

شیمی تجزیه کمی (جلد اول)

ویرایش سوم

پدیدآورنده:

دانیل سی. هریس

آ. یشگاه میکلسون - کالیفرنیا

برگردانندگان:

علی اصغر اصفا

استاد شیمی تجزیه

دانشگاه صنعتی اصفهان

مرحوم حسن رحیمی منصور

دانشیار شیمی تجزیه

دانشگاه صنعتی اصفهان

سید حسن قاضی عسکر

استاد شیمی تجزیه

دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه آری اصفهان

روزانه

گروه علوم ۱۳

شماره کتاب ۴۴

شیمی تجزیه کمی (ویرایش سوم) جلد اول

پدیدآورنده	دی. دانیل سی. هریس
برگردانندگان	علی اصغر انصافی، مرحوم حسن رحیمی منصور، سیدحسن قاضی عسکر
حروف چینی و صفحه آرایی	زحل شیروانی
ویراستار	ساعد یزدانی
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان
ناشر	مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ ششم	پاییز ۱۳۹۶
تیراژ	۵۰۰ جلد
شابک	۹۷۸-۹۶۶۴-۶۰۲۹-۴۷-۷
شابک دوره	۹۷۸-۹۶۶۴-۶۰۲۹-۴۸-۱
قیمت	۱۷۰۰۰۰ ریال

سرشناسه	Harris, Daniel C - ۱۹۴۸
عنوان و نام پدیدآور	شیمی تجزیه کمی / دانیل سی. هریس؛ ترجمه علی اصغر انصافی، مرحوم حسن رحیمی منصور، سیدحسن قاضی عسکر
مشخصات نشر	اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر، -۱۳۷۷.
مشخصات ظاهری	ج. مصور، جدول، نمودار
فروست	(دانشگاه صنعتی اصفهان؛ ۴۵، گروه علوم ۱۳)
شابک	۹۷۸-۹۶۶۴-۶۰۲۹-۴۷-۷؛ ۹۷۸-۹۶۶۴-۶۰۲۹-۴۸-۱
یادداشت	فیبا
یادداشت	ج. ۱ (چاپ اول: ۱۳۸۰)
یادداشت	ج. ۱ (چاپ دوم: ۱۳۸۴)
یادداشت	عنوان اصلی: Quantitative chemical analysis volume one
یادداشت	کتابنامه به صورت زیرنویس
یادداشت	نمایه.
موضوع	شیمی تجزیه - - کمی.
شناسه افزوده	انصافی، علی اصغر، ۱۳۴۰- مترجم.
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی اصفهان
رده بندی کنگره	QD۱۰۱/۲ ۱۳۷۷ ۹ش ۴هـ/
رده بندی دیویی	۵۴۵
شماره کتابشناسی ملی	۷۸-۲۶۷۴۹

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - مرکز نشر- کدپستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱ تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۰۹-۱۰ دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲ (۰۳۱)

برای خرید اینترنتی کلیه کتابهای منتشره مرکز نشر می توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه و یا

مستقیماً از کتابفروشی مرکز نشر واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمائید.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

یک	پیشگفتا
	فصل اول: واحدها و غلظت ها
۱	۱-۱ واحدهای SI
۵	۲-۱ اصطلاحات غلظت ها
۱۰	۳-۱ تهیه محلول ها
۱۲	تمرین ها
۱۲	مسائل
	فصل دوم: ابزار کار
۱۵	۱-۲ یادداشت های آزمایشگاهی
۱۶	۲-۲ ترازوی تجزیه ای
۲۵	۳-۲ بورت ها
۲۹	۴-۲ فلاسک های حجمی
۳۲	۵-۲ پیپت ها و سرنگ ها
۳۵	۶-۲ صافی
۳۷	۷-۲ خشک کردن
۴۰	۸-۲ سوزاندن
۴۲	۹-۲ کالیبراسیون ظروف شیشه ای حجمی
۴۷	تمرین ها
۴۷	مسائل
	فصل سوم: خطای تجربی
۵۱	۱-۳ ارقام معنی دار
۵۷	۲-۳ ارقام معنی دار و ترسیم
۵۷	۳-۳ انواع خطا
۶۱	۴-۳ انتشار عدم اطمینان

