

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



روش های نوین آنالیز

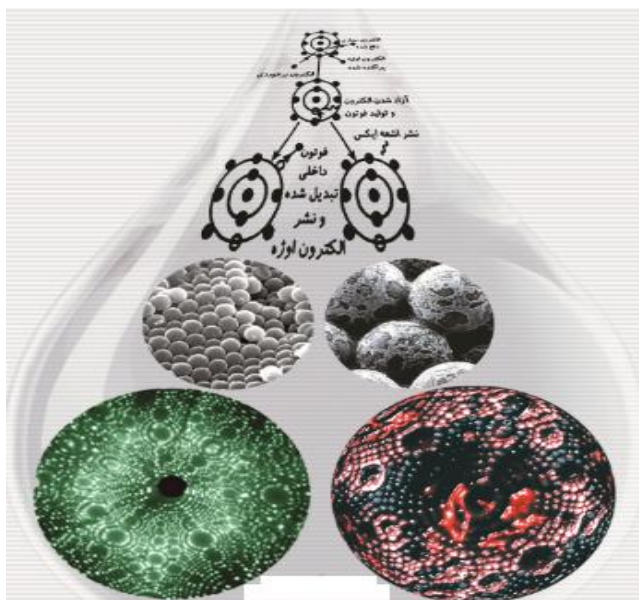
و

شناخت مواد

از: محمود سالاریه - فاطمه میرجلیلی

(دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه - میبد یزد)

رشته: مهندسی سرامیک



سرشناسه : سالاریه- محمود(1341)

عنوان و نام پدیدآورندگان: روش های نوین آنالیز و شناخت مواد / محمود سالاریه. فاطمه میرجلیلی
مشخصات نشر : میبد: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد 1395.

مشخصات ظاهری :536: مصور، جدول، نمودار .

شابک : 8-4082-10-964-978:

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

یادداشت : کتابنامه.

موضوع : تجزیه دستگاہی

موضوع : *instrumental analysis*

موضوع : مواد—تجزیه و آزمایش

موضوع : *Materials—Analysis*

موضوع : شیمی تجزیه

موضوع : مواد—تجزیه و آزمایش

موضوع : *chemistry,Analytic*

شناسه افزوده : میرجلیلی فاطمه

شناسه افزوده : دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد

رده بندی کنگره : *79DQ/د5س* 21395

رده بندی دیویی : 543

شماره کتاب شناسی ملی : 4264108

نام کتاب: روش های نوین آنالیز و شناخت مواد

نویسندگان: مهندس محمود سالاریه - دکتر فاطمه میرجلیلی

ویراستار: زهرا کاشانی

طراح جلد: احسان ترکمنی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد یزد

نوبت چاپ: اول / 1395

شمارگان: 1000 جلد

قیمت : 250000 ریال

ناظر چاپ : سعید فلاح

سایت فروش کتاب: www.armitagesw.com

ب

برگ در انتهای زوال می افتد
و میوه در انتهای کمال
بنگر که چگونه می افتی ؟
چون برگ زرد یا سیب سرخ!!؟

ت

پیش گفتار

توسعه فن آوری و ضرورت عرضه مواد اولیه جدید با کیفیت بالا، وظایف سنگینی را برای پژوهشگران گرایش مواد پیش آورده است. زیرا از یک سو باید در جستجوی موادی با ویژگی نو و بهتر بود و از طرف دیگر می‌بایست موادی را جستجو کرد که محصولاتی ارزان‌تر و مرغوب‌تر نسبت به مواد شناخته شده موجود تولید نمایند. برای دستیابی به این برتری، صنایع نوین مانند صنایع برق، الکترونیک، کامپیوتر، صنایع هوا و فضا، سرامیک‌های نوین، بیوسرامیک‌ها و نانو سرامیک‌ها اغلب مورد نیاز خود را با موادی پیشرفته جایگزین می‌کنند. در حال حاضر صنعت با مواد بسیار گوناگونی روبرو بوده و نیازمندی‌های گوناگونی دارد، بنابراین رشد و توسعه تولید مواد نوین، تنها با صرف ابتکار و خلاقیت در شناخت دقیق خصوصیات و روش‌های مختلف ساخت آن‌ها امکان پذیر خواهد بود، خصوصاً در صنایع نانو و نانو تکنولوژی، ساخت کنترل شده و هدف دار، قطعات مدرن را جهت دار تر می‌کنند. در غیر این صورت تحقیقات و پژوهش در مواد صنعتی رو به رشد، که با روش‌های تحلیلی گوناگون صورت می‌گیرد و در مواد صنعتی گران قیمت، که با صرف تکنولوژی پیچیده ساخته می‌شوند، به راحتی میسر نخواهد بود. تشخیص و تثبیت عوامل فرآیند تولید شرط کیفیت بالای محصولات را تضمین می‌کند. برای تشخیص نقص در کیفیت محصولات باید از روش‌ها و تجهیزات پژوهشی دقیقی استفاده کرد. شناخت صحیح مواد و فرآیند تولید، تشخیص و کنترل ضایعات با آگاهی بر امکانات، روش‌ها و تجهیزات موجود می‌تواند در توسعه و ارتقای مواد صنعتی مفید باشد. پس از روشن شدن اهمیت شناسایی مواد، می‌توان از "ساختار" به عنوان یکی از اصلی‌ترین شناسنامه هر قطعه‌ای یاد کرد. برای شناخت این مشخصه لازم است از ابزارهای ویژه‌ای استفاده کرد که این ابزار بر اصول علمی ممتازی استوار می‌باشند. بنابراین در این کتاب مطالب به این صورت دسته بندی و مورد پژوهش قرار گرفته‌اند.

- در فصل اول، روش‌های پژوهشی برای تشریح و تشخیص ویژگی مواد براساس تاثیر متقابل بین وسیله اندازه گیری و آزمون‌ها بررسی شده است که بر مبنای آن می‌توان برخی خواص ماکروسکوپی قطعات که می‌تواند با ساختار داخلی مواد مرتبط شود، را حدس زد. اصولاً نشان داده شده است که با شناخت ساختار اتمی مواد، شبکه‌های بلوری و غیره نیز می‌توان به ویژگی ماکروسکوپی قطعات پی برد. بنابراین شناختی از عیوب شبکه، تعداد و توزیع آن‌ها، جاهای خالی، اتم‌های ناخالصی، اندازه دانه‌ها، آرایش و نظم قرارگیری دانه‌ها، نابجایی‌های دانه‌ها و مرز دانه‌ها تحت عنوان بافت و ریزساختار و همچنین شناخت مراحل مختلف ساخت و تولید قطعه صنعتی، الزامی است.

- در فصل دوم، اساس کار طیف سنج جذب اتمی در روش‌های آنالیز مواد مورد توجه قرار گرفته است.

ث

شالوده این روش بر این اصل استوار است که انرژی عناصر مختلف، متفاوت است و هر عنصری طول-موج ویژه خود را گسیل می کند. شدت خطوط نشر شده از یک عنصر به غلظت و دانسیته عنصر در نمونه آنالیز شده بستگی دارد. بنابراین جذب اتمی، فرایندی است که شامل جذب طول موج های مشخصه یک عنصر توسط اتم های آزاد آن عنصر است، که می تواند مبنایی برای آنالیز کمی و کیفی قرار گیرد.

- **در فصل سوم** پرتو ایکس و نتیجه برهم کنش پرتو ایکس با مواد مورد مطالعه قرار گرفت. اگر ولتاژ شتاب دهنده آنقدر بزرگ شود تا انرژی الکترون به حدی برسد که بتواند الکترونی را از نزدیکی هسته یک اتم به بیرون پرتاب کند، ماده هدف به صورت تهییج شده در می آید که برای رسیدن به سطح با انرژی کم تر طیف پیوسته یا یکنواخت رونتگنی را پرتو دهی می کند، که برای شناسایی مواد کاربرد دارد.

- **در فصل چهارم**، با کمک پرتو ایکس، آنالیز مینرالی مورد کنکاش بوده است. جذب پرتو دهی رونتگنی در مواد با انرژی کافی، اتم ها را تحریک کرده ولی هنگام برگشت به حالت با انرژی پایین تر، از خود پرتو ایکس ساطع می کنند که برای هر عنصری اختصاصی است. بنابراین، تابش پرتو رونتگنی مشخصه برای تجزیه کیفی و کمی به کار گرفته شود.

- **در فصل پنجم**، طیف سنج نشر ثانویه پرتو ایکس مورد بررسی قرار گرفته است. فلورسانس پرتو ایکس یک روش مفید غیر مخرب، جهت آنالیز کمی و کیفی عناصر شیمیایی براساس اندازه گیری طول موج ها و شدت های خطوط طیفی پرتو ایکس است که توسط برانگیختی ثانویه منتشر می شود.

- **در فصل ششم**، اثر حرارت بر مواد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. واکنش ها و تغییراتی که هنگام حرارت دادن در مواد اتفاق می افتد با جذب یا آزاد شدن گرما همراه هستند. (به عبارت دیگر، واکنش ها و تغییرات ایجاد شده به هنگام حرارت دادن مواد یا گرماگیر هستند یا گرمازا، در عین حال هنگام حرارت دادن به مواد تغییراتی در وزن یا اندازه بدنه های سرامیکی نیز به وجود می آید که به وسیله روش هایی که به اختصار در ادامه این فصل توضیح داده خواهد شد، قابل شناسایی است.

- **در فصل هفتم**، روش های حساس به سطح مورد تحقیق بوده است. روش های حساس به سطح روش هایی هستند که به کمک آن ها می توان ترکیب شیمیایی سطح نمونه تا عمق حداکثر 20 لایه ی اتمی (50 آنگستروم) را انجام داد. اساس همه ی روش های آنالیز حساس به سطح، برانگیختن اتم های سطح نمونه به کمک یک پرتو فوتونی و سپس اندازه گیری انرژی ذرات ثانویه ای است که سطح نمونه را ترک می کنند. این ذرات ثانویه می توانند الکترون یا یون باشند. در این روش ها تنها ذرات ثانویه ای که در نزدیک سطح پدید می آیند توانایی فرار از سطح و آشکار شدن را دارند که قابل شناسایی هستند.

