

# GENEL

---

# KİMYA 3

---

## *ANALİTİK KİMYA*

6. Baskı

**Editörler:**  
**Hüseyin BAĞ**  
**Erdal KENDÜZLER**

**Abuzer AKGÜN**  
**Alev DOĞAN**  
**Erdal KENDÜZLER**  
**Hikmet SAYILKAN**  
**Hüseyin BAĞ**  
**Sibel SARAÇOĞLU**  
**Ümit DİVRİKLİ**

 **PEGEM**  
**AKADEMI**



Editörler: Prof. Dr. Hüseyin Bağ  
Prof. Dr. Erdal Kendüzler

## GENEL KİMYA 3: Analitik Kimya

ISBN 978-605-0022-00-1  
DOI 10.14527/978-605-0022-00-1

Kitap içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

© 2017, PEGEM AKADEMİ

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Pegem Akademi Yay. Eğt. Dan. Hizm. Tic. Ltd. Şti. ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri, kapak tasarımı; mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik, kayıt ya da başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır. Okuyucularımızın bandrolü olmayan kitaplar hakkında yayinevimize bilgi vermesini ve bandrolsüz yayınları satın almamasını diliyoruz.

Pegem Akademi Yayıncılık, 1998 yılından bugüne uluslararası düzeyde düzenli faaliyet yürüten **uluslararası akademik bir yayinevidir**. Yayımladığı kitaplar; Yükseköğretim Kurulunca tanınan yükseköğretim kurumlarının kataloglarında yer almaktadır. Dünyadaki en büyük çevrimiçi kamu erişim kataloğu olan **WorldCat** ve ayrıca Türkiye'de kurulan **Turcademy.com** ve **Pegemindex.net** tarafından yayınları taranmaktadır, indekslenmektedir. Aynı alanda farklı yazarlara ait 1000'in üzerinde yayını bulunmaktadır. Pegem Akademi Yayınları ile ilgili detaylı bilgilere <http://pegem.net> adresinden ulaşılabilir.

1. Baskı: Kasım 2007, Ankara  
6. Baskı: Şubat 2017, Ankara

Yayın-Proje: Özlem Sağlam  
Dizgi-Grafik Tasarım: Didem Kestek  
Kapak Tasarımı: Pegem Akademi

Baskı: Vadi Grup Ciltevi A.Ş.  
İvedik Organize Sanayi 28. Cadde 2284 Sokak No:105  
Yenimahalle/ANKARA  
(0312 394 55 91)

Yayıncı Sertifika No: 14749  
Matbaa Sertifika No: 26687

### **İletişim**

Karanfil 2 Sokak No: 45 Kızılay / ANKARA  
Yayınevi: 0312 430 67 50 - 430 67 51  
Yayınevi Belgeç: 0312 435 44 60  
Dağıtım: 0312 434 54 24 - 434 54 08  
Dağıtım Belgeç: 0312 431 37 38  
Hazırlık Kursları: 0312 419 05 60  
İnternet: [www.pegem.net](http://www.pegem.net)  
E-ileti: [pegem@pegem.net](mailto:pegem@pegem.net)

## ÖNSÖZ

Bu kitap; Eğitim Fakültelerinin Fen Bilgisi Bölümü'nde okutulan *Genel Kimya III* dersine yönelik olarak hazırlanmıştır. Kitap hazırlanırken, 2006 yılında Eğitim Fakültelerinde okutulacak dersler için yapılan yeni kur tanımları dikkate alınmıştır. Kitaptaki konular, Fen ve Teknoloji öğretmen adaylarının hazır bulunuşluk düzeyleri yanında meslek hayatlarında kazanmaları hedeflenen bilgi düzeyleri de göz önünde bulundurularak ele alınmıştır. Kitap; *Analitik Kimyaya Giriş, Sulu Çözeltilerin Kimyası, Kimyasal Tepkimeler ve Denge, Asitler ve Bazlar, Gravimetrik analiz, Titrimetrik analiz, Kompleksometrik analiz, Susuz Ortam Tepkimeleri ve Aletli Analiz Yöntemleri* bölümlerini içermektedir. Son iki bölüm kitabın 2. Baskısında ilave edilmiştir. Konuların daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla çözümlü örnek problemlere yer verilmiş, konu sonlarına da değerlendirme soruları eklenmiştir.

