



طيف سنجي مولکولی

جی. مائیکل هولاس

ترجمہ مسعود حسن پور، فرامرز طیار



مرکز نشر دانشگاهی

Modern Spectroscopy

Fourth Edition

J. Michael Hollas

John Wiley & Sons, Ltd, 2004

طیف‌سنجی مولکولی

تألیف جی. مایکل هولاس

ترجمه مسعود حسن‌پور، فرامرز طباری

ویراسته فروغ بشارتیان
نسخه پرداز: لیلا محسنی
طراح جلد: حسین راست‌منش
حروفچین و صفحه‌آرا: زهرا صاعقه‌نخست
مرکز نشر دانشگاهی
چاپ اول ۱۳۹۳
تعداد ۵۰۰
چاپ دیجیتال و صحافی: آریانا
۲۱۰۰۰ تومان

نشانی فروشگاه مرکزی: خیابان انقلاب، رویه‌روی سینما سپیده، پاساژ خیبری، تلفن: ۶۶۴۱۰۶۸۶، ۶۶۴۰۸۸۹۱
نشانی فروشگاه و نمایشگاه دائمی: خیابان دکتر بهشتی، خیابان خالد اسلامبولی، نشانی خیابان دهم، شماره ۵۰، تلفن: ۸۸۷۲۵۹۵۴

فروش اینترنتی: www.bookup.ir

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است.
فهرست‌نویسی پیش از انتشار کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه: هولاس، جان مایکل Hollas, John Michael

عنوان و نام پدیدآور: طیف‌سنجی مولکولی / جی. مایکل هولاس؛ ترجمه مسعود حسن‌پور، فرامرز طباری.

مشخصات نشر: تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ده، ۵۲۲ ص: مصور، جدول، نمودار.

فروست: مرکز نشر دانشگاهی: ۱۴۷۲، شیمی و مهندسی شیمی: ۱۶۷.

شابک: 978-964-01-1472-8

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

یادداشت: عنوان اصلی: *Modern spectroscopy, 4th, ed, c2004.*

یادداشت: کتاب حاضر تحت عناوین «طیف‌سنجی مولکولی (اصول و روشهای جدید)» و «طیف‌سنجی مدرن» نیز منتشر شده است.

یادداشت: واژه‌نامه

یادداشت: کتابنامه

یادداشت: نمایه

عنوان دیگر: طیف‌سنجی مولکولی (اصول و روشهای جدید).

عنوان دیگر: طیف‌سنجی مدرن.

موضوع: طیف‌سنجی

شناسه افزوده: حسن‌پور، مسعود، ۱۳۲۸ - مترجم

شناسه افزوده: طباری، فرامرز، ۱۳۳۷ - مترجم

شناسه افزوده: مرکز نشر دانشگاهی

رده‌بندی کنگره: QC ۴۵۱/ ۹۵۹ ۱۳۹۳

رده‌بندی دیویی: ۵۳۵/۸۴

شماره کتابشناسی ملی: ۳۴۸۲۸۲۷

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار مؤلف
۹	۱ برخی نتایج مهم در مکانیک کوانتومی
۹	۱.۱ طیف‌بینی و مکانیک کوانتومی
۱۰	۲.۱ تحول نظریه کوانتومی
۱۸	۳.۱ معادله شرودینگر و برخی از پاسخهای آن
۱۸	۱.۳.۱ معادله شرودینگر
۲۱	۲.۳.۱ اتم هیدروژن
۲۸	۳.۳.۱ تکانه زاویه‌ای اسپین الکترون و اسپین هسته
۳۰	۴.۳.۱ تقریب بورن-اوپنهاইمر
۳۲	۵.۳.۱ چرخنده سخت
۳۵	۶.۳.۱ نوسانگر هماهنگ