- **در فصل هشتم**، اصول میکروسکوپ الکترونی مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور کلی کاربرد روش

های طیف سنجی الکترون را می‌توان به صورت آنالیز و تعیین ساختارهای سطوح در مواد خلاصه کرد. از آنجایی که بزرگ‌نمایی یک میکروسکوپ نوری محدود بوده و حداکثر به 1000 الی 1500 برابر می‌رسد، ولی برای مطالعه سطوح و ریزساختار مواد و قطعات این بزرگنمایی بسیار کوچک است، نیاز به بزرگنمایی بالاتری احساس می‌شود، که توسط میکروسکوپ الکترونی برآورده می‌شود.

- در فصل نهم، میکروسکوپ الکترونی عبوری مورد مطالعه قرار گرفت. میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری ابزارهای منحصر به فرد در مشخص کردن ریز ساختار مواد بلورین محسوب می‌شوند بنابراین از آن‌ها جهت مطالعات ساختارهای بلور، تقارن، سمت گیری، نقائص بلوری استفاده می‌کنند.

- در فصل دهم میکروسکوپ الکترونی عبوری با قدرت تفکیک بالا میکروسکوپ الکترونی عبوری با قدرت تفکیک بالا بحث شده است. از آنجاییکه پرتوهای پراشیده در میکروسکوپ الکترونی عبوری معمولی حذف می‌شوند، بنابراین تصویر فقط از پرتوهایی که بدون انحراف از نمونه عبور کرده‌اند، تشکیل می‌شود. اما در میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا به بعضی یا همه پرتوهای پراشیده اجازه داده می‌شود تا با پرتو عبوری تداخل کرده و در تشکیل تصویر شرکت کنند. اساس کار در این طریقه تصویرگیری از میکروسکوپ الکترونی عبوری با قدرت تفکیک بالا براساس کنتراست فازی است که جزئیات ظریف این تداخل، خصوصیات تصویر و قابلیت تفسیر آن را تعیین می‌کند.

- در فصل یازدهم میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد کنکاش قرار گرفت. میکروسکوپ الکترونی روبشی یک پرتو متمرکز از الکترون‌ها را در سرتاسر یک ناحیه کوچک از یک نمونه جاروب می‌کند. این پرتو متمرکز الکترون بسته به انرژی پرتو الکترون و جنس نمونه چندین جابجایی مفید ایجاد می‌کند. الکترون‌های ثانویه نوعی از الکترون کم انرژی هستند که جهت تجزیه در روش میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده می‌شوند و الکترون‌های ثانویه برای تصویرنگاری و توپوگرافی سطح یک نمونه مفید هستند.

- در فصل دوازدهم در مورد میکروسکوپ میدان یونی صحبت می‌شود. از گذشته جستجو اتمی به صورت یک تکنیک کاربردی آنالیز سه بعدی توسعه پیدا کرد، به این صورت که با کمک تجهیز دستگاه به آشکارسازی حساس به موقعیت اتم، امکان آشکارسازی و آنالیز یون‌هایی که هر نقطه از نوک را ترک می‌کنند پدید آمد. با چنین جستجو حساس به موقعیت اتمی و تسهیلات پردازش کامپیوتری همراه آن نقشه‌های عنصری سه‌بعدی از نواحی کوچک به قطر چند ده نانومتر را می‌توان نشان داد.

- در فصل سیزدهم میکروسکوپ الکترونی محیطی میکروسکوپ الکترونی محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. محدودیت‌های روش مطالعه با میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی به خوبی شناخته شده‌اند.

به عنوان مثال حتی در نمونه هایی که دارای پوشش با رسانش الکتریکی بالا هستند بر روی سطوح شکست یا در مواد متخلخل و فوم ها تجمع بار دیده می شود. این تجمع بار می تواند باعث کاهش کیفیت تصویر برداری شود. علاوه بر این، پسماندهای آلی انواع چسب ها و بایندها مثل روغن، مواد روانساز و دیگر مواد افزودنی ممکن است در خلأ بالا، تبخیر شده و تصویرسازی نمونه را با مشکل مواجه کند. در این موارد می توان از میکروسکوپ الکترونی روبشی محیطی استفاده کرد.

- **در فصل چهاردهم** میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی (میکروسکوپ الکترونی عبوری) مورد مطالعه قرار می گیرد. می توان بعضی از مزایای میکروسکوپ الکترونی عبوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی را در یک تکنیک به نام میکروسکوپ الکترونی عبوری تلفیق کرد. در این تکنیک سطح نمونه توسط پرتوی که به کوچک ترین اندازه ممکن متمرکز شده است روئیده شده و هم زمان نشانه مورد نظر جمع آوری می شود.

- **در فصل پانزدهم** میکروسکوپ جستجوگر روبشی مورد توجه قرار گرفت. میکروسکوپ تونلی روبشی عبارتی است کلی برای مجموعه ای از تکنیک ها که سطح ماده را با قدرت تفکیکی در مقیاس نانومتری و یا حتی کم تر از آنگستروم رویش کرده و تصاویر توپوگرافی یا نقشه هایی از یک ویژگی فیزیکی یا شیمیایی سطح ماده را تهیه می کند. در این تکنیک ها سطح نمونه توسط یک باریکه الکترونی نقطه به نقطه و خط به خط رویش شده که با اندازه گیری و پردازش نشانه بدست آمده از نقاط مختلف سطح رویش شده بر روی نمونه، تصویر آن سطح تهیه می شود. قدرت تفکیک میکروسکوپ های جستجوگر روبشی بهتر از میکروسکوپ های الکترونی متداول است به طوری که توانایی تهیه تصاویر سه بعدی از اتم ها را نیز فراهم می آورد.

- **فصل شانزدهم** در مورد میکروسکوپ نیروی اتمی بحث می کند. محدودیت اصلی میکروسکوپ تونلی روبشی این بود که تنها بر روی سطوح رسانا کارایی داشت که با اختراع میکروسکوپ نیروی اتمی با رفع این نقیصه کاربردهای بسیار گسترده ای به خصوص در زمینه نانو تکنولوژی پیدا کرد. خصوصیات برجسته آن از جمله سادگی در گرفتن تصاویر با وضوح بالا، دادن داده ها سه بعدی، عدم نیاز به خلأ، قابلیت تصویر برداری در زیر یک سیال است.

