

برنام‌ها

شیمی معدنی

(جلد ۱)

نویسندگان:

دکتر مسعود میرزائی شهرابی (دانشیار گروه شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد)

دکتر عزت رفیعی (استاد گروه شیمی، دانشگاه رازی کرمانشاه)

دکتر زانت سلیمان نژاد (دانشیار دانشکده شیمی، دانشگاه بهرا)

دکتر امیر شکوه سلجوقی (دانشیار گروه شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد)

دکتر ولی‌الله نوبخت (استادیار گروه شیمی، دانشگاه شهید چمران اهواز)

ویراستار علمی و ادبی: دکتر مسعود میرزائی شهرابی

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برای انتشارات پژوهشی نوآوران شریف محفوظ است و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و نشر تمام یا بخشی از این اثر را بدون موافقت کتبی ناشر به هر صورت اعم از فتوکپی، پلی‌کپی، جزوه و ... ندارد و متخلفین به موجب بند ۵ ماده ۲ قانون حمایت از ناشرین مصوب مجلس محترم شورای اسلامی تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

(انتشارات پژوهشی نوآوران شریف)

عنوان و نام پدیدآورندگان: شیمی معدنی / مولفین مسعود میرزائی شهبازی [... و دیگران]؛ ویراستار علمی و ادبی: مسعود میرزائی شهبازی

مشخصات نشر: تهران: پژوهشی نوآوران شریف، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاہری: ۳ج: مصور، جدول.

شایک دورہ: 978-600-5953-82-4

شابک جلد ۱: 978-600-5953-79-4 / جلد ۲: 978-600-5953-80-0 / جلد ۳: 978-600-5953-81-7

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت: مؤلفین: مسعود میرزائی شهرابی، عزت رفیعی، ژانت سلیمان نژاد، امیر شکوه سلجوقی، ولی اله نوبخت.

موضوع: اسمی معدنی

شناسه از روده: یرزائی شهرابی، مسعود، ۱۳۵۰.

رده‌بند: سنگره: ۱۳۹۶ ش ۳/۱۵۱ QD

رده‌بندی دیریی: ۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۰۹۶۷۸

تهران - انار - خیابان جمالزاده جنوبی - بعد از جمهوری - خیابان چنگیزی - خیابان زرین قدم -

۱. بست مهر با چلاک ۱. واحد ۱

تلفن: ۰۲۱۶۶۹۱۶۷۹۶ - ۰۲۱۶۶۹۱۶۳۱ - ۰۹۱۲۳۰۱۷۶۱۶ - ۰۹۱۰۹۱۹۲۵۷۳



عنوان کتاب: شیمی معدنی (جلد ۱)

نویسندگان: دکتر مسعود میرزائی شهبازی - دکتر عزت فیعی - دکتر ژانت سلیمان نژاد - دکتر امیر شکوه سلجوقی -

دکتر ولی اله نوبخت

ناشر: پڑوہشی نوآوران شریف

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۷

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

صفحہ آرایہ: سحر ابراہیمی

قیمت: ۴۵۰۰۰۰ ریال

برای کسب اطلاعات بیشتر از این مجموعه به آدرس تلگرامی زیر مراجعه فرمایید.

https://t.me/khf_sharif

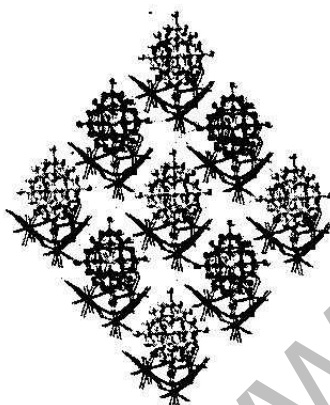
کانال‌های تلگرامی بخش شیمی:

