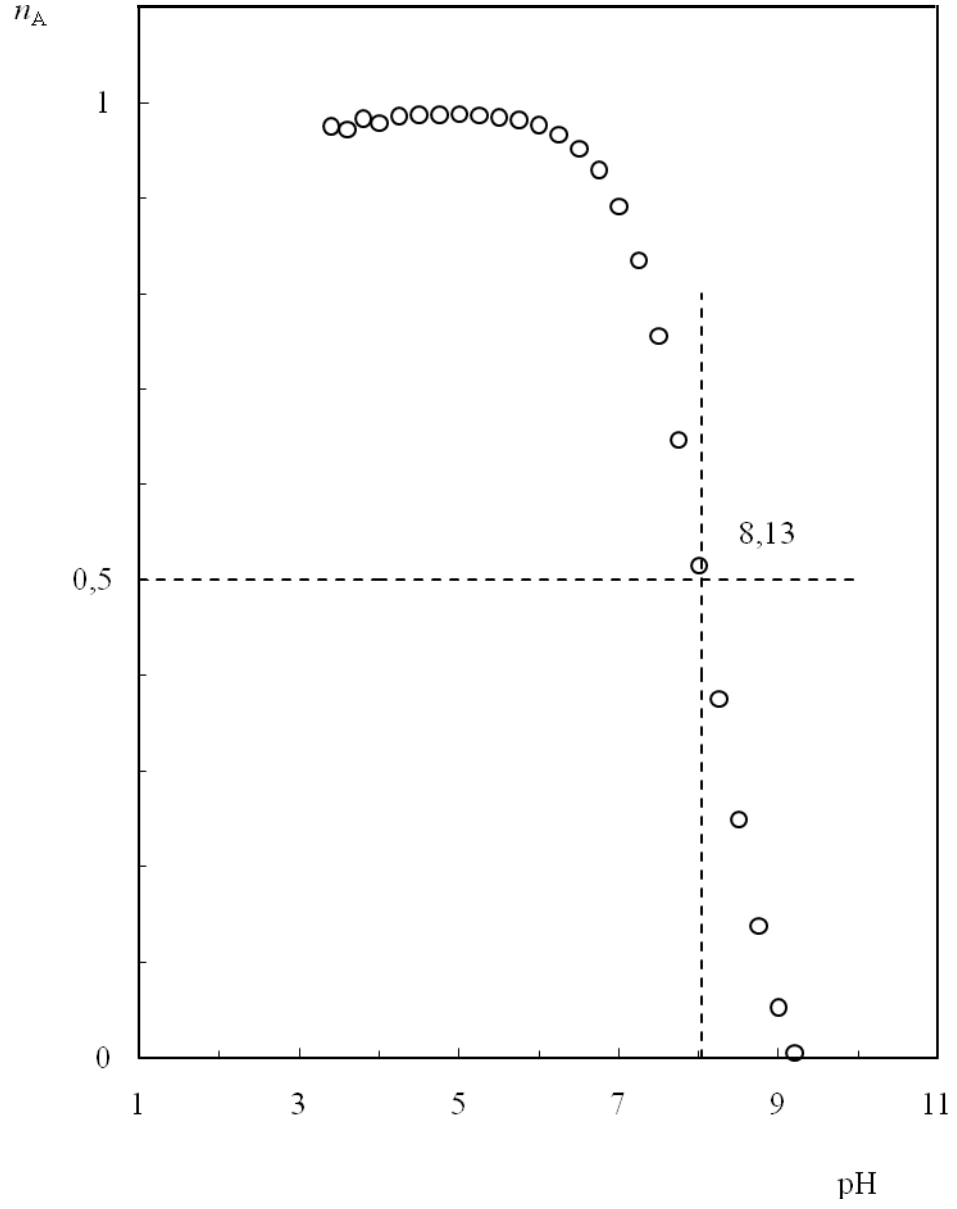


Şekil 6.12.2. Asit (A) ve Asit+Pro Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri

$T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.12.3. HClO₄ ve HClO₄+Pro Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

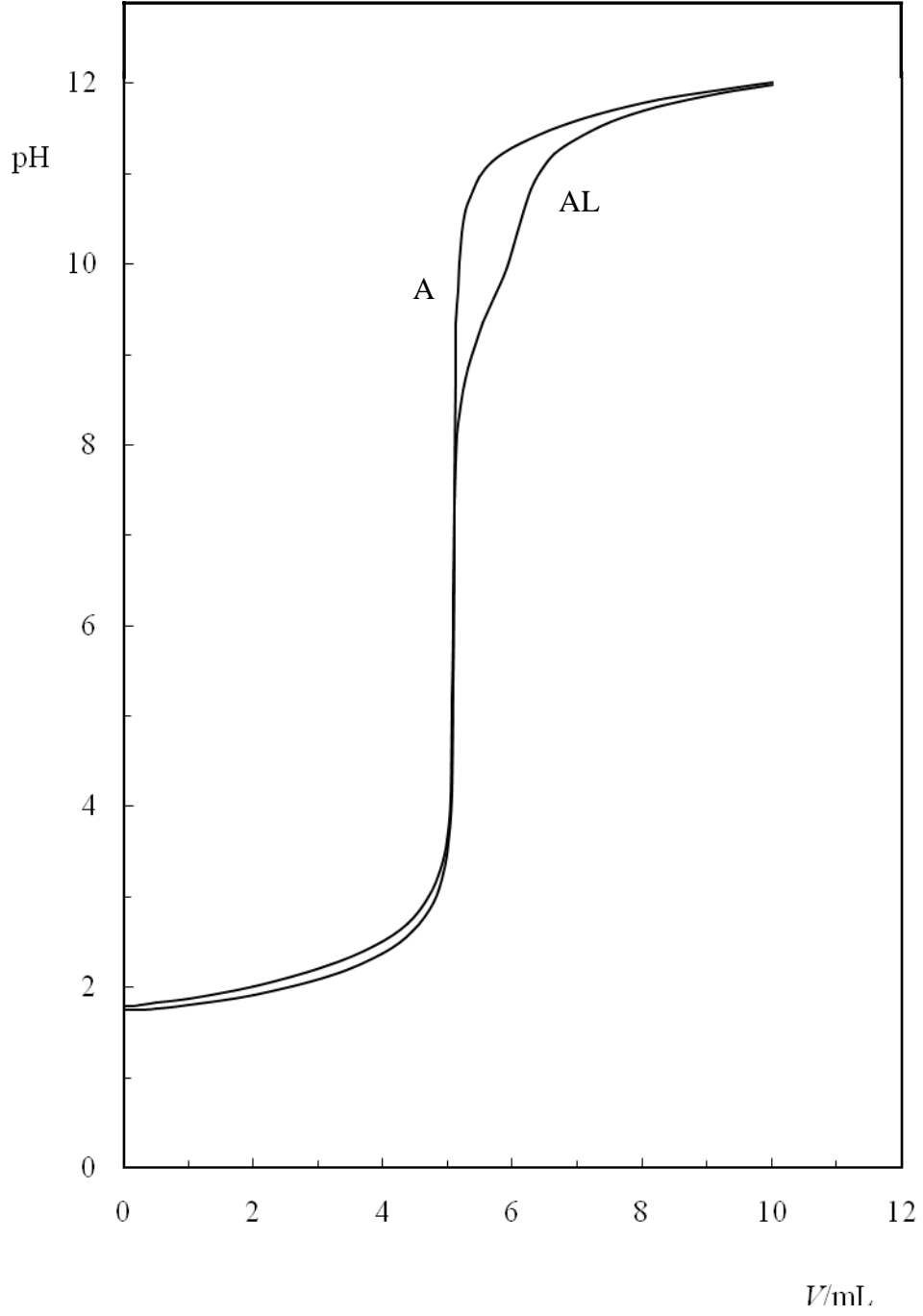
pH	V_1	V_2	n_A
1,90	0,8499	1,0854	0,7451
2,00	1,6037	1,9298	0,6521
2,20	2,7281	3,0267	0,6883
2,40	3,5188	3,7221	0,7908
2,60	4,0506	4,1739	0,8744
2,80	4,4087	4,4763	0,9317
3,00	4,6070	4,6847	0,9217
3,20	4,7508	4,7952	0,9554
3,40	4,8538	4,8783	0,9754
3,60	4,9043	4,9321	0,9722
3,80	4,9479	4,9644	0,9834
4,00	4,9670	4,9880	0,9790
4,25	4,9909	5,0048	0,9860
4,50	5,0013	5,0135	0,9879
4,75	5,0097	5,0221	0,9876
5,00	5,0181	5,0300	0,9881
5,25	5,0229	5,0362	0,9866
5,50	5,0274	5,0424	0,9849
5,75	5,0319	5,0499	0,9819
6,00	5,0363	5,0592	0,9772
6,25	5,0400	5,0732	0,9668
6,50	5,0436	5,0915	0,9521
6,75	5,0473	5,1175	0,9297
7,00	5,0509	5,1591	0,8918
7,25	5,0542	5,2189	0,8353
7,50	5,0574	5,3013	0,7561
7,75	5,0606	5,4133	0,6473
8,00	5,0638	5,5483	0,5157
8,25	5,0676	5,6923	0,3756
8,50	5,0740	5,8248	0,2495
8,75	5,0803	5,9427	0,1382
9,00	5,0913	6,0392	0,0528
9,20	5,1026	6,0984	0,0052



Şekil 6.12.4. Pro Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)

Şekil 6.13.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
 ($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$)

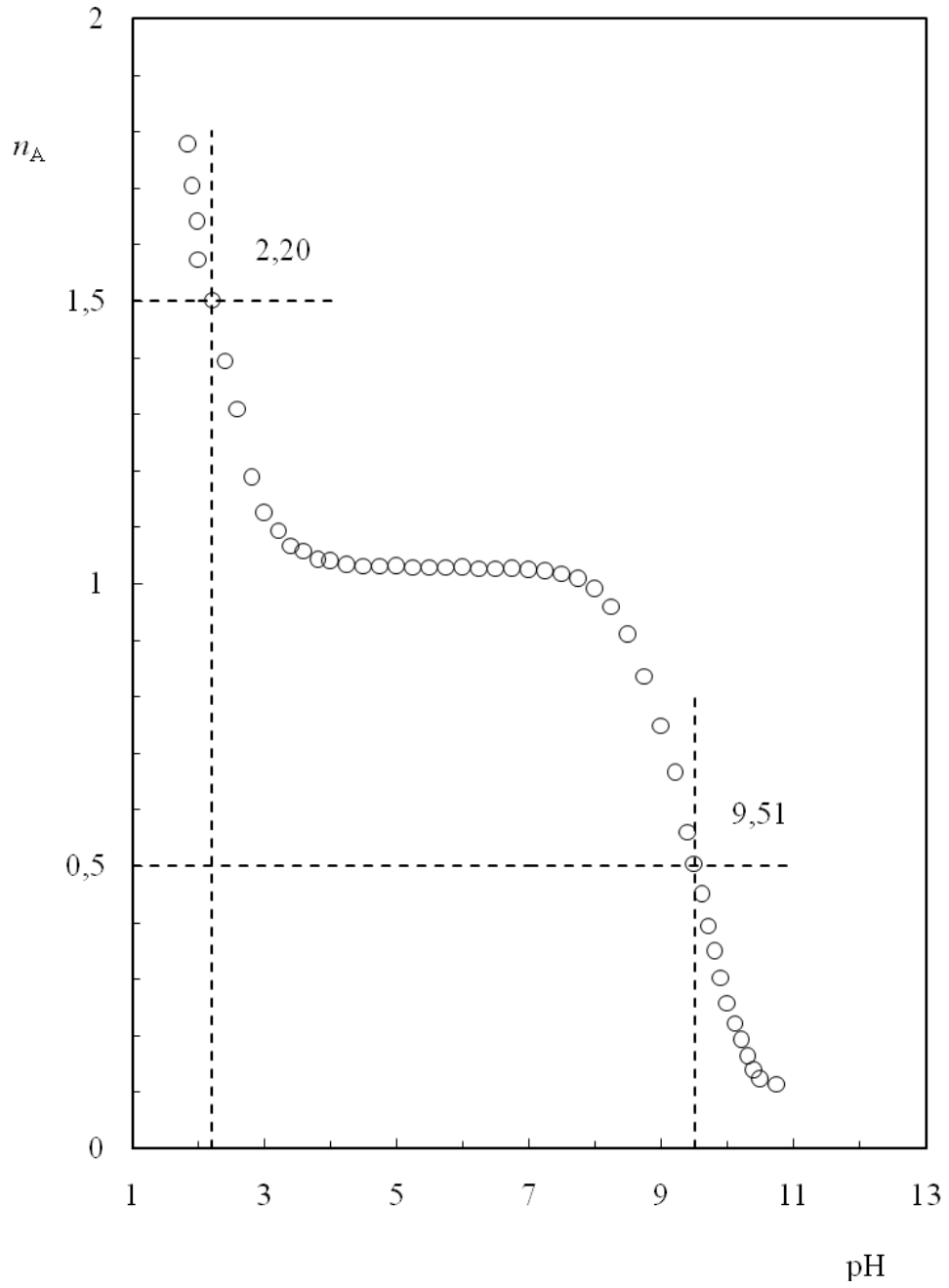
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,751	0,000	1,765
0,125	1,745	0,125	1,778
0,251	1,748	0,251	1,789
0,500	1,758	0,500	1,814
1,001	1,800	1,001	1,868
2,000	1,913	2,000	2,011
3,204	2,125	3,054	2,219
4,000	2,374	3,835	2,451
4,464	2,613	4,371	2,719
4,777	2,932	4,687	3,001
4,931	3,258	4,871	3,300
5,013	3,590	4,978	3,679
5,062	4,152	5,031	4,209
5,087	5,390	5,057	5,345
5,098	6,824	5,064	6,019
5,102	7,398	5,072	6,822
5,114	8,758	5,086	7,544
5,130	9,330	5,103	7,860
5,151	9,703	5,133	8,151
5,180	10,023	5,175	8,397
5,219	10,346	5,240	8,638
5,268	10,583	5,330	8,901
5,342	10,733	5,443	9,166
5,488	10,959	5,579	9,408
5,685	11,137	5,754	9,693
6,004	11,284	5,940	10,035
6,570	11,474	6,084	10,371
7,305	11,651	6,182	10,638
8,253	11,811	6,280	10,819
9,472	11,951	6,448	11,046
10,001	12,004	6,670	11,211
		7,047	11,396
		7,587	11,584
		8,299	11,763
		9,214	11,912
		10,001	11,999



