

---

این کتاب ترجمه‌ای است از فصلهای ۱ تا ۱۴ کتاب:

*Fundamentals of*

**ANALYTICAL  
CHEMISTRY**

Seventh Edition

---

**Douglas A. Skoog**

Stanford University

**Donald M. West**

San Jose State University

**F. James Holler**

University of Kentucky

*Saunders College Publishing*

---

جلد ۱



# مبانی شیمی تجزیه

ویرایش هفتم

دانشگاه آ. اسکوت

دانشگاه استنفورد

دونالد م. وست

دانشگاه ایالتی سن هوزه

ف. جیمز هولر

دانشگاه کنتاکی

ترجمه

سیدمهدی پور مرتضوی

محسن در بهشتی



گروه شیمی

|                                                                                                                                |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| اسکوگ، داگلاس آرید، ۱۹۱۸ - Skoog, Douglas Arvid                                                                                | سرشناسه        |
| عنوان و نام پدید آور : مبانی شیمی تجزیه / داگلاس آ. اسکوگ، دونالد م. وست، ف. جیمز هولر؛ ترجمه سید مهدی پورمرتضوی، محسن دربهشتی |                |
| تهران: انتشارات علمی و فنی، ۱۳۸۱ - ۱۳۸۶. (ج. ۱: ۱۳۸۶)                                                                          | مشخصات نشر     |
| ۲ ج.: مصورا، جدول.                                                                                                             | مشخصات ظاهری   |
| (دوره): 978-964-6215-16-0؛ ۳۵۰۰۰ ریال: (ج. ۲)                                                                                  | شابک           |
| 978-964-6215-20-7؛ (ج. ۱): ۱۳۸۶-۹۶۴-۶۲۱۵-۱۷-۳                                                                                  |                |
| عنوان اصلی:                                                                                                                    | یادداشت        |
| Fundamental of analytical chemistry, 7th ed, c1996.                                                                            |                |
| جلد ۲: ترجمه مجتبی قدیری، سید مهدی پورمرتضوی، محسن دربهشتی.                                                                    | یادداشت        |
| نمابه.                                                                                                                         | یادداشت        |
| شیمی تجزیه.                                                                                                                    | موضوع          |
| West, Donald M، وست، دونالد،                                                                                                   | شناسه افزوده   |
| Holler, F. James، هولر، جیمز،                                                                                                  | شناسه افزوده   |
| پورمرتضوی، سید مهدی، مترجم.                                                                                                    | شناسه افزوده   |
| دربهشتی، محسن، مترجم.                                                                                                          | شناسه افزوده   |
| QD ۷۵/۲ م ۲ ۱۳۸۶                                                                                                               | رده بندی کنگره |
| ۵۲۳                                                                                                                            | رده بندی دیویی |
| شماره کتابشناسی ملی: ۱۳۸۹۳-۸۱ م                                                                                                |                |

مبانی شیمی تجزیه (جلد ۱)

ویرایش هفتم

نوشته: داگلاس آ. اسکوگ، دونالد م. وست و ف. جیمز هولر

ترجمه: سید مهدی پورمرتضوی و محسن دربهشتی

چاپ اول: پاییز ۱۳۸۶

۵۵۲ صفحه وزیری در ۲۰۰۰ نسخه، چاپ عماد

ویرایش و گرافیک و حروفچینی: آتیه انتشارات علمی و فنی

سرپرست تولید: محمد ازوج

ویراستار علمی: سید مهدی پورمرتضوی

مقابلة: محسن دربهشتی

ویراستار نگارشی: آرش بهرام پور

طراح روی جلد: امیرحسین مظاهری نیا

حروفچین: عماد عزتی و سیلا ترکمنندی

شابک جلد (۱): ۷-۲۰-۹۶۴-۶۲۱۵-۹۷۸

شابک (دوره دوجلدی): ۰-۱۶-۹۶۴-۶۲۱۵-۹۷۸

تهران: صندوق پستی شماره ۱۴۴۵۵/۱۸۸

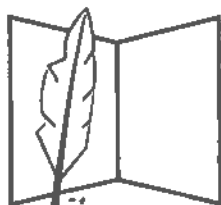
تلفن: ۸۸۷۲۹۱۹۸ - ۸۸۵۵۵۸۳۹، فکس و پیامگیر: ۸۸۵۵۵۹۳۲

پست الکترونیکی: elmi\_fanni@yahoo.com

قیمت ۹۵۰۰۰ ریال

مؤسسه پژوهشی

تولید کتاب دانشگاهی



انتشارات مؤسسه پژوهشی

تأسیس ۱۳۶۰



## پیشگفتار مترجمان

در پیشگفتار جلد دوم این کتاب که در چهار سال پیش، به علت موجود نبودن ویرایشهای جدیدتر آن در بازار، قبل از جلد اول ترجمه و منتشر گردید، آورده ایم:

«کتاب مبانی شیمی تجزیه، تألیف: واسکوگه، «وست» و «هولر» از بهترین و کاملترین منابع و مراجع درس شیمی تجزیه است. این کتاب با توجه به پیشرفت روزافزون شیمی تجزیه و گسترش کاربرد آن در سایر علوم از قبیل زیست‌شناسی، زمین‌شناسی، صنایع غذایی، داروسازی و مهندسی متالورژی و مواد، چندین مرتبه توسط مؤلفان آن تجدیدنظر شده و ویرایش جدید ارائه گردیده است. فراگیر بودن و سادگی بیان مطالب، نظم و ترتیب اصولی آن، حل مسائل فراوان و نیز تشرینهای اضافی پایان هر فصل، از مهمترین عوامل موفقیت و استفاده گسترده این کتاب است.»

