



دانشگاه شهرود

نانوشیمی

(رشته شیمی)

www.ketab.ir

دکتر محمود پایه قدر

دکتر محمد علی کریمی

دکتر عبدالحمید هاتفی مهر جردی

سرشناسه	:	کریمی، محمدعلی، ۱۳۴۳ -
عنوان و نام پدید آور	:	نانوشیمی / محمدعلی کریمی، محمود پایه قدر، عبدالحمید هاتفی مهرجردی.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	:	سزده، ۲۴۷ ص.
فروست	:	دانشگاه پیام نور؛ ۲۲۵۸. گروه شیمی؛ ۱۳۰ / ۱.
شابک	:	0 - 0305 - 14 - 964 - 978
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا.
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	نانوشیمی — آموزش برنامه ای.
موضوع	:	Nanochemistry -- Programmed instruction
موضوع	:	نانوساختارها — آموزش برنامه ای.
موضوع	:	Nanostructures -- Programmed instruction
شناسه افزوده	:	پایه قدر، محمود، ۱۳۳۹ -
شناسه افزوده	:	هاتفی مهرجردی، عبدالحمید، ۱۳۵۶ -
شناسه افزوده	:	دانشگاه پیام نور
شناسه افزوده	:	Payam Noor University
رده بندی کنگره	:	۱۳۴۰ن ۸/۱۷۶/۱۷۶ QC
رده بندی دیویی	:	۱۳۴۰
شماره کتابشناسی ملی	:	۱۳۴۰



دانشگاه پیام نور

نانوشیمی

مؤلفان: دکتر محمدعلی کریمی، دکتر محمود پایه قدر، دکتر عبدالحمید هاتفی مهرجردی

ویراستار علمی: دکتر بخشعلی معصومی

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول مهر ۱۳۹۵

شابک: ۰ - ۰۳۰۵ - ۱۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0305 - 0

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افسط، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن مهم از متن، طرح پشت و روی جلد و ... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند.)

قیمت: ۱۰۵۰۰۰ ریال

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با انشمنان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی، ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد؟ در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربرکت است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی حجاب و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خرب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاوردهای انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جوان علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشوران، کتاب با منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور به‌جای ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانش‌جویان مهم، ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی ریزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را به‌رلگه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری رسانده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان ریز آرو، همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

یازده

پیشگفتار

۱	فصل اول. مقدمه‌ای بر نانو فناوری
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های یادگیری
۱	مقدمه
۶	۱-۱ تاریخچه نانو فناوری
۷	۲-۱ بخش‌های نانو فناوری
۸	۱-۲-۱ نانو ابزارها
۹	۲-۲-۱ نانو مواد
۱۱	۳-۲-۱ نانو وسایل
۱۲	۴-۲-۱ نانو مواد هوشمند
۱۲	۳-۱ ضرورت نانو فناوری
۱۶	۴-۱ مفاهیم بنیادی
۱۷	۱-۴-۱ بزرگ‌تر به کوچک‌تر: دیدگاه موادی
۱۸	۲-۴-۱ ساده به پیچیده: دیدگاه مولکولی
۲۰	۳-۴-۱ نانو فناوری مولکولی
۲۰	۴-۴-۱ شیمی سطح در نانوشیمی