https://t.me/chemistry_sharif

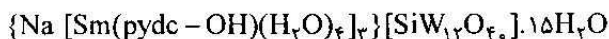
<https://t.me/chemistry1sharif>

توضیحات

تصویر روی جلد



ترکیب و اثر متقابل بین دو گونه‌ی آلی و معدنی می‌تواند باعث تشکیل نوادی شود که افزون بر ویژگی‌های ذاتی دو گونه، ویژگی‌ها، پهنای باند و جدیدی که از برهم‌کنش دو گونه نتیجه می‌شود را نیز دارا باشند. به همین دلیل، سنتز و مطالعه‌ی سیستم‌های هیبریدی آلی-معدنی یکی از با اهمیت‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی شیمی است. یک گروه از مهم‌ترین ترکیب‌های هیبریدی، ترکیب‌های کریستالی هیبریدی متشکل از پلی‌اکسومتالات‌ها هستند. این‌ها با اکسیژن در سطح مولکول‌های پلی‌اکسومتالاتی، غیراشباع شدن این اتم‌ها به اندازه‌ی کافی واکنش‌پذیر هستند و می‌توانند به عنوان "کترون دهنده به کاتیون‌های فلزی عمل کنند. از پیشرفت قابل توجه در طراحی ترکیب‌های کوئوردیناسیونی هیبریدی، ربا، پلی‌اکسومتالات استفاده از کمپلکس‌های فلزهای لانتانوییدی است. برهم‌کنش بین کمپلکس لانتانوییدی و پلی‌اکسومتالات به دلیل ویژگی‌های نوری و مغناطیسی یون‌های لانتانوییدی، امکان دست‌یابی به مواد هیبریدی با پتانسیل کاربردی بسیار با ارزش را فراهم می‌آورد. طرح روی جلد، ساختار کریستالی ترکیب هیبریدی با فرمول



است. افزون بر وجود لیگاند آلی در این کلاستر سه هسته‌ای لانتانوییدی، آنیون پلی‌اکسومتالاتی $[SiW_{12}O_{40}]^{4-}$ گئینی نیز در این ساختار به عنوان لیگاند معدنی سه دندانه رفتار کرده و با سه یون لانتانوییدی از طریق سه اتم اکسیژن انتهایی پیوند کوئوردیناسیونی برقرار می‌کند. این مولکول‌های مجزا از طریق برهم‌کنش‌های غیر کووالانسی مثل پیوند هیدروژنی و آنیون π به یکدیگر متصل شده و یک شبکه‌ی سوپرا مولکولی سه بُعدی را تشکیل می‌دهند.

پیشگفتار

کتاب پیش رو، جلد نخست از مجموعه‌ی سه جلدی معدنی ۱، ۲ و ۳ بوده که به اهتمام جمعی از اعضای هیأت علمای مجرب شیمی معدنی کشور به رشته‌ی تحریر در آمده است. این مجموعه بر اساس آخرین تغذیات در سرفصل دروس شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به نگارش در آمده است. شیمی معدنی نیز همگام با پیشرفت روزافزون سایر علوم، پیوسته دستخوش تحولات بسیاری است. امروزه، شیمی معدنی به گستره‌ی وسیعی از موضوعات از جمله نانمان اتمی، بلورشناسی، بررسی انواع پیوندهای شیمیایی اعم از پیوندهای کووالانسی، یونی، هیدروژنی، ترکیب‌های کوئوردیناسیون و نظریه‌های مرتبط با آن از جمله نظریه میدان لیزر و نظریه‌ی اوربیتال مولکولی، طیف‌سنجی ترکیب‌های معدنی، سینتیک و مکانیسم واکنش‌های معدنی، بیوشیمی معدنی، کاتالیزورها، شیمی صنایع معدنی، شیمی سبز و محیط زیست، روش‌های نوین برای همگامی و علم به این پیشرفت‌های شگرف، وجود منابع به روز و معتبر برای علاقمندان این دانش کاربردی، ضرورت می‌یابد. با وجود تألیف و ترجمه‌ی چندین کتاب در این حوزه، جای خالی مجموعه‌ای که به پیشرفت‌های جدید در شیمی معدنی پرداخته باشد و اصول و مبانی شیمی معدنی را با نگاهی نو و فهمی عمیق آموزش داده باشد، احساس می‌شود. لذا سعی شده است به مدد تجربه‌ی آموزشی مبرزترین استادان این حوزه، مبتنی بر جدیدترین شیوه‌های آموزش مطالب علمی و نیز بر مبنای آخرین بازنگری‌ها در سرفصل دروس شیمی معدنی مصوب شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، این مجموعه تدوین شود. همچنین سعی شده است که در نگارش بخش‌های گوناگون این مجموعه از معتبرترین و به روزترین منابع و مراجع استفاده شود. در این مجموعه، افزون بر جنبه‌های علمی و آموزشی، سعی شده است به جنبه‌های تاریخی نیز پرداخته شود تا خواننده با سیر تاریخی پیشرفت‌ها در این حوزه آگاهی پیدا کند. همچنین به فراخور موضوع، به برخی کاربردهای دانش شیمی معدنی در علوم و صنایع گوناگون اشاره شود. از دیگر ویژگی‌های این مجموعه این است که در