با درود فراوان

محمود سالاریه - فاطمه میرجلیلی

زمستان 1394

خ

- فصل اول ویژگی و فرآیند شناسایی مواد ----- ۲۹
- 1-1- نگرشی بر ویژگی ماده ----- ۲۹
- 1-2- طبقه بندی تجهیزات شناسایی بر مبنای ویژگی فیزیکی مورد اندازه گیری ----- ۳۱
- 1-2-1- طبقه بندی روش های تعیین مشخصات بر اساس ماهیت شناسایی ----- ۳۲
- 1-3- عوامل موثر ساختاری بر ویژگی ماکروسکوپی مواد ----- ۳۵
- 1-3-1- نقص در شبکه ----- ۳۵
- 1-4- روش های تحقیق در ترکیب و ساختار مواد ----- ۳۸
- 1-5- مراحل شناسایی مواد ----- ۳۸
- 1-5-1- مدل شناسایی ----- ۳۸
- 1-5-2- نقشه شناسایی ----- ۳۸
- 1-5-3- فرآیند شناسایی ----- ۳۹
- 1-3-5- نمونه و نمونه برداری ----- ۳۹
- 1-5-4- ساخت نمونه ویژه ----- ۳۹
- 1-5-5- اندازه گیری ----- ۳۹
- 1-5-6- درجه اطمینان ----- ۳۹
- 1-5-7- صحت فرآیند ----- ۳۹
- 1-5-8- دقت فرآیند ----- ۴۰
- 1-5-9- ارزیابی ----- ۴۰
- 1-6- روش های شناسایی مواد ----- ۴۰
- 1-7- انتخاب روش های شناسایی و آنالیز مواد ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-8- روش های آنالیز و شناسایی مواد ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-8-1- روش های کلاسیک (شیمی تر) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-8-2- روش نوین شناسایی مواد ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-9- تعریف برخی واژه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل دوم شناسایی مواد با طیف سنجی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 2- شناسایی مواد با طیف سنجی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2- اساس کار طیف سنج جذب اتمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-2- چند تعریف ساده ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-1-2- عبور ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-1-1-2- جذب A ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-1-1-2- طیف نشری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-1-1-2- طیف جذبی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-1-1-2- طیف فلورسانس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-1-2- اجزاء مختلف دستگاه طیف سنجی جذبی --- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2-1-2- منابع تابش ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2-1-2- ابزارهای تشکیل ابر اتمی (اتمایزر) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2-1-2- تکفام سازها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-2-1-2- آشکار سازها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-1-2- تعیین غلظت عناصر با نمودار درجه بندی --- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2- طیف سنجی به روش تخلیه الکتریکی *GDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2-2- اصول کار روش به روش تخلیه الکتریکی -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2-2- آماده سازی نمونه در روش *GDOE* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2-2- نمودارهای جریان تخلیه برحسب ولتاژ در روش *GDOE* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-2-2- اجزای اصلی دستگاه تخلیه الکتریکی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-2-2- مزیت های روش تخلیه الکتریکی نسبت به دیگر روش ها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-2- نتایج آنالیز کمی پروفیل عمقی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2- طیف سنج جرمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-3-2- دستگاه طیف سنج جرمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-3-2- سیستم ورودی نمونه در طیف سنج جرمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-1-3-2- منبع یونیزاسیون در طیف سنج جرمی ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-1-3-2- سیستم انحراف مغناطیسی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 2-3-2- ارائه و نمایش داده‌ها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل سوم شناسایی مواد با پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-3- شناسایی مواد با کمک پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-3- تولید پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2-3- طیف پیوسته رونتگنی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2-3- نتیجه برهم کنش پرتو ایکس با مواد ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2-3- طیف مشخصه رونتگن ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-3- رابطه موزلی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-3- ایمنی در مقابل پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل چهارم بلورشناسی با پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4- پراش پرتو ایکس از روی فازهای بلوری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-4- تعریف پراش ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-4- روش های پراش ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2-4- روش لاهه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-2-4- معادلات لای ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2-4- روش بلور چرخانی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2-4- روش پودری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-2-4- روش براگ ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-4-2-4- شرایط انعکاسی براگ ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-4- انواع طیف سنجی با پرتوهای ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-3-4- برانگیختگی پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-3-4- روش تجزیه شیمیایی با پرتوهای پرتو ایکس. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-3-4- طیف سنجی با برانگیختگی الکترون ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-4- انواع طیف سنج‌های پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-4-4- روش های اندازه گیری میزان ضریبان ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-4-4- طول موج پاشنده WDX ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 4-4-1-2- انرژي - پاشنده EDX-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-5- انواع طيف سنجي برحسب نوع بلور تجزيه گر *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-5-1- طيف سنج بلور- تخت-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-5-2- طيف سنج خميده- بلور-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-6- شدت و تفكيك در طيف سنجها-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-7- تجزيه كيفي-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-8- تجزيه كمی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-8-1- جذب زمينه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-8-2- برانگيختگي چند تايي-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9- دستگاه پراش سنج-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-1- اجزای اصلي يك پراش سنج-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-1-1- شكاف كانوني-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-2- شمارش گر حامل-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-3- طرح پراش پيوسته-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-4- طرح پراش ناپيوسته-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-5- شمارندهها-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-6- شمارنده تناسبی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-7- شمارندهی گايگري-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-8- شمارندههای فسفرسانس-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-9-9- شمارنده های نیم رسانا-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-10- استفاده از پرتو ايكس برای آناليز مينرالی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-10-1- ضريب جذب-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-10-2- لبه های جذب (لبه های جذب)-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-10-3- تجزيه جذبي-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-11- فیلترها-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-11-1- ضريب جذب جرمی $Ba(N_3)_2$ با طول موج های مختلف.*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 4-11-2- محاسبه عمق نفوذ پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12- پرتو ایکس تک فام شده ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-1- محاسبه تصاویر پودری (هندسه پراکندگی) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-2- تشخیص مواد مجهول به کمک کارت‌های میکروسکوپ تونلی روبشی. ----- *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-3- تجزیه‌ی کیفی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-3-1- اصول بنیادی طرح هاناوالت ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-3-2- پرونده پراش پودری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-3-3- تجزیه‌ی کیفی حالت تک فاز ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-3-4- تجزیه‌ی کیفی در حالت ترکیبی از فازها. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-3-5- برخی مشکلات عملی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4- تجزیه‌ی کمی برای شناسایی مینرال ها ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4-1- حالت تک فاز ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4-2- حالت چند فازی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4-3- روش استاندارد بیرونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4-4- روش مقایسه‌ی مستقیم ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4-4- روش استاندارد درونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-4-6- اندیس تصاویر پودری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-5- سیستم محورها و شبکه براوی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-5-2- مختصات نقطه‌ای، اندیس جهات و سطوح. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-5-2- فواصل شبکه‌ای ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-5-3- اندیس بلورهای مکعبی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-5-4- اندیس بلورهای مکعبی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-5-3-1- عوامل مؤثر بر مقدار D ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-6- کاربردهای جانبی روش پراش اشعه ایکس. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-12-6-1- تعیین اندازه ذرات ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13- شناسایی نانو ساختارها، با پراکندگی پرتوی ایکس انرژی بالا. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 4-13-1-1- منع پرتو دهی در روش پراکندگی پرتوی ایکس انرژی بالا. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-2-2- داده‌های آماری و مدت زمان جمع آوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-3-3- دقت تفکیک پذیری فضایی تجهیزات آزمایشگاهی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-4-4- رفتار نشانه زمینه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-4-1- نشانه‌های ناخواسته وابسته به نمونه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-5-5- مطالعه ساختاری مواد نانو بلوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-6-6- نانو ذرات مستقل. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-13-7-7- نتیجه گیری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل پنجم پرتو ایکس فلئورسانس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5- فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-1- اساس کار فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-2- دستگاه فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-1-2- جمع کننده و آشکارساز پرتو در فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-2-2- طیف سنج- زاویه سنج. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-2-3- سیستم خلاء در فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-3- ساخت نمونه در روش فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-4- آنالیز کمی و کیفی با شدت پیک و موقعیت پیک‌ها. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-5- توانایی‌های فلئورسانس پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-6- مقایسه فلئورسانس پرتو ایکس با برخی روش های دیگر شناسایی مواد. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل ششم آنالیز حرارتی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6- اثر حرارت بر مواد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-1- روش های آنالیز حرارتی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2- تغییرات وزنی با حرارت TG. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-1-2- تنظیم و تطبیق درجه حرارت. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-2- توزین الکترونیکی تغییرات وزنی با گرما TG. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-3- دستگاه TG. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

ش

- 6-2-4- روش های استخراج اطلاعات در TG.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-4- کاربردهای TG.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5- عوامل موثر بر نتایج TG.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5-1- تاثیر سرعت حرارت دادن بر نتایج منحنی TG / DTG *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5-2- اثر فشار داخل کوره بر نتایج منحنی TG / DTG *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5-3- اثر نوع اتمسفر کوره بر نتایج منحنی TG / DTG *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5-4- مقدار اکسیژن مناسب در TG.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5-5- چگونه فشار جزئی اکسیژن را تنظیم کنیم؟ *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-5-6- اثر ظروف نگه داری نمونه بر نتایج منحنی TGA *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-6- عوامل مربوط به نمونه *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-6-1- اثر ترکیب شیمیایی مشابه در جامدات بر نتایج منحنی TGA *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-6-2- اثر مقدار نمونه بر نتایج منحنی TG.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-7- تفسیر منحنی TG.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-3- آنالیز وزنی با تغییرات دما TGA چه اطلاعاتی را به ما می دهد؟ *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-4- آنالیز وزنی جز به جز (DTG).----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5- آنالیز حرارتی جز به جز.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5-1- روش کار آنالیز حرارتی جز به جز.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5-2- رسم منحنی های آنالیز حرارتی جز به جز. -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5-2- تحلیل منحنی های آنالیز حرارتی جز به جز. - *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5-3- فاکتورهای مؤثر بر منحنی آنالیز حرارتی جز به جز. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5-3-2- عوامل دستگاهی در آنالیز حرارتی جز به جز. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- الف- سرعت گرمایش.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- ب- نمونه شاهد.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- پ- جا نمونه ای.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- ت- محیط کوره.----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-5-3-3- عوامل مربوط به نمونه در آنالیز حرارتی جز به جز. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- الف - مقدار نمونه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- ب- اندازهی ذرات نمونه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- پ- غلظت نمونه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-5-6- ترسیم نمودار فازی با کمک آنالیز حرارتی جز به جز *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-5-6- کاربردهای متنوع آنالیز حرارتی جز به جز به عنوان روش بررسی مواد *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6- آنالیز گرماسنجی جز به جز (افتراقی) DSC ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-1- دستگاه گرماسنجی جز به جز ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-2- کاربرد روش گرماسنجی جز به جز ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-1-2- تعیین ظرفیت گرمای ویژه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-2-2- مطالعه تبلور در شیشه سرامیکها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-2-3- تعیین نمودار تعادل فازی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-7- انواع سنسورها در دستگاه های آنالیز حرارتی - *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-8- آنالیز همزمان حرارتی جز به جز ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-8-1- تفاوت های بین آنالیز حرارتی جز به جز و DSC و آنالیز حرارتی جز به جز همزمان *BOOK NOT DEFINED.*
- 6-6-8-2- نمونه ای از منحنی های آنالیز حرارتی جز به جز همزمان *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-9- دیلاتومتری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-1- شرح دستگاه دیلاتومتر استاندارد ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-2- مبانی ثبت تغییرات طولی در دیلاتومتری --- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-3- کاربرد دیلاتومتری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-3- اتمسفر خلاء ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-3- جزییات عملی انبساط سنجی با حرارت ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-3-1- انبساط حجمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-3-1- اشکالات روش انبساط حجمی با دیلاتومتر جیوه‌ای *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-3-2- انبساط خطی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-4- میدلها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-6-4-4-1- میدل متغیر خطی تفاضلی (LVDT) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