Şekil 6.13.2. Asit (A) ve Asit+ Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.13.3. HClO₄ ve HClO₄+Fal çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

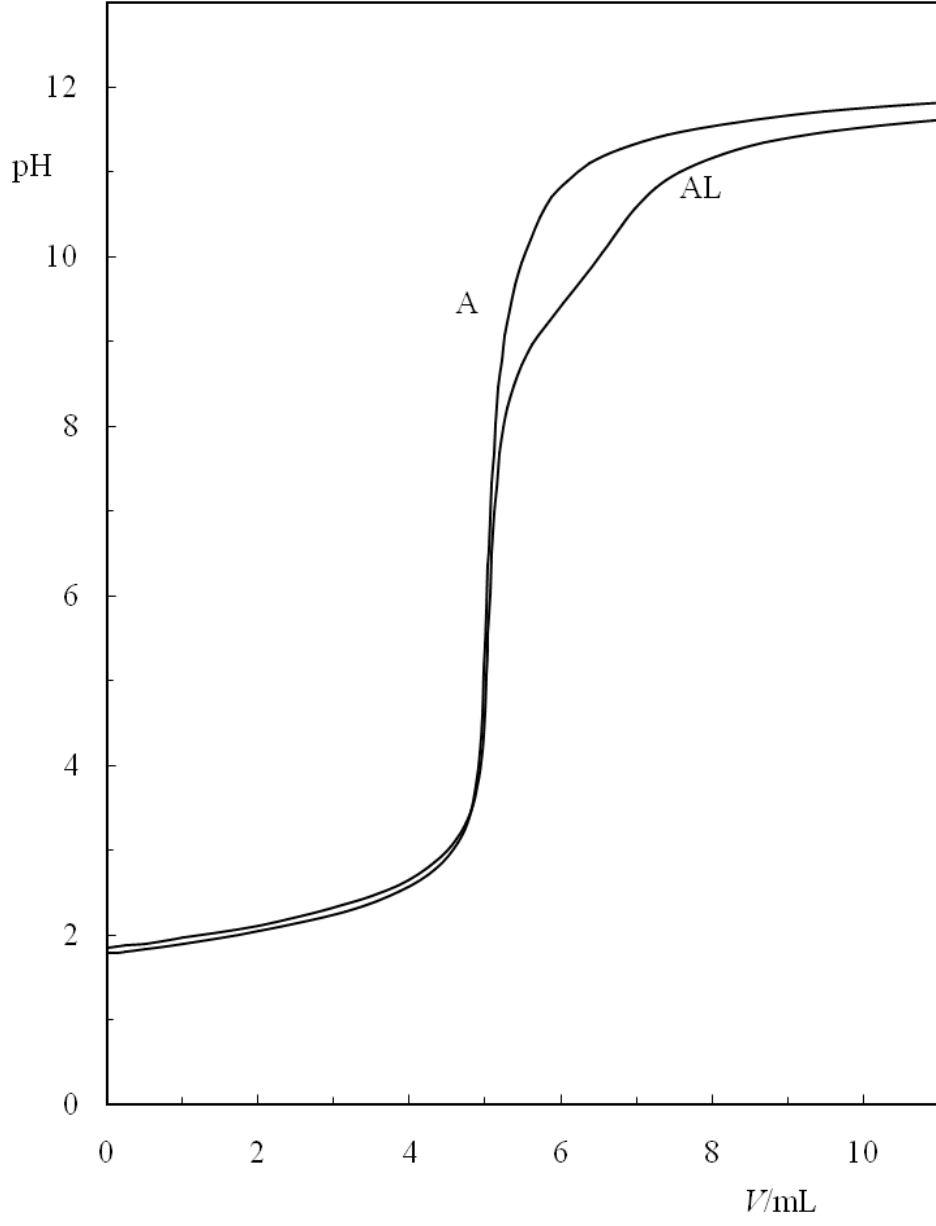
pH	V_1	V_2	n_A
1,90	1,8850	1,2237	1,7022
2,00	2,4934	1,9263	1,5953
2,20	3,4429	2,9560	1,5019
2,40	4,0500	3,6628	1,3947
2,60	4,4386	4,1327	1,3096
2,80	4,6475	4,4617	1,1873
3,00	4,8094	4,6864	1,1236
3,20	4,9039	4,8098	1,0944
3,40	4,9663	4,8994	1,0670
3,60	5,0140	4,9556	1,0586
3,80	5,0315	4,9898	1,0417
4,00	5,0490	5,0099	1,0391
4,25	5,0642	5,0318	1,0324
4,50	5,0692	5,0375	1,0317
4,75	5,0741	5,0432	1,0309
5,00	5,0791	5,0489	1,0302
5,25	5,0840	5,0546	1,0294
5,50	5,0876	5,0584	1,0292
5,75	5,0895	5,0609	1,0285
6,00	5,0914	5,0635	1,0279
6,25	5,0932	5,0660	1,0272
6,50	5,0951	5,0686	1,0265
6,75	5,0970	5,0711	1,0259
7,00	5,0988	5,0752	1,0236
7,25	5,1007	5,0799	1,0208
7,50	5,1027	5,0847	1,0180
7,75	5,1050	5,0970	1,0079
8,00	5,1072	5,1176	0,9896
8,25	5,1095	5,1502	0,9593
8,50	5,1118	5,2028	0,9090
8,75	5,1140	5,2779	0,8361
9,00	5,1210	5,3719	0,7492
9,20	5,1267	5,4619	0,6650
9,40	5,1343	5,5746	0,5600
9,50	5,1397	5,6354	0,5047
9,60	5,1452	5,6966	0,4492



Şekil 6.13.4. Fal – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.14.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
 (T = 20,0°C, c(NaClO₄) = 0,1 mol / L)

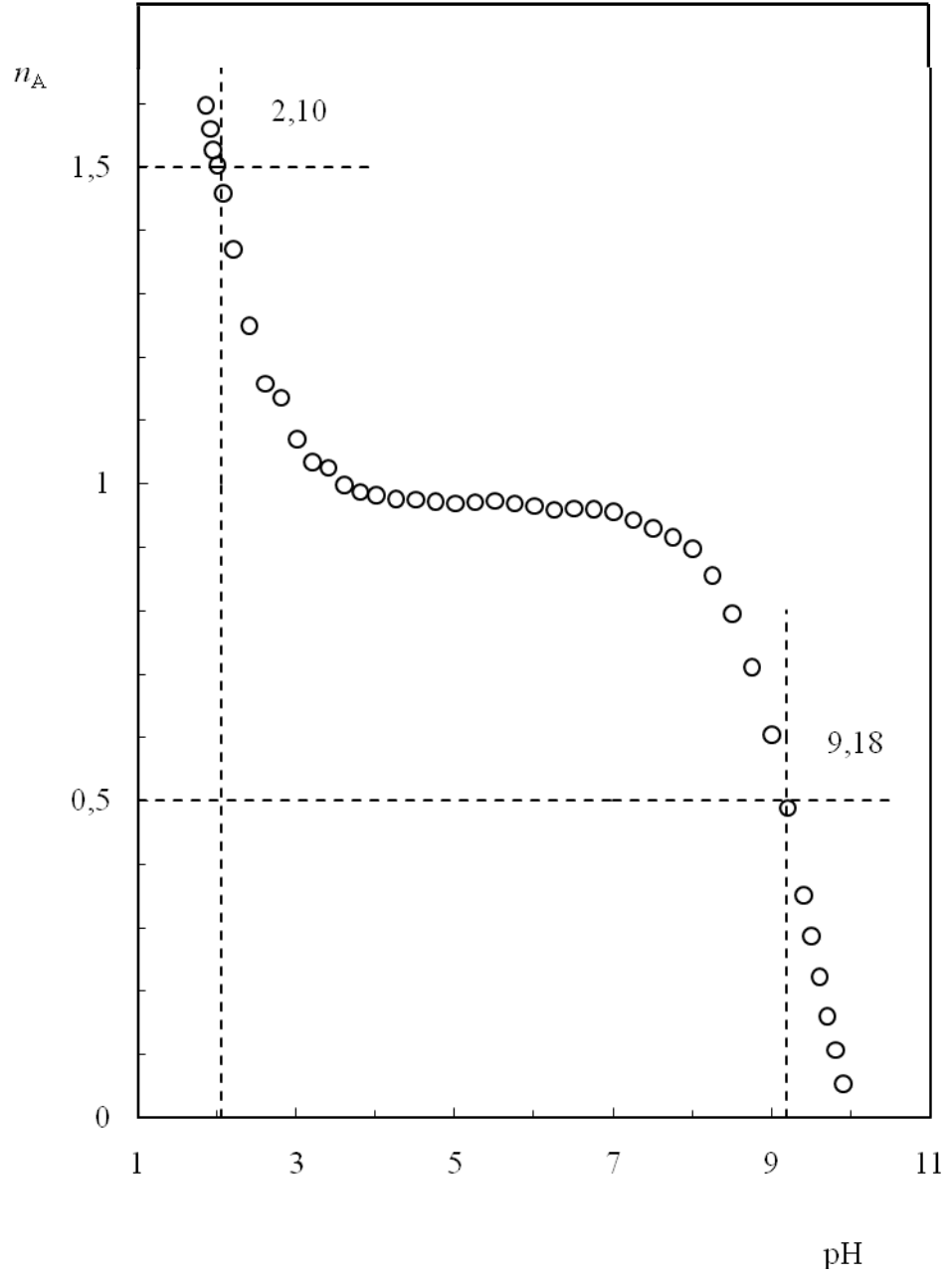
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,783	0,000	1,845
0,125	1,796	0,125	1,860
0,251	1,810	0,251	1,875
0,500	1,839	0,500	1,904
1,001	1,901	1,001	1,967
2,000	2,044	2,000	2,116
3,152	2,283	3,113	2,352
3,888	2,528	3,842	2,589
4,353	2,787	4,330	2,854
4,641	3,090	4,626	3,132
4,795	3,391	4,803	3,457
4,886	3,771	4,897	3,765
4,933	4,155	4,957	4,172
4,964	4,596	4,991	4,628
4,987	5,121	5,016	5,065
5,008	5,438	5,031	5,382
5,021	5,828	5,039	5,561
5,039	6,367	5,062	6,011
5,057	6,565	5,090	6,501
5,092	7,333	5,120	6,987
5,113	7,689	5,150	7,291
5,141	8,039	5,192	7,685
5,178	8,467	5,237	7,984
5,216	8,780	5,293	8,213
5,265	9,072	5,377	8,477
5,328	9,379	5,484	8,716
5,400	9,674	5,625	8,967
5,485	9,923	5,800	9,194
5,597	10,199	6,029	9,449
5,726	10,466	6,293	9,744
5,880	10,698	6,555	10,043
6,082	10,891	6,803	10,372
6,383	11,095	6,986	10,573
6,791	11,264	7,253	10,817
7,410	11,433	7,567	10,996
8,274	11,581	8,040	11,183
9,478	11,713	8,684	11,342
11,075	11,826	9,616	11,483
13,075	11,918	10,921	11,609
14,001	11,949	12,633	11,715
		14,001	11,776