کتاب حاضر که به عنوان جلد اول به علاقمندان تقدیم می‌گردد، شامل ترجمه فصلهای ۱ تا ۱۴ متن اصلی ویرایش هفتم است.

ویرایش علمی و نگارشی و مقابله ترجمه این جلد که ۱۶۸ صفحه بیشتر از جلد دوم است، تحت نظارت و مدیریت گروه شیمی انتشارات علمی و فنی به انجام رسید که با توجه به حجم زیاد صفحات و دقت و حساسیت اعمال شده، مراحل تولید کتاب بیش از چهار سال به طول انجامید. و این همه، حاصل زحمات صمیمانه و مسؤولانه کادر فنی و علمی، هنری و ادبی انتشارات علمی و فنی است. ما خود را در تحقق انتشار این کتاب سپاسگزار زحمات آقایان محمد زوج سرپرست تولید، امیرحسین مظاهری‌نیا سرپرست گرافیک و طراح جلد، آرش بهرام‌پور ویراستار نگارشی و عماد عزتی و سرکار خانم ترکمندی حروفچینان متن می‌دانیم.

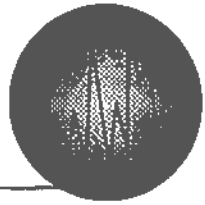
سیدمهدی پورمرتضوی

دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر

محسن پورمرتضوی

دانشگاه شهیدبهشتی

مهر ۱۳۸۶



## پیشگفتار مؤلفان

### مقدمه

هفتمین ویرایش کتاب مبانی شیمی تجزیه همانند ویرایشهای پیشین، کتاب درسی مقدماتی است که در حقیقت برای یک یا دو نیم سال از دوره تحصیلات عالی شیمی برنامه‌ریزی شده است. در این ویرایش جدید هم، مانند ویرایش ششم، کاربردهایی در شیمی تجزیه، زیست‌شناسی، داروسازی، مهندسی متالوژی، محیط زیست و سایر شاخه‌های علوم اختصاص داده شده است و سرفصلهای آن به مقتضای امکانات، زمان تخصیص یافته برای دوره تحصیل شیمی، خواسته‌ها و نظرات فردی استادان، در هر دانشگاهی متغیر است. با داشتن این اندیشه در ذهن، مطالب ویرایش هفتم کتاب مبانی شیمی تجزیه به گونه‌ای طراحی شده که پایه‌ای فراگیر منطبق با این نیاز، برای دوره‌های تحصیلی شیمی تجزیه فراهم شود.

### اهداف

هدف اصلی در این کتاب، فراهم آوردن زمینه‌ای استوار و دقیق در اصولی از شیمی است که اهمیت ویژه‌ای در شیمی تجزیه دارد. اهمیت دوم، بهبود قضاوت درباره صحت و دقت داده‌های تجربی است و اینکه چگونه می‌توان با استفاده از روشهای آماری، این قضاوتها را سرعت بخشید. سومین هدف، معرفی گسترده وسیعی از تکنیکهای شیمی تجزیه نوین است.

آخرین هدف، آموزش آن دسته از مهارتهای آزمایشگاهی است که به دانشجویان در به دست آوردن داده‌های تجزیه‌ای با کیفیت بالا، توانایی و اطمینان می‌بخشد.

## موضوعات

مطالب این کتاب، مبانی و مباحث تجزیه‌ای موردنیاز در شیمی تجزیه را پوشش می‌دهند. با مقدمه‌ای مختصر در فصل ۱، در فصلهای ۲، ۳ و ۴، موضوعاتی را در ارتباط با آمار و تجزیه داده‌ها ارائه می‌کنیم که در شیمی تجزیه بسیار حایز اهمیت هستند؛ فصلهای ۵ و ۶ مروری دارند بر تجزیه کلاسیک وزن‌سنجی و تیتراژسنجی. در فصلهای ۷ تا ۹ تئوری محلولهای آبی، فعالیتها و تعادلهای شیمیایی مورد بحث قرار گرفته‌اند. فصلهای ۱۰ تا ۱۷ به تئوری و کاربردهای روشهای تیتراژسنجی مختلف در تجزیه اشاره می‌کنند. فصلهای ۱۸ تا ۲۱ روشهای الکتروشیمی مختلف مانند پتانسیل سنجی، پلاروگرافی، وزن‌سنجی الکتریکی، کولن‌سنجی و ولتامتری را شرح می‌دهند. فصل ۲۲ هم به مقدمات مبانی طیف‌سنجی تجزیه‌ای می‌پردازد.

الگوهایی نیز در متن کتاب وجود دارند که ضمن افزودن بر آموخته‌ها، ابزار آموزشی فراگیری را فراهم می‌کنند.