ض

- 6-4-4-2- مبدل نوری الکترونیکی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-4-4-3- انبساط سنج لیزری-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-4-4-3-1- مزایای روش انبساط سنج لیزری-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-4-5- آماده سازی نمونه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-4-6- تفسیر نتایج و کاربرد دیلاتومتری-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-4-7- تفسیر منحنی دیلاتومتری و اثر حرارت بر بدنه.*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل هفتم_آنالیز سطحی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7- روش های حساس به سطح-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1- روش های آنالیز سطوح توسط پرتو الکترونی -*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-1- طیف سنجی الکترون اوژه AES-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-2- طیف سنجی جرمی یون های ثانویه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-3- طیف سنجی با پراکندگی یونی ISS-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-4- میکروآنالیز الکترونی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-4-1- اصول کار میکروآنالیز الکترونی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-4-2- کاربردهای متداول میکروآنالیز الکترونی --*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-5- طیف سنجی الکترونی برای آنالیز شیمیایی (ESCA).*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-1-5-1- طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس.*MARK NOT DEFINED.*
- 7-1-5-2- طیف سنجی فوتوالکترون فرا بنفش (UPS).*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2- آنالیز به کمک الکترون اوژه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-1- مقایسه ی الکترون اوژه با فوتون پرتو X-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-1-1- انرژی-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-1-2- احتمال نسبی انتشار-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-2- ویژگی های الکترون اوژه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-3- بخش های مختلف دستگاه الکترون اوژه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-3-1- انواع آنالیز کننده در روش اوژه-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-3-1-1- آنالیز کننده مدل آینه استوان های-----*ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 7-2-3-1-2- آنالیز کننده مدل نیم کره‌ای هم مرکز -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-4- آنالیز اطلاعات در روش AES ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-5-1- انرژی الکترون های اوژه مشخصه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-6- کاربردهای روش اوژه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-7- مزیت‌ها و محدودیت های روش اوژه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3- طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-1- مبانی فیزیکی روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-2- تجهیزات در روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-2-1- لامپ پرتو ایکس در روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *BOOKMARK NOT DEFINED!*
- 7-3-2-2- آنالیز کننده انرژی الکترون در روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *MARK NOT DEFINED.*
- 7-3-2-4- آشکارساز در روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *RROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-2-5- محفظه خلاء در روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *ROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-3- کاربرد های روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-4- اثر جابجایی شیمیایی در روش طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *BOOKMARK NOT DEFINED!*
- 7-3-5- نقاط قوت آنالیز طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-3-6- محدودیت های آنالیز طیف سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-4- طیف سنجی فوتوالکترون فرا بنفش UPS ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5- روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-1- پدیده الکترون پاشی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *OR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-2- انواع آنالیزهای اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-2-1- آنالیز سطحی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-2-2- آنالیز حجمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-3- دستگاه اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-3-1- منابع یون اولیه اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-3-2- ستون یون اولیه اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-3-3- ستون استخراج یون ثانویه و انتقال آن در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *NOT DEFINED.*

ظ

- 7-5-4- آنالیزهای جرمی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-4-1 آنالیزور انرژی یون در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-4-2 آنالیزور مغناطیسی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-4-3 آنالیزور مغناطیسی چهار قطبی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-5- آشکارساز یون ثانویه در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-5-1 آشکارساز یون ثانویه به صورت تقویت کننده الکترونی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-5-2 فنجان فارادی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-6- تصویر یونی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-7- بازدهی الکترون پاشی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-7-1 عوامل موثر بر بازدهی الکترون پاشی در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-8- نمونه‌های اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-8-1 آماده کردن نمونه در روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-9- مزایای روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-10- محدودیت های روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-11- کاربردهای روش اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-12- مقایسه آنالیز با روش های AES و اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه و ESCA. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-12-1 بررسی ترکیب در عمق ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-12-2 مقایسه آنالیز کمی با روش های اوزن و SIMA و ESCA. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-5-12-3 نتیجه آنالیز با روش های اسپکتروسکوپ جرمی یون ثانویه AES , ESCA , UPS. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل هشتم مطالعه ریزساختار ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8- پراش الکترونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-1 اصول میکروسکوپی مطالعه ریزساختار ماده توسط پراش الکترونی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-2 منشأ پیدایش میکروسکوپ الکترونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-3 میکروسکوپ های الکترونی چگونه کار می کنند؟ *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-4 ساختمان میکروسکوپ الکترونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-4-1 منبع الکترونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 8-4-1- مکانیزم تولید الکترون. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-4-2- تفنگ با فیلامان تنگسنتی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-4-3- تفنگ با فیلامان لاتانیم هگزایبراید. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-4-4- تفنگ های نشر میدانی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل نهم_ میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9- میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1- اجزای میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-1- تفنگ الکترونی در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-2- عدسی یا سیستم متمرکز کننده در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-3- محفظه نمونه در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-4- عدسی های میانی و شیئی در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-5- عدسی های تصویری در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-2- الگوهای پراش در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-2- الگوهای پراش نقطه ای در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-2-2- الگوهای خطوط کیکوچی میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-2-3- الگوهای پراش الکترونی پرتوی همگرا (CBED). ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-4- تکنیک های پراش. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-4- الگوهای پراش مواد آمورف و بی نظم. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-2-4- الگوهای پراش حلقه ای مواد پلی کریستال. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-3-4- الگوی پراش نقطه ای: الگوی پراش تک بلورها. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-5- آماده سازی نمونه در میکروسکوپ الکترونی عبوری. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-5- الکتروپولیش و پولیش شیمیایی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-1-1- محدودیت های الکتروپولیش. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-2-5- پولیش مکانیکی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-3-5- سایش یونی و اتمی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-4-5- روش اولتراسونیک. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 9-6- توانایی های میکروسکوپ الکترونی عبوری --- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 9-7- معایب و محدودیت های میکروسکوپ الکترونی عبوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل دهم میکروسکوپ عبوری با قدرت تفکیک بالا. - *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 10- میکروسکوپ الکترونی عبوری با قدرت تفکیک بالا. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 10-1- انواع کنتراست تصویر در روش میکروسکوپ الکترونی عبوری با قدرت تفکیک بالا. *K NOT DEFINED.*
- 10-1-1- کنتراست ضخامت - جرم ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 10-1-2- کنتراست پراشی در میکروسکوپ الکترونی عبوری با قدرت تفکیک بالا. *OKMARK NOT DEFINED.*
- 10-1-3- کنتراست فازی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 10-2- توانایی های میکروسکوپ الکترونی عبوری -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل یازدهم میکروسکوپ الکترونی روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11- میکروسکوپ الکترونی روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-1- دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2- برهم کنش نمونه و پرتو الکترونی در میکروسکوپ الکترونی روبشی. *! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-3- حجم اندرکنش ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2- اصول و عملکرد میکروسکوپ الکترونی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2-1- الکترون های برگشتی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2-1-1- روش توسعه یافته جدید برای پراش الکترون های برگشتی. *OR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2-2- گونه های دیگر الکترون ها در روش میکروسکوپ الکترونی روبشی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2-3- الکترون های اوژه در روش میکروسکوپ الکترونی روبشی. *RROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2-4- کاتودولومینانس ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-2-5- الکترون های عبور کرده ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-3- عدسی های الکترونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-3-1- عدسی های جمع کننده ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-3-2- عدسی های شی ای ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-4- عوامل مؤثر بر کیفیت تصویر ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-4-1- روزنه (A) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 11-4-1-1- روزنه حقیقی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-4-1-2- روزنه های ویژه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-1-5- اختلالات تصویری در میکروسکوپ های الکترونی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-1-1- انواع اختلالات تصویری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-6-1-6- خطا در عدسی های الکترونی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-6-1-1- خطای کروی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-6-2-2- خطای رنگی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-6-3-3- خطای آستیگماتیسم ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-6-4-4- خطا از پراش روزنه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-1-7- اختلالات تصویری ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-2-2- تغییرات ناشی از کنش بین باریکه الکترونی و نمونه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-2-1- تاثیر ولتاژ شتاب دهنده روی کیفیت تصویر. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-2-2- رابطه جریان و قطر باریکه الکترونی در کیفیت تصویر. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-2-3- عامل تاثیر لبه روی کیفیت تصویر ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-2-4- استفاده از شیب نمونه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- الف- وابستگی کیفیت تصویر با زاویه شیب ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- ب- ریزنگارهای استریو ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- پ- محل ردیاب و جهت نمونه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-2-5- استفاده از نشانه های الکترونی پراکنده -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-2-6- تاثیر اشباع بار سطحی روی کیفیت تصویر. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-2-7- فاصله ی کارآمد و دیافراگم بیرونی ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-3-3- آستیگماتیسم ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-4-4- کنتراست مطلوب و درخشندگی ریز نگارها. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-5-5- زمان تدریجی برای تصویر پرتو ایکس ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-6-6- زمان پرتودهی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-7-7- تاثیر اختلالات بیرونی روی تصاویر ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 11-5-8- تغییر شکل و ناخالصی رسوب در زمان تهیه ی نمونه. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-9- انحراف تصویر و علت آن ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-10- مطالعه پوشش ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-11- تاثیر اختلالات دستگاهی بر کیفیت تصویر. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-11-1- حرارت دادن ناکافی فیلامان ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-11-2- تمرکز و تطبیق نادرست دیافراگم بیرونی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-11-3- میزان کیلوولت اشباع بار ردیاب ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-5-11-4- سطح سوخته و گرد گرفته ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-6- عمق میدان ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7- تشکیل تصویر ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-1- تشکیل نشانه ها ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7-2- سیم پیچ های روبشگر ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-8- آشکارساز الکترون ثانویه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9- تفکیک انرژی و طول موج در میکروسکوپ الکترونی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9-1- اساس کار سیستم های *EDS* و *WDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9-2- کاربرد سیستم *EDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9-3- کاربرد سیستم *WDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9-3-1- محدودیت های کاربرد *WDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9-4- مزایای استفاده از سیستم های *WDS* و *EDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-9-5- مقایسه دو سیستم *WDS* و *EDS* ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-10- مزایای کاربرد میکروسکوپ الکترونی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-11-1- توانایی های میکروسکوپ الکترونی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-12-2- کاربردهای عمده میکروسکوپ الکترونی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-10-3- معایب میکروسکوپ الکترونی روبشی -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-10-4- مقایسه میکروسکوپ الکترونی روبشی با میکروسکوپ نوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 11-7- مراحل آماده سازی نمونه برای استفاده در میکروسکوپ الکترونی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 12-5-2- معایب و محدودیت های روش میکروسکوپ میدان یونی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-6- پراکندگی بازگشتی رادرفورد. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-1- فاکتور سینماتیک در روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-2- نیروی متوقف کننده در روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-3- سطح مقطع پخش در روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-4- نحوه تحلیل نتایج پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-5- تجهیزات روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-6- مزایای روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-7- معایب روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-8- کاربرد های روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 12-6-9- پدیده تونل زنی یونی در روش پراکندگی بازگشتی رادرفورد. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل سیزدهم_ میکروسکوپ الکترونی محیطی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 13- میکروسکوپ الکترونی محیطی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 13-1- اساس کار میکروسکوپ الکترونی محیطی. ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 13-2- آشکارسازی الکترون در میکروسکوپ الکترونی محیطی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 13-3- تصویر سازی در میکروسکوپ الکترونی محیطی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 13-4- مزایای روش میکروسکوپ الکترونی محیطی. - *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 13-5- محدودیت ها در روش میکروسکوپ الکترونی محیطی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل چهاردهم_ میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 14- میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی. ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 14-1- تفنگ انتشار میدانی (FEG) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 14-2- سیستم متمرکز کننده در میکروسکوپ الکترونی عبوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 14-3- آنالیز تفکیک انرژی پرتو ایکس (XEDS) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 14-4- روش کار آشکارساز ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 14-5- جمع بندی روش میکروسکوپ الکترونی عبوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل پانزدهم_ میکروسکوپ های جستجوگر روبشی (SPM). *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 1-15-1 میکروسکوپ جستجوگر روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-1-15-1 مبنای کار میکروسکوپ تونلی روبشی ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-15-2 میکروسکوپ تونلی روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2-15-1 دستگاه میکروسکوپ های تونلی روبشی -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2-15-2 مکانیزم میکروسکوپ تونل زنی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2-15-3 ساخت سوزن جستجو برای میکروسکوپ های تونلی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-2-15-4 تصاویر توپوگرافی در روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-4-2-15-1 ویژگی های مد جریان ثابت در روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-4-2-15-2 مد ارتفاع ثابت در روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-4-2-15-3 ویژگی های مد ارتفاع ثابت در روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-2-15-5 جابجایی اتم ها و مولکول ها در روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-15-6 قابلیت های میکروسکوپ تونلی روبشی -- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 7-2-15-7 کاربرد های روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 8-2-15-8 شرایط کاری در روش میکروسکوپ تونلی روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل شانزدهم میکروسکوپ نیروی اتمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16- میکروسکوپ نیروی اتمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-16-1 روش کار میکروسکوپ نیروی اتمی جستجوگر روبشی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-16-2 اساس کار میکروسکوپ نیروی اتمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-2-16-1 نیروهای موثر در میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-2-16-2 نیروهای کوتاه برد میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 3-2-16-3 نیروهای دور برد در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 4-2-16-4 حالت استاتیکی در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 5-2-16-5 حالت ارتفاع ثابت در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 1-5-2-16-1 حالت نیروی ثابت در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 2-5-2-16-2 حالت دینامیکی در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 6-2-16-6 اصول تصویر برداری در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