Bilgi Çağı olarak da adlandırılan içinde yaşadığımız yüzyılın nesillerini yetiştirecek olan öğretmen adaylarının yetiştirilmesi oldukça büyük bir öneme sahiptir. Fen ve Teknoloji Öğretmen adaylarının yeterli alan bilgisine sahip bir şekilde yetiştirilmeleri, hem kendilerinin hem de yetiştirecekleri nesillerin yeniçağı yakalamalarını kolaylaştıracaktır. Yeterli alan bilgisinin ancak yeterli bilgi kaynaklarının kullanılması ile mümkün olacağı şüphesizdir.

Hazırladığımız bu kitabın, Fen ve Teknoloji Öğretmen adaylarının analitik kimya konusunda gereksinim duyacakları temel kavramlara ilişkin bilgi ve becerilerin kazandırılması açısından önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

### **Editörler:**

Prof. Dr. Hüseyin Bağ  
Prof. Dr. Erdal Kendüzler

**Genel Kimya III (Analitik Kimya)**  
**Editörler: Prof. Dr. Hüseyin BAĞ**  
**Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER**

**Bölüm 1: Analitik Kimyaya Giriş**

Prof. Dr. Hüseyin BAĞ  
Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

**Bölüm 2: Sulu Çözeltilerin Kimyası**

Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,  
Fen Edebiyat Fakültesi

**Bölüm 3: Kimyasal Tepkimeler ve Denge**

Doç. Dr. Abuzer AKGÜN, Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi  
Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,  
Fen Edebiyat Fakültesi

**Bölüm 4: Asitler ve Bazlar**

Prof. Dr. Sibel SARAÇOĞLU, Erciyes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

**Bölüm 5: Gravimetrik Analiz**

Prof. Dr. Hikmet SAYILKAN, İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

**Bölüm 6: Titrimetrik Analiz**

Prof. Dr. Ümit DİVRİKLİ, Pamukkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

**Bölüm 7: Kompleksometrik Analiz**

Prof. Dr. Hüseyin BAĞ, Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

**Bölüm 8: Susuz Ortam Tepkimeleri**

Prof. Dr. Alev DOĞAN  
Gazi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

**Bölüm 9: Aletli Analiz Yöntemleri**

Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,  
Fen Edebiyat Fakültesi

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
BÖLÜMLER VE YAZARLARI .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v

## 1. Bölüm ANALİTİK KİMYAYA GİRİŞ

(ss: 1 – 21)

Prof. Dr. Hüseyin BAĞ

1.1. Kimyasal Analizde Hatalar .....	2
1.1.1. Belirli (Sistematik) Hatalar.....	2
1.1.2. Rasgele (Belirsiz) Hatalar.....	4
1.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	5
1.2.1. Örneklem ve Populasyon Ortalaması.....	5
1.2.2. Ortanca .....	7
1.2.3. Doğruluk .....	7
1.2.4. Kesinlik.....	8
1.2.5. Ortalamanın Standart Sapması.....	9
1.3. Doğruluk ve Kesinlik Arasındaki İlişki .....	11
1.4. Belirsizlik.....	12
1.5. Güven Aralıkları ve Güven Sınırları.....	13
1.5.1. $\sigma$ 'nin Bilinmesi Halinde Güven Aralığı ve Güven Sınırları.....	13
1.5.2. $\sigma$ 'nin Bilinmemesi Halinde Güven Aralığı ve Güven Sınırları.....	13
1.6. Büyük Hataların Tespiti ve Q Testi .....	16
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	18
KAYNAKÇA.....	21

## 2. Bölüm SULU ÇÖZELTİ KİMYASI

(ss: 23 – 43)

Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER

2.1. Giriş .....	23
2.2. Çözeltiler .....	23
2.3. Çözünme Olgusu .....	25
2.4. Elektrolitler.....	26

2.5. Çözünürlük.....	27
2.6. Çözünürlüğe Etki Eden Etkenler .....	28
2.6.1. Sıcaklık .....	28
2.6.2. Basınç .....	29
2.7. Derişim Birimleri.....	30
2.7.1. Mol Kesri.....	30
2.7.2. Yüzde Derişim, % .....	32
2.7.3. Molarite, M .....	34
2.7.4. Molalite, m .....	35
2.7.5. ppm ve ppb.....	37
2.8. Çözelti Hazırlama ve Çözeltilerin Seyreltilmesi.....	38
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	41
KAYNAKÇA.....	43

### 3. Bölüm

## KİMYASAL TEPKİMELEK VE DENGEL

(ss: 45 – 65)

Doç. Dr. Abuzer AKGÜN  
Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER

3.1. Kimyasal Tepkimeler.....	45
3.1.1. Çökme Tepkimeleri.....	46
3.1.2. Nötralleşme Tepkimeleri .....	46
3.1.3. Kompleksleşme Tepkimeleri.....	47
3.1.4. Yükseltgenme-İndirgenme Tepkimeleri.....	47
3.2. Kimyasal Denge .....	48
3.2.1. Analitik Kimyada Karşılaşılan Denge Sabiti Tipleri.....	51
3.2.2. Çözünürlük Çarpımı.....	52
3.2.3. Çözünürlüğe Ortak İyonun Etkisi .....	53
3.2.4. Çökme ve Çöktürme ile Ayırma.....	54
3.2.5. Kimyasal Dengelere Elektrolitlerin Etkisi.....	55
3.3. Aktiflik Katsayısı.....	58
3.3.1. Aktivite Katsayılarının Denge Hesaplamalarında Kullanımı.....	61
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	63
KAYNAKLAR.....	65

## 4. Bölüm

### ASİTLER VE BAZLAR

(ss: 67 – 116)

Prof. Dr. Sibel SARAÇOĞLU

4.1. Asit Baz Kavramları .....	67
4.1.1. Arrhenius Asit-Baz Kavramı.....	69
4.1.2. Brønsted-Lowry Asit-Baz Kavramı .....	70
4.1.3. Lewis Asit-Baz Kavramı.....	72
4.1.4. Çözgen Sistemler .....	72
4.2. Asit ve Bazların Kuvveti.....	73
4.2.1. Brønsted Asit ve Bazlarının Kuvvetliliği.....	76
4.2.2. Molekül Yapısı ve Asitlerin Kuvveti .....	77
4.2.2.1. Hidrürlerin asitliği .....	77
4.2.2.2. Oksiasitlerin asitliği .....	78
4.3. Nötralleşme.....	80
4.4. Suyun İyonlaşması .....	80
4.5. Zayıf Asit ve Bazların İyonlaşma Dengeleri.....	82
4.6. Konjuge Asit/Baz Çiftleri İçin İyonlaşma Sabitleri.....	83
4.7. Zayıf Asit ve Baz Çözeltilerinde Hidronyum İyonu Derişiminin Hesaplanması.....	84
4.7.1. pH ve pOH KAVRAMLARI.....	88
4.7.2. Zayıf Asit ve Bazların pH Hesaplamaları.....	91
4.7.3. Tuz Çözeltilerinin pH Değeri .....	92
4.8. pH Değeriinin Biyolojik Önemi.....	95
4.9. pH Değeriinin Ölçülmesi .....	95
4.9.1. İndikatör Yöntemi.....	95
4.9.2. pH Kâğıdı Yöntemi .....	96
4.9.3. pH Metre Yöntemi.....	96
4.10. Poliprotik Asitler ve Bazlar.....	96
4.11. Tampon Çözeltiler.....	102
4.11.1. Tampon Çözeltilerde Seyrelme Etkisi .....	107
4.11.2. Tampon Kapasitesi.....	107
Okuma Parçası.....	111
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	113
KAYNAKLAR.....	116