## ساختار

کتاب مبانی شیمی تجزیه دارای روندی تدریجی گذرا از مباحث نظری شیمی تجزیه به جنبه‌های عملی آن است. هر فصل به‌صورت یک واحد یادگیری سازمان داده شده است، به‌گونه‌ای که بسیاری از فصول را می‌توان بتنهایی مورد توجه و استفاده قرار داد. بنابراین، استادان در گنجاندن یا حذف مباحث، با توجه به زمان و منابع، صاحب اختیار خواهند بود.

## معادلات مهم

معادلاتی را که مهم تشخیص دادیم در کادر آورده‌ایم.

## ریاضیات

بسیاری از مطالب این کتاب به اطلاعات کاربردی از علم جبر نیاز دارد. تعدادی از مفاهیم اصلی ریاضی از قبیل دیفرانسیل‌پذیری و انتگرال در این کتاب بیان شده است.

## مثالهای حل شده

تعداد زیادی مثال حل شده به کار گرفته شده‌اند تا به درک مفاهیم شیمی تجزیه کمک کنند. این مثالها الگویی برای حل تمرینهایی هستند که در پایان فصول آمده‌اند.

## تمرینها

غالب فصول، مجموعهٔ جامعی از مسائل و پرسشها را به همراه دارند. تقریباً پاسخ نیمی از تمرینها در پایان کتاب داده شده است.

## پیوستها

در پیوستهای آخر کتاب، مراجع مهم شیمی تجزیه، جداول ثابتهای شیمی، بخش مربوط به لگاریتم و تابع نمایی، بخش مربوط به معادلات عباراتی که در جای خود نیامده‌اند، آورده شده‌اند.

در صفحات آخر پیوست، جدول تناوبی عناصر، جدول اعداد و جرمهای اتمی عناصر، جدول جرمهای مولی رایج و فهرستی از مراجع این کتاب و نیز مشتقاتی از کاربردهای آنها در شیمی تجزیه، بیان شده‌اند.

## تغییرات ویرایش هفتم

خوانندگان ویرایش ششم نه تنها با تغییرات عمده‌ای در متن ویرایش هفتم مواجه می‌شوند، بلکه این تغییرات را نیز در شکل ظاهری و سبک نگارش مشاهده خواهند کرد.

## مندرجات

در قسمت ۱۸-۷ که مربوط به الکترودهای یون‌گزین است، مبدل‌های یون‌گزین را شرح داده‌ایم. این الکترودها در فروشگاهها به عنوان الکترودهای pH به فروش می‌رسند. بنا به درخواست بسیاری از دانشجویان، در این ویرایش تعداد مطالب حاشیه‌ای که شامل تعاریف، نکات مهم، یادداشتهای تاریخی، نمودارها، عکسهای مربوط به وسایل پیشرفته و نکته برانگیز هستند، افزایش یافته است. تمامی تعاریف مهم و توضیح بسیاری از واژه‌های مهم در کادرها آورده شده‌اند، همچنین چندین کادر تحت عنوان Feature (مهم) به این ویرایش افزوده شده‌اند. این کادرها شامل تشریح معادلات، زندگینامه افراد و تاریخچهٔ شیمی تجزیه و بعضی کاربردهای شیمی تجزیه در دنیای جدید هستند.

## شکل ظاهری

سبک نگارش: تغییرات متعددی را در شیوهٔ نگارش و شکل ظاهری کتاب انجام داده‌ایم

تأمتنی خواندنی و دانشجو پسندتر ارائه دهیم. بطور کلی، سعی کرده‌ایم که از جمله‌های کوتاه استفاده کنیم. واژه‌ها را ساده‌تر و فصول را کوتاه‌تر کرده و تعداد آنها را افزایش داده‌ایم، به گونه‌ای که دانشجویان به دلیل حجم زیاد مطالب، تحت فشار قرار نگرفته و آنها را در یک جلسه بخوبی فراگیرند. اگرچه باید به هنگام مطالعه هر مبحث جدید با تعداد معینی از لغات آشنا شوند، لیکن سعی کرده‌ایم تا حد امکان از جمله‌های پیچیده و سخت مفهوم اجتناب کنیم.

**توضیحات:** همه تصاویر و اشکال در این ویرایش به صورت کاملاً مشخص و آشکار آورده شده‌اند. علاوه بر این، برای نمایش تصاویر، از کار گرافیکی فراوان استفاده شده است و نیز برای نشان دادن بسیاری از دستگاه‌های شیمی تجزیه، از تنوع ترمای استفاده کرده‌ایم.

### تشکر و قدردانی

در پایان از تمامی افرادی که در جمع‌آوری این مجموعه ما را یاری کرده‌اند، سپاسگزاریم. در اینجا، از پروفسور ت. کارتر گیلر از دانشگاه میشیگان، پروفسور فردریک س. سایل از کالج کینگ، پروفسور جوزف ج. توپینگ از دانشگاه توسون و پروفسور تایمودی آ. نیمان از دانشگاه ایلینویس که در مراحل مختلف کار با نظرات و پیشنهادات خود ما را یاری کرده‌اند، تشکر می‌کنیم. همچنین، از پروفسور س. ماروین لانگ و گری شولفر از دانشگاه ویس کنسین که در تهیه اسلایدها برای اشکال کتاب ما را یاری دادند، ممنون هستیم و از پروفسور میلک مس. لکور از کالج هاپ کینس ویل که ما را در تهیه مطالب مقدماتی فصل یک کمک کردند، متشکریم.