۳۸

پریش

۳۹

کتابشناسی

۴۰

۲ تابش الکترومغناطیسی و برهم‌کنش آن با اتمها و مولکولها

۴۰

۱.۲ تابش الکترومغناطیسی

۴۱

۲.۲ جذب و نشر تابش

۴۸

۳.۲ پهنای خط

۴۸

۱.۳.۲ پهن‌شدگی طبیعی خط

۵۰

۲.۳.۲ پهن‌شدگی دوپلری

۵۰

۳.۳.۲ پهن‌شدگی فشاری

۵۱

۴.۳.۲ پهن‌شدگی توانی، یا سیرشدگی

۵۱

۵.۳.۲ برطرف کردن پهن‌شدگی خط

۵۳

پریش

۵۴

کتابشناسی

۵۵

۳ ویژگیهای کلی روشهای تجربی

۵۵

۱.۳ طیف الکترومغناطیسی

۵۶

۲.۳ اجزای کلی آزمایش جذبی

۵۸

۳.۳ عناصر پاشنده

۵۸

۱.۳.۳ منشورها

۶۰

۲.۳.۳ توریهای پراش

۶۴

۳.۳.۳ تبدیل فوریه و تداخل‌سنجها

۷۶

۴.۳ اجزای آزمایشهای جذبی در نواحی گوناگون طیفی

۷۶

۱.۴.۳ ناحیه ریزموج و موج میلی‌متری

۷۸

۲.۴.۳ ناحیه فروسرخ دور

۷۹

۳.۴.۳ ناحیه فروسرخ نزدیک و متوسط

۸۰

۴.۴.۳ ناحیه مرئی و فرابنفش نزدیک

۸۱

۵.۴.۳ ناحیه فرابنفش دور یا خلاء

۸۲	۵.۳ سایر روشهای تجربی
۸۲	۱.۵.۳ طیف بینی بازتاب کلی تضعیف شده (ATR) و طیف بینی انعکاسی-جذبی فروسرخ (RAIRS)
۸۳	۲.۵.۳ طیف بینی جذب اتمی
۸۵	۳.۵.۳ طیف بینی نشری اتمی یا پلاسمای جفت شده القایی
۸۶	۴.۵.۳ نورکافت جرقه‌ای
۸۷	۶.۳ طیف نورسنجهای ثبات نمونه جهت استفاده در نواحی فروسرخ و حد واسط، مرئی و فرابنفش نزدیک
۹۰	پرسش
۹۰	کتابشناسی
۹۱	۴ تقارن مولکولی
۹۲	۱.۴ عناصر تقارن
۹۳	۱.۱.۴ محور تقارن مرتبه C_n
۹۳	۲.۱.۴ سطح تقارن، σ
۹۵	۳.۱.۴ مرکز وارونگی، i
۹۶	۴.۱.۴ محور تقارن چرخش-انعکاس مرتبه S_n
۹۶	۵.۱.۴ عنصر تقارن یکسانی، I (یا E)
۹۶	۶.۱.۴ ایجاد عناصر تقارن
۹۸	۷.۱.۴ شرایط تقارن برای خصلت کایرالیته مولکولها
۱۰۲	۲.۴ گروههای نقطه‌ای
۱۰۲	۱.۲.۴ گروههای نقطه‌ای C_n
۱۰۳	۲.۲.۴ گروههای نقطه‌ای S_n
۱۰۴	۳.۲.۴ گروههای نقطه‌ای C_{nv}
۱۰۴	۴.۲.۴ گروههای نقطه‌ای D_n
۱۰۵	۵.۲.۴ گروههای نقطه‌ای C_{nh}
۱۰۵	۶.۲.۴ گروههای نقطه‌ای D_{nd}

۱۰۶	۷.۲.۴ گروههای نقطه‌ای D_{nh}
۱۰۶	۸.۲.۴ گروه نقطه‌ای T_d
۱۰۶	۹.۲.۴ گروه نقطه‌ای O_h
۱۰۷	۱۰.۲.۴ گروه نقطه‌ای K_h
۱۰۷	۱۱.۲.۴ گروه نقطه‌ای I_h
۱۰۸	۱۲.۲.۴ سایر گروههای نقطه‌ای
۱۰۹	۳.۴ جدولهای خصلت گروههای نقطه‌ای
۱۰۹	۱.۳.۴ جدول خصلت C_{2v}
۱۱۴	۲.۳.۴ جدول خصلت C_{3v}
۱۱۹	۳.۳.۴ جدول خصلت $C_{\infty v}$
۱۲۰	۴.۳.۴ جدول خصلت I_h
۱۲۰	۴.۴ تقارن و گشتاورهای دوقطبی
۱۲۶	پرسش
۱۲۷	کتابشناسی
۱۲۸	۵ طیف‌بینی چرخشی
۱۲۸	۱.۵ مولکولهای چرخنده خطی، چرخنده متقارن، چرخنده کروی، و چرخنده بی‌تقارن
۱۳۱	۲.۵ طیفهای چرخشی فروسرخ، موج میلی‌متری، و ریزموج
۱۳۱	۱.۲.۵ مولکولهای دواتمی و چنداتمی خطی
۱۳۹	۲.۲.۵ مولکولهای چرخنده متقارن
۱۴۲	۳.۲.۵ اثر استارک در مولکولهای چرخنده دواتمی، خطی، و متقارن
۱۴۳	۴.۲.۵ مولکولهای چرخنده بی‌تقارن
۱۴۵	۵.۲.۵ مولکولهای چرخنده کروی
	۶.۲.۵ مولکولهای میان‌ستاره‌ای که از طریق طیفهای فرکانس رادیویی، ریزموج،
۱۴۷	یا موج میلی‌متری خود شناسایی شده‌اند
۱۵۰	۳.۵ طیف‌بینی چرخشی رامان
۱۵۱	۱.۳.۵ روشهای تجربی

