

بسم الله الرحمن الرحيم

میکروسکوپ و میکروسکوپی

در پلیمر و نساجی

ویران، علیریزی در پلیمر و نساجی

تالیف

دکتر محمد حقیقت

استاد دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دکتر محمد کریمی

عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

بهار ۱۳۹۳

سرشناسه	حقیقت‌نگیش، محمد، ۱۳۲۰ -
عنوان و نام پدیدآور	میکروسکوپ و میکروسکوپی در پلیمر و نساجی (ریزبین و ریزبینی در پلیمر و نساجی) / محمد حقیقت‌نگیش، محمد کریمی.
مشخصات نشر	تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	س، ۲۷۴ ص.
شابک	978-964-463-542-7 :
وضعیت فهرست نویسی	فبیا
یادداشت	کتابنامه: ص. ۲۳۱ - ۲۵۴.
موضوع	میکروسکوپ‌ها
صنوع	میکروسکوپ‌های پلاریزاسیون
موضوع	الیاف نساجی -- میکروسکوپی
موضوع	عکاسی ذره‌بینی
شکله افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده بندی کنگره	QH۲۱۱/ح۷م۹ ۱۳۹۲ :
رده بندی دیسی	۵۰۲/۸۲ :
شماره کتابشناسی ملی	۳۳۴۹۴۹۴ :



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	میکروسکوپ و میکروسکوپی در پلیمر و نساجی (ریزبین و علم ریزبینی در پلیمر و نساجی)
تالیف	دکتر محمد حقیقت‌نگیش - دکتر محمد کریمی
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	بهار ۱۳۹۳
تیراژ	۱۰۰۰ نسخه
قیمت	۱۵۰۰۰ تومان
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۵۴۲-۷
	ISBN : 978-964-463-542-7
	تلفن مرکز : ۶۶۴۹۱۸۶۸

آدرس : خیابان ولیعصر روبروی خیابان بزرگمهر ، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است

بنام خداوند بخشنده مهربان

پیش گفتار

دل هر ذره را که بشکافی
آفتابش در میان بینی
هرچه داری اگر به عشق دهی
کافرم گر جوی زبان بینی
<هاتف اصفهانی>

میکروسکوپ وسیله‌ایست برای دیدن ذراتی که با چشم دیده نمی‌شوند. برای تماشای این دنیای پوشیده باید وسیله‌ای مناسب انتخاب کرد و ذهن و فکر خود را آماده ساخت تا آنچه به کمک وسیله مناسب به چشم می‌آید، در واقعیت را احساس کند و با خیالها و تصورات نامربوط همراه نگردد. محدودیت‌ها و توانایی‌های سازندگان وسایل کمکی باید معلوم و مفهوم باشند تا بیشترین استفاده از تماشای جهان مکتوم حاصل شود. هدف از کتاب جمع‌آوری و توضیح روش‌ها و وسایلی است که در میکروسکوپ و میکروسکوپی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بینندگان را برای دیدن ذراتی بسیار کوچک آماده می‌کند. بما می‌گوید که آخرین ذراتی که دیده‌ایم چه اندازه است.

میکروسکوپ‌ها در شاخه‌های مختلف به کار می‌روند. بشون بسیار و به‌طور موثر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در زیست‌شناسی، پزشکی و کانی‌شناسی یک ابزار اصلی و اساسی‌اند. این ابزار ابتدا در تحقیقات و فعالیت‌های جستجوگرانه مورد استفاده قرار گرفت. لیکن امروز در آزمایشگاه‌هایی که کارهای جاری و عمومی را انجام می‌دهند در مکانی مطمئن قرار گرفته است. استفاده از میکروسکوپ به‌علت کشف روابط بین رفتار عمومی مواد و ذرات درون آن گسترش یافته است.