انتهای هر فصل، پرسش‌هایی به همراه پاسخ آنها طراحی شده است تا خواننده بتواند توانایی خود را در مطالب آموزش داده شده، ارتقا دهد.

در اینجا لازم می‌دانیم از جناب آقای ابراهیمی مدیر مسئول مجموعه‌ی انتشارات پژوهشی شریف که بزرگوارانه، به تجمیع این گروه از مؤلفین، همت گماردند و با دلسوزی، این کار را به سامان رساندند، تشکر ویژه داشته باشیم. همچنین هیات مولفین، مراتب سپاس و امتنان خود را از کارکنان انتشارات پژوهشی شریف که با دقت بسیار در صفحه‌آرایی و آماده‌سازی این کتاب اهتمام داشتند، اعلام می‌دارد.

پیشک با وجود دقت و حوصله بسیاری که در انتخاب و ترتیب مطالب و نیز شیوا و روان بودن جملات به کار برده شده است، متن کتاب عاری از نارسایی‌ها و اشکالات نیست. امیدواریم اعضای محترم هیات علمی دانشگاه‌ها و دانشجویان عزیز در رفع این کاستی‌ها به هیات مؤلفین یاری رسانند.

با آرزوی توفیق روزافزون
نویسندگان

مقدمه

کتاب حاضر در شش فصل به رشته‌ی تحریر در آمده است. این فصول به ترتیب عبارتند از: فصل اول) ساختار اتم، فصل دوم) آرایش الکترونی اتم، بار موثر هسته، ترم‌های طیفی و خواص بنیادی اتم، فصل سوم) جامدات یونی و فلزی، فصل چهارم) تقارن، فصل پنجم) ساختار و پیوند، و فصل ششم) ایزوتوپ‌ها.

در فصل اول این کتاب به ساختار اتم پرداخته شده است. علاوه بر جنبه‌های علمی، سیر تحول تاریخی و روند تکامل نظریه‌های گوناگون در شناخت و درک کامل از ساختار اتم، دارای اهمیت بسیار است. لذا سعی شده است تا تارش این فصل، با نگاهی علمی و دقیق به این موضوع پرداخته شود، در عین حال از آوردن مطالب منوری و نیز فرمول‌های پیچیده فیزیک کوانتومی غیر ضروری اجتناب شود. فصل اول کتاب حاضر، با بهره‌گیری از مبانی مکانیک کوانتومی، اصول اساسی و حیاتی‌ای که هر شیمیدان باید در ارتباط با ساختار اتمی، توابع موج اتمی و اعداد کوانتومی بدانند، بررسی شده است. بدیهی است، بسیاری از مفاهیمی که در شیمی مدرن به کار می‌روند، از نظریه کوانتومی نشأت می‌گیرند. هر سال، همانند هر نظام مستحکم دیگری، بیم آن می‌رود که مفهوم و اهمیت مبانی موجود در نظریه کوانتومی در پشت زبان ارائه آن پنهان و یا دست کم بدیهی پنداشته شود. نظریه‌ی کوانتومی رسوء مرکبی است، زیرا اساساً ماهیتی ریاضی گونه دارد. بدون دانشی از ریاضیات، درک نکات عمده و ماهم آن، نظیر آنچه مربوط به اوربیتال اتمی است، دشوار می‌گردد.