Şekil 6.14.2. Asit (A) ve Asit+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.14.3. HClO₄ ve HClO₄+Fal çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

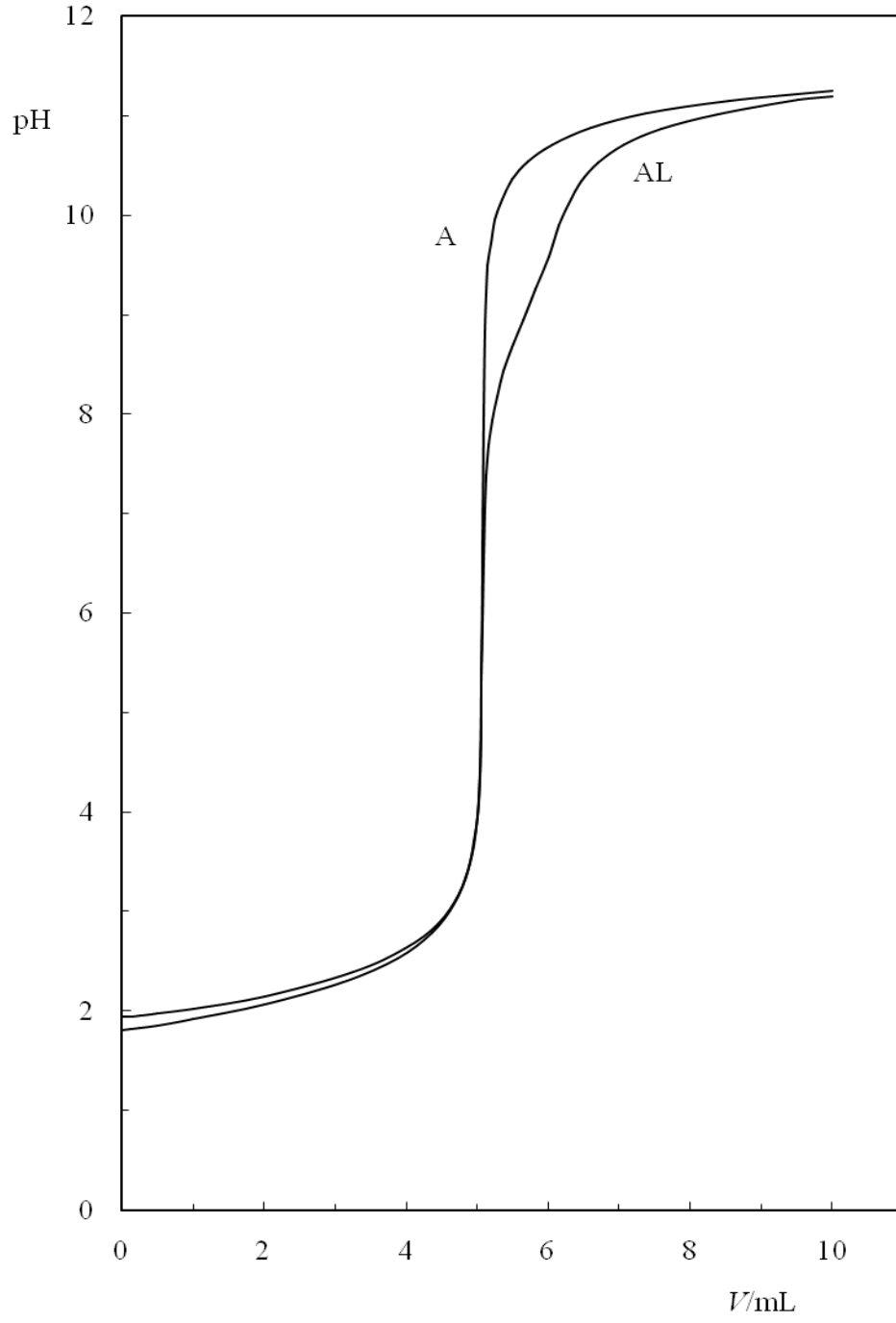
pH	V_1	V_2	n_A
2,20	2,7520	2,3971	1,3705
2,40	3,5046	3,2617	1,2500
2,60	4,0181	3,8626	1,1584
2,80	4,3654	4,2314	1,1357
3,00	4,5556	4,4855	1,0707
3,20	4,6974	4,6629	1,0347
3,40	4,7973	4,7721	1,0253
3,60	4,8453	4,8468	0,9984
3,80	4,8899	4,9024	0,9874
4,00	4,9141	4,9320	0,9821
4,25	4,9396	4,9632	0,9763
4,50	4,9573	4,9818	0,9754
4,75	4,9709	4,9982	0,9726
5,00	4,9820	5,0122	0,9697
5,25	4,9956	5,0246	0,9710
5,50	5,0098	5,0363	0,9735
5,75	5,0183	5,0489	0,9694
6,00	5,0267	5,0617	0,9650
6,25	5,0352	5,0756	0,9596
6,50	5,0510	5,0895	0,9615
6,75	5,0654	5,1049	0,9605
7,00	5,0769	5,1208	0,9562
7,25	5,0885	5,1454	0,9431
7,50	5,1019	5,1719	0,9300
7,75	5,1177	5,2015	0,9163
8,00	5,1382	5,2406	0,8977
8,25	5,1595	5,3045	0,8553
8,50	5,1822	5,3875	0,7951
8,75	5,2126	5,5028	0,7106
9,00	5,2532	5,6504	0,6042
9,20	5,2915	5,8050	0,4887
9,40	5,3333	5,9847	0,3517
9,50	5,3578	6,0744	0,2871
9,60	5,3823	6,1640	0,2227
9,70	5,4093	6,2537	0,1609
9,80	5,4432	6,3422	0,1072



Şekil 6.14.4. Fal – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
 ($T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.15.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
 ($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

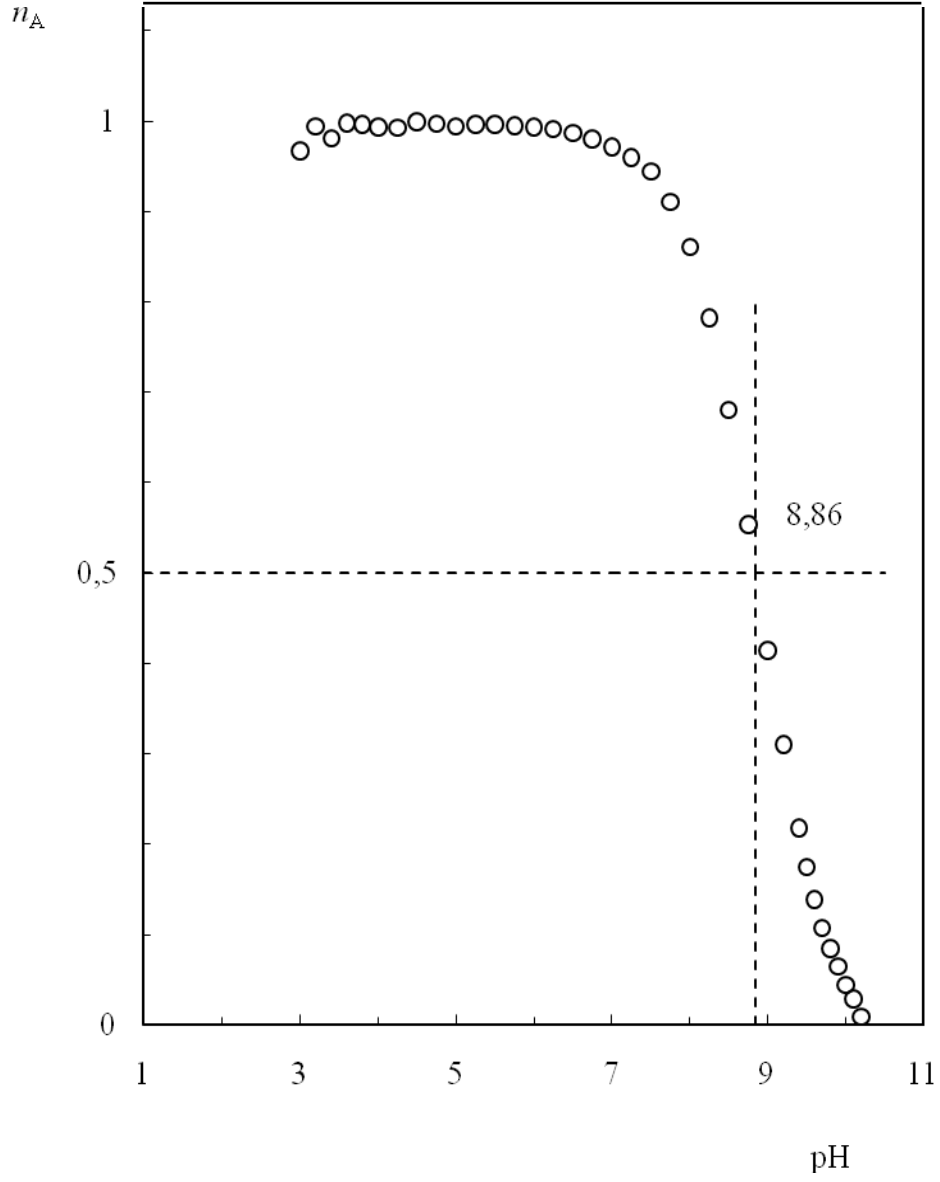
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,943	0,000	1,802
0,125	1,943	0,125	1,816
0,251	1,952	0,251	1,829
0,500	1,970	0,500	1,856
1,001	2,022	1,001	1,917
2,000	2,145	2,000	2,062
3,246	2,387	3,124	2,293
3,983	2,623	3,873	2,532
4,452	2,879	4,366	2,786
4,745	3,183	4,682	3,075
4,900	3,495	4,861	3,399
4,986	3,854	4,955	3,708
5,034	4,400	5,015	4,103
5,058	5,320	5,050	4,781
5,070	6,441	5,061	5,437
5,073	6,731	5,069	5,912
5,088	7,975	5,084	6,529
5,103	8,836	5,103	7,055
5,121	9,208	5,128	7,390
5,148	9,493	5,162	7,693
5,189	9,724	5,207	7,942
5,255	9,959	5,274	8,182
5,349	10,157	5,368	8,432
5,499	10,360	5,489	8,669
5,719	10,544	5,650	8,947
6,060	10,713	5,827	9,253
6,596	10,877	6,006	9,583
7,384	11,022	6,157	9,898
8,535	11,145	6,284	10,113
10,001	11,244	6,465	10,340
		6,704	10,524
		7,067	10,708
		7,590	10,867
		8,386	11,018
		9,510	11,154
		10,001	11,193