- 16-2-6-1- روش تصویر برداری در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-2-6-2- تیرک در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-2-6-3- انواع نوک ها در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-3- جستجو نانو الماسی در میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-4- پایه نگه دارنده نمونه ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-5- روش تصویر برداری در میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-5-1- تصویربرداری تماسی در میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-5-2- تصویربرداری نیروی دینامیکی (غیر تماسی) میکروسکوپ نیروی اتمی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-6- کاربرد های میکروسکوپ نیروی اتمی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-6-1- اندازه گیری الاستیسیته توسط میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-6-2- شناسایی فاز در روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-6-3- شناسایی مرز دانه ها و چگونگی حرکت آن با روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-6-4- کاربرد روش میکروسکوپ نیروی اتمی در مهندسی شیمی و بیوتکنولوژی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-7- مزایا و معایب روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-8- مقایسه میکروسکوپ نیروی اتمی با میکروسکوپ های دیگر. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-8-1- مقایسه میکروسکوپ نیروی اتمی با میکروسکوپ تونلی روبشی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-8-2- مقایسه میکروسکوپ نیروی اتمی با میکروسکوپ الکترونی روبشی. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-8-3- مقایسه میکروسکوپ نیروی اتمی با میکروسکوپ الکترونی عبوری. *BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-8-4- مقایسه میکروسکوپ نیروی اتمی با میکروسکوپ نوری. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-9- سایر روش های مرتبط با روش میکروسکوپ نیروی اتمی. *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-9-1- میکروسکوپی نیروی مغناطیسی (MFM) --- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-9-2- میکروسکوپی نیروی افقی (LFM) ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-9-3- میکروسکوپی نیروی الکتریکی (EFM) ---- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 16-9-4- میکروسکوپی پیمایش پتانسیل سطح (SSPM). *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- فصل هفدهم_ میکروسکوپ گرمایی روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*
- 17-1- میکروسکوپ گرمایی روبشی ----- *ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.*

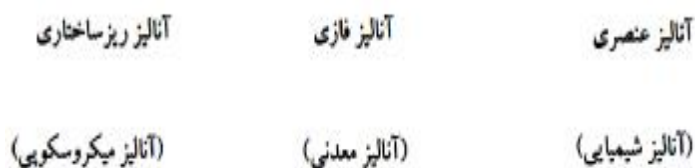
- 17-2- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. تصویر برداری در روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- 17-2-1- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. حالت فعال در روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- 17-2-2- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. حالت غیر فعال در روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- 17-3-3- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. آنالیزهای گرمایی موضعی با روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- 17-3-1- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. گرماسنجی و مکانومتری در روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- 17-4-4- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. طیف سنجی در روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- 17-4-1- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. IR - طیف سنجی
- 17-4-2- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. طیف سنجی جرمی و کروماتوگرافی گازی
- 17-5- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. GC-MS - طیف سنجی
- 17-6- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. برخی تصاویر و کاربرد ها در روش میکروسکوپ گرمایی روبشی.
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. فهرست منابع
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل اول
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل دوم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل سوم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل چهارم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل پنجم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل ششم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل هفتم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل نهم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل دهم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل یازدهم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل دوازدهم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل سیزدهم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل پانزدهم
- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. منابع فصل شانزدهم

فصل اول

ویژگی و فرآیند

شناسایی مواد

شناسایی و آنالیز مواد



ی

1-1- نگرشی بر ویژگی ماده

روش های پژوهشی برای تشریح و تشخیص ویژگی مواد صنعتی براساس تاثیر متقابل بین وسیله اندازه گیری و نمونه آماده شده استوار بوده که برمبنای آن می توان برخی از ویژگی های ماکروسکوپی قطعات که با ساختار داخلی مواد مرتبط است، را حدس زد. در اینجا به تعریف مواردی چون ساختار، آرایش شبکه و مقطع ریزساختار پرداخته نمی شود، ولی نشان داده شده است که با شناخت ساختار اتمی مواد، شبکه های بلوری و غیره نیز می توان به ویژگی ماکروسکوپی قطعات پی برد. بنابراین شناختی از عیوب شبکه، تعداد و توزیع آن ها، جاهای خالی، اتم های ناخالصی، اندازه دانه ها، آرایش و نظم قرارگیری دانه ها، نابجایی دانه ها و مرز دانه ها تحت عنوان بافت و ریزساختار و همچنین شناسایی مراحل مختلف ساخت و تولید قطعه صنعتی، الزامی است. مسلماً همیشه نمی توان فرق بین ساختار بلوری، بافت و غیره را کاملاً شناسایی کرد، به طور مثال مساله جدایش فازی با یک تغییر مکان ساختاری شروع و طی یک یا چند مرحله به فاز جدیدی می رسد، مانند کریستالیزاسیون بلورهای SiO_2 در مذاب سیلیسی و تولید بلورهای $(b-SiQ)$ و در نهایت تبدیل آن به $a-SiQ$. به منظور تشریح رفتار ماکروسکوپی مواد در برابر عوامل خارجی، لازم است ماده به عنوان یک سیستم ترمودینامیکی در چرخه برگشت پذیر ترمودینامیکی در نظر گرفته شوند که در این صورت ویژگی مواد توصیف خواهد شد. بین ویژگی مواد و ویژگی ترمودینامیکی آن ها ارتباطاتی برقرار است که به عنوان مثال می توان با مشتق گیری از آنتالپی آزاد و انرژی آزاد گیبس نسبت به عوامل خارجی، به ویژگی های درونی جسم جامد دست یافت. از میان این عوامل خارجی می توان به بعضی از موارد زیر اشاره کرد:

- فشار P (Pressure)

- تنش خارجی ناهمگون N (Non-Isotropic External Stress)

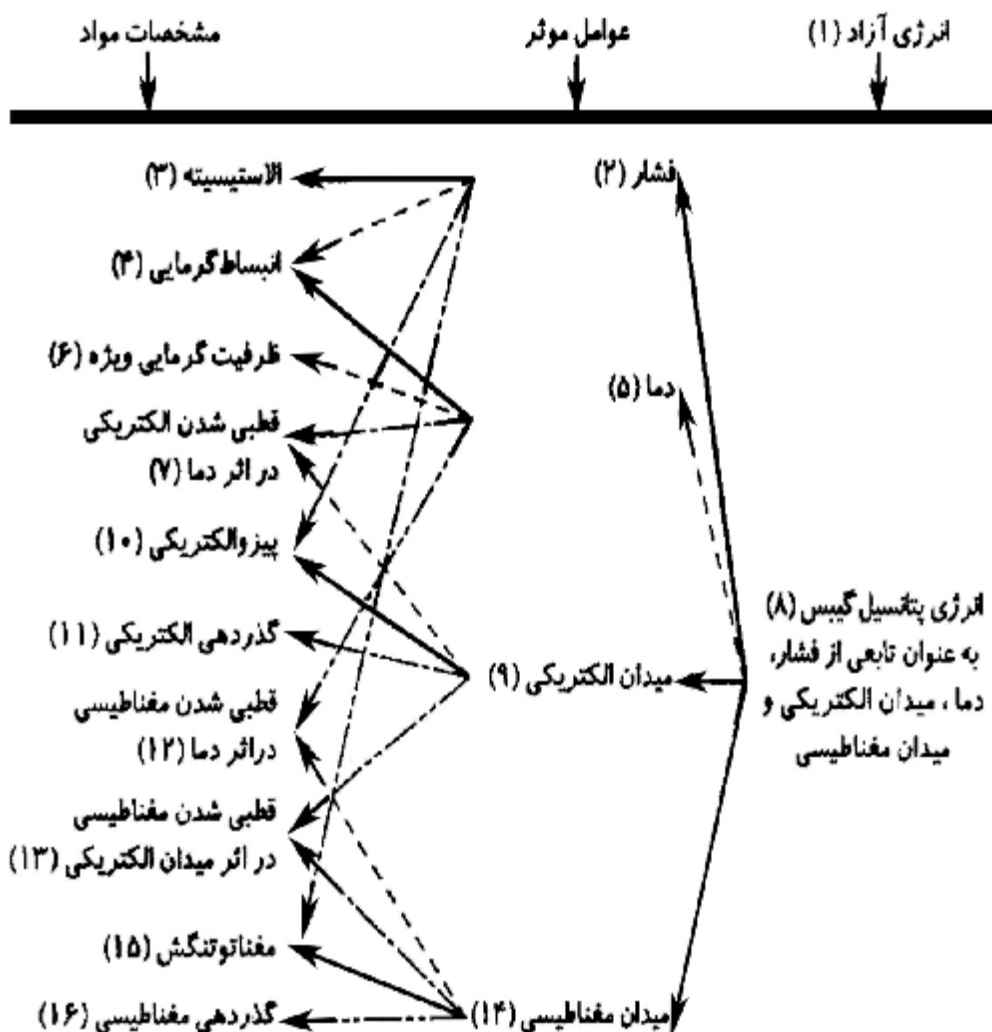
- دما T (میکروسکوپ الکترونی عبوری $perature$)