**5. Bölüm**  
**GRAVİMETRİK ANALİZ**  
(ss: 117 – 151)

Prof. Dr. Hikmet SAYILKAN

5.1. Gravimetrik Yöntemler.....	117
5.2. Gravimetrik Hesaplamalar .....	121
5.2.1. Bazı Önemli Ölçme Birimleri .....	121
5.2.2. Mol ve Milimol Kavramı .....	123
5.3. Gravimetrik Verilerden Sonuçların Hesaplanması.....	124
5.4. Çökeleklerin ve Çöktürücülerin Özellikleri.....	129
5.4.1. Çökeleklerin Tanecik Boyutu, Süzülebilirliği ve Saflığı.....	130
5.4.2. Çökeleklerin Tanecik Boyutunu Belirleyen Faktörler .....	130
5.4.3. Çökelek Oluşumunun Mekanizması .....	131
5.4.4. Kolloidal Çökelekler .....	132
5.4.4.1. Kolloitlerin pıhtılaşması.....	132
5.4.4.2. Kolloitlerin peptitleşmesi.....	136
5.4.4.3. Kolloit çökelek ile ilgili pratik işlemler .....	136
5.4.5. Kristal Çökelekler.....	136
5.4.6. Tanecik Boyutunu ve Süzülebilirliği Artıran Yöntemler.....	136
5.4.7. Birlikte Çökme.....	137
5.4.8. Homojen Çözeltide Çöktürme .....	137
5.4.9. Çökeleklerin Kurutulması ve Yakılması .....	139
5.5. Gravimetrik Analizde Duyarlılık, Doğruluk ve Seçimlilik.....	141
5.5.1. Gravimetrik Yöntemlerin Duyarlılığı .....	141
5.5.2. Gravimetrik Yöntemlerin Doğruluğu .....	141
5.5.3. Gravimetrik Yöntemlerin Seçiciliği .....	142
5.6. Gravimetrik Yöntemlerin Uygulamaları.....	142
5.7. Anorganik Çöktürücüler ve Analiz .....	143
5.8. Organik Fonksiyonlu Grup Analizi.....	146
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	147
KAYNAKÇA.....	151



## 6. Bölüm

### TİTRİMETRİK ANALİZ

(ss: 153 – 182)

Prof. Dr. Ümit DİVRİKLİ

6.1. Bazı Terimlerin Tanımları .....	153
6.2. Titrasyon İşlemleri.....	154
6.2.1. Volumetrik Hesaplamalar.....	155
6.3. Dönüm Noktası Tayin Yöntemleri ve İndikatörler.....	159
6.4. Asit-Baz Titrasyonları .....	160
6.4.1. Asit-Baz İndikatörleri.....	160
6.4.2. Asit-Baz Titrasyon Eğrileri .....	160
6.4.2.1. Kuvvetli Bir Asitin Kuvvetli Bir Bazla Titrasyonu .....	162
6.4.2.2. Kuvvetli Bir Bazın Kuvvetli Bir Asitle Titrasyonu .....	164
6.4.2.3. Zayıf Bir Asitin Kuvvetli Bir Bazla Titrasyonu .....	166
6.4.2.4. Zayıf Bir Bazın Kuvvetli Bir Asitle Titrasyonu .....	170
6.5. Çöktürme Titrasyonları .....	172
6.5.1. Titrasyon Eğrileri.....	172
6.5.1.1 Anyon Karışımları İçin Titrasyon Eğrileri.....	175
6.5.2. Çöktürme Titrasyonları İçin Dönüm Noktasının Belirlenmesi.....	177
6.5.2.1 Çöktürme Titrasyonları İçin Kimyasal İndikatörler .....	177
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	180
KAYNAKÇA.....	182

## 7. Bölüm

### KOMPLEKSOMETRİK ANALİZ

(ss: 183 – 198)

Prof. Dr. Hüseyin BAĞ

7.1. İnorganik Ligandlı Kompleksler .....	184
7.2. EDTA Titrasyonları .....	185
7.3. EDTA Dengeleri .....	185
7.4. Durum Oluşum Sabiti .....	188
7.5. Titrasyon Eğrileri.....	189
7.6. EDTA Titrasyonlarında Dönüm Noktasının Belirlenmesi.....	191
7.7. Metal - EDTA Titrasyonu Hesaplamaları .....	193
7.7.1. Eşdeğerlik Noktası Öncesi.....	193
7.7.2. Eşdeğerlik Noktası .....	194
7.7.3. Eşdeğerlik Noktası Sonrası .....	195
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	197
KAYNAKÇA.....	198