فصل اول سعی شده مباحث ضروری و تفسیر فیزیکی آنها که نظریه کوانتومی در کاربردش در شیمی به آنها متکی است، برای خواننده آورده شود. اغلب دانشجویان شیمی تمایل دارند مفاهیمی مانند توابع موج اتمی، اوربیتال‌ها، اسپین الکترون و ... را با ایجاد تجسمی فیزیکی و تصویری شهودی از اتم بیاموزند و همین عامل باعث شده است تا گاهی اوقات، تعبیرها و تفسیرهای نادرست از مفاهیم زیربنایی نظریه‌های اتمی در ذهن دانشجویان شکل گیرد. اعتقاد داریم آموزش درست و عمیق این مطالب، بزرگترین هدیه به دانشجویان شیمی است، زیرا ضربه‌ی اساسی‌تر در فهم مفاهیم زمانی وارد می‌شود که دانشجو با چارچوب ذهنی نادرستی که از اتم دارد، به تفسیر و تحلیل‌های بعدی در مورد بقیه‌ی موضوعات شیمی می‌پردازد.

فصل دوم، به بررسی خواص و ویژگی‌های گوناگون عناصر جدول تناوبی می‌پردازد. بررسی الکترونگاتیویته، انرژی یونش و برخی دیگر از خواص جدول تناوبی به روش کیفی و کمی، در این فصل آموزش داده می‌شود. تعیین بار موثر هسته، آشنایی با مفهوم ترم طیفی و چگونگی تعیین آن با روش‌های گوناگون از دیگر مفاهیم این فصل است. توصیه می‌شود مفاهیم این فصل به درستی آموخته شود زیرا سنگ بنای درک صحیح مطالب دیگر در شیمی معدنی (۲) و (۳) می‌باشند.

فصل سوم به بررسی جامدات یونی و فلزی پرداخته می‌شود. در ابتدای این فصل مفاهیمی پایه مانند قواعد فاجانس آموزش داده می‌شود. با کمک این مفاهیم می‌توان دید بهتری در مورد ماهیت یونی یا کووالانسی ترکیبات پیدا کرد. پس از آن با روشی کاملاً متفاوت، چگالش اتمی در شبکه‌های یونی و فلزی معرفی می‌شود. مفاهیمی مانند انواع شبکه‌های بلوری، ضریب انبساطی و ... را در این فصل می‌آموزید. این فصل حاوی مطالب کاربردی بسیاری از دانش شیمی معدنی در صنایع کانی‌شناسی، الکترونیک و ... است.

فصل چهارم، به تعریف تئران در شیمی معدنی، عناصر و اعمال تقارنی پرداخته می‌شود. به منظور درک عمیق‌تر مفاهیم تقارن در ترکیبات شیمی معدنی، سعی شده است که مثال‌های بسیاری در این فصل آورده شود. در ادامه‌ی این فصل، مفاهیم پایه‌ای نظریه گروه و کاربرد آن در شیمی، آورده شده است. اهمیت این فصل در این است که خواننده پس از آموزش مطالب، توانایی بسیاری در ایجاد تصویری دیداری از ساختار فضایی ترکیبات معدنی خواهد یافت و به تبع آن بسیاری از ویژگی‌های آن ترکیبات. برای مثال، بررسی ویژگی‌های طیفی آنها، تعیین هیبریداسیون ترکیبات، بررسی سطوح انرژی ترکیبات و تعیین اوربیتال مولکولی آنها و ... را فرا می‌گیرند. درک کامل مطالب این فصل به ویژه در زمینه‌ی بخش‌های گوناگون مطالب شیمی معدنی (۲)، ضرورت دارد.

فصل پنجم به بررسی نظریه‌های مختلف در مورد پیوندهای شیمیایی می‌پردازد. تعیین هیبریداسیون، آشنایی با نظریه‌ی پیوند ظرفیت، نظریه اوربیتال مولکولی، طیف‌های فوتوالکترون از اهداف آموزش این فصل می‌باشد. در این فصل سعی شده است با آوردن مثال‌های بسیار، جنبه‌های مختلف پیوند، در ترکیبات معدنی از جنبه‌ی گوناگون مثل انرژی پیوند، طول و زوایای پیوندی و ... بررسی شود.

فصل ششم نیز به مفهوم اسید و باز از نگاه نظریه‌های مختلف پرداخته می‌شود. امید است همانگونه که نویسندگان فصول مختلف این کتاب از نوشتن آن لذت بردند، خوانندگان این مجموعه نیز از خواندن آن لذت ببرند. مجدداً یادآور می‌شود با وجود دقت و حوصله بسیاری که در انتخاب و ترتیب مطالب و نیز شیوا و روان بودن جملات به کار برده شده است، متن کتاب عاری از نارسایی‌ها و اشکالات نیست. امیدوارم استادان و دانشجویان محترم در رفع این کاستی‌ها به مؤلفین یاری رسانند.