- میدان الکتریکی E (Electrical Field)

- غلظت C (Concentration)

- میدان مغناطیسی H (Magnetic Field)

در شکل 1-1 ویژگی ماده و مقدار آن به صورت مشتق اول یک سیستم ترمودینامیکی و مشتق دوم انرژی آزاد نسبت به عوامل موثر خارجی نشان داده شده است. چهار ویژگی اصلی مواد یعنی فشار، دما، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی، با یک پیکان و ویژگی های دیگر در این مقایسه با دو پیکان نشان داده شده است.



1-free energy 2-pressure 3-elasticity 4-thermal expansion 5- temprature 6-specific heat capacity 7- electrical polarization by temprature 8-Gibbs potential energy 9-electrical field 10-piezoelectric 11- electrical permittivity 12-magnetic polarization by temprature 13-magnetic polarization by electrical field 14-magnetic field 15-magnetostriction 16-magnetic permittivity

شکل 1-1- ویژگی گام به گام مواد

1-2- طبقه بندی تجهیزات شناسایی برمبنای ویژگی فیزیکی مورد اندازه گیری

به طور معمول طبقه بندی روش های آنالیز مطابق ویژگی ای است که در فرایند اندازه گیری نهایی مورد توجه است. در جدول 1-1 فهرستی از مهم ترین این ویژگی ها و همچنین نام روش هایی که مبتنی بر این ویژگی ها می باشند دیده می شود. تا حدود سال 1920 تقریباً همه روش های شیمیایی مبتنی بر دو ویژگی اشاره شده در جدول 1-1 یعنی جرم و حجم بودند، از این رو به روش های وزنی و حجمی، روش های کلاسیک شیمیایی اشاره می شود. علاوه بر این بحث تاریخی، جنبه های دیگری نیز روش های دستگاهی را از روش های کلاسیک متمایز می سازند [1] و [2].

جدول 1-1- طبقه بندی روش های آنالیز برمبنای ویژگی فیزیکی قابل اندازه گیری

ردیف	خاصیت اندازه گیری	روش های آنالیز مبتنی بر اندازه گیری خاصیت
۱	جرم	وزنی
۲	حجم	حجمی
۳	جذب تابش	طیف سنجی (اشعه X، UV، مرئی، IR)، رنگ سنجی، جذب اتمی، رزونانس مغناطیس هسته و رزونانس اسپین الکترون
۴	نثر تابش	طیف سنجی نثری (اشعه X، UV، مرئی)، نورسنجی شعلهای، فلوروسانس (اشعه X، UV، مرئی)، روش های رادیوشیمیایی
۵	پراکندن تابش	کدوری سنجی، فلورومتری، طیف بینی رامان
۶	شکست تابش	شکست سنجی و تداخل سنجی
۷	پراش تابش	روش های پراش اشعه X و الکترون
۸	چرخش تابش	قطبش سنجی، پاشندگی چرخش توری و دو رنگ نمایی دورانی
۹	پتانسیل الکتریکی	پتانسیل سنجی و پتانسیل سنجی با زمان
۱۰	رسانایی الکتریکی	رسانا سنجی
۱۱	جریان الکتریکی	پلارو گرافی و نیراسیونهای آمپرسنجی
۱۲	کمیت الکتریسته	کولن سنجی
۱۳	نسبت جرم به بار	طیف سنجی جرمی
۱۴	خواص گرمایی	روشهای رسانایی حرارتی و آنتالپی

1-2-1- طبقه بندی روش های تعیین مشخصات براساس ماهیت شناسایی

ممکن است که طبقه بندی های گوناگونی برای روش های شناسایی مواد پیشنهاد شود، ولی ساده ترین و قابل قبول ترین آن ها، بر مبنای ماهیت شناسایی و یا آنالیز است. اگر هدف از شناسایی، تعیین نوع عنصر موجود در نمونه باشد، در اصطلاح به این روش آنالیز عنصری گویند. در این حالت، نوع عنصر بدون توجه به ساختار بلورین آن تعیین می شود. این نوع شناسایی را که از نظر تاریخی قدیمی ترین روش است، آنالیز شیمیایی نیز می گویند.

روش دیگر شناسایی، تعیین نوع فازهاست، که به آنالیز فازی مشهور است. در این روش، نوع ساختار بلورین یا کانی های موجود در ماده تعیین می شود. به عنوان مثال به کمک این روش، نوع مواد معدنی موجود در یک نمونه خاک رس مصرفی مانند تالک ($MgO \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$)، کائولینیت ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)، کوارتز (SiO_2) آن ها تعیین خواهد شد. حال آنکه، در روش آنالیز عنصری، فقط مقدار سیلیسیم (Si)، منیزیم (Mg)، آلومینیم (Al) و شاید اکسیژن و هیدروژن شناسایی شوند و ارزیابی ساختار بلورین ماده، به گمان و پیش بینی آزمایش کننده وابسته خواهد شد.

در شکل 1-2 دسته بندی کلی روش های آنالیز و شناسایی مواد دیده می شود. در این شکل، گروه دیگری از روش های شناسایی مواد، تحت عنوان آنالیز ریزساختاری معرفی شده اند. منظور از آنالیز یا شناسایی ریزساختاری، همان شناسایی میکروسکوپی است. در این حالت، شکل، اندازه و توزیع فازها بررسی می شود. باید توجه داشت که در ویژگی های یک نمونه، نه تنها نوع فازها، بلکه شکل، اندازه و توزیع آن ها نیز اثر گذار هستند. بنابراین مطالعه این ویژگی ها در ساختار میکروسکوپی و به منظور ارزیابی رفتار نمونه ضروری است.



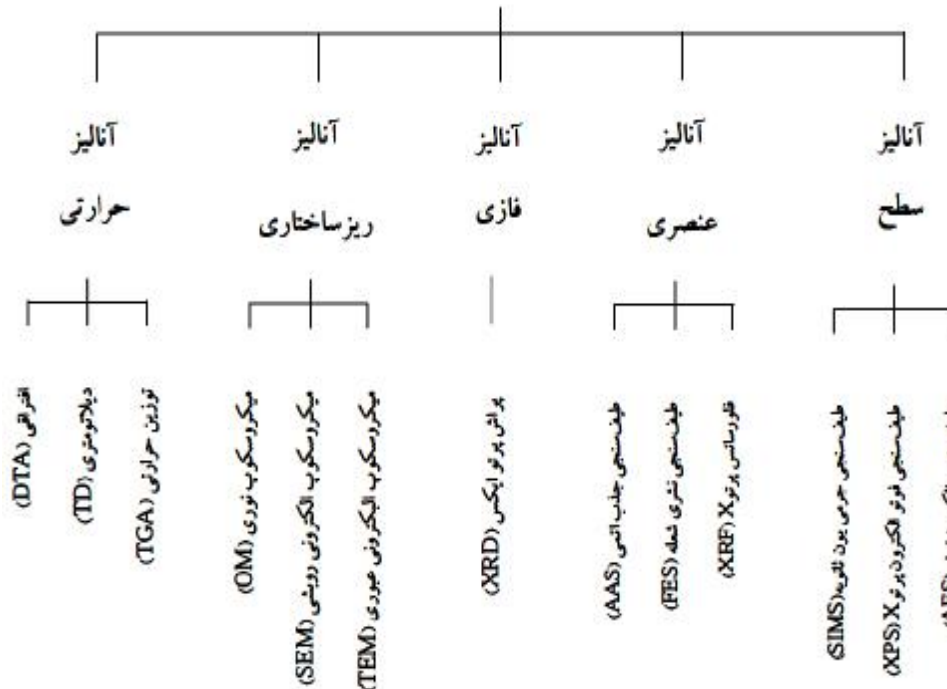
شکل 1-2- روش های آنالیز و شناسایی مواد

در حقیقت، توسعه دانش و آگاهی در بررسی ماهیت مواد، در چند دهه اخیر، به مقدار زیادی در گروه آنالیز ریزساختاری بوده است. به ویژه مطالعه کامپوزیت ها، به عنوان مواد مهندسی جدید، بدون بهره گیری از روش های مطالعه ساختار میکروسکوپی امکان نداشت. تمام روش های آنالیز و شناسایی مواد، در یکی از

این سه گروه قرار می‌گیرد. با این حال دو نوع آنالیز دیگر نیز وجود دارد که به خاطر اهمیت کاربردی و همچنین برخی تفاوتها، باید آن‌ها را از این مجموعه جدا و به گونه‌ای مستقل مطرح کرد. این دو نوع، عبارتند از آنالیز سطح و آنالیز حرارتی. بحث سطح در مهندسی نوین مواد جایگاه ویژه‌ای یافته است. در اصل، سطح مواد جامد به خاطر ارتباط با محیط اطراف، وضعیت شیمیایی یکسانی با حجم نمونه ندارد. از طرف دیگر در بسیاری از کاربردها، سطح نمونه نقش مهم تری را بازی میکند. به عنوان مثال، در کاتالیزورها یا آسترهای ضد خوردگی، واکنش سطح با عوامل محیطی، تعیین کننده است. نکته قابل توجه دیگر، آن است که ترکیب شیمیایی در سطح با بدنه تفاوت دارد [3] و [4].