Şekil 6.15.2. Asit (A) ve Asit+Fal (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.15.3. HClO₄ ve HClO₄+Fal çözeltilerinin çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

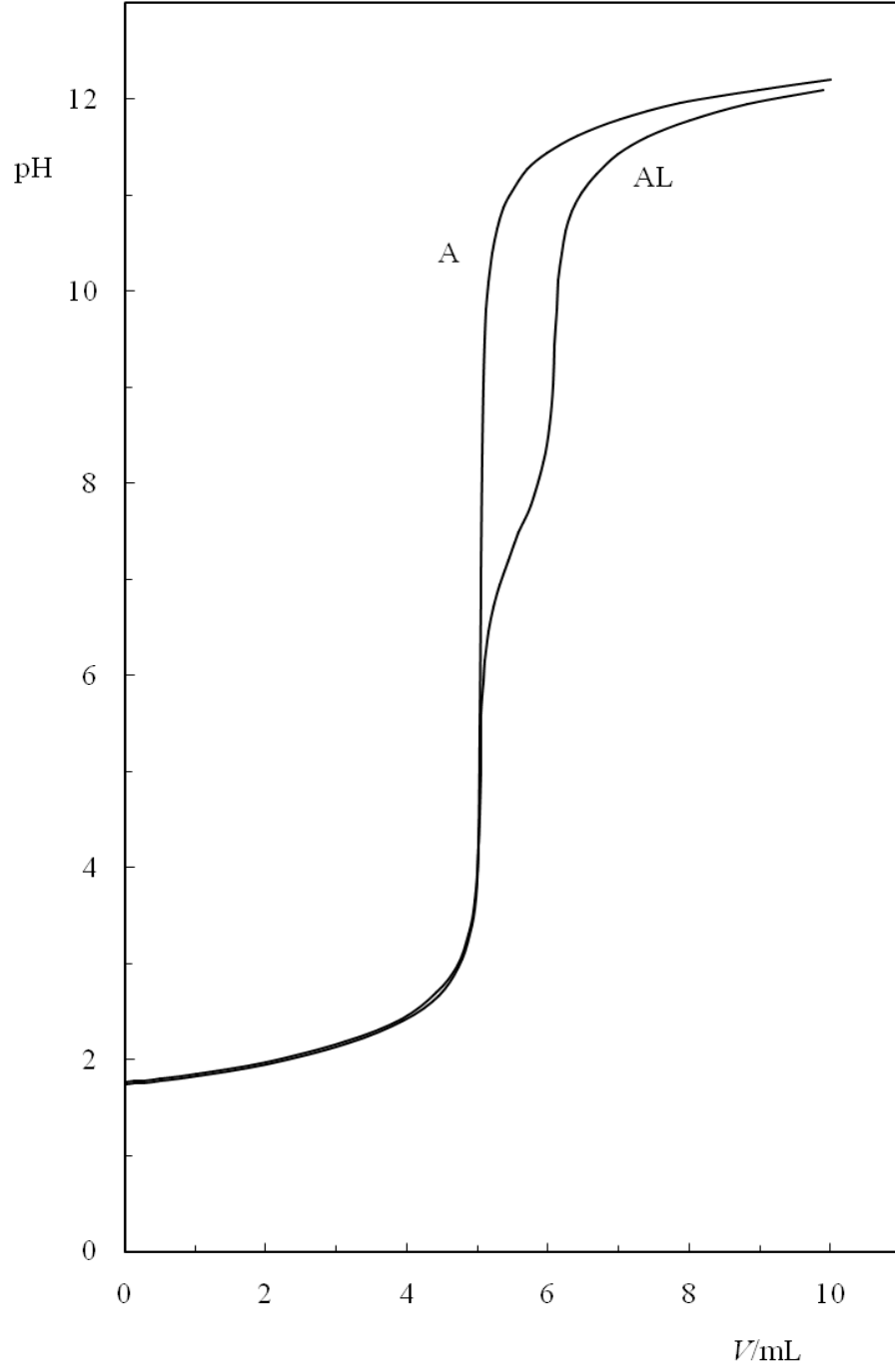
pH	V_1	V_2	n_A
2,00	0,7892	1,5730	0,1501
2,20	2,2822	2,6719	0,5895
2,40	3,2868	3,4596	0,8214
2,60	3,9094	4,0055	0,9019
2,80	4,3067	4,3813	0,9244
3,00	4,5683	4,5997	0,9683
3,20	4,7532	4,7506	1,0026
3,40	4,8526	4,8607	0,9919
3,60	4,9251	4,9217	1,0034
3,80	4,9730	4,9686	1,0045
4,00	4,9987	4,9989	0,9997
4,25	5,0205	5,0223	0,9983
4,50	5,0363	5,0353	1,0009
4,75	5,0430	5,0484	0,9946
5,00	5,0497	5,0537	0,9959
5,25	5,0563	5,0579	0,9984
5,50	5,0601	5,0622	0,9980
5,75	5,0628	5,0664	0,9964
6,00	5,0654	5,0712	0,9942
6,25	5,0681	5,0773	0,9908
6,50	5,0707	5,0834	0,9873
6,75	5,0734	5,0921	0,9813
7,00	5,0764	5,1012	0,9752
7,25	5,0795	5,1175	0,9620
7,50	5,0825	5,1401	0,9424
7,75	5,0855	5,1722	0,9133
8,00	5,0886	5,2230	0,8657
8,25	5,0930	5,2993	0,7938
8,50	5,0973	5,4027	0,6948
8,75	5,1017	5,5359	0,5660
9,00	5,1110	5,6805	0,4309
9,20	5,1205	5,7963	0,3248
9,40	5,1393	5,9066	0,2336
9,50	5,1494	5,9607	0,1898
9,60	5,1671	6,0138	0,1547



Şekil 6.15.4. Fal – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.16.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

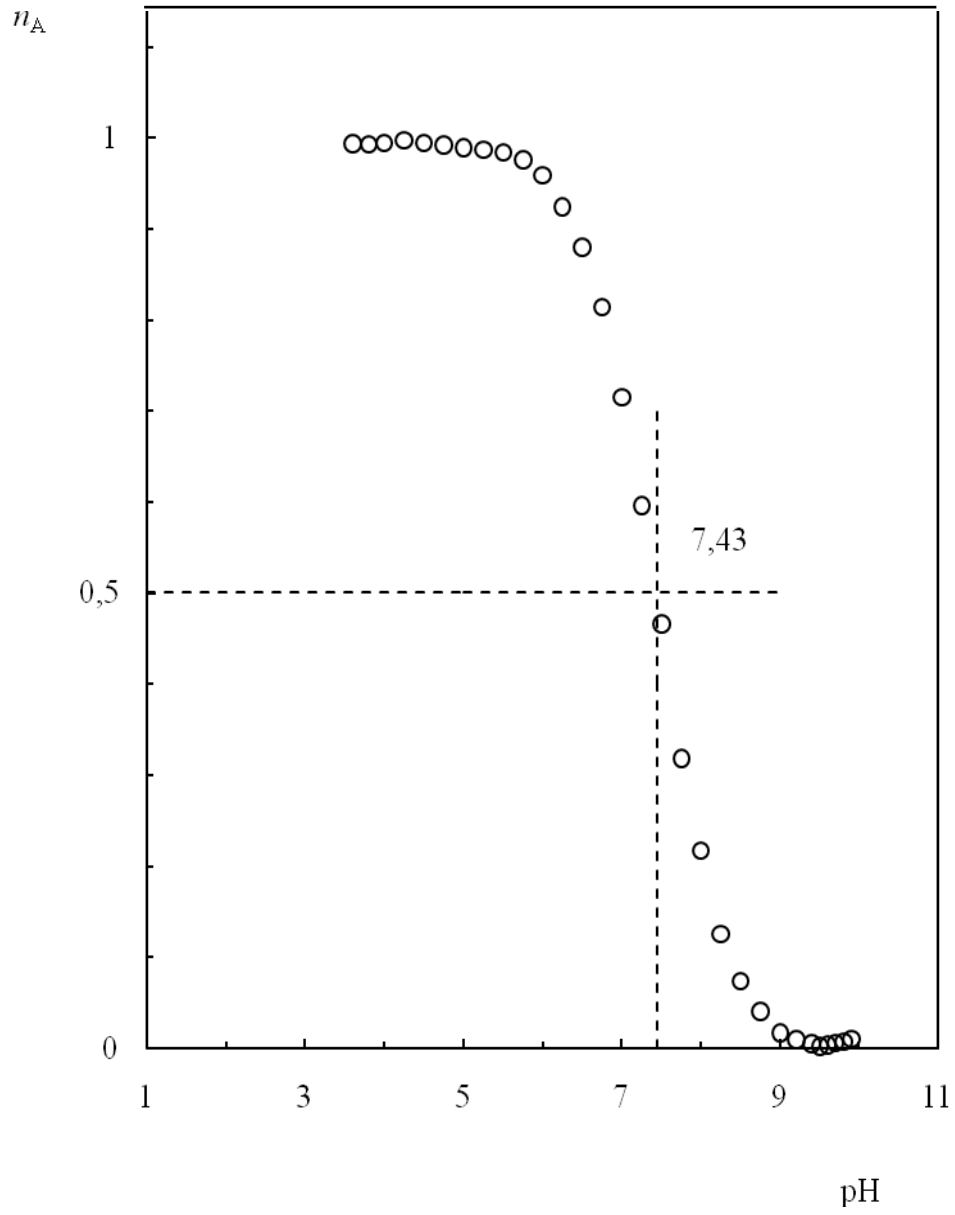
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,769	0,000	1,741
0,125	1,772	0,125	1,748
0,251	1,778	0,251	1,757
0,500	1,797	0,500	1,773
1,001	1,846	1,001	1,822
2,000	1,976	2,000	1,948
3,118	2,187	3,145	2,159
3,906	2,424	3,948	2,404
4,415	2,694	4,437	2,664
4,706	2,981	4,732	2,964
4,871	3,308	4,889	3,302
4,957	3,651	4,968	3,682
5,008	4,250	5,011	4,239
5,031	5,477	5,034	5,017
5,046	6,878	5,035	5,073
5,048	7,120	5,050	5,602
5,060	8,304	5,069	5,936
5,075	9,052	5,099	6,159
5,094	9,504	5,152	6,461
5,118	9,813	5,216	6,712
5,154	10,095	5,304	6,940
5,204	10,393	5,428	7,201
5,267	10,651	5,578	7,484
5,351	10,866	5,743	7,761
5,477	11,046	5,925	8,214
5,688	11,265	6,010	8,588
5,970	11,440	6,059	9,023
6,411	11,626	6,088	9,443
7,019	11,796	6,112	9,820
7,867	11,960	6,142	10,120
8,979	12,097	6,184	10,394
10,001	12,199	6,243	10,634
		6,328	10,830
		6,465	11,024
		6,678	11,221
		6,989	11,423
		7,413	11,609
		8,003	11,782
		8,821	11,949
		9,887	12,092
		10,001	12,108



Şekil 6.16.2. Asit (A) ve Asit+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.16.3. HClO₄ ve HClO₄+Fal Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 5,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