۵	پیشگفتار
۷	مقدمه

فصل اول: ساختار اتم

۱۵	۱-۱- مقدمه
۱۶	۱-۲- مدل اتم
۱۹	۱-۳- پیف های اتمی
۲۰	۱-۳-۱- پیف نشری خطی اتم ها
۲۱	۱-۴- اتم هیدروژن در مدل اتمی بوهر
۲۵	۱-۵- دستاورد بعدی از اصل پانزدهم
۲۹	۱-۶- حدود اعتبار نظریه بوهر
۳۲	۱-۷- معادله ی شرودینگر
۳۷	۱-۸- توابع موجی و اعداد کوانتومی
۴۳	۱-۸-۱- توابع موج
۴۳	۱-۸-۱-۱- تابع موج شعاعی، $[R_{n,l}(r)]$
۴۸	۱-۸-۱-۲- گروه و سطوح گرمی
۵۰	۱-۸-۱-۳- تابع موج زاویه ای، $Y_l^m(\theta, \phi)$
۶۰	۱-۹- توابع هیدروژن مانند حقیقی
۶۸	پرسش ها
۷۰	منابع

فصل دوم: آرایش الکترونی اتم، بار موثر هسته، ترم های طیفی و خواص یادی اتم

۷۳	۲-۱- آرایش الکترونی اتم
۷۷	۲-۲- طبقه بندی عناصر جدول تناوبی
۷۸	۲-۲-۱- قانون تناوبی موزلی
۷۹	۲-۳- بار موثر هسته
۷۹	۲-۳-۱- روش اسلیتر
۸۳	۲-۳-۲- روش کلمانتی و ریموندی
۸۴	۲-۳-۳- روند تغییرات بار موثر هسته اتم ها در دوره و گروه
۸۴	۲-۴- انرژی یونش
۸۹	۲-۵- الکترونگاتیوی

۹۱	۱-۵-۲- الکترون گاتیوی مولیکن
۹۲	۲-۵-۲- روش آلود- روکو
۹۲	۶-۲- الکترونخواهی
۹۵	۷-۲- ترم های طیفی
۱۰۱	۱-۷-۲- روش خلاصه کردن جدول ریز حالت ها
۱۰۹	۲-۷-۲- روش فاکتورگیری از اسپین
۱۱۷	پرسش ها
۱۱۸	منابع

فصل سوم جامدهای یونی و فلزی

۱۱۹	۳- مقدمه
۱۲۲	۲-۳- خصلت یون ها کووالانسی
۱۲۳	۳-۳- ترکیب های یونی کووالانسی
۱۲۳	۱-۳-۳- پیوند یونی
۱۲۵	۲-۳-۳- برخی از خواص و ویژگی های جامدهای یونی
۱۲۷	۴-۳- خصلت کووالانسی پیوند های قطبی پذیری
۱۲۹	۱-۴-۳- تاثیر قطبش پذیری آنیون بر خواص فیزیکی ترکیب های یونی
۱۳۱	۵-۳- جامد بلوری
۱۳۶	۱-۵-۳- سیر تحولی و رشد علم بلورشناسی
۱۳۸	۶-۳- عدد کوئوردیناسیون (C.N)
۱۳۸	۷-۳- سیستم مکعبی
۱۳۸	۱-۷-۳- مکعبی ساده
۱۴۰	۲-۷-۳- مکعبی مرکز پُر
۱۴۰	۳-۷-۳- مکعبی مراکز وجوه پُر
۱۴۱	۸-۳- انباشته ی هگزاگونالی
۱۴۵	۹-۳- کسر (ضریب) انباشتگی اتمی (APF)
۱۴۸	۱۰-۳- فضا های بین نشینی
۱۴۸	۱-۱۰-۳- فضای بین نشینی در سلول واحد مکعبی ساده
۱۴۹	۲-۱۰-۳- فضا های بین نشینی در واحد سلولی مکعبی مرکز پُر (bcc)
۱۵۰	۳-۱۰-۳- فضای بین نشینی هشت وجهی در واحد سلولی مکعبی مرکز پُر ($O_h \text{Int. bcc}$)
۱۵۱	۲-۱۰-۳- فضای بین نشینی چهار وجهی در واحد سلولی مکعبی مرکز پُر ($T_d \text{Int. bcc}$)
۱۵۲	۳-۱۰-۳- فضا های بین نشینی در سلول واحد مکعبی مراکز وجوه پُر (fcc)
۱۵۲	۱-۳-۱۰-۳- فضای بین نشینی هشت وجهی در واحد سلولی مکعبی مراکز وجوه پُر ($O_h \text{Int. fcc}$)
۱۵۳	۲-۳-۱۰-۳- فضای بین نشینی چهار وجهی در سلول واحد مکعبی مراکز وجوه پُر ($T_d \text{Int. fcc}$)