۲۲	۵-۱ مباحث توسعه ای نانومواد
۲۳	۱-۵-۱ نانومواد صفر بعدی
۲۵	۲-۵-۱ نانومواد یک بعدی (نانوسیم ها و نانومیله ها)
۲۶	۳-۵-۱ نانومواد دو بعدی (فیلم های نازک)
۲۷	۴-۵-۱ نانومواد سه بعدی
۲۷	۵-۵-۱ مواد نانو ساختار
۲۸	۶-۱ منشأ نانومواد
۲۸	۷-۱ ترکیب ساختاری نانومواد
۲۸	۱-۷-۱ نانومواد پایه کربن
۲۸	۷-۱ نانومواد پایه فلز
۲۸	۲-۷-۱ درخت سان ها
۲۹	۴-۷-۱ نانوکامپوزیت ها
۲۹	۸-۱ مزایا و معایب نانوفناوری
۳۰	۹-۱ نانوفناوری برای آینده جهان
۳۱	۱-۹-۱ نقش نانوفناوری در توسعه صنعت کشاورزی
۳۲	۲-۹-۱ نانوفناوری و صنعت ساختمان
۳۳	۳-۹-۱ نانوفناوری و صنعت نساجی
۳۶	۴-۹-۱ نانوفناوری و صنعت خودرو
۴۰	۵-۹-۱ نانوفناوری در پزشکی
۴۵	خود آزمایی تشریحی فصل اول
۴۶	منابع فصل اول
۴۷	فصل دوم. شیمی و نانوشیمی
۴۷	هدف کلی
۴۷	هدف های یادگیری
۴۸	مقدمه
۴۹	۱-۲ نانومواد ویژه
۵۰	۱-۱-۲ فولرن ها و نانولوله های کربن
۵۳	۲-۱-۲ نانولوله های کربن
۶۱	۳-۱-۲ مواد میکرو و مزو متخلخل
۷۵	۲-۲ روش های تولید نانو ساختار های اکسید فلزی
۷۶	۱-۲-۲ روش های حالت بخار

۷۹	۲-۲-۲ روش های حالت جامد
۸۰	۳-۲-۲ روش حالت مایع
۸۱	خودآزمایی تشریحی فصل دوم
۸۲	منابع فصل دوم
۸۵	فصل سوم. روش های ساخت نانومواد
۸۵	هدف کلی
۸۵	هدف های یادگیری
۸۶	مقدمه
۸۷	۱-۳ تولید نانومواد
۸۹	۲-۳ پایداری نانومواد
۸۹	۱-۲-۳ پایداری الکترودها
۸۹	۲-۲-۳ پایداری فیلترها
۹۰	۳-۲-۳ پایداری الکترودها
۹۱	۴-۲-۳ پایداری توسط حلال
۹۱	۳-۳ تولید نانوساختارها
۹۲	۱-۳-۳ روش هیدروترمال - سولوترمال
۹۲	۲-۳-۳ روش صوتی - شیمیایی
۹۷	۳-۳-۳ روش ریزامولسیون
۱۰۰	۴-۳-۳ روش سُل - ژل
۱۰۴	۵-۳-۳ روش تخریب حرارتی
۱۰۴	۴-۳ رسوب دهی شیمیایی فاز بخار (CVD)
۱۰۶	۵-۳ انتخاب پیش ماده
۱۰۷	۶-۳ دما و زمان کلستینه کردن
۱۰۹	۷-۳ اهمیت نانوساختارهای MgO ...
۱۱۰	۸-۳ روش لیتوگرافی در ساخت نانومواد
۱۱۲	۹-۳ روش الکتروریسی در تولید نانومواد
۱۱۴	۱۰-۳ روش ریزموج
۱۱۴	۱-۱۰-۳ امواج ریزموج
۱۱۵	۲-۱۰-۳ برهم کنش مواد با امواج ریزموج
۱۱۶	۳-۱۰-۳ خواص دی الکتریک
۱۱۷	۴-۱۰-۳ تأثیرات امواج ریزموج