۱۵۳	۲.۳.۵ نظریهٔ پراکندگی چرخشی رامان
۱۵۵	۳.۳.۵ طیف چرخشی رامان مولکولهای دواتمی و چنداتمی خطی
۱۵۹	۴.۳.۵ اوزان آماری اسپین هسته‌ای
۱۶۲	۵.۳.۵ طیف چرخشی رامان مولکولهای چرخندهٔ متقارن و بی‌تقارن
۱۶۲	۴.۵ تعیین ساختار با استفاده از ثابتهای چرخشی
۱۶۶	پرسش
۱۶۷	کتابشناسی
۱۶۸	۶ طیف‌بینی ارتعاشی
۱۶۸	۱.۶ مولکولهای دواتمی
۱۶۹	۱.۱.۶ طیفهای فروسخ
۱۷۲	۲.۱.۶ طیفهای رامان
۱۷۴	۳.۱.۶ ناهماهنگی
۱۸۰	۴.۱.۶ طیف‌بینی ارتعاشی-چرخشی
۱۸۸	۲.۶ مولکولهای چنداتمی
۱۸۸	۱.۲.۶ ارتعاشهای گروهی
۱۹۶	۲.۲.۶ تعداد ارتعاشهای طبیعی گونه‌های تقارنی
۲۰۲	۳.۲.۶ قواعد گزینش ارتعاشی
۲۱۱	۴.۲.۶ طیف‌بینی ارتعاشی-چرخشی
۲۲۲	۵.۲.۶ ناهماهنگی
۲۳۵	پرسش
۲۳۷	کتابشناسی
۲۳۸	۷ طیف‌بینی الکترونی
۲۳۸	۱.۷ طیف‌بینی اتمی
۲۳۸	۱.۱.۷ جدول تناوبی
۲۴۴	۲.۱.۷ نمایش برداری تکانه و تقریبهای جفت‌شدگی برداری
۲۵۵	۳.۱.۷ طیفهای اتمهای فلز قلیایی

۲۵۹	۴.۱.۷ طیف اتم هیدروژن
۲۶۲	۵.۱.۷ طیفهای هلیوم و اتمهای فلزات قلیایی خاکی
۲۶۶	۶.۱.۷ طیفهای سایر اتمهای چندالکترونی
۲۷۰	۲.۷ طیفبینی الکترونی مولکولهای دواتمی
۲۷۰	۱.۲.۷ اوربیتالهای مولکولی
۲۸۰	۲.۲.۷ طبقه‌بندی حالت‌های الکترونی
۲۸۳	۳.۲.۷ قواعد گزینش الکترونی
۲۸۴	۴.۲.۷ به دست آوردن حالت‌های ناشی از آرایشهای الکترونی
۲۸۷	۵.۲.۷ ساختار درشت ارتعاشی
۳۰۴	۶.۲.۷ ساختار ظریف چرخشی
۳۱۱	۳.۷ طیفبینی الکترونی مولکولهای چنداتمی
۳۱۱	۱.۳.۷ اوربیتالهای مولکولی و حالت‌های الکترونی
۳۳۰	۲.۳.۷ قواعد گزینش الکترونی و ارترونی
۳۳۲	۳.۳.۷ رنگ‌زاها
۳۳۳	۴.۳.۷ ساختار درشت ارتعاشی
۳۳۸	۵.۳.۷ ساختار ظریف چرخشی
۳۴۱	۶.۳.۷ طیفهای بخشیده
۳۴۳	پیش
۳۴۵	کتابشناسی
۳۴۶	۸ طیفبینی فوتوالکترون و طیف‌بینیهای وابسته
۳۴۶	۱.۸ طیفبینی فوتوالکترون
۳۴۹	۱.۱.۸ روشهای تجربی
۳۵۴	۲.۱.۸ فرایندهای یونش و قضیه کوپمانس
۳۵۶	۳.۱.۸ طیفهای فوتوالکترون و تفسیر آنها
۳۷۷	۲.۸ طیفبینی الکترونی اوزه و فلوئورتابی پرتو ایکس
۳۷۹	۱.۲.۸ طیفبینی الکترونی اوزه