در گستره علوم و فنون مواد پلیمری و به‌خصوص مواد نساجی، بسیار خواص انواع کالا و رفتار فرایند تولید، منشاء تغییرات ذره‌ای دارند که فقط با چشم مسلح دیده نمی‌شود. برای مثال در هنگام تولید الیاف از مایع پلیمری وقتی جداره یکی از روزنه‌های رشته‌ساز ورده می‌شود فقط یک رشته به قطر 0.05 میلی‌متر ناموزون، نایکوناجست و یا پاره می‌شود که در تولید موثر است. نقص این روزنه فقط با میکروسکوپ دیده می‌شود. وقتی نخ از الیاف با شکل سطح مقطع مثلثی تولید می‌شود، نخ که از الیاف با مقطع مثلثی ساخته شده است براق‌تر و حجیم‌تر است. شکل سطح مقطع الیاف را فقط با میکروسکوپ می‌توان دید. تخریب‌های موضعی روی الیاف، مواد تکمیل ضخیم گسسته، زیر و زورفتگی و در هم رفتگی الیاف و نخ فقط با استفاده از میکروسکوپ ممکن است مشاهده و اندازه‌گیری شود. اگر چه مولکولهای بلند زنجیره‌ای که الیاف و پوسه‌های (فیلم‌ها) را

ساخته‌اند را نمی‌توان با میکروسکوپ نوری دید لیکن میکروسکوپ نور قطبیده (پلاریزه) بهترین وسیله برای مطالعه آرایش‌یافتگی و اندازه‌گیری مقدار هم‌سو قرارگیری مولکولها است.

بنظر می‌رسد که میکروسکوپ‌ها در پلیمر و نساجی، امروز در دو زمینه مختلف به کار گرفته می‌شوند. یکی کاربردهای معمولی روزانه و دیگری کاربرد در تحقیقات است. شناسایی الیاف و مواد، تعیین تأثیرات عوامل تولید بر ظاهر میکروسکوپی در زمینه اول یعنی کاربردهای معمولی قرار دارند و روش ساختن دنیایی که برای یک محقق تاریک و نادیدنی مانده است زمینه دوم کاری است.

از راه تحقیقاتی منتشر شده در سال‌های اخیر را نیز می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. یکی آن دسته که توجه به نتایج به‌دست‌آمده در زمینه علمی مشخص دارند که در مجلات پژوهشی نیز بسیار است. دیگری یافته‌های جدید در علم و دانش ریزی است که در مجلات اختصاصی میکروسکوپی میکروسکوپ الکترونی منتشر می‌شوند و روش‌ها و راه کارهای جدیدی را برای دیدن ذرات بسیار کوچکی ارائه می‌نمایند.

میکروسکوپ‌ها و علم میکروسکوپی که علم ریزی نامیده‌ایم همواره مانند اغلب شاخه‌های علوم دیگر در حال توسعه و تکامل است. نتیجه این تکامل علمی و فناوری همه ساله وسایل و امکانات جدیدی به دست‌اندرکاران عرضه می‌شوند.

از کاربردها و استفاده‌های علمی میکروسکوپ در صنعت که بگذریم دانش ریزی خارج از جنبه‌های اقلی حسن کنجکاوی دانش و آگاهی و رتبه‌مخصوص را ترغیب می‌نماید. کسی که با میکروسکوپ سرکار خواهد داشت باید نظافت و وسواس رعایت کند زیرا وارد شدن ذره‌ای ناچیز در جلو او یا همراه با موادی که برای بهتر دیدن استفاده می‌کند مشکل آفرین و او را به راه و لاجرم به نتیجه‌گیری غلط می‌کشاند.

جهان ذرات بسیار وسیع است. یک ذره غبار ناپیدا، در میکروسکوپ همراه با ذره مورد نظر دیده می‌شود. شیارها و برآمدگی‌های ناپیدا ظاهر و دیده می‌شوند. اگر چه به درون میکروسکوپ نگاه شود جز تماشایی گذرا و ناماندنی از صحنه‌های بدیع نتیجه‌ای نخواهد داشت. هنگام آموزش و در هنگام کار کاربر باید هدفی داشته باشد و بداند که دنبال چیست؟ این امر چنانچه در این زمینه ممارست کند در تحول شخصیت او به هدفدار شدن در کارها کمک می‌کند. دیدن اولین و مهمترین نکته‌ای که یک میکروسکوپ‌دان باید همیشه در خاطر داشته باشد اینست که چه چیزی را می‌خواهد ببیند؟ اگر این سوال را در نظر داشته باشد همواره جوینده یابنده است.