۱۳۹	۳-۱۰-۵ انتخاب حلال
۱۴۰	خودآزمایی تشریحی فصل سوم
۱۴۱	منابع فصل سوم
۱۴۳	فصل چهارم. روش‌های بررسی و شناسایی ساختار و اندازه نانومواد
۱۴۳	هدف کلی
۱۴۳	هدف‌های یادگیری
۱۴۴	مقدمه
۱۴۵	۱-۴ روش‌های طیف‌بینی سطحی
۱۴۵	۲-۴ طیف‌بینی نشر الکترون
۱۴۶	۱-۲-۴ طیف‌بینی فوتوالکترون پرتوایکس (XPS)
۱۴۹	۲-۲-۴ طیف‌بینی الکترونی آوژه (AES)
۱۳۰	۳-۲-۴ طیف‌بینی فوتوالکترون فرابنفش (UPS)
۱۳۰	۴-۲-۴ طیف‌سنجی ثانویه (SIMS)
۱۳۱	۵-۲-۴ طیف‌سنجی ریزکارشگر لیزری (LMMS)
۱۳۲	۶-۲-۴ ریزردیاب الکترونی (REM)
۱۳۳	۳-۴ میکروسکوپ‌های الکترونی
۱۳۴	۱-۳-۴ سیستم تصویرسازی
۱۳۸	۲-۳-۴ میکروسکوپ الکترونی پوششی (SEI)
۱۴۱	۳-۳-۴ میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
۱۴۲	۴-۳-۴ میکروسکوپ خازنی پوششی (SCM)
۱۴۳	۵-۳-۴ میکروسکوپ‌های ردیاب پوششی (SPMs)
۱۴۶	۶-۳-۴ میکروسکوپ‌های نیروی الکترواستاتیک (EFM)
۱۴۷	۷-۳-۴ میکروسکوپ ولتاژی پوششی (SVM)
۱۴۷	۸-۳-۴ میکروسکوپ نیروی مغناطیسی (MFM)
۱۴۸	۹-۳-۴ میکروسکوپ الکترونی رویشی محیطی (ESEM)
۱۵۰	۱۰-۳-۴ میکروسکوپ پتانسیل سطحی پوششی (SSPM)
۱۵۰	۴-۴ روش پراش پرتوایکس (XRD)
۱۵۳	۵-۴ روش پراش فوتوالکترون پرتوایکس (XPD)
۱۵۳	۶-۴ روش فوتولومینسانس (PL)
۱۵۴	۷-۴ روش طیف‌سنجی زیرقرمز تبدیل فوری (FT-IR)
۱۵۶	۸-۴ روش طیف‌بینی رامان

۱۵۶	۹-۴ روش های طیف سنجی پراش یونی
۱۵۸	۱۰-۴ روش پراش نوترونی
۱۵۸	۱۱-۴ روش طیف بینی رزونانس مغناطیسی هسته ای بتا
۱۵۹	۱۱-۴ مروری بر خواص مغناطیسی مواد
۱۶۰	۱۱-۴ دمای کوری (Tc) و هیستروزیس مغناطیسی
۱۶۴	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم
۱۶۶	منابع فصل چهارم
۱۶۷	فصل پنجم. خواص نانو مواد
۱۶۷	هدف های کلی
۱۶۷	هدف های یادگیری
۱۶۸	مقدمه
۱۶۸	۱-۵ خواص وابسته به اندازه
۱۷۰	۱-۱-۵ جسم و فصل مشترک
۱۷۵	۲-۵ خواص نوری نانوذرات
۱۷۹	۳-۵ خواص ترمودینامیکی نانوذرات
۱۷۹	۱-۳-۵ انتقال گرما
۱۸۱	۲-۳-۵ نظریه کلاسیک هسته زایی
۱۸۳	۳-۳-۵ دمای گذار به حالت شیشه ای
۱۸۷	۴-۳-۵ دمای ذوب
۱۸۹	۴-۵ حلالیت
۱۹۱	۵-۵ ساختار الکترونیکی
۱۹۱	۱-۵-۵ حالت های گسسته نسبت به ساختار نواری
۱۹۳	۲-۵-۵ اثرات ابعاد و تقارن بر ساختارهای کوانتومی
۲۰۰	۶-۵ تغییر از نافلز به فلز
۲۰۰	۱-۶-۵ معیارهای کلی
۲۰۳	۲-۶-۵ وضعیت ویژه عناصر دوظرفیتی
۲۰۵	۳-۶-۵ معیارهای عملی رفتار فلزی
۲۱۰	۷-۵ زیست تقلید: طبیعت منبعی الهام بخش برای نانو فناوری
۲۱۱	خودآزمایی های تشریحی فصل پنجم
۲۱۳	منابع فصل پنجم