بنابراین با تعیین آنالیز شیمیایی کل نمونه، نمی‌توان در مورد آنالیز سطح قضاوت کرد. گروه دیگری از روش‌های آنالیز و شناسایی، با نام آنالیز حرارتی شناخته می‌شود که به عنوان روش‌های کمکی در خدمت شناسایی فازی عمل می‌کنند این روش‌ها، اطلاعات بسیار مفیدی از رفتار گرمایی مواد در اختیار پژوهشگران می‌گذارند. از این رو، نه تنها برای شناسایی آن‌ها، بلکه در طراحی‌های مهندسی نیز استفاده می‌شوند. این گروه، در یک شاخه مستقل در دسته بندی روش‌های شناخت قرار دارند. آنالیز حرارتی در کلیه رشته‌های مواد و به ویژه در رشته سرامیک کاربرد دارد و اهمیت آن به دلیل ساخت مواد جدید، روز افزون است. در شکل 1-3 دسته بندی جزئی تری از روش‌های آنالیز و شناسایی مواد دیده می‌شود.

روش های شناسایی مواد



شکل 1-3- روش های شناسایی مواد

همانطور که پیداست روش های آنالیز، به پنج شاخه اصلی تقسیم بندی شده اند. آنالیز سطح، به دلیل ماهیت عنصری بودن، در کنار آنالیز عنصری قرار گرفته، در حالی که آنالیز حرارتی که روش تکمیلی جهت شناسایی به شمار می رود، در انتها و پس از آنالیز ریزساختاری قرار دارد. باید توجه کرد که این پنج شاخه، اصلی ترین روش های آنالیز و شناسایی که برای علم مواد (به ویژه سرامیک و متالورژی) مورد نیاز است، را در بر می گیرند. به عبارت دیگر، با این مجموعه می توان اطلاعات کاملی در مورد مواد فلزی، سرامیکی، معدنی و آلی به دست آورد. بدیهی است که روش های گوناگون دیگری نیز وجود دارند که کاربردهای متعددی دارند و در مواردی می توانند بسیار مفید باشند.

1-3- عوامل موثر ساختاری بر ویژگی ماکروسکوپی مواد

به دلیل پیروی ویژگی ماکروسکوپی مواد از ساختار و شبکه سلولی آن ها، تنها یافتن نوع شبکه کافی نیست بلکه باید مسیر و چگونگی ارتباط ساختار و ویژگی مواد نیز روشن شود. تأثیر متغیر فرآیندهای ساخت مواد بر ساختار مواد روشن است که مواردی موثر مانند چگالی، خلوص، ترکیب شیمیایی، دمای زیرترینگ، دمای نرم شدن و تغییر شکل و سرعت کشش مذاب در تولید شیشه، سرعت و زمان سرد

کردن، اتمسفر و نوع عملیات گرمایی تنش زدایی و غیره را باید در نظر گرفت. به طور عمومی ساختار مواد یکنواخت نبوده و همواره مواردی چون نقص شبکه در ساختار مواد دیده می شود.

1-3-1- نقص در شبکه

آیا نظم اتم ها و یون ها در هر دانه، که بر اساس ساختار ماده شکل می گیرد، نظمی کامل و بدون نقص است یا این که ممکن است در هر کدام از این دانه ها نیز کاستی هایی وجود داشته باشد؟! در پاسخ باید گفت که: بله! در شبکه بلوری این دانه ها هم نقص هایی دیده می شود! شاید بخواهید بدانید که نقص بلوری چیست؟ نقص بلوری عبارتست از بی نظمی اتم ها و یون ها در شبکه بلوری مواد. این بی نظمی به صورت فقدان اتم ها و یون ها در محل و موقعیت خود و یا به صورت قرار گرفتن اتم ها و یون ها در مکانی غیر از جایگاه اصلی خود، دیده می شود. به عبارت ساده تر گاهی اتم ها و یون ها در جایی که باید باشند، نیستند و در جایی که نباید باشند دیده می شوند. حال ممکن است این سوال مطرح شود که مگر در هر دانه یک شبکه بلوری منظم وجود ندارد. پس با توجه به اینکه نقص های بلوری از نوعی بی نظمی در شبکه بلوری حکایت می کنند، رابطه نظم موجود در هر دانه با بی نظمی حاصل از نقص های بلوری چگونه خواهد بود؟ آیا بی نظمی ناشی از نقص بلوری نظم شبکه بلوری را برهم نمی زند؟

در پاسخ به این پرسش این نکته را باید دانست که نظم موجود در یک دانه نظمی کلی است که تمامی وسعت آن را در بر می گیرد، در حالی که بی نظمی های حاصل از نقص های بلوری، جزئی است و در یک محدوده کوچک نظم را از بین می برد. بنابراین در یک دانه یک نظم کلی وجود دارد که به موجب عیوب و نقص های بلوری، بی نظمی هایی در برخی از آن نقاط ایجاد شده است. پس این بی نظمی های جزئی نمی تواند ناقص نظم کلی یک دانه شود. نقایص شبکه را می توان به گروه های اصلی تفکیک کرد:

الف - صفر بعدی: مانند جای خالی نقطه ای و جای خالی اتم ناخالصی

ب - یک بعدی: مانند نابجایی های خطی

ج - دو بعدی: مانند نقص انباشتگی و مرز دانه

د - سه بعدی: مانند جدایش فازی، حفره ها حجمی، ناخالصی تجمع یافته، فازهای متحرک شیشه ای، ترک و مجموعه ای از عیوب نقطه ای در موادی که تنوع عناصر در آن ها زیاد است.

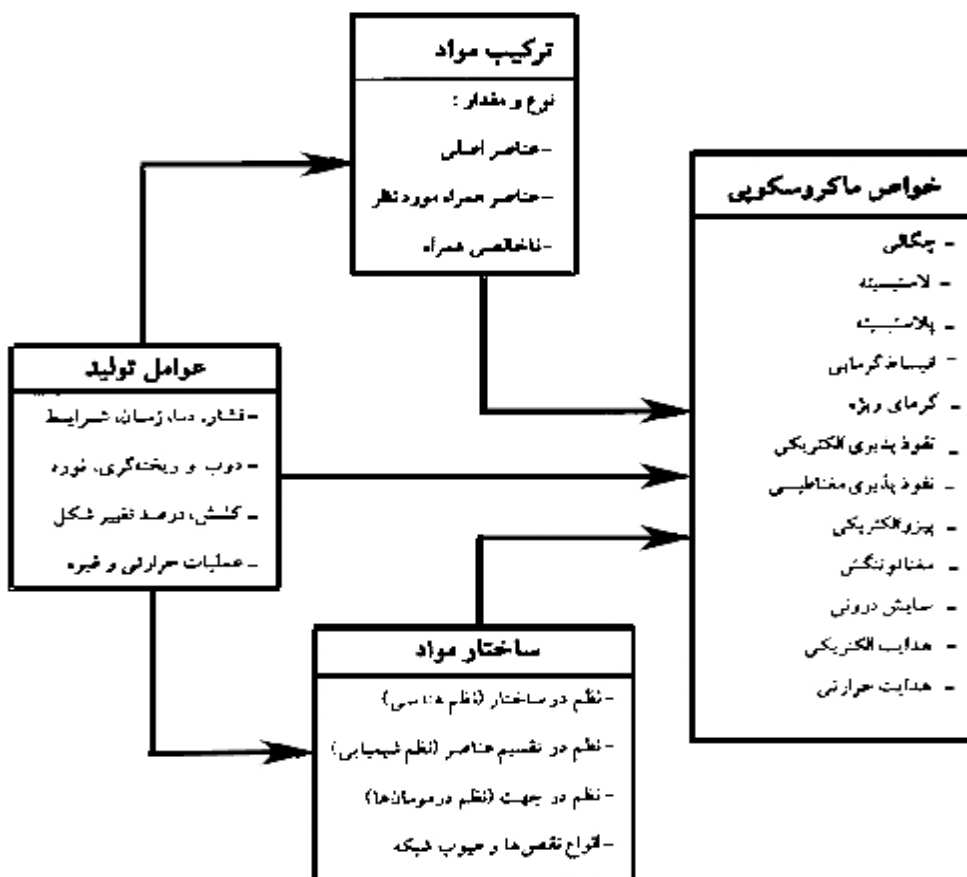
یکی از کاستی هایی که در شبکه های بلوری فراوان دیده می شود، نقص «بین نشینی» است. این نقص حاصل قرار گرفتن یک اتم یا یون در محلی خارج از محل خود، در میان دیگر اتم ها و یون ها می باشد. یکی از صور این عیب، بین نشینی خود اتم ها و یون های متعلق به شبکه در فضای موجود بین اتم ها و یون های دیگر آن می باشد بدیهی است که شرط ایجاد این عیب سازگاری اندازه یون بین نشین، با

فضاهای خالی موجود میان یون های شبکه بلوری است؛ زیرا یون بین نشین باید بتواند خود را در فضاهای موجود بین دیگر یون ها جا کند. نقص دیگر بین نشینی است که قرارگرفتن یک یون خارجی در فضای میان یون ها است. بدیهی است که سازگاری اندازه یون بین نشین با فضای خالی موجود در میان یون های شبکه بلوری ضروری است. شبکه بلوری امکان تغییر شکل جزئی برای پذیرفتن یون بین نشین را دارد که میزان آن به اندازه یون بین نشین بستگی دارد، این تغییر شکل جزئی ساختار شبکه بلوری که «اعوجاج شبکه» خوانده می شود می تواند به صورت تنش فشاری در برابر یون های بزرگتر از فضای خالی موجود و یا تنش کششی در برابر یون های کوچکتر از فضای موجود خود را نشان دهد.