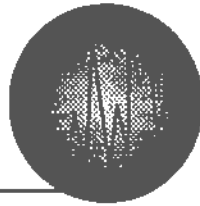
در پایان از تک تک افرادی که در انتشارات دانشگاهی ساندرز با ما در تکمیل این اثر همکاری دوستانه‌ای داشته‌اند، قدردانی می‌کنیم که در این میان از بت آهرنز و ویراستار قدیمی، آندرو پاتر و ویراستار نسخه بردار، کارولین مس گاون و ویراستار و آلیس جکسون مدیر تولید نام می‌بریم. همچنین از انتشارات جان واندلینگ و ویراستار خوب آن جنیفر بورتل کمال تشکر را داریم.

داگلاس آ. اسکوک

دونالد م. وست

ف. جیمز هولر





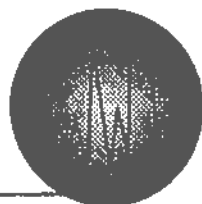
## فهرست کلی

### مبانی شیمی تجزیه (جلد اول)

|        |                                                  |
|--------|--------------------------------------------------|
| فصل ۱  | مقدمه                                            |
| فصل ۲  | خطاها در تجزیه شیمیایی                           |
| فصل ۳  | خطاهای تصادفی در تجزیه‌ها                        |
| فصل ۴  | کاربرد آمار برای ارزیابی و تکامل داده‌ها         |
| فصل ۵  | روشهای تجزیه وزن سنجی                            |
| فصل ۶  | روشهای تیتراسنجی تجزیه                           |
| فصل ۷  | شیمی محلولهای آبی                                |
| فصل ۸  | تأثیر الکترولیتها روی تعادلات یونی               |
| فصل ۹  | کاربرد محاسبات تعادلی در سیستمهای پیچیده         |
| فصل ۱۰ | نظریه تیتراسیونهای خنثی شدن                      |
| فصل ۱۱ | منحنیهای تیتراسیون برای سیستمهای اسید-باز پیچیده |
| فصل ۱۲ | کاربردهای تیتراسیونهای خنثی شدن                  |
| فصل ۱۳ | تیتراسیونهای رسوبی                               |
| فصل ۱۴ | تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس                        |

### مبانی شیمی تجزیه (جلد دوم)

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| فصل ۱۵ | پیش درآمدی بر الکتروشیمی             |
| فصل ۱۶ | کاربرد پتانسیل‌های الکترواستاندارد   |
| فصل ۱۷ | کاربردهای تیتراسیونهای اکسایش-کاهش   |
| فصل ۱۸ | تئوری پتانسیل سنجی                   |
| فصل ۱۹ | کاربردهای پتانسیومتری                |
| فصل ۲۰ | روشهای وزن سنجی الکتریکی و کولن سنجی |
| فصل ۲۱ | ولتامتری (ولت - آمپر سنجی)           |
| فصل ۲۲ | مقدمه‌ای بر روشهای اسپکتروشیمیایی    |



## فهرست تفصیلی

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| مقدمه                                                 | فصل ۱ |
| ۱ نقش شیمی تجزیه در علوم                              | ۱     |
| ۱ ب طبقه بندی روشهای تجزیه کمی                        | ۳     |
| ۱ پ مراحل تجزیه کمی نوعی                              | ۳     |
| ۱ پ-۱ انتخاب روش تجزیه                                | ۴     |
| ۱ پ-۲ نمونه برداری                                    | ۴     |
| ۱ پ-۳ تهیه نمونه آزمایشگاهی                           | ۵     |
| ۱ پ-۴ تعریف نمونههای تکراری                           | ۵     |
| ۱ پ-۵ تهیه محلولهای نمونهها                           | ۵     |
| ۱ پ-۶ حذف مزاحمتها                                    | ۶     |
| ۱ پ-۷ کالیبره کردن و اندازه گیری                      | ۶     |
| ۱ پ-۸ محاسبه نتایج                                    | ۷     |
| ۱ پ-۹ ارزیابی نتایج براساس برآورد قابلیت اطمینان آنها | ۷     |
| ۱ پ-۱۰ تشریح مراحل اختصاری شکل ۱-۱ با یک مثال         | ۷     |
| خطاها در تجزیههای شیمیایی                             | فصل ۲ |
| ۱۲ تعریف واژهها                                       | ۱۲    |
| ۱۵ ۱-۱۲ میانگین و میانه                               | ۱۵    |
| ۱۶ ۲-۱۲ دقت                                           | ۱۶    |
| ۱۷ ۳-۱۲ صحت                                           | ۱۷    |
| ۱۸ ۴-۱۲ انواع خطاها در دادههای تجربی                  | ۱۸    |
| ۲۰ ب خطاهای سیستماتیک                                 | ۲۰    |
| ۲۰ ب-۱ منابع خطاهای سیستماتیک                         | ۲۰    |
| ۲۳ ب-۲ تأثیر خطاهای سیستماتیک بر نتایج تجزیهای        | ۲۳    |
| ۲۴ ب-۳ آشکارسازی خطاهای سیستماتیک شخصی و دستگاهی      | ۲۴    |
| ۲۴ ب-۴ آشکارسازی خطاهای سیستماتیک روش                 | ۲۴    |
| ۲۷ ب پ پرسشها و مسائل                                 | ۲۷    |