این کتاب مقدمه‌ایست بر میکروسکوپی، به روش‌ها و وسایل توجه شده است. سعی شده با نظریه‌های موجود برخی از چرایی‌ها پاسخ داده شوند. فصل اول کتاب، آشنایی مقدماتی است و سعی شده پس از معرفی جهان ذرات و انواع میکروسکوپ‌ها قوانین و اصول رفتار نور که بیشتر مورد توجه در میکروسکوپی نوری است جمع‌آوری و ارایه گردد. در فصل دوم اجزاء میکروسکوپ نوری و نظریه‌های مربوط به تشکیل تصویر و اجزاء تشکیل دهنده میکروسکوپ نور مرئی بحث شده است. از آنجا که خواص اغلب پوسه‌های (فیلم‌های) ساخته شده از پلیمرها و الیاف در جهات مختلف متفاوت

است و مهمترین وسیله در مطالعه آنها میکروسکوپ با استفاده از نور قطبی (پلاریزه) شده است پس فصل سوم کتاب به این موضوع اختصاص داده شده است. در فصل چهارم کتاب روش ها و راهکارهای اندازه گیری کمی ابعاد تشریح شده است زیرا با اندازه گیری های کمی می توان آن ها را به رفتار عمومی جسم مربوط ساخت. در میکروسکوپ نوری اگر چه روش تهیه نمونه ساده است لیکن برای ریز دیدن باید نمونه ریز و نازک داشت و برای شناخت صحیح باید نمونه از اثر دست کاری های معمول مصون بماند تا از نتایج مطمئن بود. بنابراین فصل پنجم به تهیه نمونه اختصاص داده شده است.

برخی علاقه مندند که آنچه را خود دیده و تجربه کرده اند به دیگران نیز نشان دهند. اولین میکروسکوپ دان. سعی می کرد دیده های خود را نقاشی کند و نقاشی ها را به دیگران نشان دهد و در کتاب بنام "میکروگرافیا" منتشر نماید. امروزه برای تثبیت دیدنی ها از عکاسی و یا فیلم برداری استفاده می شود. چون غالباً موضوع متحرک نیست بیشتر به عکاسی توجه شده است. چگونگی بکارگیری دوربین عکاسی مناسب و المور و چاپ عکس در فصل ششم مورد توجه قرار گرفته است.

کاربرد های میکروسکوپ نوری متعدد است برای نشان دادن مثال هایی از این فعالیت ها فصل هفتم بدان اختصاص داده شده است. توانایی ما در دیدن اجسام کوچک و کوچکتر بالاخره محدود به وسیله اصلی مورد استفاده ما می باشد. در میکروسکوپ نوری وسیله اصلی نور مرئی است که دارای طول موج نسبتاً بلندی است. اگر ما بخواهیم کوچک و کوچکتر ببینیم باید از پرتوهایی با طول موج کوتاه و کوتاهتر استفاده کنیم. در نتیجه میکروسکوپ های الکترونی بوجود آمده اند و در فصل های هشتم و نهم به طور اجمالی مورد توجه قرار می گیرند. فصل دهم مثال هایی از کاربردهای آن را در پلیمر و نساجی را خواهیم دید.

خواندن این کتاب ممکن است سودمند باشد برای کسانی بیشترین استفاده را خواهند برد که خود دستی در کار داشته باشند. خود به تماشای آن ها که دیگران قادر نیستند ببینند بنشینند و اطلاعات دست اول و فراموش نشدنی از پدیده های مختلف به دست آورند. منابع ذکر شده در کتاب از خود این کتاب با ارزش ترند و می توان از آنها سود جست بنابراین توصیه می گردد نسبت به منابع نیز بی توجه نبود.

بر مبنای تعاریف موجود در جامعه علمی کشور نمی دانم این کتاب تازه است یا تصنیف یا ترجمه! در هر حال تاریخچه پدیدار شدن کتاب به شرح زیر است. منسجم به آن که سال های ۱۳۵۰ بنام های میکروسکوپی پیشرفته و رزینوگرافی نزد دکتر T. G. Rocho آمدیم و عزواتی که تهیه کرده بودم، سال ها در دانشکده مهندسی نساجی برخی از مطالب آن را در دروس مربوطه برای گروه های مختلفی از دانشجویان تدریس نمودم. در این مدت مطالب و منابع دیگری نیز جمع گردید و گاه برای تدریس مورد استفاده قرار گرفت. تصور می کنم به همان اندازه امکانات و علایق، مطالبی بر مطالب اولیه افزوده شد.