۳۸۴	۲.۲.۸ طیف بینی فلورتابی پرتو ایکس
۳۹۰	۳.۸ ساختار ظریف جذب پرتو ایکس ادامه دار
۳۹۹	پرشش
۳۹۹	کتابشناسی
۴۰۰	۹ لیزرها و طیف بینی لیزر
۴۰۰	۱.۹ شرح کلی لیزرها
۴۰۰	۱.۱.۹ سیما و خواص عمومی
۴۰۴	۲.۱.۹ روشهای دستیابی به وارونگی جمعیت
۴۰۶	۳.۱.۹ شیوه های کاراک لیزر
۴۰۷	۴.۱.۹ تبدیل Q
۴۰۹	۵.۱.۹ محبوس سازی شیوه
۴۱۰	۶.۱.۹ نسل هماهنگ
۴۱۲	۲.۹ مثالهایی از لیزرها
۴۱۲	۱.۲.۹ لیزرهای یاقوت و آلکساندریت
۴۱۴	۲.۲.۹ لیزر تیتانیم-یاقوت کبود
۴۱۵	۳.۲.۹ لیزر نئودیمیم-یاگ (Nd^{3+} : YAG)
۴۱۶	۴.۲.۹ لیزر دیودی یا نیرسانا
۴۱۹	۵.۲.۹ لیزر هلیم-نئون
۴۲۲	۶.۲.۹ لیزرهای یون آرگون و یون کریبتون
۴۲۳	۷.۲.۹ لیزر نیتروژن (N_2)
۴۲۴	۸.۲.۹ لیزرهای اکسایمر و ایکسی پلکس
۴۲۶	۹.۲.۹ لیزر کربن دیوکسید
۴۲۸	۱۰.۲.۹ لیزرهای رنگینه ای
۴۳۲	۱۱.۲.۹ کلیاتی درباره مواد لیزری
۴۳۲	۳.۹ کاربرد لیزرها در طیف بینی
۴۳۳	۱.۳.۹ طیف بینی فوق رامان

۴۳۵	طیف‌بینی برانگیزش رامان	۲.۳.۹
۴۳۷	طیف‌بینی پراکندگی همدوس آنتی‌استوکس رامان	۳.۳.۹
۴۳۹	طیف‌بینی لیزری استارک یا رزونانس الکتریکی لیزری	۴.۳.۹
۴۴۱	جذب دوفوتونی و چندفوتونی	۵.۳.۹
۴۴۶	تفکیک چندفوتونی و جداسازی ایزوتوپها با لیزر	۶.۳.۹
۴۴۹	فلوئورتایی تک‌ترازی	۷.۳.۹
۴۵۲	شناسایی و فاصله‌یابی با نور (LIDAR)	۸.۳.۹
۴۵۶	طیف‌بینی کاواک حلقه‌باین	۹.۳.۹
۴۶۳	طیف‌بینی فمتوثانیه	۱۰.۳.۹
۴۷۰	طیف‌بینی مولکولها در باشنده‌های فراصوتی	۱۱.۳.۹
۴۸۲	پرسش	
۴۸۳	کتابشناسی	
۴۸۴	پیوستها	
۵۰۶	واژه‌نامه	
۵۱۰	فهرست الفبایی آنها و مولکولها	
۵۲۳	نمایه	

پیشگفتار مؤلف

به طور کلی طیف‌بینی در شیمی، فیزیک و در علوم، موقعیت خاصی دارد. طیف‌بینی می‌تواند جوابهای دقیقی را برای برخی از پرسشهای مورد جستجو، به‌ویژه آنها که مربوط به ساختار اتمی و مولکولی می‌شوند، فراهم سازد. مقادیر دقیق طولهای پیوند و زوایای مولکولهای کوچک را می‌توان به یاری طیف‌بینی تعیین کرد. به همین ترتیب می‌توان به جزئیات صورت‌بندی مولکولهای بزرگ دست یافت. آیا مولکول مسطح است؟ اگر مسطح نیست، سد انژی در برابر مسطح بودن چقدر است؟ آیا گروه متیل متصل به حلقه بنزن موقعیت متقابل را دارد یا نامتقابل؟ صورت‌بندی سپس یا ترانس کدام پایدارتر است؟ روشهای طیف‌بینی در تجزیه و تحلیل شیمیایی و در بررسی ترکیب سیارات، دنباله‌دارها، ستارگان و محیط بین‌سیاره‌ای بسیار حائز اهمیت‌اند.