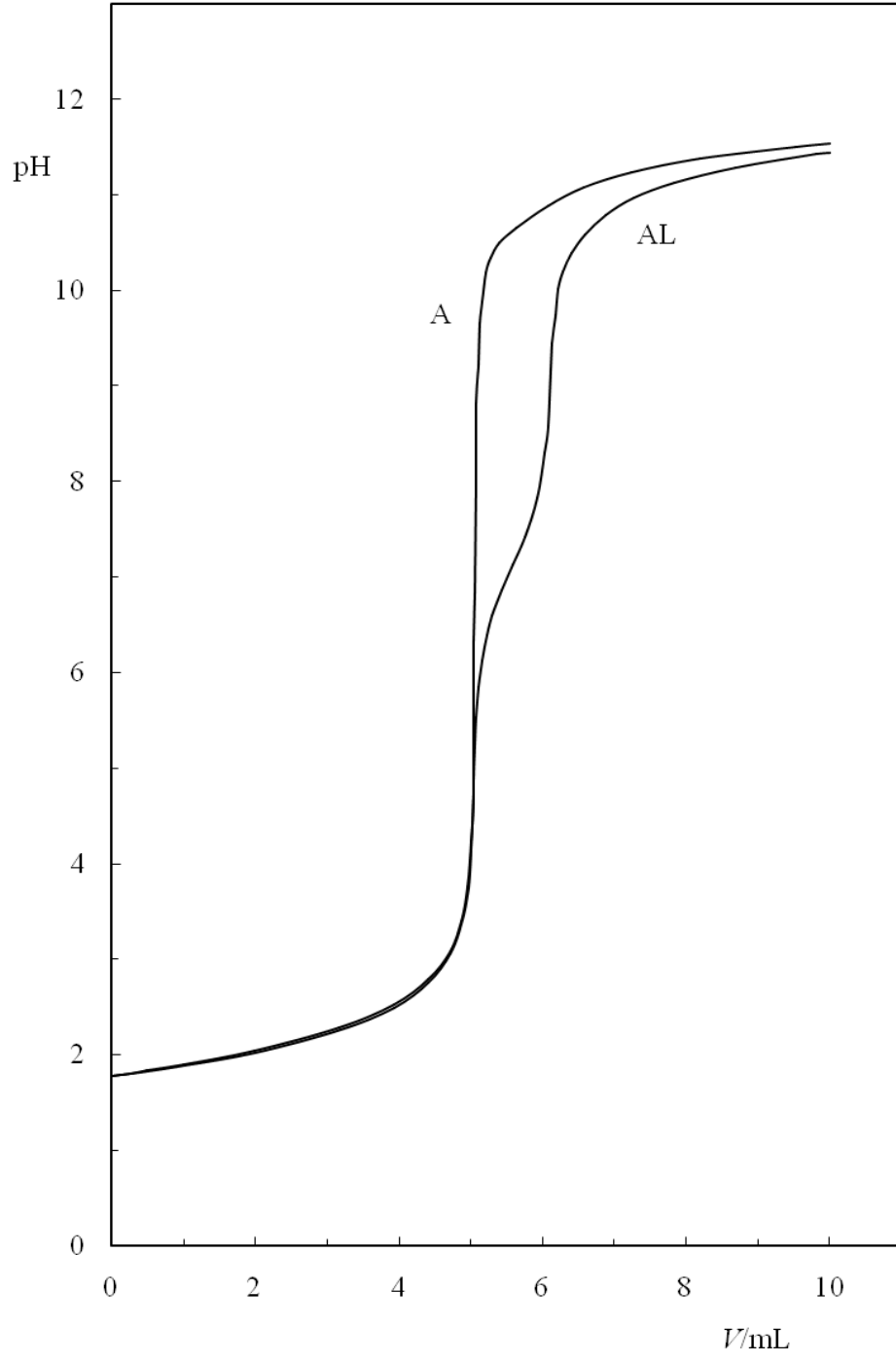
pH	V_1	V_2	n_A
1,90	1,4139	1,6201	0,7791
2,00	2,1275	2,2827	0,8362
2,20	3,1619	3,2799	0,8778
2,40	3,8262	3,9338	0,8900
2,60	4,2371	4,3164	0,9196
2,80	4,5220	4,5705	0,9511
3,00	4,7158	4,7489	0,9667
3,20	4,8170	4,8419	0,9750
3,40	4,8945	4,9096	0,9849
3,60	4,9445	4,9512	0,9933
3,80	4,9698	4,9772	0,9927
4,00	4,9867	4,9924	0,9943
4,25	5,0077	5,0108	0,9969
4,50	5,0124	5,0183	0,9942
4,75	5,0172	5,0257	0,9915
5,00	5,0219	5,0331	0,9888
5,25	5,0266	5,0402	0,9864
5,50	5,0312	5,0472	0,9840
5,75	5,0338	5,0585	0,9754
6,00	5,0365	5,0777	0,9588
6,25	5,0392	5,1152	0,9240
6,50	5,0419	5,1622	0,8796
6,75	5,0445	5,2308	0,8137
7,00	5,0471	5,3320	0,7151
7,25	5,0495	5,4535	0,5960
7,50	5,0519	5,5860	0,4659
7,75	5,0543	5,7361	0,3183
8,00	5,0567	5,8391	0,2177
8,25	5,0591	5,9335	0,1258
8,50	5,0635	5,9899	0,0739
8,75	5,0685	6,0281	0,0408
9,00	5,0735	6,0563	0,0177
9,20	5,0808	6,0710	0,0104
9,40	5,0892	6,0847	0,0053
9,50	5,0934	6,0913	0,0030



Şekil 6.16.4. Fal Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 5,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.17.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

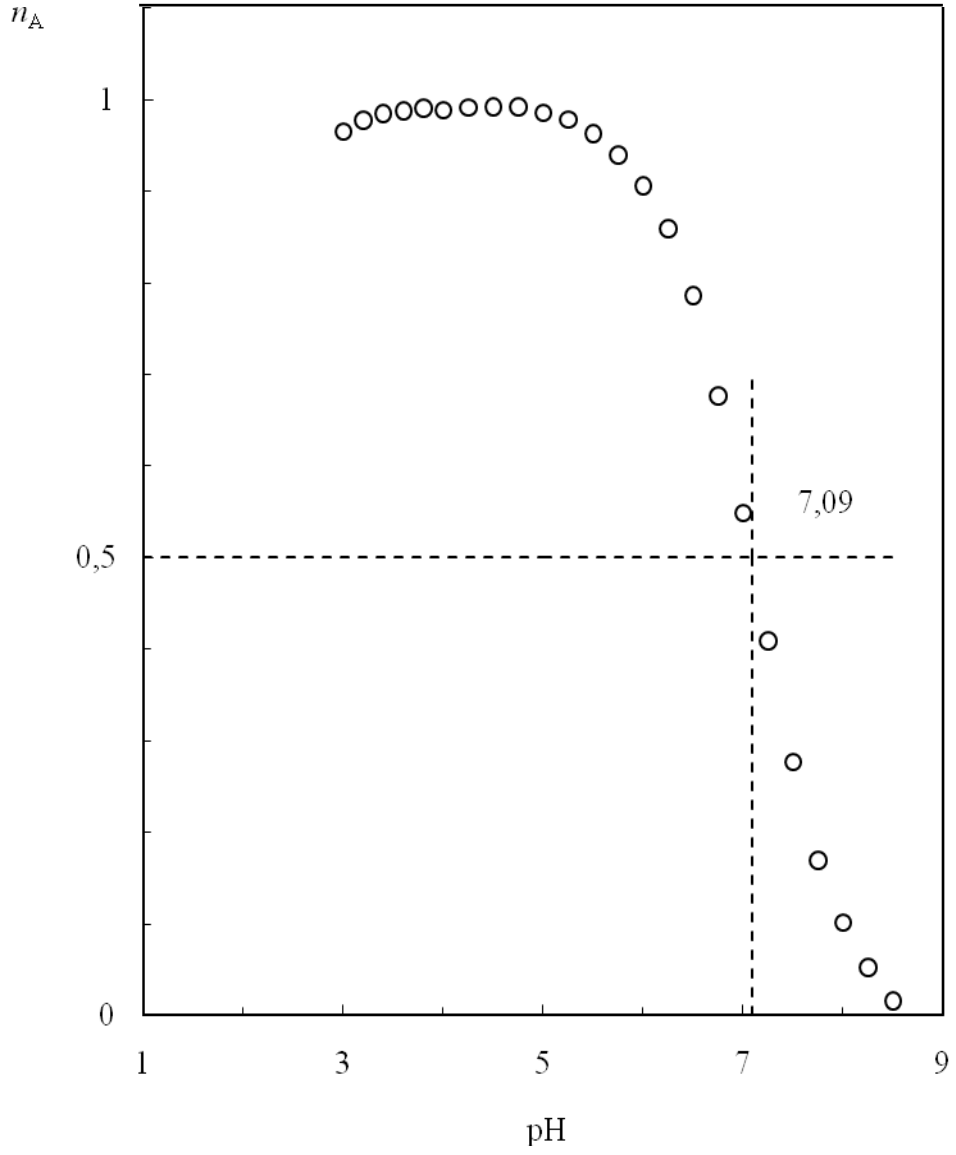
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,779	0,000	1,775
0,125	1,792	0,125	1,785
0,251	1,806	0,251	1,797
0,500	1,834	0,500	1,823
1,001	1,897	1,001	1,882
2,000	2,041	2,000	2,019
3,178	2,282	3,185	2,257
3,931	2,521	3,933	2,494
4,423	2,788	4,422	2,753
4,715	3,085	4,723	3,057
4,874	3,400	4,882	3,370
4,963	3,757	4,971	3,749
5,012	4,237	5,017	4,158
5,038	4,730	5,046	4,745
5,053	6,330	5,051	4,887
5,058	6,823	5,065	5,247
5,072	7,960	5,086	5,536
5,088	8,824	5,120	5,850
5,106	9,215	5,165	6,120
5,132	9,658	5,226	6,390
5,162	9,888	5,306	6,593
5,214	10,190	5,433	6,859
5,276	10,344	5,583	7,128
5,403	10,499	5,756	7,424
5,647	10,650	5,936	7,832
6,088	10,890	6,036	8,300
6,581	11,076	6,079	8,582
7,249	11,236	6,122	9,160
8,204	11,377	6,145	9,451
9,530	11,505	6,180	9,742
10,001	11,540	6,229	10,016
		6,295	10,198
		6,412	10,387
		6,603	10,579
		6,891	10,785
		7,281	10,965
		7,846	11,121
		8,701	11,283
		9,826	11,426
		10,001	11,439



Şekil 6.17.2. Asit (A) ve Asit+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.17.3. HClO₄ ve HClO₄+Fal Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 20,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