تمرینها ۶۷

مسائل ۶۷

فصل چهارم: آمار

۱-۴ منحنی خطای گوسین ۷۲

۲-۴ آزمایش t ۸۰

۳-۴ چگونگی برخورد با نتیجه مشکوک ۸۶

۴-۴ تعیین بهترین خط راست ۸۸

تمرینها ۹۶

مسائل ۹۷

فصل پنجم: تعادل شیمیایی

۱-۵ ثابت تعادل ۱۰۳

۲-۵ حاصلضرب حلالت ۱۱۱

۳-۵ اثر دین مشرک ۱۱۴

۴-۵ جداسازی توسط رسوب دادن ۱۱۶

۵-۵ تشکیل کمپلکس ۱۱۹

۶-۵ اسیدها و بازها چیستند؟ ۱۲۳

۷-۵ pH ۱۲۹

۸-۵ قدرت اسیدها و بازها ۱۳۳

تمرینها ۱۴۷

مسائل ۱۵۰

فصل ششم: فعالیت

۱-۶ نقش قدرت یونی در تعادل‌های یونی ۱۶۳

۲-۶ ضرایب فعالیت ۱۶۷

۳-۶ کاربرد ضرایب فعالیت ۱۷۶

تمرینها ۱۸۱

مسائل ۱۸۲

فصل هفتم: راه حل سیستماتیک تعادل

۱-۷ موازنه بار ۱۸۷

۲-۷ موازنه جرم ۱۸۹

۳-۷ راه حل سیستماتیک تعادل ۱۹۲

۴-۷ وابستگی قابلیت انحلال به pH ۱۹۶

تمرینها ۲۰۶

مسائل ۲۰۷

فصل هشتم: تجزیه وزنی

۲۱۳	۱-۸	مثالهایی از تجزیه وزنی
۲۱۶	۲-۸	فرایند رسوبی
۲۲۱	۳-۸	وسعت تجزیه وزنی
۲۳۱	۴-۸	محاسبات تجزیه وزنی
۲۳۷		تمرینها
۲۳۸		مسائل

فصل نهم: تیتراسیونهای رسوبی

۲۴۵	۱-۹	اصول تجزیه حجمی
۲۴۹	۲-۹	محاسبات تجزیه حجمی
۲۵۶	۳-۹	تیتراسیون حجمی
۲۵۹	۴-۹	مثالی از تیتراسیون رسوبی
۲۶۱	۵-۹	شکل منحنی تیتراسیون رسوبی
۲۶۹	۶-۹	تیتراسیون یک محلول
۲۷۱	۷-۹	آشکارسازی نقطه پایانی
۲۷۹		تمرینها
۲۸۱		مسائل

فصل دهم: تعادل‌های اسید-باز

۲۸۹	۱-۱۰	اسیدها و بازهای قوی
۲۹۴	۲-۱۰	اسیدها و بازهای ضعیف
۲۹۷	۳-۱۰	تعادل‌های اسید ضعیف
۳۰۶	۴-۱۰	تعادل‌های باز ضعیف
۳۱۰	۵-۱۰	بافرها
۳۵۳		تمرینها
۳۵۵		مسائل

فصل یازدهم: تیتراسیونهای اسید-باز

۳۶۵	۱-۱۱	تیتراسیون اسید قوی با باز قوی
۳۷۱	۲-۱۱	تیتراسیون اسید ضعیف با باز قوی
۳۷۹	۳-۱۱	تیتراسیون باز ضعیف با اسید قوی
۳۸۲	۴-۱۱	تیتراسیونهای سیستمهای دوپروتونه
۳۸۸	۵-۱۱	پیدا کردن نقطه پایانی
۴۰۳	۶-۱۱	نکات عملی
۴۰۷	۷-۱۱	تیتراسیون در حلالهای غیرآبی

۴۱۱	تمرینها
۴۱۳	مسائل
فصل دوازدهم: عناوین پیشرفته در شیمی اسید-باز	
۴۲۳	۱-۱۲ گونه اصلی کدام است
۴۲۶	۲-۱۲ معادله‌های کسر ترکیب
۴۳۰	۳-۱۲ pH هم‌یونی و ایزوالکتریک
۴۳۴	۴-۱۲ واکنشهای اسیدهای ضعیف با بازهای ضعیف
۴۴۳	تمرینها
۴۴۵	مسائل