۲۱۵	فصل ششم. کاربردهای نانومواد
۲۱۵	هدف کلی
۲۱۵	هدف‌های یادگیری
۲۱۶	مقدمه
۲۱۷	۱-۶ الکترونیک مولکولی و نانوالکترونیک
۲۲۰	۲-۶ نانوقایق‌ها
۲۲۲	۳-۶ کاربردهای زیستی نانوذرات
۲۲۳	۴-۶ کاتالیزگری توسط نانوذرات طلا
۲۲۵	۵-۶ ویل کوانتومی با مهندسی نوار - شکاف
۲۲۶	۶-۱ وسایل چاه کوانتومی
۲۲۸	۶-۲-۵ وایس نقطه کوانتومی
۲۲۹	۶-۶ نانومکانیک
۲۳۲	۶-۷ نشرکننده‌های نانولیزر و کرنی
۲۳۴	۶-۸ سلول‌های فوتوالترا و نیمیار
۲۳۷	۶-۹ بلورهای فوتونیک و مساحت گسای موج پلاسمون
۲۳۷	۶-۹-۱ بلورهای فوتونیک
۲۴۰	۶-۹-۲ موج‌برهای پلاسمون
۲۴۱	۶-۱۰ نانو لوله‌های کربنی
۲۴۶	۶-۱۱ جمع‌بندی
۲۴۶	خودآزمایی‌های فصل ششم
۲۴۷	منابع فصل ششم

پیشگفتار

در عصری از دانش سری سر می‌بریم که دانشمندان و محققین بر این باورند که سه قلمرو نانوفناوری، زیست‌فناوری و فناوری اطلاعات موج سوم انقلاب صنعتی را شکل می‌دهند. اما، در این بین در مافیل علمی به کرار از نانوفناوری به‌عنوان موج چهارم انقلاب صنعتی نیز یاد می‌شود. در بیان موضوعیت اصلی این دانش مهار ماده یا دستگاه‌ها در ابعاد کمتر از یک میکرومتر (تا ۱۰۰ نانومتر) نهفته است.

در واقع نانوفناوری فهم چگونگی کاربرد خواص جدید این مواد و سیستم‌ها است. رفتار و ویژگی متفاوت فیزیکی و شیمیایی مواد در این ابعاد ناشی از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک آن‌ها است. نانوفناوری به‌عنوان دانشی میان‌رشته‌ای مرتبط با رشته‌هایی همچون شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، ریاضی، اقتصاد، مهندسی مواد، مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی برق، علوم کشاورزی، داروسازی و طراحی دارو و پزشکی پدیده‌ای است که توسعه آن هم علوم و فناوری‌ها را متأثر کرده است.

در ایران با وجود قریب دو دهه تاخیر، با برنامه‌ریزی متولیان اجرایی کشور و همت دانشگاهیان از حدود سال ۱۳۸۰ این علم نوظهور به‌طور جدی مورد توجه قرار گرفته و دستاوردهای حائز توجهی را در عرصه جهانی موجب شده است. در این راستا، همان‌طوری که انتظار می‌رفت به دلیل ارتباط بیشتر و ملموس‌تر علم شیمی با این دانش‌نو، سهم به‌سزای اساتید و محققین شیمی‌دان کشور در این پیشرفت‌ها بر هیچ‌کس پوشیده نیست. با توجه به عدم وجود منبع درسی مناسب و قابل‌فهمی با رویکرد آشنایی

طیف وسیعی از دانشجویان با روش‌های ساخت، شناسایی، خواص و کاربرد نانومواد، کتاب حاضر تهیه و تدوین شده است.

کتاب از شش فصل مجزا تشکیل شده است. خواننده در فصل اول

کتاب با تاریخچه، مفاهیم و تعاریف نانوفناوری، نانومواد، انواع نانوساختارها، خواص و روش‌های طبقه‌بندی آن‌ها، شیمی سطح، اهمیت، مزایا، معایب و کاربردهای مهم نانوفناوری آشنا می‌شود.

فصل دوم کتاب شامل مفاهیم نانوشیمی، علم نانو و ساختار شیمیایی و نقش و کاربرد نانوله‌های کربنی و فولرن‌ها در نانوفناوری است. همچنین نقش مواد فیل، محی و میسل‌ها، ساختارهای متخلخل و مزو متخلخل تهیه شده از طریق فرایند سل-ژل، ساختارهای هسته-پوسته و نانوساختارهای اکسید فلزی، روش‌های تولید آن‌ها، مزایا، معایب و کاربردهای آن‌ها شرح داده می‌شود.