## 8. Bölüm

### SUSUZ ORTAM TEPKİMELERİ

(ss: 199 – 205)

Prof. Dr. Alev DOĞAN

8.1. Susuz Ortam Nedir? .....	199
8.2. Susuz Ortam Çözücüleri .....	200
8.2.1. Organik çözücüler.....	200
8.2.2. İnorganik çözücüler.....	200
8.3. Çözücü Seçimi ve Susuz Çözücülerin Saflaştırılması .....	201
8.4. Susuz Çözücülerde Titrasyon.....	202
8.5. Susuz Ortamlarda Kullanılan İndikatörler .....	203
KAYNAKÇA.....	205

## 9. Bölüm

### ALETLİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

(ss: 207 – 228)

Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER

9.1. Analitik Yöntemlerin Sınıflandırılması.....	207
9.1.1. Klasik Yöntemler.....	207
9.1.2. Aletli (Enstrümantal) Yöntemler.....	207
9.2. Spektroskopik Yöntemlerin Temel İlkeleri.....	209
9.2.1. Işının Absorplanması.....	209
9.2.1.1. Atomik Absorpsiyon.....	210
9.2.1.2. Moleküler Absorpsiyon.....	212
9.2.2. Beer Kanunu.....	213
9.2.3. Aletli Yöntemlerde Kalibrasyon .....	214
9.2.3.1. Kalibrasyon eğrileri .....	214
9.2.3.2. Standart ilave yöntemi.....	215
9.3. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi.....	215
9.3.1 Işın Kaynağı.....	216
9.3.2. Atomlaştırıcı.....	217
9.3.3. Monokromatör.....	217
9.3.4. Detektör .....	217
9.4. Moleküler Absorpsiyon Spektrometresi.....	218
9.4.1. Işın Kaynakları .....	218
9.4.2. Numune kapları.....	219
9.5 Kromatografik Metotlar.....	219
9.6. İnfrared Spektroskopisi.....	222
9.7. Kütle Spektrometresi .....	223
9.8. Elektroanalitik Yöntemler .....	225

---

9.9. Potansiyometri .....	226
9.10. pH Metre .....	226
DEĞERLENDİRME SORULARI .....	227
KAYNAKÇA.....	228
<b>EKLER</b> .....	229
<b>EK 1:</b> Çözünürlük Çarpımı Sabitleri.....	229
<b>EK 2:</b> Asitlerin İyonlaşma Sabitleri.....	233
<b>EK 3:</b> İndirgenme Potansiyelleri .....	236
<b>EK 4:</b> Farklı olasılık seviyeleri için t değerleri.....	238
<b>EK 5:</b> Elementlerin Mol Kütleleri.....	239
<b>EK 6:</b> CEVAP ANAHTARI.....	241



## Bölüm 1: ANALİTİK KİMYAYA GİRİŞ

**Analitik kimya**, kimya biliminin belirli bir maddenin kimyasal bileşenlerinin ya da bileşenlerden bir bölümünün niteliğinin ve niceliğinin belirlenmesini (kimyasal analiz) inceleyen koludur.

Analitik kimyada kimyasal analiz *kalitatif* (nitel) ve *kantitatif* (nicel) olmak üzere iki şekilde uygulanır. Bir maddenin hangi bileşenlerden (element veya bileşiklerden) meydana geldiğini bulmaya yarayan analiz türüne *kalitatif*; bu bileşenlerden her birinin miktarlarını sayısal olarak bulmaya yarayan analiz türüne de *kantitatif analiz* denir. Nicel analizden önce maddenin nitel analizinin yapılması gerekir. Çünkü ne olduğu bilinmeyen türlerin miktarının bulunması hiçbir şey ifade etmez.