فصل سیزدهم: تیتراسیونهای EDTA

۴۵۳	۱-۱۳ کمپلکسهای کی لیت فلزی
۴۵۷	۲-۱۳ EDTA
۴۶۸	۳-۱۳ منحنی‌های تیتراسیون EDTA
۴۷۳	۴-۱۳ عوامل که به کمک دهنده کمکی
۴۷۸	۵-۱۳ شناساگرهای یونی فلز
۴۸۳	۶-۱۳ تکنیکهای تیتراسیون EDTA
۴۸۹	تمرینها
۴۹۱	مسائل

ضمیمه‌ها

۵۰۱	ضمیمه الف
۵۰۵	ضمیمه ب
۵۰۹	ضمیمه پ
۵۱۳	ضمیمه ت
۵۲۵	ضمیمه ث
۵۲۹	ضمیمه ج
۵۳۷	ضمیمه چ
۵۴۹	ضمیمه ح
۵۵۳	حل تمرینها
۵۹۵	جوابهای مسائل
۶۰۹	واژه‌یاب

تشریح‌ها

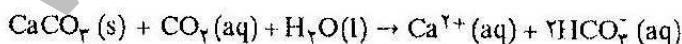
۱۳۴	۱-۵ خودنویس HCl
۱۶۷	۲-۶ اثر قدرت یونی بر روی تفکیک یونی

۲۱۷	۱-۸	کلوئیدها و دیالیز
۲۷۷	۱-۹	نیتراسیون فاجنز
۳۰۳	۱-۱۰	هدایت الکترولیتهای ضعیف
۳۱۹	۲-۱۰	بافرها چگونه عمل می کنند؟
۳۹۰	۱-۱۱	شناساگرها و قدرت اسیدی CO_2
۴۸۰	۱-۱۳	تغییرات رنگ شناساگریون فلز
		چهارگوشها
۲۳	۱-۲	آشکارسازهای کریستالی پیزوالکتریک
۴۵	۲-۲	از بین بردن پس مانده های مواد شیمیایی
۸۳	۱-۴	آزمایش نورقانون
۱۱۲	۱-۵	یون رکورو
۱۱۵	۲-۵	برهان تقریبی
۱۲۰	۳-۵	قرارداد ای ثاهای تشکیل
۱۳۵	۴-۵	رفتار غیرعادی یونرولوریک اسید
۱۴۱	۵-۵	کربونیک اسید
۲۰۰	۱-۷	شما واقعاً چگونه خواهید توانست مساله CaF_2 را حل کنید؟
۲۰۱	۲-۷	pH و فساد دندان
۲۲۴	۱-۸	مطالعه میکروسکوپی تهنشین سازممکن
۲۵۱	۱-۹	مواد مرجع استاندارد
۲۶۰	۲-۹	تریدیمتری و نفلومتري
۳۰۰	۱-۱۰	میانبرهای حل معادله درجه دوم
۳۱۷	۲-۱۰	قوی با ضعیف کاملاً واکنش می دهد
۳۴۰	۳-۱۰	تقریبهای متوالی
۳۷۳	۱-۱۱	جواب یک سوال
۳۹۴	۲-۱۱	pH منفی به چه معنی می باشد؟
۳۹۸	۳-۱۱	اسیدیته و قلیائیت
۴۳۳	۱-۱۲	تمرکز ایزوالکتریک
۴۵۷	۱-۱۳	کی لیت درمانی و تالاسمی
۴۸۶	۲-۱۳	سختی آب

پیشگفتار

شاخه شمالی رودخانه پوتوماک که از میان قسمت زیبای کوههای Appalachian عبور می‌کند به صورت آب کاملاً زلال و شفاف است. اما آب موجود در قسمت اعظم طول رودخانه که قربانی فاضلاب اسیدی حاصل از معادن ذغال سنگ اطراف می‌شود، مرده و بی‌جان است. وقتی آب رودخانه از یک کارخانه کاغذسازی گذشت و عملیات تصفیه فاضلاب در وسترن پورت مرلند بر روی آن انجام گرفت، pH آب از حالت بی‌جان ۴/۵ به حالت روحبخش ۷/۲ افزایش می‌یابد که در آن ماهی و گیاهان رشد سریعی دارند. پس چیزی در وسترن پورت، اسید موجود در آب را خنثی می‌کند. در اوایل سال ۱۹۸۰ سد بزرگی در بلومینگتون، یعنی در قسمت اسیدی رودخانه، ساخته شد تا به عنوان یک سد عمل کرده و جریان آب را کنترل کند. سوالی که مطرح بود اینکه چگونه آب رها شده از مخزن کنترل شود تا بر عمل خنثی‌سازی که در وسترن پورت انجام می‌شود، غلبه پیدا کند.