در فصل سوم سبب‌های ساخت نانومواد توضیح داده شود. این فصل شامل بخش‌های اصلی تولید و پایداری نانوذرات، تولید نانوساختارها با استفاده از روش‌های هیدروترمال، سولترال، صوتی - شیمیایی، ریزامولسیون، سل-ژل، تخریب حرارتی و ته‌نشینی بخار شیمیایی CVD¹ است. علاوه بر این، انتخاب پیش‌ماده، دما و زمان کلستینه‌کردن و اهمیت تعدادی از نانوکسیدهای فلزی مهم و پرکاربرد نیز تشریح می‌شود. همچنین روش‌های لیتوگرافی، الکتروریس و ریزموج در تولید نانومواد به همراه برخی فاکتورهای مؤثر در برهم‌کنش امواج ریزموج با مواد توضیح داده می‌شود.

فصل چهارم به معرفی روش‌های تجزیه‌ای سطوح اختصاص دارد. در این فصل روش‌ها، اصول و کاربردهای طیف‌بینی الکترون، ردیاب الکترونی (EM)²، میکروسکوپ‌های الکترونی، میکروسکوپ الکترونی پوششی (SEM)³، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)⁴، میکروسکوپ خازنی پوششی (SCM)⁵، میکروسکوپ‌های ردیاب پوششی (SPMs)⁶ در مطالعه‌ی نانومواد و دستگاہوری آن‌ها شرح داده می‌شود.

1. CVD: Chemical Vapor Deposition

2. EM: Electron Microprobe

3. SEM: Scanning Electron Microscope

4. TEM: Transmission Electron Microscopy

5. SCM: Scanning Capacitance Microscope

6. SPMs: Scanning Probe Microscopes

همچنین روش‌های پراش پرتوایکس (XRD)^۱، پراش فوتوالکترون پرتوایکس (XPD)^۲، فوتولومینسانس (PL)^۳، طیف‌سنجی زیرقرمز با تبدیل فوریه (FTIR)^۴، طیف‌بینی رامان، طیف‌سنجی پراش یونی، روش پراش نوترونی و روش طیف‌بینی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای بتا و خواص مغناطیسی مواد و کاربرد آن‌ها در تجزیه‌ی نانومواد توضیح داده می‌شود.

در فصل پنجم خواص نانومواد شامل اثرات مربوط به تغییر اندازه بر ماده، وابستگی اثرات کوانتومی با اندازه ذرات، ارتباط بین اندازه و فصل مشترک مواد توده‌ای، عدد همسایگی و ارتباط آن با پدیده‌های سطحی، اهمیت نسبت سطح به حجم، ارتباط خواص نوری مواد با اندازه آن‌ها، ماهیت پرتابی انتقال حرارت بین نانوذرات، تفاوت رفتار گذار شیشه‌ای در سطح ذوب بین نانومواد و مواد حجیم، توصیف‌کننده‌های حلالیت، وابستگی نسبت حالت‌ها در یک نوار نیمه‌هادی به انرژی برای نانوذرات با ابعاد مختلف، ساختار الکترونیکی نانوذرات و رفتار فلزی نانوذرات تشریح می‌شود.

فصل ششم ویژگی‌های کاربردی، برخی نانوساختارها و نانومواد مهم را توضیح می‌دهد. در این فصل مباحث بااهمیتی مانند ویژگی‌های نانوقایق‌ها، نانوفناوری زیستی، کاتالیزگری نانوذرات، مهندسی شکاف - نهال، مرتبط به وسایل کوانتومی، مزایای چاه کوانتومی در تهیه لیزرها، نانومکانیک و پیشرفت‌های آن، نشرکننده‌های نانولوله کربنی، سلول‌های فوتوولتائیک حساس‌شده با رنگ و پیشرفته در حوزه پیل‌های خورشیدی، بلور فوتونیک و هدایت گر موج پلاسمون و کاربردهای نوین نانومواد کربنی تشریح می‌شود. امید است کتاب حاضر به ارتقاء هرچه بیشتر سطح علم دانشجویان در رشته‌های علوم پایه به‌ویژه شیمی و مهندسی شیمی در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد کمک کند. انشاء...

دکتر محمدعلی کریمی

دکتر محمود پایه قدر

دکتر عبدالحمید هاتفی - مهر جردی

-
1. XRD: X-Ray Diffraction
 2. XPD: X-Ray Photoelectron Diffraction
 3. PL: Photoluminescence
 4. FTIR: Fourier Transform Infra-Red Spectrometry