|       |                                                        |    |
|-------|--------------------------------------------------------|----|
| فصل ۳ | خطاهای تصادفی در تجزیه‌ها                              | ۲۹ |
| ۱۳    | طبیعت خطاهای تصادفی                                    | ۲۹ |
| ۱-۱۳  | منابع خطاهای تصادفی                                    | ۲۹ |
| ۲-۱۳  | توزیع داده‌های تجربی                                   | ۳۱ |
| ۳     | رفتار آماری خطای تصادفی                                | ۳۵ |
| ۳-۱   | نمونه و جمعیت                                          | ۳۵ |
| ۳-۲   | خصوصیات منحنی گوسین                                    | ۳۶ |
| ۳-۳   | انحراف استاندارد نمونه به عنوان اندازه دقت             | ۳۸ |
| ۳-۴   | اعتبار $s$ به عنوان معیاری از دقت                      | ۴۱ |
| ۳-۵   | عبارت جایگزین برای بیان دقت داده‌های نمونه‌ها          | ۴۴ |
| ۳     | انحراف استاندارد نتایج محاسبه شده                      | ۴۶ |
| ۳-۱   | انحراف استاندارد جمع و تفریق                           | ۴۶ |
| ۳-۲   | انحراف استانداردهای حاصل ضربها و تقسیمها               | ۴۷ |
| ۳-۳   | انحراف استاندارد محاسبات توانی                         | ۴۹ |
| ۳-۴   | انحراف استاندارد لگاریتمها و آنتی لگاریتمها            | ۵۱ |
| ۳     | روشهایی برای گزارش داده‌های محاسبه شده                 | ۵۲ |
| ۳-۱   | قرارداد رقم بامعنی                                     | ۵۳ |
| ۳-۲   | ارقام بامعنی در محاسبات عددی                           | ۵۴ |
| ۳-۳   | گرد کردن داده‌ها                                       | ۵۶ |
| ۳-۴   | گرد کردن نتایج محاسبات شیمیایی                         | ۵۷ |
| ۳     | پریشها و مسائل                                         | ۵۹ |
| فصل ۴ | کاربرد آمار برای ارزیابی و تکامل داده‌ها               | ۶۵ |
| ۴     | حدود اطمینان                                           | ۶۵ |
| ۴-۱   | فاصله اطمینان هنگامی که $s$ تقریب خوبی از $\sigma$ است | ۶۶ |
| ۴-۲   | فاصله اطمینان هنگامی که $\sigma$ نامعلوم است           | ۷۰ |
| ۴     | یاری آمار در امتحان فرضیه‌ها                           | ۷۲ |
| ۴-۱   | مقایسه یک میانگین تجربی با یک مقدار حقیقی              | ۷۳ |
| ۴-۲   | مقایسه دو میانگین تجربی                                | ۷۵ |
| ۴-۳   | مقایسه دقت اندازه گیریه‌ها                             | ۷۸ |
| ۴     | آشکار کردن خطاهای عمده                                 | ۸۰ |

|       |                                                    |    |
|-------|----------------------------------------------------|----|
| ۴ پ-۱ | آزمون Q                                            | ۸۰ |
| ۴ پ-۲ | سایر آزمایشهای آماری                               | ۸۲ |
| ۴ پ-۳ | پیشنهادهایی در مورد برخورد با داده‌های جدا افتاده  | ۸۳ |
| ۴ ت   | تخمین حدود تشخیص                                   | ۸۳ |
| ۴ ث   | روش حداقل مربعات برای استخراج منحنیهای کالیبراسیون | ۸۴ |
| ۴ ث-۱ | فرضیات                                             | ۸۵ |
| ۴ ث-۲ | استخراج خط حداقل مربعات                            | ۸۶ |
| ۴ ج   | تضمین کیفیت و چارتهای کنترلی                       | ۹۰ |
| ۴ ج-۱ | نیاز به تضمین کیفیت                                | ۹۰ |
| ۴ ج-۲ | کاربرد چارتهای کنترلی                              | ۹۱ |
| ۴ چ   | پرسشها و مسائل                                     | ۹۴ |