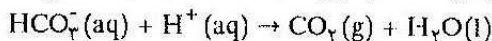
همانند بسیاری از مقالات مربوط به محیط زیست، شیمی تجزیه نقش کلیدی در حل این مساله داشته است. با ترکیب کردن بسیاری از روشهایی که در این کتاب یاد خواهید گرفت، منجمله تیتراسیونهای اسید-باز، کروماتوگرافی تبادل یون، اسپکتروسکوپی جذب اتمی، تیتراسیونهای پتانسیومتر و شیمی تجزیه‌های وزنی، راز شیمی مربوط به وسترن پورت بر ملا و معلوم شد. راز این منبع خنثی‌سازی، تعلیق کلسیم کربنات جامد حاصل از مواد شیمیایی است که جهت تهیه خمیر کاغذ به کار رفته و همراه ضایعات کارخانه کاغذسازی خارج می‌شود. قسمتی از این جامد در عملیات کارخانه به دام افتاده و وارد رودخانه نمی‌شود. لیکن، تنفس باکتری موجب در عملیات کارخانه موجب تولید مقدار زیادی کربن دی اکسید می‌شود که با کلسیم کربنات به برهم‌کنش کرده و کلسیم بی‌کربنات محلول را بوجود می‌آورد:



کلسیم کربنات

کلسیم بی‌کربنات محلول

بی‌کربنات حاصل از عملیات کارخانه، اسیدیته آب رودخانه را خنثی کرده و سبب می‌شود که حیات موجودات، در آبی که بلافاصله از کارخانه می‌گذرد سریعاً آغاز شود:



با مشخص شدن و کمی کردن شیمی مربوط به وسترن پورت، قواعد اجرایی برای رها

ساختن آب حاصل از مخزن را به طریقی ماهرانه تنظیم کرده‌اند که اسیدیته آب موجود در پشت سد، بر ظرفیت خنثی سازی کارخانه کاغذسازی غلبه پیدا نکند.

هر یک از شاخه‌های علوم، تقریباً به یک طریقی با شیمی تجزیه ارتباط دارد تا به این سوالات پاسخ دهد که «ماده مورد نظر چیست؟» (تجزیه کیفی) و «چه مقدار از آن موجود است؟» (تجزیه کمی). با وجودی که معمولاً این دو سوال با یکدیگر آمیخته شده‌اند ولی این کتاب مبانی لازم برای دستیابی به سوال دوم را در آزمایشگاه فراهم می‌کند.

هدف اصلی من در نوشتن این کتاب، فراهم آوردن درک فیزیکی عمیق از اصول شیمی تجزیه و نشان دادن روشهایی است که این اصول در شیمی و علوم وابسته به آن و علی‌الخصوص به علوم حیاتی اعمال می‌شوند. کوشش کرده‌ام تا موضوعات مورد بحث در یک دوره متعارف شیمی تجزیه را به روشی جالب، دقیق و خواندنی ارائه کنم تا برای دانشجویان، بدون توجه به رشته اصلی آنها، جذاب باشد. قصد من از ارائه مطالب این کتاب آن است که برای دانشجویان رشته‌های دیگر به قدر کافی واضح باشد ولی در عین حال، عمده لازم را برای دانشجویان سالهای بالای دوره کارشناسی داشته باشد. هدف اصلی من در نوشتن این کتاب بازتاب یافته است. این نسخه‌ها طی یک دوره مقدماتی شیمی تجزیه اصلاح و مبسوط شده است که اصولاً برای دانشجویان رشته‌های دیگر (دانشجویانی که رشته اصلی آنها شیمی نبوده است) در دانشگاه کالیفرنیا دیویس و همچنین یک درس استروری برای دانشجویان سال سوم رشته شیمی در دانشکده فرانکلین و مارشال دانشگاه پنسیلوانیا تدریس شد.