- ۱۵۴-۱۰-۳-۴ فضاهای بین‌نشینی در سلول واحد انباشته‌ی هگزاگونالی (hcp) ۱۵۴
- ۱۵۴-۱۰-۳-۴-۱ فضای بین‌نشینی هشت وجهی در سلول واحد انباشته‌ی هگزاگونالی ($O_h \text{Int}_{\text{hcp}}$) ۱۵۴
- ۱۵۵-۱۰-۳-۲ فضای بین‌نشینی چهار وجهی در سلول واحد انباشته‌ی هگزاگونالی ($T_d \text{Int}_{\text{hcp}}$) ۱۵۵
- ۱۵۷-۱۱-۳ بررسی ساختار بلوری چند مورد از بلور جامدهای یونی مهم ۱۵۷
- ۱۵۷-۱۱-۳-۱ بلورهایی که استوکیومتری ۱:۱ دارند (AB) ۱۵۷
- ۱۵۷-۱۱-۳-۱-۱ سزیم کلرید (CsCl) ۱۵۷
- ۱۵۸-۱۱-۳-۲ سدیم کلرید (NaCl) ۱۵۸
- ۱۶۰-۱۱-۳-۳ روی سولفید (ZnS) ۱۶۰
- ۱۶۳-۱۱-۳ بلورهایی که استوکیومتری ۱:۲ یا ۲:۱ دارند (AB_2 یا BA_2) ۱۶۳
- ۱۶۳-۱۱-۳-۱ فلوریت (CaF_2) ۱۶۳
- ۱۶۴-۱۱-۳-۲ سدیم اکسید (Na_2O) ۱۶۴
- ۱۶۵-۱۱-۳-۳ روتون (TiO_2) ۱۶۵
- ۱۶۶-۱۱-۳-۳ بلورهایی که استوکیومتری ۱:۳ دارند (AB_3 یا BA_3) ۱۶۶
- ۱۶۷-۱۱-۳-۱ پروسکیت ۱۶۷
- ۱۷۰-۱۱-۳-۲ ایلمنیت ۱۷۰
- ۱۷۲-۱۱-۳-۳ اسپینل ۱۷۲
- ۱۷۸-۱۲-۳ ارتباط ساختار بلورهای یونی با اندازه‌گیری پهنای پیک ۱۷۸
- ۱۸۶-۱۳-۳ شعاع یونی و اندازه‌گیری آن ۱۸۶
- ۱۸۸-۱۴-۳ محاسبه انرژی شبکه بلور یونی ۱۸۸
- ۱۸۸-۱۴-۳-۱ روش بورن-لانده ۱۸۸
- ۱۹۲-۱۴-۳-۱ تصحیح بر روی محاسبات انرژی شبکه ۱۹۲
- ۱۹۳-۱۴-۳-۲ معادله‌ی بورن-مایر ۱۹۳
- ۱۹۵-۱۴-۳-۳ معادله‌ی کاپوستینسکی ۱۹۵
- ۱۹۶-۱۴-۳-۴ چرخه بورن-هابر (روش ترمودینامیکی تعیین مقدار انرژی شبکه بلور) ۱۹۶
- ۱۹۹-۱۵-۳ نقص ساختار بلوری ۱۹۹
- ۱۹۹-۱۵-۳-۱ نقص‌های غیر استوکیومتری ۱۹۹
- ۱۹۹-۱۵-۳-۱-۱ نقص فرنکل ۱۹۹
- ۲۰۰-۱۵-۳-۲ نقص اسکاتکی (یا اسکاتکی-واگنر) ۲۰۰
- ۲۰۱-۱۵-۳-۳ جابجایی لیه‌ای (کناری) ۲۰۱
- ۲۰۲-۱۵-۳-۴ جابجایی پیچشی ۲۰۲
- ۲۰۳-۱۵-۳-۲ نقص استوکیومتری ۲۰۳
- ۲۰۳-۱۵-۳-۱ نقص کاتیونی ۲۰۳
- ۲۰۵-۱۵-۳-۲ نقص آنیونی ۲۰۵