## فصل ۵

|     |                                                     |     |
|-----|-----------------------------------------------------|-----|
| ۱۰۱ | روشهای تجزیه وزن سنجی                               | ۱۰۱ |
| ۱۰۴ | محاسبات وزن سنجی                                    | ۱۰۴ |
| ۱۰۴ | ۱- آ۵ برخی واحدهای مهم اندازه‌گیری                  | ۱۰۴ |
| ۱۰۸ | ۲- آ۵ استوکیومتری شیمیایی                           | ۱۰۸ |
| ۱۱۱ | ۳- آ۵ محاسبات نتایج با استفاده از داده‌های وزن سنجی | ۱۱۱ |
| ۱۱۵ | ۵ ب ویژگیهای رسوبها و واکنشگرهای رسوب دهنده         | ۱۱۵ |
| ۱۱۶ | ۵ ب-۱ اندازه ذره و قابلیت صاف شدن رسوبها            | ۱۱۶ |
| ۱۱۹ | ۵ ب-۲ رسوبهای کلوتیدی                               | ۱۱۹ |
| ۱۲۴ | ۵ ب-۳ رسوبهای بلوری                                 | ۱۲۴ |
| ۱۲۴ | ۵ ب-۴ هم‌رسوبی                                      | ۱۲۴ |
| ۱۲۹ | ۵ ب-۵ رسوبگیری از محلول همگن                        | ۱۲۹ |
| ۱۳۱ | ۵ پ خشک کردن و شعله‌ور ساختن رسوبها                 | ۱۳۱ |
| ۱۳۳ | ۵ ت کاربرد روشهای وزن سنجی                          | ۱۳۳ |
| ۱۳۳ | ۵ ت-۱ عوامل رسوب دهنده معدنی                        | ۱۳۳ |
| ۱۳۴ | ۵ ت-۲ عوامل کاهنده                                  | ۱۳۴ |
| ۱۳۴ | ۵ ت-۳ عوامل رسوب دهنده آلی                          | ۱۳۴ |
| ۱۳۷ | ۵ ت-۴ تجزیه گروههای عاملی آلی                       | ۱۳۷ |
| ۱۳۹ | ۵ ت-۵ روشهای تبخیری                                 | ۱۳۹ |
| ۱۴۰ | ۵ ث پرسشها و مسائل                                  | ۱۴۰ |

|       |                                            |     |
|-------|--------------------------------------------|-----|
| فصل ۶ | روشهای تیتراسنجی تجزیه                     | ۱۴۷ |
| ۱۶    | برخی جنبه‌های عمومی تیتراسنجی حجمی         | ۱۴۸ |
| ۱۶-۱  | تعریف چند عبارت                            | ۱۴۸ |
| ۱۶-۲  | نقاط هم‌ارزی و نقاط پایانی                 | ۱۴۸ |
| ۱۶-۳  | استانداردهای اولیه                         | ۱۴۹ |
| ۶ ب   | محلولهای استاندارد                         | ۱۵۰ |
| ۶ ب-۱ | خواص مطلوب محلولهای استاندارد              | ۱۵۰ |
| ۶ ب-۲ | روشهایی برای اثبات غلظت محلولهای استاندارد | ۱۵۰ |
| ۶ ب-۳ | روشهای بیان غلظت محلولهای استاندارد        | ۱۵۱ |
| ۶ پ   | محاسبات حجم‌سنجی                           | ۱۵۱ |
| ۶ پ-۱ | محلولها و غلظت آنها                        | ۱۵۱ |
| ۶ پ-۲ | دانسیته و وزن مخصوص محلولها                | ۱۵۷ |
| ۶ پ-۳ | برخی روابط جبری مفید                       | ۱۶۰ |
| ۶ پ-۴ | محاسبه مولاریته محلولهای استاندارد         | ۱۶۱ |
| ۶ پ-۵ | طرز برخورد با داده‌های تیتراسیون           | ۱۶۳ |
| ۶ ت   | تیتراسنجی گراویمتری (وزنی)                 | ۱۷۰ |
| ۶ ت-۱ | محاسبات مربوط به تیتراسیونهای وزنی         | ۱۷۰ |
| ۶ ت-۲ | مزایای تیتراسیونهای وزنی                   | ۱۷۱ |
| ۶ ث   | پرسشها و مسائل                             | ۱۷۱ |
| فصل ۷ | شیمی محلولهای آبی                          | ۱۷۹ |
| ۱۷    | ترکیب شیمیایی محلولهای آبی                 | ۱۷۹ |
| ۱۷-۱  | محلولهای الکترولیت                         | ۱۷۹ |
| ۱۷-۲  | اسیدها و بازها                             | ۱۷۹ |
| ۱۷-۳  | خودپروتون کافتی                            | ۱۸۳ |
| ۱۷-۴  | قدرت اسیدها و بازها                        | ۱۸۴ |
| ۷ ب   | تعادل شیمیایی                              | ۱۸۶ |
| ۷ ب-۱ | حالت تعادل                                 | ۱۸۶ |

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۱۸۸ | ۷-ب-۲ عبارتهای ثابت تعادل               |
| ۱۹۰ | ۷-ب-۳ انواع ثابتهای تعادل در شیمی تجزیه |
| ۲۰۸ | ۷-ب پرسشها و مسائل                      |

## فصل ۸ تأثیر الکترولیتهای روی تعادلات یونی

|     |                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| ۲۱۳ | ۸-ا-۱ ثابتهای تعادل ترمودینامیکی در مقابل ثابتهای تعادل غلظتی |
| ۲۱۵ | ۸-ا-۱ تأثیر بار واکنشگرها و محصولات                           |
| ۲۱۵ | ۸-ا-۲ تأثیر قدرت یونی                                         |
| ۲۱۷ | ۸-ا-۳ منبع تأثیر نمک                                          |
| ۲۱۷ | ۸-ب ضرایب فعالیت                                              |
| ۲۱۸ | ۸-ب-۱ خصوصیات ضرایب فعالیت                                    |
| ۲۱۹ | ۸-ب-۲ معادله دیبی-هوکل                                        |
| ۲۲۲ | ۸-ب-۳ محاسبه ثابت تعادل با به کارگیری ضرایب فعالیت            |
| ۲۲۵ | ۸-ب-۴ حذف ضرایب فعالیت در محاسبات تعادلی                      |
| ۲۲۵ | ۸-ب پرسشها و مسائل                                            |