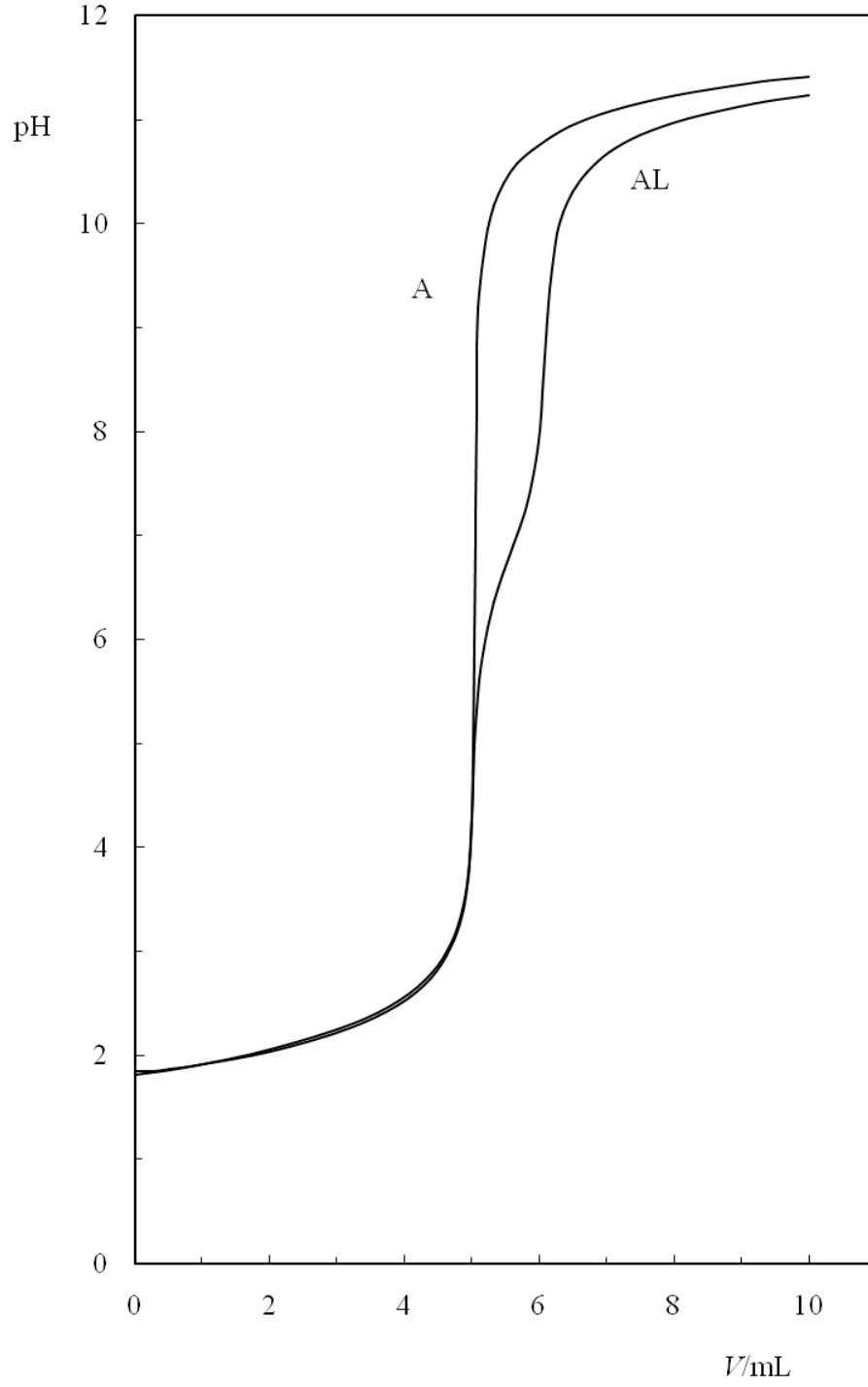
pH	V_1	V_2	n_A
1,9	1,0199	1,1299	0,8812
2,00	1,7146	1,8592	0,8460
2,20	2,7775	2,9011	0,8711
2,40	3,5497	3,6358	0,9114
2,60	4,0759	4,1325	0,9424
2,80	4,4342	4,4679	0,9659
3,00	4,6311	4,6665	0,9643
3,20	4,7728	4,7959	0,9768
3,40	4,8739	4,8894	0,9844
3,60	4,9238	4,9361	0,9876
3,80	4,9672	4,9767	0,9905
4,00	4,9876	4,9994	0,9882
4,25	5,0125	5,0218	0,9907
4,50	5,0256	5,0340	0,9916
4,75	5,0379	5,0461	0,9918
5,00	5,0403	5,0556	0,9847
5,25	5,0428	5,0652	0,9776
5,50	5,0453	5,0829	0,9623
5,75	5,0477	5,1086	0,9391
6,00	5,0502	5,1445	0,9056
6,25	5,0526	5,1941	0,8585
6,50	5,0551	5,2696	0,7855
6,75	5,0575	5,3811	0,6764
7,00	5,0603	5,5118	0,5485
7,25	5,0633	5,6546	0,4088
7,50	5,0663	5,7897	0,2767
7,75	5,0693	5,9000	0,1695
8,00	5,0726	5,9719	0,1009
8,25	5,0773	6,0251	0,0526
8,50	5,0821	6,0667	0,0157



Şekil 6.17.4. Fal Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 20,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

Şekil 6.18.1. HClO₄ (A) ve HClO₄+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon verileri
($T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

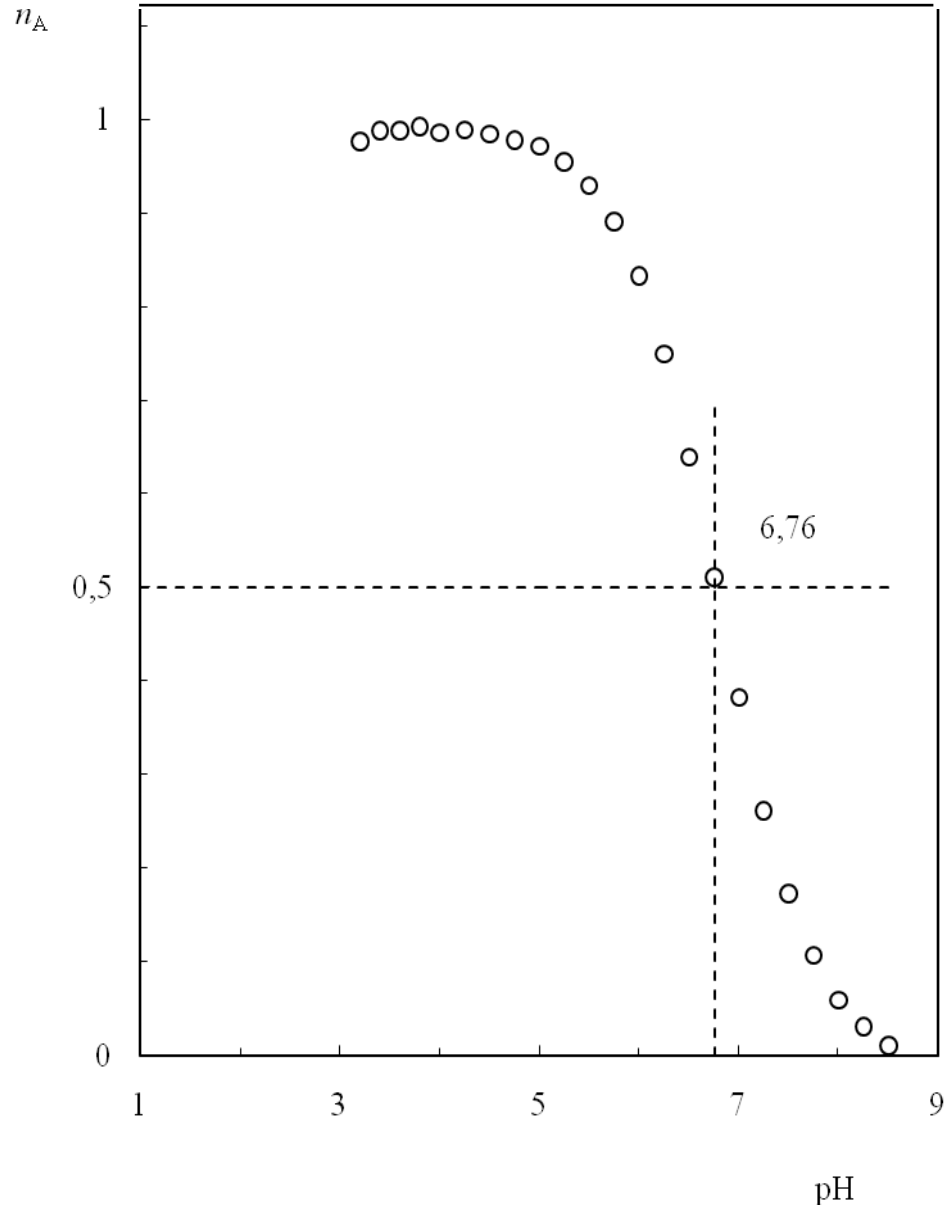
V/mL	pH	V/mL	pH
0,000	1,810	0,000	1,842
0,125	1,821	0,125	1,843
0,251	1,834	0,251	1,848
0,500	1,859	0,500	1,864
1,001	1,918	1,001	1,909
2,000	2,054	2,000	2,032
3,178	2,290	3,130	2,245
3,927	2,532	3,894	2,481
4,404	2,795	4,385	2,740
4,690	3,084	4,683	3,027
4,852	3,394	4,854	3,352
4,944	3,756	4,944	3,709
4,994	4,284	4,993	4,091
5,019	5,018	5,024	4,615
5,036	6,003	5,026	4,648
5,051	7,032	5,046	4,992
5,054	7,270	5,075	5,324
5,066	8,203	5,113	5,612
5,083	8,842	5,165	5,865
5,102	9,193	5,237	6,115
5,132	9,447	5,335	6,363
5,180	9,731	5,462	6,615
5,241	9,950	5,620	6,902
5,336	10,170	5,790	7,243
5,474	10,382	5,925	7,612
5,672	10,572	6,009	8,020
5,972	10,744	6,052	8,376
6,445	10,928	6,085	8,734
7,097	11,088	6,116	9,082
8,032	11,234	6,154	9,376
9,315	11,366	6,206	9,660
10,001	11,417	6,272	9,903
		6,363	10,103
		6,509	10,307
		6,724	10,501
		7,043	10,685
		7,512	10,853
		8,208	11,009
		9,204	11,157
		10,001	11,236



Şekil 6.18.2. Asit (A) ve Asit+Fal Ester (AL) çözeltilerinin titrasyon eğrileri
 $T = 35,0^{\circ}\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

Şekil 6.18.3. HClO₄ ve HClO₄+Fal Ester çözeltileri için hesaplanmış NaOH sarfiyatları ve n_A değerleri, $T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$

pH	V_1	V_2	n_A
1,90	0,8499	0,8998	0,9461
2,00	1,6037	1,7379	0,8568
2,20	2,7281	2,8893	0,8317
2,40	3,5188	3,6318	0,8838
2,60	4,0506	4,1193	0,9300
2,80	4,4087	4,4468	0,9615
3,00	4,6070	4,6549	0,9517
3,20	4,7508	4,7741	0,9767
3,40	4,8538	4,8659	0,9879
3,60	4,9043	4,9163	0,9880
3,80	4,9479	4,9554	0,9925
4,00	4,9670	4,9810	0,9860
4,25	4,9909	5,0022	0,9887
4,50	5,0013	5,0172	0,9841
4,75	5,0097	5,0319	0,9778
5,00	5,0181	5,0466	0,9715
5,25	5,0229	5,0682	0,9547
5,50	5,0274	5,0978	0,9295
5,75	5,0319	5,1409	0,8909
6,00	5,0363	5,2035	0,8328
6,25	5,0400	5,2904	0,7496
6,50	5,0436	5,4040	0,6396
6,75	5,0473	5,5361	0,5112
7,00	5,0509	5,6687	0,3823
7,25	5,0542	5,7927	0,2616
7,50	5,0574	5,8844	0,1731
7,75	5,0606	5,9535	0,1073
8,00	5,0638	6,0044	0,0597
8,25	5,0676	6,0367	0,0313
8,50	5,0740	6,0634	0,0110



Şekil 6.18.4. Fal Ester – proton sistemi için protonlanma derecesinin pH ile değişimi
($T = 35,0^\circ\text{C}$, $c(\text{NaClO}_4) = 0,1 \text{ mol / L}$)

7.TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada Val, Fal ile Pro amino ve imino asitlerinin ve bunların metil esterlerinin 5,0, 20,0 ve 35,0°C sıcaklıklardaki asitlik sabitleri, Irwing-Rosotti yöntemiyle potansiyometrik olarak belirlenmiştir.

Asit (HClO₄) çözeltisi (A) ile Aminoasit + HClO₄ çözeltisi (AL) titrasyon eğrileri karşılaştırıldığında öncelikle pH = 2 – 3 arasında amino asidin –COOH grubunun ve 9 – 11 arasında ise protonlanmış olan amino grubunun (–N⁺H₃) protonunu verdiği gözlemlenmiştir.

pH'ye karşı hesaplanan n_A değerleri grafiğe geçirilerek $n_A = 0,5$ ve $n_A = 1,5$ değerlerine karşılık gelen makro asitlik sabitleri MS Excel yazılımı yardımıyla hesaplatılmıştır. Üç ayrı sıcaklık için elde edilen makro asitlik sabitleri Şekil 7.1.'de gösterilmiştir.

Şekil 7.1. Val, Pro ve Fal.'in çeşitli sıcaklıklardaki makro asitlik sabiti değerleri

L: pK_a / T^oC	5,0	20,0	35,0
Val: pK _O	2,22	2,37	2,50
Val: pK _N	9,93	9,62	9,33
Val ester: pK _N	7,76	7,57	7,36
Pro: pK _O	2,24	2,31	–
Pro: pK _N	10,66	10,39	10,15
Pro ester: pK _N	8,56	8,36	8,13
Fal: pK _O	2,20	2,10	2,00
Fal: pK _N	9,52	9,18	8,86
Fal ester: pK _N	7,43	7,08	6,76

Bulunan bu pK_a değerleri literatürde bulunabilenlerle karşılaştırıldıklarında çalışma yöntemi ve koşullarındaki farklılık göz önüne alındığında birbiriyle uyumlu olduğu görüldü (Baştuğ AS ve arkadaşları 2011).