Kantitatif analiz, metotlar yönünden klasik ve modern olmak üzere ikiye ayrılır. Klasik metotlar, maddenin ağırlık ve hacim özelliklerine dayanan metotlardır. Maddenin ağırlığı göz önüne alınarak yapılan analize gravimetrik, hacim göz önüne alınarak yapılan da volumetrik analiz denir. Gravimetrik ve volumetrik analizlerin her ikisi de günümüzde çok kullanılmaktadır. Özellikle fen ve şehirciliğin gelişmesiyle, medeniyeti tehdit etmeye başlayan çevre sorunlarının tespiti çalışmalarını bu metotların önemini bir kat daha artırmıştır.

Modern metotlara enstrümantal analiz de denilmekte olup, 1930'lardan sonra hızlı olarak gelişmeye başlamıştır. Bu metotlar, maddenin ışık absorpsiyonu, ışık emisyonu, magnetik, elektrik, radyoaktiflik gibi özellikleri üzerine kurulmuştur. Bugün sadece bir özellik üzerine kurulmuş olan metotlar ciltlerle kitap dolduracak kadar çoğalmıştır. Enstrümantal analiz klasik analizden daha hassas, daha az zaman alıcı ve daha kolay olmakla beraber, sonuçlarının değerlendirilmesi için konunun uzmanı kimyacılar ihtiyacı vardır.

Bir analiz için uygulanacak analiz metodu madde miktarına bağlı olarak değişir. 50 mg'dan daha fazla madde miktarı ile yapılan analize *makro analiz*, 10-50 mg arasındaki miktarla yapılan analize *yarı - mikro analiz*, 1-10 mg arasındaki miktarla yapılan analize *mikro analiz*, 0,001-1 mg arasındaki miktarla yapılan analize *ultra-mikro analiz* ve 0,001 mg'ın altında kalan miktarla yapılan analize de *sub-mikro analiz* denir. Mikro, ultra-mikro ve sub-mikro analizlere bilimsel çalışmalarda başvurulur.

## 2 Genel Kimya - III

---

Günlük yaşantıda birçok alanda analitik kimyadan faydalanılmaktadır. Örneğin sanayide üretilen ürünlerin kalite kontrolleri, çevre analizlerinde, ilaç sanayinde analitik teknikler kullanılmaktadır. Analitik kimyanın biyoloji, biyokimya, jeoloji, metalürji, farmakoloji gibi bilim dallarında yapılan araştırmalarda önemli rolü vardır. Bilimin, teknolojinin, kliniklerin ihtiyaçlarına göre çeşitli cihaz ve metotlar geliştirilmiştir. Örneğin şeker fabrikalarında ayarlanmış polarimetreler yardımıyla şeker pancarındaki şeker oranı ölçülebildiği gibi, kliniklerde kan ve idrardaki üre, şeker, azot; ayarlı araçlarla tayin edilmektedir.

### 1.1. Kimyasal Analizde Hatalar

Kimyasal analizlerde hataların oluşması ve belirsizliklerin bulunması kaçınılmaz bir durumdur. Bu durumda kimyacıların yapabileceği tek şey, hataları en aza indirmek ve hataların büyüklüklerini kabul edilebilir seviyelere çekmektir. Bir numunenin analizi için bir tek analiz yapılarak bulunan, güvenilirlik düzeyi belirsiz ve hata sınırları belirtilmemiş olan bir ölçme sonucunun bilimsel bir değeri yoktur. Analize başlanmadan önce sonucun güvenilirlik düzeyi belirlenmeli, planlanandan daha güvenilir sonuç elde etmek için boşa zaman harcanmamalıdır. Çünkü analitik ölçümlerin duyarlılığını 10 kat artırmak için çoğu kez analiz süresini 3-4 kat artırmak gerekebilir. Bu da gerekli bir durum değilse, zamanı boşa harcamaktır.