۲۰۶	۱۶-۳ جامدهای فلزی
۲۰۸	۱-۱۶-۳ طول و شعاع پیوند فلزی
۲۰۹	۲-۱۶-۳ انرژی پیوند فلزی
۲۰۹	۱۷-۳ نظریه نوار و رسانش در جامدات فلزی
۲۱۲	۱-۱۷-۳ اجسام نیم رسانای ذاتی
۲۱۲	۲-۱۷-۳ اجسام نیم رساناهای غیر ذاتی
۲۱۲	۱-۲-۱۷-۳ نیم رسانای غیر ذاتی از نوع منفی (N)
۲۱۴	۲-۲-۱۷-۳ نیم رسانای غیر ذاتی از نوع مثبت (P)
۲۱۵	۳-۱۷-۳ چند نمونه از کاربردهای مهم مواد نیم-رسانا
۲۱۸	پرسش‌ها
۲۲۰	منابع

فصل چهارم: آرایش

۲۲۱	۱-۴ مقدمه
۲۲۷	۲-۴ اعمال و عناصر آرایش
۲۲۸	۱-۲-۴ محور دوران محلی
۲۳۰	۲-۲-۴ صفحه تقارن
۲۳۱	۳-۲-۴ محور دوران-انعکاس
۲۳۳	۴-۲-۴ مرکز تقارن
۲۳۴	۵-۲-۴ عنصر یکسانی
۲۳۴	۳-۴ گروه
۲۳۵	۱-۳-۴ جدول ضرب گروه
۲۳۸	۴-۴ گروه نقطه‌ای
۲۳۸	۱-۴-۴ گروه نقطه‌ای C_i و C_s ، C_1
۲۳۹	۲-۴-۴ گروه نقطه‌ای C_n و C_{nv} ، C_{nh}
۲۴۰	۳-۴-۴ گروه نقطه‌ای S_n
۲۴۱	۴-۴-۴ گروه نقطه‌ای D_n و D_{nd} ، D_{nh}
۲۴۳	۵-۴-۴ گروه نقطه‌ای $C_{\infty v}$ و $D_{\infty h}$
۲۴۳	۶-۴-۴ گروه نقطه‌ای T_h و I_h ، O_h ، T_d
۲۴۸	۵-۴ جدول‌های شناسایی-نمایش‌ها
۲۵۵	۱-۵-۴ کلاس‌های تقارن و اعمال تقارن مزدوج
۲۵۶	۲-۵-۴ خواص نمایش‌ها
۲۵۸	۶-۴ تقارن و فعالیت نوری
۲۶۱	پیوست ۱
۲۶۵	پرسش‌ها
۲۶۶	منابع