## فصل ۹ کاربرد محاسبات تعادلی در سیستمهای پیچیده

|     |                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------|
| ۲۳۰ | ۹-ا روش سیستماتیک و اصولی برای حل مسائل چند تعادلی    |
| ۲۳۰ | ۹-ا-۱ معادلات موازنه جرم                              |
| ۲۳۲ | ۹-ا-۲ معادله موازنه بار                               |
| ۲۳۴ | ۹-ا-۳ مراحل حل مسائل تعادلهای چندگانه                 |
| ۲۳۵ | ۹-ا-۴ کاربرد تقریبهها در حل محاسبات تعادلی            |
| ۲۳۶ | ۹-ب محاسبه حلالیت با روش سیستماتیک                    |
| ۲۳۶ | ۹-ب-۱ هیدروکسیدهای فلزی                               |
| ۲۴۰ | ۹-ب-۲ اثر pH بر حلالیت                                |
| ۲۵۰ | ۹-ب-۳ حلالیت رسوبها در حضور عوامل کمپلکس دهنده        |
| ۲۵۷ | ۹-ب جداسازی یونها به وسیله کنترل غلظت عامل رسوب دهنده |
| ۲۵۸ | ۹-ب-۱ محاسبه امکان جداسازی                            |

|     |                        |
|-----|------------------------|
| ۲۵۹ | ۹-پ-۲ جداسازی سولفیدها |
| ۲۶۲ | ۹ ت پرسشها و مسائل     |

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۲۶۷ | فصل ۱۰ نظریه تیتراسیونهای خنثی کردن                 |
| ۲۶۷ | ۱۰-۱ محلولها و شناساگرها برای تیتراسیونهای اسید-باز |
| ۲۶۷ | ۱۰-۱-۱ محلولهای استاندارد                           |
| ۲۶۸ | ۱۰-۱-۲ شناساگرهای اسید-باز                          |
| ۲۷۱ | ۱۰-ب منحنیهای تیتراسیون                             |
| ۲۷۱ | ۱۰-ب-۱ انواع منحنیهای تیتراسیون                     |
| ۲۷۳ | ۱۰-ب-۲ تغییر غلظت طی تیتراسیون                      |
| ۲۷۴ | ۱۰-پ منحنیهای تیتراسیون اسیدها و بازهای قوی         |
| ۲۷۵ | ۱۰-پ-۱ تیتراسیون اسید قوی با باز قوی                |
| ۲۸۰ | ۱۰-پ-۲ تیتراسیون باز قوی با اسید قوی                |
| ۲۸۲ | ۱۰-ت محلولهای بافر                                  |
| ۲۸۲ | ۱۰-ت-۱ محاسبه pH محلولهای بافر                      |
| ۲۸۷ | ۱۰-ت-۲ خواص محلولهای بافر                           |
| ۲۹۴ | ۱۰-ث منحنیهای تیتراسیون اسیدهای ضعیف                |
| ۲۹۷ | ۱۰-ث-۱ اثر غلظت                                     |
| ۲۹۷ | ۱۰-ث-۲ اثر کامل شدن واکنش                           |
| ۲۹۸ | ۱۰-ث-۳ انتخاب شناساگر؛ امکانپذیر بودن تیتراسیون     |
| ۳۰۰ | ۱۰-ج منحنیهای تیتراسیون برای بازهای ضعیف            |
| ۳۰۲ | ۱۰-چ ترکیب محلولهای بافر به صورت تابعی از pH        |
| ۳۰۵ | ۱۰-ح انواع متداول شناساگرهای اسید-باز               |
| ۳۰۵ | ۱۰-ح-۱ ساختار شناساگرهای متداول                     |
| ۳۰۷ | ۱۰-ح-۲ خطاهای تیتراسیون با شناساگرهای اسید-باز      |
| ۳۰۷ | ۱۰-ح-۳ پارامترهایی که بر رفتار شناساگرها مؤثرند     |
| ۳۰۸ | ۱۰-خ پرسشها و مسائل                                 |

## فصل ۱۱ منحنیهای تیتراسیون برای سیستمهای اسید - باز پیچیده ..... ۳۱۷

- ۱۱ آ مخلوط اسیدهای ضعیف و قوی یا بازهای ضعیف و قوی ..... ۳۱۷
- ۱۱ ب اسیدهای چند عاملی ..... ۳۲۱
- ۱۱ پ بازهای چند عاملی ..... ۳۲۲
- ۱۱ ت محلولهای بافر شامل اسیدهای چند پروتونی ..... ۳۲۴
- ۱۱ ث محاسبه pH محلولهای شامل نمکهای آمفوتر ..... ۳۲۶
- ۱۱ ج منحنیهای تیتراسیون برای اسیدهای چند عاملی ..... ۳۲۹
- ۱۱ چ منحنیهای تیتراسیون برای بازهای چند عاملی ..... ۳۳۷
- ۱۱ ح منحنیهای تیتراسیون گونه‌های آمفوتری ..... ۳۳۹
- ۱۱ خ ترکیب محلول اسید چند پروتونی به عنوان تابعی از pH ..... ۳۴۲
- ۱۱ د پرسشها و مسائل ..... ۳۴۴