Kimyasal analizlerde iki tür hata ile karşılaşılır:

- i. Belirli (Sistemik) hatalar
- ii. Belirsiz (Rasgele) hatalar

#### 1.1.1. Belirli (Sistemik) Hatalar

Belirli hatalar, aynı yolla tekrarlanan ölçümlerde aynı büyüklükte gerçekleşen, belirli bir nedeni ve ölçülebilen belirli bir değeri olan hatalardır. Belirli hatalar, aynı yolla yapılan analiz sonuçlarına aynı şekilde etki eder ve hatalar analiz sonucunun doğruluğuna etki ederler. Analizde **doğruluk**, analiz sonucunun doğru kabul edilen değere olan yakınlığını ifade eder. Belirli hatalarda bütün değerler belirli oranda, belirli bir yönde saptığı için analiz sonuçlarının aritmetik ortalaması, doğru değerden farklı çıkar. Analiz sonucu, doğru kabul edilen değerden daha küçük ise belirli hatanın işareti negatif (-), doğru kabul edilen değerden daha büyük ise pozitif (+) dir. Belirli hatanın kaynağı bilinebildiği için mutlaka düzeltilmelidir.

Belirli hatalar iki türdür:

- a) Sabit Hatalar
- b) Orantılı Hatalar

Sabit hatalar, yapılan tüm ölçümlerde miktar olarak değişmeyen hatalar olup, ölçülen miktarın büyüklüğü azaldıkça önemli boyutlara gelir. Örneğin, terazinin her ölçümde 5 g eksik tartması sabit hatadır. Böyle bir terazi ile yapılan tüm ölçümlerde hata aynı miktar olarak tekrar edecektir. Bu terazi ile 100 g'lık bir madde tartıldığında hata %5 olarak gerçekleşirken, 10 g'lık bir madde tartıldığında hata %50 olacaktır.

Orantılı hatalar, yapılan ölçümlerde numune miktarı ile orantılı olan hatalar olup numune miktarına bağlı değildir. Örneğin bir kimyasal tepkimenin verimi %95 ise, bu tepkime ile yapılan analizlerde sonuç hep %5 düşük çıkacaktır. Numune miktarının değiştirilmesi sonucu değiştirmeyecektir.

Belirli hatalar, cihazlardan, kişiden ve analiz için uygulanan metottan kaynaklanabilir. Cihazların kalibrasyonlarının yanlış yapılmış olması, voltajın düşük ya da yüksek olması veya kirlenme sonucu meydana gelen direnç artışından kaynaklanan hatalar, aletten gelen belirli hatalardır. Örneğin, bir pH metrenin kalibrasyonu yapılırken pH değeri 4,00 olduğu zannedilen, ancak gerçekte pH değeri 4,07 olan bir tampon çözelti kullanılmışsa, bu pH metre ile yapılan ölçmelerde 0,07 pH birimi kadar eksik sonuç bulunacaktır. Yani pH değeri 5,00 olan çözeltinin pH sı 4,93 olarak ölçülecektir. Deney sayısı ne kadar artırılırsa artırılınsın, hatanın büyüklüğü daima aynı olacaktır.

Kişisel hatalar, kişinin dikkatsiz çalışması, temizliğe önem vermemesi, analizde ön yargılı olması, renk körlüğü gibi rahatsızlığın bulunması nedeniyle oluşabilir.

Metot hataları ise analizde yanlış bir metodun uygulanmasından, analizde gerçekleşen tepkimelerin ideal olmayan fiziksel ve kimyasal davranışları sonucu meydana gelir. Örneğin bazik özellikteki bir numunenin analizinde asit çözeltisi kullanılmaması gerekirken asit kullanılması, ısıtılmaması gereken bir tepkimenin ısıtılması ya da ısıtma gerektirdiği halde ısıtma işleminin yapılmaması birer metot hatasıdır. Kullanılan metodun dayandığı tepkime %100 verimle gerçekleşmiyor veya yan ürünler oluşturuyor olabilir. Numunenin çözülmesi için yapılan işlemlerle yeterli çözünme sağlanamaması da metot hatasıdır ve daima gerçek değerden daha düşük sonuçların elde edilmesine yol açar. Metot hatasını tespit etmek oldukça zordur.

Belirli hataların kaynağı bulunabildiğinden, bu hataları düzeltmek mümkündür. Ancak bir analizde belirli hata olup olmadığını anlamak zordur. Aletleri kalibre ederek ve kişisel dikkat göstererek aletten ve kişiden kaynaklanan hatalar azaltılabilir. Ancak metottan gelen hatayı tespit etmek zordur.