فصل پنجم: ساختار و پیوند

۲۶۷	۱-۵- مقدمه
۲۶۸	۲-۵- مدل هشت تایی لویس و ساختارهای الکترون- نقطه
۲۶۹	۱-۲-۵- قواعد رسم ساختارهای لویس
۲۷۲	۲-۲-۵- رزونانس
۲۷۷	۳-۵- نظریه پیوند ظرفیت (VBT)
۲۸۸	۱-۳-۵- قاعده بنت
۲۸۹	۴-۵- نظریه دافعه جفت الکترون‌های لایه ظرفیت (VSEPR)
۲۹۵	۱-۴-۵- ساختارهای هندسی مشتق شده از اسکلت چهار وجهی با $SN = 4$
۲۹۷	۲-۴-۵- ساختارهای هندسی مشتق شده از اسکلت دوهرمی مثلثی با $SN = 5$
۲۹۹	۳-۴-۵- ساختارهای هندسی مشتق شده از اسکلت هشت وجهی با $SN = 6$
۳۰۰	۴-۴-۵- اثر پیوندی چندمرکزی بر روی ساختار هندسی مولکول‌ها و زوایای پیوندی
۳۰۲	۵-۴-۵- اثر الکترونی و انالیز هابر روی ساختار هندسی و زوایای پیوندی
۳۰۳	۶-۴-۵- بررسی دقیق‌تر اندازه‌گیری زوایای پیوندی
۳۰۴	۷-۴-۵- بحث بیشتر در مورد ساختار سه‌وجهی دوهرمی مثلثی و عدد فضایی ۵
۳۰۷	۸-۴-۵- محدودیت‌های نظریه VSEPR
۳۰۸	۵-۵- نظریه اوربیتال مولکولی (MOT)
۳۰۹	۱-۵-۵- تشکیل اوربیتال‌های مولکولی از اوربیتال‌های اتمی
۳۱۱	۲-۵-۵- تشکیل اوربیتال‌های مولکولی از اوربیتال‌های اتمی S
۳۱۵	۳-۵-۵- بررسی تشکیل پیوند در گونه‌های Li_2 ، He_2 و B_2
۳۱۶	۴-۵-۵- بررسی تشکیل پیوند در B_2 ، C_2 ، N_2 ، O_2 و F_2
۳۲۴	۵-۵-۵- بررسی گونه‌های B_2 ، C_2 و N_2
۳۲۵	۶-۵-۵- نظریه اوربیتال مولکولی: مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته
۳۲۶	۱-۶-۵-۵- دیاگرام اوربیتال مولکولی کربن مونوکسید (CO)
۳۲۹	۲-۶-۵-۵- اوربیتال‌های مولکولی HF
۳۳۰	۷-۵-۵- ترکیب‌های یونی و اوربیتال‌های مولکولی
۳۳۱	۸-۵-۵- نظریه اوربیتال مولکولی: مولکول‌های چند اتمی
۳۳۱	۱-۸-۵-۵- بررسی مولکول سه اتمی خطی XH_3
۳۳۳	۲-۸-۵-۵- دیاگرام اوربیتال مولکولی برای مولکول‌های سه اتمی خمیده مانند H_2O
۳۳۸	۳-۸-۵-۵- بررسی دیاگرام اوربیتال مولکولی BH_3
۳۴۰	۴-۸-۵-۵- بررسی تشکیل پیوند در مولکول هرم مثلثی NH_3
۳۴۲	۵-۸-۵-۵- بررسی اوربیتال‌های مولکولی CH_4 با ساختار چهار وجهی
۳۴۴	۶-۸-۵-۵- بررسی اوربیتال مولکولی SF_6 با ساختار هشت وجهی
۳۴۸	۹-۵-۵- مولکول‌های با کمبود الکترون و پیوندهای دوالکترونی- سه مرکزی

۳۴۹	 ۵-۵-۱۰- طیف‌بینی فوتوالکترون
۳۵۳	 پرسش‌ها
۳۵۵	 منابع

فصل ششم: اسید و بازها

۳۵۷	 ۶-۱- مقدمه
۳۵۸	 ۶-۲- تعاریف
۳۵۸	 ۶-۲-۱- آرنیوس
۳۵۸	 ۶-۲-۲- برونشتد-لوری
۳۶۹	 ۶-۱- سیستم حلال
۳۷۱	 ۶-۲- لاکس و فلود
۳۷۲	 ۶-۲-۵- یوساز
۳۷۳	 ۶-۲-۱- ذولد-سون
۳۷۳	 ۶-۲-۷- لویسر
۳۸۷	 ۶-۲-۸- سخت-نرم
۳۹۵	 ۶-۳- پارامترهای حلال و عدد هندسی
۳۹۷	 پرسش‌ها
۴۰۱	 منابع

پاسخ به پرسش‌های فصل‌ها

۴۰۳	 پاسخ پرسش‌های فصل اول
۴۰۶	 پاسخ پرسش‌های فصل دوم
۴۰۸	 پاسخ پرسش‌های فصل سوم
۴۱۱	 پاسخ پرسش‌های فصل چهارم
۴۱۳	 پاسخ پرسش‌های فصل پنجم
۴۱۸	 پاسخ پرسش‌های فصل ششم