با وجودی که به هیچ وجه نمی‌توان تمام موضوعهای اصلی این کتاب را در یک دوره پوشش داد به همین جهت مطالب کسب رای تأمین نیازهای گوناگون بسیاری از دوره‌های شیمی تجزیه، تنظیم شده است. موضوعهای اصلی کتاب شامل آمار، تعادل شیمیایی، شیمی اسید - باز، روشهای الکتروشیمیایی، تکنیکهای اسپکتروسکوپی، روشهای جداسازی و دستورالعملهای آزمایشگاهی می‌باشد. فصل ۱۹ درباره روشهای اسپکتروفتومتری بحث می‌کند و به راحتی می‌توان ترتیب فصل مهم تره را در این کتاب عوض کرد. برای حل بعضی از مسایل فصلهای جلوتر باید از اطلاعات اسپکترومتری استفاده کرد و در نتیجه دانشجویان باید به ابتدای فصل ۱۹ مراجعه نمایند.

چندین تغییر اصلی در این ویرایش انجام شده است. مبانی اسید و بازها جلوتر آمده و در فصل ۵ ارائه شده است تا زمینه لازم برای شیمی اسید - باز مورد استفاده در فصل ۷ را فراهم نماید. مقدمه‌ای بر الکتروشیمی در فصل ۱۴ باز نویسی شد، با این امید که از گمراهی مربوط به علامتها در محاسبه ولتاژهای سلول کاسته شود. آنهایی که با ویرایش قبلی تدریس کرده‌اند باید توجه خاص داشته باشند که چگونه علامتها در این ویرایش عمل می‌کنند. تغییرات در بحث مربوط به تعادل کمپلکس EDTA نیز به منظور بهبود در روشن شدن مطلب می‌باشد. فصلهای مربوط به روشهای کروماتوگرافی و

دستگاهوری اسپکتروفتومتری بازنویسی شده تا پیشرفتهای دهه اخیر منظور شده باشد. فصل جدیدی درباره نحوه ارائه نمونه در پایان کتاب نمایان می شود، این فصل، نکات مربوط به نحوه ارائه نمونه را که قبلاً در سراسر کتاب پخش شده بود، جمع آوری کرده و مطالب جدیدی نیز در همین زمینه گنجانده شده است. قسمتهای زیادی از کتاب به دانش روز مجهز گردیده، چهارگوشهای جدید و آزمایش جدید در متن و جدولهای ثابت تشکیل نیز به ضمیمه ها اضافه شده است. پروژه های کامپیوتری ویرایش قبلی حذف شد تا به ایجاد فضا برای مطالب اضافی کمک نماید.

برای کمک به سبک تر شدن بار موضوعات خیلی عمیق، چهارگوشها و تشریحاتی جالبی به طور شبکه ای با مطالب کتاب مرتبط شده است. فهرست موضوعی در پایان کتاب آمده است. مجموعه ای از تمرینها و مسایل در انتهای هر فصل، بسیار مهم و حیاتی است زیرا فقط با حل آنهاست که دانشجو می تواند به راز این موضوع پی ببرد. تمرینها، کوچکترین دسته از مسایل هستند که تمام مطالب بسیار مهم و گاهاً پیچیده را در برمی گیرند. حل کامل تمرینها و جوابهای کوتاه مسائل در انتهای کتاب آمده است. حل کامل مسایل در دستورالعمل جداگانه موجود است که حسب نیاز قابل دریافت می باشد.

نویسنده از تعداد زیادی از محقق و همکار و از جمله همسرش که مشارکت قابل توجهی در خواندن، تصحیح، تأیید، عکس برداری و ... داشته اند تشکر کرده است که به دلیل زیادی تعداد و مشکل برسر داد و ستد آنها به فارسی، ترجمه نشده است. این کتاب به دانشجویانی تقدیم می شود که از آن استفاده کرده، آنهایی که پس از خواندن کتاب گاهاً لبخند زده و آنهایی که پس از کشمکش جهت حل مساله احساس رضایت کرده و بصیرت جدیدی به دست می آورند. وقتی احساس موفقیت می کنم که این کتاب، یآوری برای شما باشد تا در هنگام حل مسائل جدید، دلیل منطقی و مستقل ارائه دهید. از هر گونه نظرات، انتقادات، پیشنهادات و تغییرات دریافتی از دانشجویان و معلمان واقعاً قدردانی می کنم!

دان هریس

اوت ۱۹۹۰