## فصل ۱۲ کاربردهای تیتراسیونهای خنثی شدن ..... ۳۵۱

- ۱۲ آ واکنشگرها برای تیتراسیونهای خنثی شدن ..... ۳۵۱
- ۱۲ آ-۱ تهیه محلولهای استاندارد اسید ..... ۳۵۲
- ۱۲ آ-۲ استاندارد کردن اسیدها ..... ۳۵۳
- ۱۲ آ-۳ تهیه محلولهای استاندارد بازها ..... ۳۵۵
- ۱۲ آ-۴ استاندارد کردن بازها ..... ۳۵۹
- ۱۲ ب کاربردهای نوعی تیتراسیونهای خنثی شدن ..... ۳۶۰
- ۱۲ ب-۱ تجزیه عنصری ..... ۳۶۰
- ۱۲ ب-۲ اندازه گیری مواد معدنی ..... ۳۶۴
- ۱۲ ب-۳ شناسایی گروههای عاملی آلی ..... ۳۶۸
- ۱۲ ب-۴ نمکها ..... ۳۷۱
- ۱۲ پ پرسشها و مسائل ..... ۳۷۱

## فصل ۱۳ تیتراسیونهای رسوبی ..... ۳۸۱

- ۱۳ آ منحنیهای تیتراسیون ..... ۳۸۱
- ۱۳ آ-۱ منحنیهای تیتراسیون برای آنیون منفرد ..... ۳۸۲



|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۳۸۴ | ۱۳-آ. ۲. منحنیهای تیتراسیون برای مخلوط چندین آنیون   |
| ۳۸۷ | ۱۳ ب. نقاط پایانی تیتراسیونهای نقره سنجی             |
| ۳۸۷ | ۱۳ ب-۱. شناساگرهای شیمیایی در تیتراسیونهای رسوبی     |
| ۳۹۲ | ۱۳ ب-۲. نقاط پایانی پتانسیومتری                      |
| ۳۹۳ | ۱۳ پ. کاربردهای محلولهای نیترات نقره استاندارد       |
| ۳۹۴ | ۱۳ ت. پرسشها و مسائل                                 |
| ۴۰۱ | فصل ۱۴ تیتراسیونهای تشکیل کمپلکس                     |
| ۴۰۱ | ۱۴ آ. واکنشهای تشکیل کمپلکس                          |
| ۴۰۳ | ۱۴ ب. تیتراسیون با آمینو کربوکسیلیک اسیدها           |
| ۴۰۴ | ۱۴ ب-۱. اتیلن دی آمین تترااستیک اسید (EDTA)          |
| ۴۰۶ | ۱۴ ب-۲. کمپلکسهای EDTA با یونهای فلزی                |
| ۴۰۸ | ۱۴ ب-۳. محاسبات تعادلی شامل EDTA                     |
| ۴۱۳ | ۱۴ ب-۴. منحنیهای تیتراسیون EDTA                      |
|     | ۱۴ ب-۵. تأثیر سایر عوامل کمپلکس دهنده روی منحنیهای   |
| ۴۱۸ | تیتراسیون EDTA                                       |
| ۴۲۳ | ۱۴ ب-۶. شناساگرهای تیتراسیونهای EDTA                 |
| ۴۲۵ | ۱۴ ب-۷. روشهای تیتراسیونی که از EDTA استفاده می کنند |
| ۴۲۷ | ۱۴ ب-۸. گستره تیتراسیونهای EDTA                      |
| ۴۳۰ | ۱۴ ب-۹. تعیین سختی آب                                |
| ۴۳۱ | ۱۴ پ. تیتراسیونهای با عوامل کمپلکس دهنده معدنی       |
| ۴۳۱ | ۱۴ ت. پرسشها و مسائل                                 |
| ۴۳۷ | پاسخ به سؤالات و مسائل انتخابی                       |

#### پیوستها

|     |         |
|-----|---------|
| ۴۵۱ | پیوست ۱ |
| ۴۵۳ | پیوست ۲ |

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| ۴۵۵ | پیوست ۳                    |
| ۴۵۷ | پیوست ۴                    |
| ۴۶۱ | پیوست ۵                    |
| ۴۶۲ | پیوست ۶                    |
| ۴۶۳ | پیوست ۷                    |
| ۴۶۸ | پیوست ۸                    |
| ۴۷۸ | پیوست ۹                    |
| ۴۸۰ | پیوست ۱۰                   |
| ۴۸۷ | واژه‌نامه انگلیسی به فارسی |
| ۵۰۳ | واژه‌نامه فارسی به انگلیسی |
| ۵۱۹ | فهرست راهنما               |
| ۵۲۵ | جداول                      |