Şekil 7.1'den Val, Pro, Fal'in amino grubunun asitlik sabitlerinin sıcaklık arttıkça azaldığı, Val ve Pro için karboksil grubunun asitlik sabitinin ise sıcaklık arttıkça arttığı, Fal için ise azaldığı görülmektedir. Benzer olarak Val, Pro, Fal'in Metil Esterlerinin amino grubunun asitlik sabiti de sıcaklık arttıkça azalmaktadır.

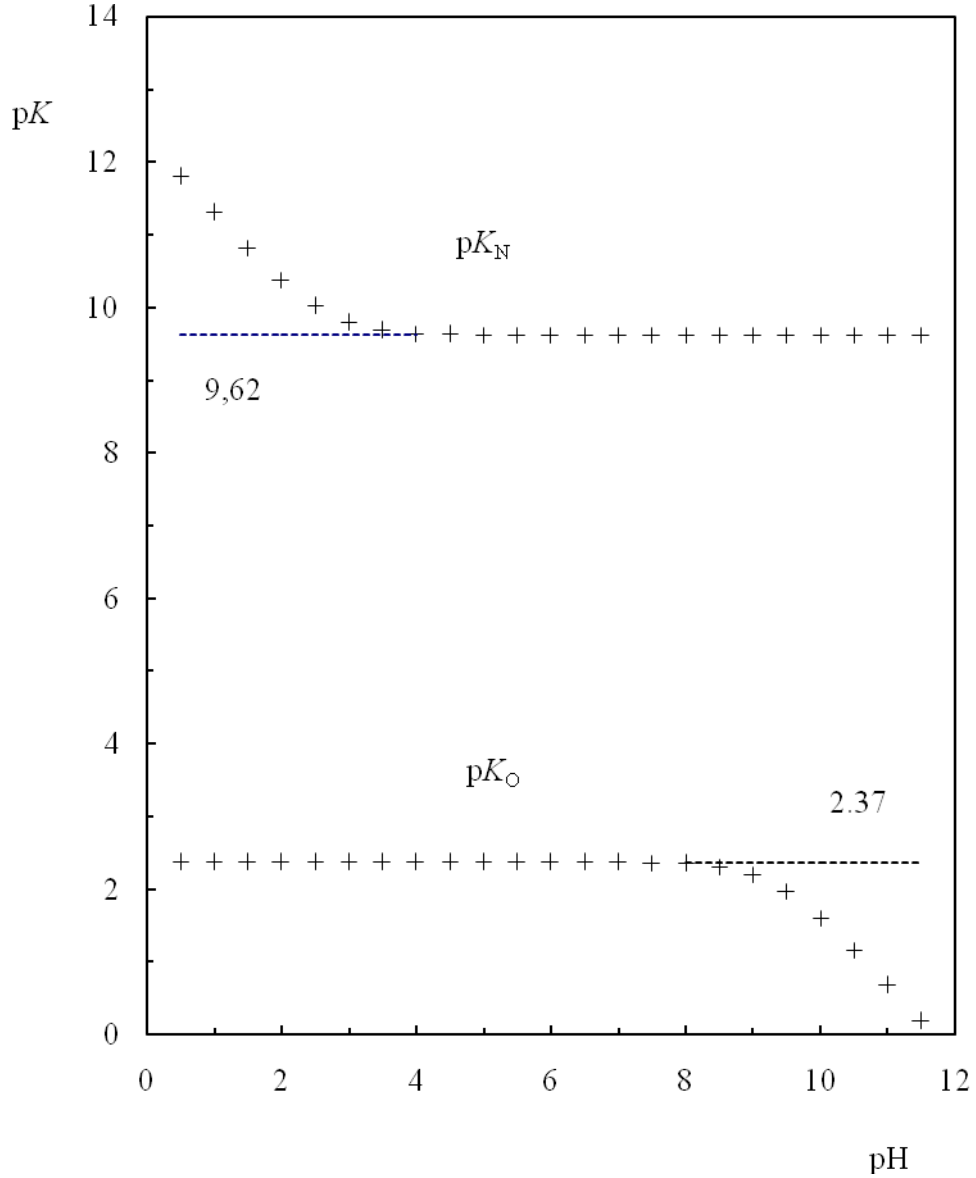
Amino asit esterlerinin titrasyon değerleri sonucu hesaplanan pK_N değerinin mikro asitlik sabiti olan pK_2 'ye eşit olduğu varsayılarak, hesaplanan pK_1 , pK_3 ve pK_4 değerlerinin (Doğan 2001) de amino asitlerin makro asitlik sabitlerine yaklaşık olarak eşit oldukları görülmüştür. Tüm bu mikro sabitler Şekil 7.2'de gösterilmiştir.

Şekil 7.2. Val, Pro, Fal 'in çeşitli sıcaklıklardaki mikro asitlik sabiti değerleri

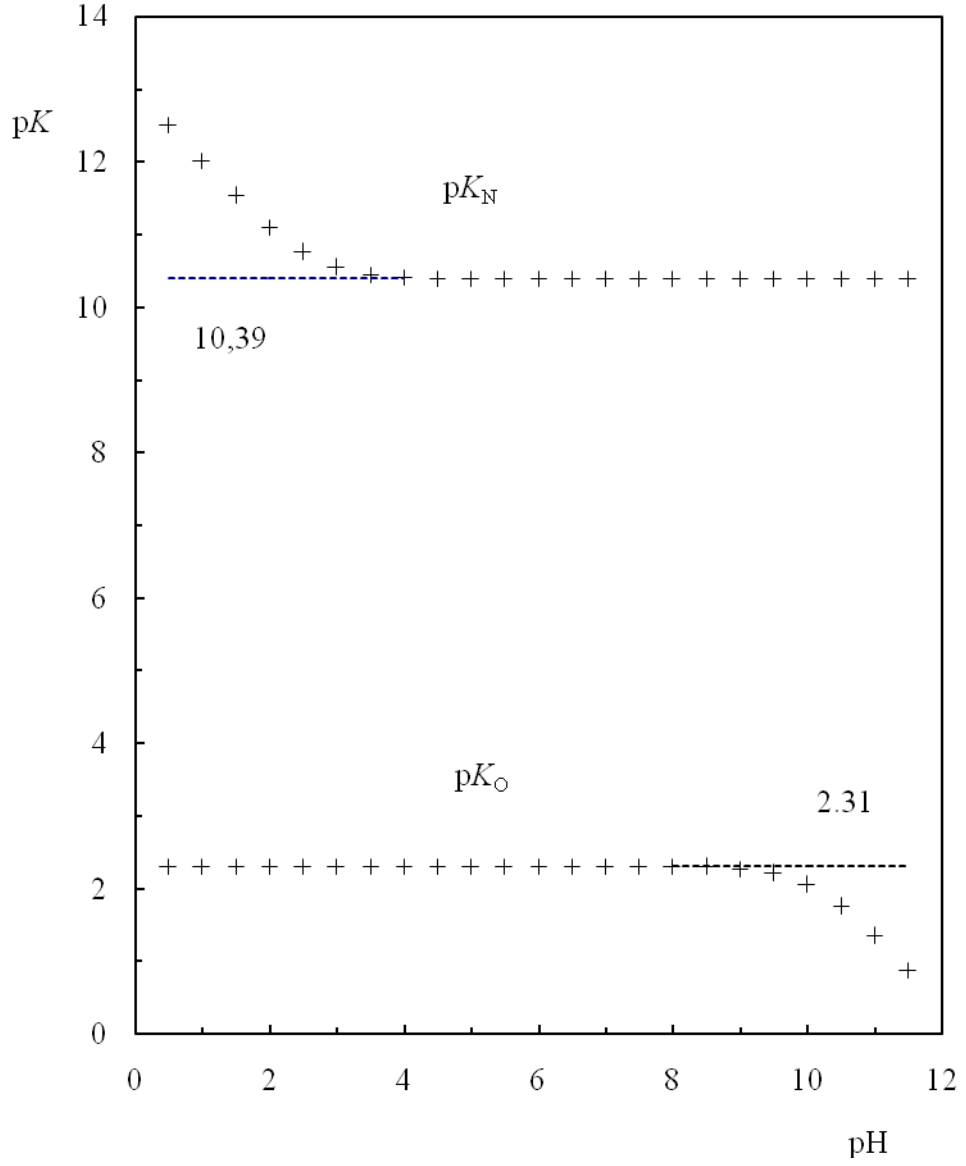
Ligand	$T/^\circ\text{C}$	pK_1^*	pK_2^*	pK_3^*	pK_4
Valin	5,0	2,22	7,76	9,93	4,39
	20,0	2,37	7,57	9,62	4,42
	35,0	2,50	7,36	9,33	4,47
Prolin	5,0	2,24	8,56	10,66	4,34
	20,0	2,31	8,36	10,39	4,34
	35,0	–	8,13	10,15	–
Fenilalanin	5,0	2,20	7,43	9,52	4,29
	20,0	2,10	7,08	9,18	4,20
	35,0	2,00	6,76	8,86	4,10

* pK_2 değerleri esterlerin pK_N değerleridir. pK_1 ve pK_4 değerleri ligandların $-\text{COOH}$ grubuna ve pK_3 değerleri ise ligandların $-\text{NH}_2$ grubuna ait mikro asitlik sabitleridir.

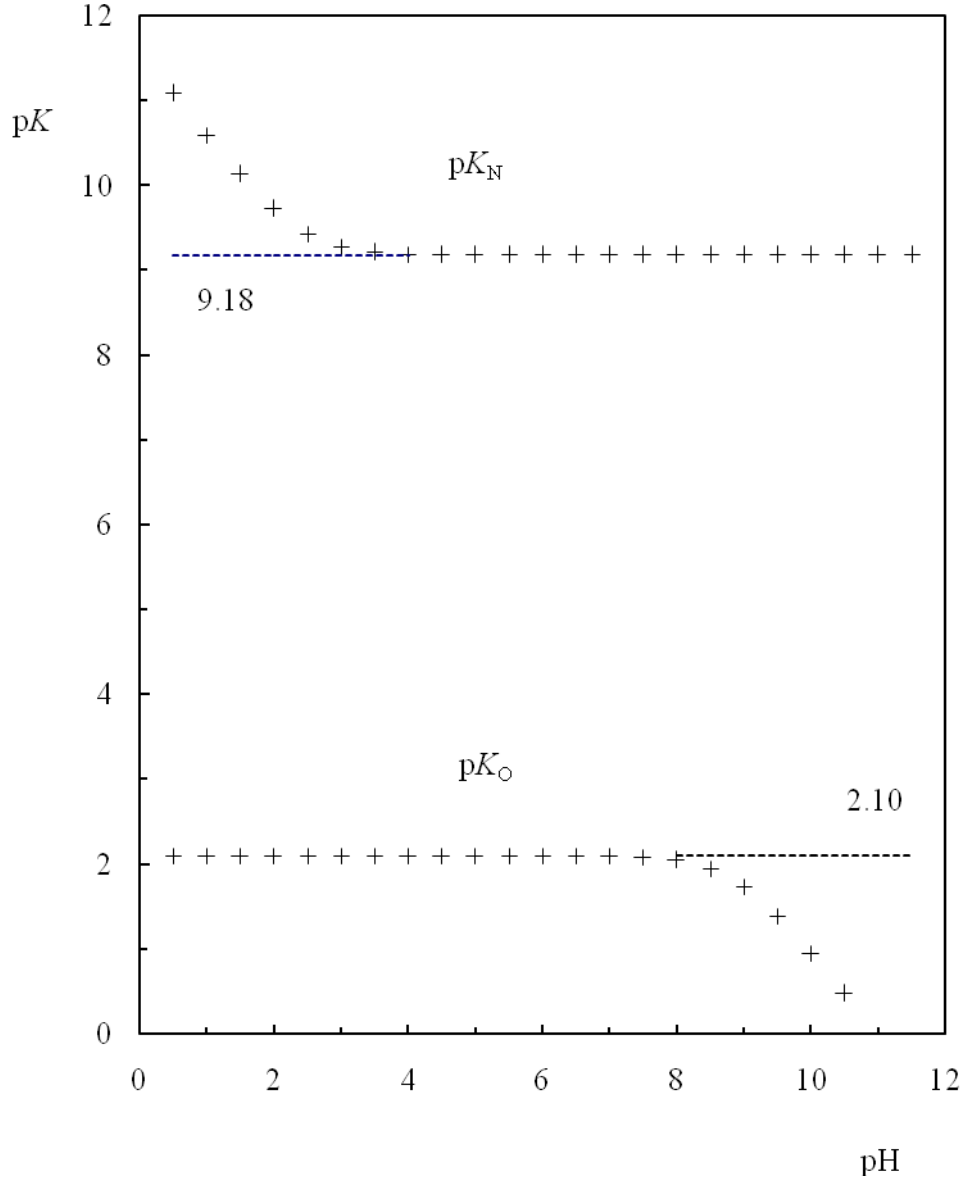
Mikro asitlik sabitleri göz önüne alınırsa makro asitlik sabitlerinin pH değişirken sabit kalmadıkları, özellikle düşük ve yüksek pH'lerde bu değişimin önemli ölçülere vardığı belirlenmiştir (Loux 2002). Bu makro asitlik sabitlerindeki değişimleri çalışmada kullanılan her üç madde için de grafiksel olarak gösterebiliriz (Şekil 7.3 – 7.6) (Loux 2002).