حضور یون های خارجی در شبکه همیشه به صورت بین نشینی نیست؛ گاهی هم این یون ها به جای یون های خود شبکه می نشینند. این عمل «نقص جانشینی» را در شبکه بلوری ایجاد می کند. یون جانشین شده می تواند کاتیون یا آنیون باشد که در حالت اول نقص حاصل «جانشینی کاتیونی» و در حالت دوم «جانشینی آنیونی» خواهد بود. در حالت بین نشینی، یون خارجی در جای یون اصلی شبکه قرار نگرفته است بلکه در فضاهای خالی موجود در شبکه جای دارد، در حالی که در نقص جانشینی یون خارجی درست در محل یکی از یون های اصلی شبکه قرار گرفته و به جای آن نشسته است. نواقص جانشینی نیز مانند نواقص بین نشینی، موجب اعوجاج در شبکه بلوری خواهند شد، بدیهی است که در اینجا هم میزان اعوجاج متناسب با اختلاف اندازه یون خارجی وارد شده در شبکه و یون اصلی شبکه می باشد. بنابراین این نوع نقص نیز می تواند سبب تنش فشاری یا تنش کششی در شبکه بلوری در اطراف محل دچار نقص شود^{1/5}. تقسیم و قرارگیری انواع اتم ها در آرایش شبکه، که به نظم شیمیایی منجر می شود، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. موادی با نظم کم دامنه یا با برد کوتاه¹ مانند آب یا شیشه و یا مواد پر دامنه² مانند ساختار بلوری کوارتز با قرار گرفتن در شبکه بلوری می توانند بر ویژگی های گوناگونی از جمله ممان های الکتریکی و مغناطیسی و جهت حوزه آن ها (در مواد مغناطیسی) تأثیر بگذارند. ساختار یک جسم جامد تنها شامل نظم اتمی و یونی در شبکه ساختمانی نیست، بلکه به نوع اتصال آن ها نیز ارتباط دارد. این بحث به ساختار الکترونی ذرات و روابط الکتریکی و مغناطیسی بین آن ها مرتبط بوده و برآیند آن ها به نوعی بیان کننده ویژگی ماکروسکوپی مواد خواهد بود. در شکل 1-4 رابطه کلی تبعیت ویژگی ماکروسکوپی مواد از امتزاج مواد، عوامل و شرایط تولید و ویژگی ساختاری دیده می شود.

¹. *short range order*

². *long range order*



شکل 1-4- ویژگی ماکروسکوپی مواد

1-4- روش های تحقیق در ترکیب و ساختار مواد

با تجزیه و تحلیل شاخه "ساختار مواد" در شکل 1-4 می‌توان به مواد با خلوص ماکروسکوپی مورد نظر دست یافت. امروزه اصطلاح تجزیه و تحلیل، فراتر از تجزیه یک عنصر خالص یا یک قطعه است. اگر پژوهشگری در علم تجزیه و تحلیل مواد، از بیان محتوای نتایج راضی نباشد، به فرآیندهای تولید، پدیده‌های پخت و بعضاً به سایش و دانه بندی مورد تحقیق روی می‌آورد. بنابراین پژوهشگر برای نتیجه گیری و تحلیل، بین ترکیب مواد، ساختار شبکه و بافت مواد تفکیکی قائل نمی‌شود و به همین دلیل در شکل 1-4 از ترکیب مواد تنها یک دیدگاه کلی ارائه گردیده است. در دهه‌های اخیر، علم تجزیه و تحلیل مواد، با کمک تجهیزات مدرن آن چنان گسترش چند جانبه ای یافته است که مصرف کنندگان این دستگاه‌ها، به دلیل فقدان دید کافی در کاربرد آن‌ها، در به کار گیری آن‌ها در حوزه توسعه تولیدات

صنعتی با مشکل روبرو بوده و برای حل مشکلات به مراکز علمی، که توان تجزیه و تحلیل آن مشکلات را دارند، روی می‌آورند.

1-5- مراحل شناسایی مواد

چون ویژگی قطعات تحت تأثیر دو عامل اصلی است، بنابراین به منظور تغییر و کنترل ویژگی قطعات باید آن‌ها را شناسایی کرد.

الف- ترکیب شیمیایی ب- ریز ساختار

مراحلی که در شناسایی مواد می‌باید انجام گیرد به این شرح است:

1-5-1- مدل شناسایی

در مدل شناسایی این موارد در نظر گرفته می‌شود:

1- هدف از مطالعه

2- مجموعه مورد بررسی

3- موارد مورد بررسی

4- مواد مورد بررسی

5- دقت‌های مورد لزوم

6- توانایی‌ها و محدودیت‌های اقتصادی

7- توانایی‌ها و محدودیت‌های تکنولوژی

1-5-2- نقشه شناسایی

نقشه شناسایی شامل تعیین این موارد است:

1- روش‌های نمونه برداری

2- محدوده ترکیب

3- روش‌های آماده‌سازی نمونه 4- روش‌های نگهداری نمونه

1-5-3- فرآیند شناسایی

مجموعه دو مرحله نمونه برداری و اندازه‌گیری تحت عنوان فرآیند شناسایی تعریف می‌شود.

1-5-3-1- نمونه و نمونه برداری¹

به طور معمول ماده‌ای که قرار است مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، بزرگ است و مقدار آن ممکن است در حد چند تن باشد؛ این مقدار بزرگ را محموله (*LOT*) می‌نامیم.

¹. sampling

فرآیند انتخاب یک مقدار کم (نمونه) از یک مقدار بزرگ (محموله) به طوری که داده‌های که از این نمونه گرفته می‌شود قابل تعمیم بر روی محموله باشد، نمونه برداری نامیده می‌شود.

1-5-4- ساخت نمونه ویژه¹

در این نوع نمونه برداری یک نمونه از یک مجموعه به روشی ساخته می‌شود که تک نمونه ساخته شده بیانگر ویژگی مجموعه باشد. مراحل ساخت چنین نمونه‌ای به این صورت است:

1- خردایش

2- مخلوط کردن (هموزن کردن)

3- تقسیم کردن مجموعه (کوچک کردن)

1-5-5- اندازه گیری

فرآیند تعیین موارد نتیجه شده در مدل شناسایی توسط دستگاه‌های مختلف "اندازه گیری" نامیده می‌شود.

1-5-6- درجه اطمینان

برای هر فرآیند شناسایی یک درجه اطمینان وجود دارد که وابسته به دو عامل است:

الف- صحت² یک فرآیند

ب- دقت³ یک فرآیند، هر چقدر این دو عامل بالاتر باشند، درجه اطمینان بیشتر خواهد بود.

1-5-7- صحت فرآیند

نزدیکی یا تطابق یک مقدار حاصل از یک فرآیند با یک مقدار استاندارد یا پذیرفته شده پیشی صحت فرآیند نامیده می‌شود.

1-5-8- دقت فرآیند

تطابق بین چندین عدد حاصل از یک فرآیند در بین خود "دقت فرآیند" نامیده می‌شود.

1-5-9- ارزیابی

سنجش میزان درجه اطمینان⁴ نسبت به اعداد و ارقامی که نتیجه یک فرآیند شناسایی است، "ارزیابی فرآیند" نامیده می‌شود.

1-6- روش های شناسایی مواد

¹ . *characteristic sampling*

² . *accuracy*

³ . *Precision*

⁴ . *reliability*

از آنجایی که برای تولید محصول سرامیکی بایستی مراحل جزئی، مانند تهیه مواد اولیه، شکل دادن و پخت را پشت سر گذاشت، شناخت مواد برای یک سرامیست ضروری است. چنانچه مواد اولیه دقیقاً شناخته شده نباشند، نمی‌توان یک ماده اولیه ویژه را برای یک تولید ویژه پیشنهاد کرد. در مرحله اول، مسئله ترکیب شیمیایی و ترکیب مینرالی ماده اهمیت دارد، تا بتوان ماده مطلوب را به خط تولید معرفی کرد. در مرحله دوم شناخت ترکیبات بسیار اهمیت داشته، زیرا با حضور ماده اولیه گوناگون، در اثر پخت و زینترینگ فازهای متفاوتی به وجود می‌آیند که ماهیت ماده اولیه را عوض می‌کند. ضمناً در این مرحله علاوه بر شناخت ترکیب شیمیایی و مینرالی، به شناخت ترکیب فازها هم نیاز داریم چون در این قسمت، نه تنها ساختمان ماده تغییر می‌کند بلکه بافت¹ هم عوض می‌شود. پس عدم شناخت از نوع مواد اولیه یا نوع فازها در هر دما و در هر مرحله از پخت، موجب عدم اظهار نظر روی مراحل گوناگون تحقیقات می‌شود. در خط تولید عدم شناسایی مواد اولیه و ویژگی مکانیکی و گرمایی محصول، پیش بینی ویژگی معین در محصول را میسر نخواهد کرد. بنابراین دلایلی که اهمیت روش های شناخت را برای یک سرامیست می‌تواند بیان کند عبارتند از:

- کنترل آمیزه² اولیه در خط تولید مستلزم آنالیز مداوم مواد است.
- ضرورت داشتن دانش کافی روی مواد اولیه برای فرآیند تولید سرامیک‌ها
- دانستن مقدار، نوع و توزیع فازها برای بررسی نهایی ویژگی محصول

¹ . texture

² . batch