طیف‌بینی به منزله ابزار پژوهشی، همچنان به شکوفایی خود ادامه می‌دهد و با جهشهای گاه‌به‌گاه کوانتومی پیوسته در حال توسعه است. مثلاً چنین جهشهایی از توسعه لیزرها به دست آمد. البته همه جهشها مطالب مناسبی مانند این کتاب برای منظور کردن در کتاب درسی دوره کارشناسی فراهم نمی‌کنند. با این همه حتی در دوره نسبتاً کوتاه هفت سال پس از ویرایش سوم، یا ابداعات تازه‌ای صورت گرفته است یا ادغام ابداعات نسبتاً قدیمی، که نه تنها حائز اهمیت بسیارند، بلکه می‌توان (امیدوارم!) آنها را در این سطح به اطلاع دیگران رساند.

درویرایش چهارم، شناسایی و برد لیزرها (LIDAR)، طیف‌بینی کاواک حلقه‌پایین، لیزرهای فمتوثانیه و طیف‌بینی فمتوثانیه، و کاربرد و تهیج فلوئورتابی القایی با لیزر جهت بررسیهای ساختاری

مولکولهای بسیار بزرگتر از آنچه پیشتر میسر بود، عنوانهای تازه‌ای هستند. روش اخیر از دو جهش کوانتومی تجربی بهره می‌گیرد: ابداع لیزرهای با تفکیک بسیار زیاد در نواحی مرئی و فرابنفش و پرتو مولکولی فراصوتی.

هواره از ویرایش اول در ۱۹۸۷ تا ویرایشهای بعدی در ارقامی که به کار رفته‌اند ابهام وجود داشته است. در ویرایش حاضر ارقام مورد استفاده اصلاح شده و تغییرات کوچک، اضافات و تصحیحاتی در کتاب انجام گرفته است. من از رابرت هامبروک (انتشارات John Wiley) و راشل گت که در اصلاح این ارقام سهیم بوده‌اند، بسیار سپاسگزارم. ثابتهای بنیادی روزآمد شده‌اند، بجز سرعت نور، که به طور دقیق مشخص شده است، بسیاری از این ثابتها پیوسته با دقت بیشتری تعیین می‌شوند.

انتشار کتابهای تازه در مورد طیف‌بینی ادامه دارد در حالی که برخی از کتابهای قدیمی به صورت بهترین نمونه باقی می‌مانند. کتابشناسی فصلها به روز شده‌اند تا برخی از کتابهای تازه منتشرشده، یا ویرایشهای تازه کتابهای قدیمی را در برگیرد.

در بخش کتابشناسی، کتابهای خودم درباره طیف‌بینی را نیاورده‌ام. *High Resolution Spectroscopy*، ویرایش دوم (انتشارات جان وایلی، ۱۹۹۸) همان چارچوب کلی *Modern Spectroscopy* را دارد ولی موضوع را به سطح پژوهشها می‌کشد. *Basic Atomic and Molecular Spectroscopy* (انجمن سلطنتی شیمی، ۲۰۰۲) که رویکردش به موضوع در سطح ساده‌تری نسبت به کتاب *Modern Spectroscopy* است، نسبتاً غیرریاضی و شامل پرسشهای حل‌شده زیادی است. هیچ‌یک از این کتابها در کتابشناسی نیامده است، ولی بررسی آنها، بسته به سطح مورد نیاز، توصیه می‌شود.

من به‌ویژه از پروفیسور Ben van der Veken (دانشگاه Antwerp)، که طیفهای تازه‌ای را با تداخل‌سنج فرسوخ تهیه کردند، تشکر می‌کنم. این طیفها در شکلهای ۸.۶، ۲۷.۶، ۲۸.۶ و ۳۴.۶ نشان داده شده‌اند. همچنین از Dr. Andrew Orr-Ewing (دانشگاه بریستول)، که نسخه‌های اصلی طیفهای کاواک حلقه‌یابین در شکلهای ۳۸.۹ و ۳۹.۹ را در اختیار گذاشتند، بسیار سپاسگزارم.