Şekil 7.3. Val için mikro asitlik sabitleri göz önüne alındığında makro asitlik sabitlerinin pH ile değişimi (20,0°C)



Şekil 7.4. Pro için mikro asitlik sabitleri göz önüne alındığında makro asitlik sabitlerinin pH ile değişimi (20,0°C)



Şekil 7.5. Fal için mikro asitlik sabitleri göz önüne alındığında makro asitlik sabitlerinin pH ile değişimi (20,0°C)

Grafikler incelendiğinde Val için pH yaklaşık 3,5 - 8,5 aralığında; Pro için pH yaklaşık 3 - 9 aralığında ve Fal için ise pH yaklaşık 3 - 8 aralığında makro asitlik sabitleri pK_N ve pK_O 'nun yaklaşık olarak sabit kaldıkları görülmektedir. Yukarıda belirtilen aralıklardan daha düşük olan pH lerde ise pK_N gittikçe büyümekte daha yüksek olan pH lerde ise pK_O gittikçe küçülmektedir. Örneğin (Val için 20,0°C sıcaklıkta pH = 1 iken pK_N 9,62 den yaklaşık olarak 11,4 e ve pH = 11 de ise pK_O yaklaşık olarak 2,37 den 0,5 değerine değişmektedir.) pK_N ve pK_O 'nun sabit kaldığı bölge, çalışmada kullanılan amino ve imino asitlerin çifte iyon (zwitter iyon) oldukları bölgeyle çakışmaktadır. Bu makro sabitlerin büyük değişim gösterdikleri çok düşük ve çok yüksek pH'lerde maddelerin tekli iyon oldukları görülmektedir.

Val, Pro ve Fal'in ve Metil Esterlerinin makro ve mikro asitlik sabitleri kullanılarak ayrıntılı dengenin tüm adımları için serbest enerji değişimi (ΔG_{ol}°), entalpi değişimi (ΔH_{ol}°), entropi değişimi (ΔS_{ol}°) nicelikleri hesaplanmış ve

$$\Delta G_{ol}^{\circ} = \Delta H_{ol}^{\circ} - T \Delta S_{ol}^{\circ}$$

Bağıntısındaki entropik ($-T \Delta S_{ol}^{\circ}$) ve entalpik terimlerin serbest enerji azalmasına olan katkıları yüzde olarak Şekil 7.6'da gösterilmiştir.

Aminoasitlerin ve esterlerinin $-NH_2$ grubunun hidrojen iyonu ile verdiği tepkimenin tümünde yürütücü kuvvet hem entalpi ve hem de entropidir. $-COOH$ grubunun protonlanmasında ise yürütücü kuvvet baskın olarak entropidir. Fal'in $-COOH$ grubunun proton ile etkileşmesinde ise yürütücü kuvvet büyük oranda entalpi olmakla birlikte az da olsa entropinin de katkısı bulunmaktadır (Avsar 1993).

Pro ve Val'de ve esterlerinde amin grubunun N atomunun protonla etkileşiminde entalpi değişiminin katkısı % 48 – 61 arasında değişirken, Fal'de aynı oran %90'ları bulmaktadır.

Yumuşak ve Sert Asitler ve Bazlar Kuralı'na göre $-NH_2$ grubundaki N atomu orta sert karakterdedir. N atomu ile etkileşen protonun ise sert olarak sınıflandırılmasına karşın az da olsa yumuşak davranış gösterdiği bilinmektedir. (Baştuğ, Asil 2007). (Örneğin HCl molekülü protondan beklendiği üzere tümüyle iyonik

Şekil 7.6. Amino asit ve esterlerinin protonlanma tepkimelerinin serbest enerji azalmasına, entropik ve entalpik terimlerin katkıları

Ligand	Asitlik sabiti	$\Delta G_{ol}^{\circ} / \text{kJ mol}^{-1}$ $\Delta H_{ol}^{\circ} / \text{kJ mol}^{-1}$ $\Delta S_{ol}^{\circ} / \text{kJ K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	ΔH (Katkı %'si)	$-T\Delta S$ (Katkı %'si)
Val	pK_O	-13 15 0,098	-	100
	pK_N	-54 -33 0,072	61	39
	pk_4	-25 4,0 0,099	-	100
Val Ester	pK_N	-43 -22 0,070	51	49
Pro	pK_O^*	-13 7,0 0,069	-	100
	pK_N	-58 -28 0,104	48	52
	pk_4	<i>saptanamadı</i>	-	-
Pro ester	pK_N	-47 -24 0,080	50	50
Fal	pK_O	-12 -11 0,003	93	7
	pK_N	-52 -36 0,053	70	30
	pk_4	-24 -10 0,045	44	56
Fal ester	pK_N	-40 -37 0,011	92	8

olmayıp ortaklaşım özelliği de taşır). Bu yüzden N atomu - proton etkileşimi orta sert - orta sert ya da yumuşak – orta sert etkileşimi gibidir. Nitekim bu etkileşim ısısalan (ekzotermik) bir tepkimedir.

Bu çalışmada kullanılan Val ve Pro'nun –COOH grubunun proton ile etkileşmesinde protona elektron çifti sağlayan atom oksijendir. Oksijen ile H⁺ etkileşmesi, Yumuşak ve Sert Asitler ve Bazlar Kuralı'na göre, sert asit-sert baz (sert-sert) etkileşimidir. Sert-sert etkileşiminde türler arasındaki ilişki baskın olarak elektriksel çekim özelliği taşır. Tepkime gerçekleşirken dışarıdan enerji alınır. Burada da tepkime beklendiği gibi ısısalan (endotermik) bir tepkimedir. Tepkimenin yürütücü kuvveti daha öncede belirtildiği gibi %100 entropidir. Entalpi değişimi pozitifdir ve tepkimenin yürümesine karşı koymaktadır. Fal'de ise –COOH grubunun O atomunun proton ile etkileşiminde protonlanmanın gerçekleşmesine yüksek oranda entalpi değişiminin katkıda bulunması bu etkileşimi yumuşak asit- yumuşak baz etkileşimine yaklaştırmaktadır. Bilindiği gibi yumuşak-yumuşak etkileşiminde oluşan bağlantı ağırlıklı olarak ortaklaşım (kovalent) özelliği taşır. Az da olsa entropinin katkısının bulunması olayın tam yumuşak-yumuşak etkileşimi olmadığını göstermektedir.

8.KAYNAKLAR

- 1.Apak R. (1994). Koordinasyon kimyasına giriş. Fakülteler Matbaası, s. 155- 160, 180-190.
- 2.Apak R. (1997). Temel analitik kimya. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve film merkezi, s. 215-216.
- 3.Avşar E. (1993). Thermodynamic behaviour of complex formation in aqueous solution. *Doğa- Tr. J. of Chemistry* 17: 54-61.
- 4.Baştuğ AS, Göktürk S, Talman Y, Tuncay M, Yars N. (2007). Çeşitli biyoligandların metal iyonları ile kompleks oluşum dengelerinin ve termodinamik davranışlarının incelenmesi. Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı Proje No: SAG-BGS-080805-0171.
- 5.Baştuğ AS, Asil E. (2007). Temperature dependence of macroscopic and zwitterionic microscopic acidity constants of some neutral aminoacids. 5th International Symposium on Pharmaceutical Chemistry (ISPC-5 İstanbul 5- 7/9/2007); *Turkish Journal Pharmaceutical Sciences*, Special Issue 138.
- 6.Baştuğ AS, Özarslan NY. ve Ekinici SG. (2006). Binary Complex of aspartic acid and valine with Cu(II) in Aqueous solution: stability and thermodynamic parameters, 8th International symposium on pharmaceutical sciences (ISOPS-8 Ankara) Proceedings and Abstracts, s. 266.
7. Baştuğ AS, Goz SE, Talman Y, Göktürk S, Asil E ve Çalışkan E (2011). Formation Constants and Coordination Thermodynamics for Binary Complexes of Cu(II) and Some α -Amino Acids in Aqueous Solution, *Journal of Coordination Chemistry*, 64(2): 281-292.
- 8.Doğan A. (2001a). Amino asitlerin mikroskopik denge sabitleriyle ilgili çalışmalar. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2): 89-101.

- 9.Doğan A. (2001b).Bazı α -Amino Asitlerin Etil- ve Metil- Esterlerinin Protonasyon Sabitlerinin Su Ortamında Potansiyometrik Yöntemle Tayini. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* 21(3): 121-130.
- 10.Erdik E, Sarıkaya Y. (2004). Temel üniversite kimyası. Gazi kitap evi, s. 493- 499.
- 11.Gündüz T. (2002). Instrumental Analiz, Ankara, s. 913.
- 12.Irving HM, Rossotti HS. (1953). Methods for computing successive stability constants from experimental formation curves. *J. Chem Soc.* p. 3397-3405.
- 13.Loux NT. (2002). An exact method for relating zwitterionic microscopic to macroscopic acidity constants. *Chem. Spec. Bioavail.* 10: 127-136.
- 14.Martinez V, Maguregui MI, Jimenez RM, Alonso RM. (2000). Determination of the pka values of b-blockers by automated potentiometric titrations. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 23: 459-468.
- 15.Sarıkaya Y. (2005). Fizikokimya (6.Basım). Gazi Büro Kitapevi, Ankara, s. 458-460, 468.
- 16.Sarioğlan S. Narin İ. Sarı H. Anılanmert B. Berçin E.(2008). 2-Amino-3-{{[2-NİTRO -1-(3- NİTROFENİL) Propil] Sulfanil} Propiyonik Asitin Asitlik Sabitinin Potansiyometrik Metotla Tayini. Sağlık Bilimleri Dergisi (*Journal of Health Sciences*), 17(3): 156-161.
17. Şanlı N.(2002). Aromatik biyojen aminlerin ve bunların oluşumunu sağlayan amino asitlerin ters faz koromotografi yöntemi ile tayini, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, (Danışman: Prof. Dr. G. ALSANCAK).

9. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Ayşe Vildan	Soyadı	BİLGİ
Doğum Yeri	Kadıköy	Doğum Tarihi	22.10.1985
Uyruğu	T.C.	TC Kimlik No	42160499218
E-mail	aysevbilgi@gmail.com	Tel	0505 698 91 29

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Yüksek Lisans		
Lisans	Ankara Üniversitesi, Kimya Mühendisliği	2008
Lise	Coşkun Koleji	2002

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.	Kalite Kontrol Analisti	Bilim İlaç	2010-2011

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu #								
KPDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	51,25							

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	73,34	72,70	71,68

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
MS Office programları	İyi