تا این مرحله هنوز کتابی حاصل نشده بود. باید آقای دکتر محمد کریمی به کمک می آمد، تصاویر بسیاری را خود در آزمایشگاه با امکانات محدود محلی تهیه می کرد، شرح مطالبی را دوباره بازسازی

می نمود و مطالب جدیدی را اضافه می کرد و به صورت کتابی در می آمد که می شد برای ماشین نویسی عرضه داشت.

بر خود واجب می دانم از زحمات آقای دکتر راکو T. G. Rocho استاد فقید دانشگاه کارولینای شمالی آمریکا که آنچه در زمینه میکروسکوپی می دانم از اوست را ارج نهم و تشکر کنم، یادش را گرامی دارم و برایش طلب آمرزش و مغفرت کنم.

این کتاب علاوه بر مطالب درسی کلاس او از تالیفات دیگر او نیز استفاده شده است. از همکاران دانشجویان سال های گذشته: خانم دکتر ناهید انصاری به خاطر زحماتش در میکروسکوپ شریف، آقای دکتر مهدی نوری، آقای مهندس نادر آقاعلی عسگرکاشانی، خانم دکتر فاطمه داداشیان به خاطر کارهایشان در اندازه گیری ضریب شکست و خانم دکتر صدیقه برهانی و خانم مهندس مستانه نوروززاده در آخرین فصلات های مربوط به عکاسی و ساختار میکروسکوپ تشکر و قدردانی نمایم.

چاپ کتاب بدون زحمات ارزشمند خانم شهره مهدوی که ماشین نویسی از روی نسخه خطی را انجام دادند و مسئولین دفتر نشر دانشگاه که امکانات چاپ کتاب را فراهم کردند ممکن نبود. لذا سپاس و تشکرات قلبی خود را به همه این عزیزان ابراز می دارم.

محمد حقیقت کیش

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۵
فصل اول: مبانی و تعاریف.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- بیان ذرات کوچکتر از توان دید معمولی.....	۲
۳-۱- محدوده وسیع جزئیات ذره‌ای مواد.....	۴
۴-۱- واحدهای عمده در مطالعه ذرات.....	۴
۵-۱- محدوده کار میکروسکوپ‌ها.....	۵
۶-۱- تاریخچه میکروسکوپ‌های نوری.....	۷
۶-۱-۱- میکروسکوپ‌های نوری.....	۷
۶-۱-۲- میکروسکوپ‌های الکترونی.....	۷
۶-۱-۳- برجسته‌نما.....	۱۰
۶-۱-۴- میکروسکوپ نور قطبی‌شده (پلاریز).....	۱۱
۶-۱-۵- میکروسکوپ‌های تخصصی.....	۱۲
۷-۱- شناخت هندسی نور.....	۱۴
۷-۱-۱- امتداد و سرعت نور.....	۱۴
۷-۱-۲- ضریب شکست.....	۱۴
۷-۱-۳- انعکاس و شکست.....	۱۶
۷-۱-۴- تجزیه نور و منشورها.....	۱۷
۷-۱-۵- شکست کلی.....	۱۹
۷-۱-۶- آینه‌ها و عدسی‌ها.....	۲۲
۷-۱-۷- خطای (ابیراهی‌های) عدسی.....	۲۶
۷-۱-۸- ساختار چشم.....	۲۸
۷-۱-۹- خطای باصره یا دید (ادراک خیالی).....	۲۸
۸-۱- نور موجی.....	۳۱
۸-۱-۱- تداخل.....	۳۳
۸-۱-۲- تداخل نور خارج شده از روزنه باریک.....	۳۵
۸-۱-۳- قطبی یا پلاریزه شدن نور.....	۳۷

۳۹	۴-۸-۱- قطبی شدن اتم‌ها
۴۰	۵-۸-۱- شکست مضاعف یا دوشکستی
۴۲	۶-۸-۱- وابستگی ضریب شکست مواد همه‌سونایکمان به طول موج نور
۴۲	۷-۸-۱- نور قطبی شده خطی، دایره‌ای و بیضوی
۴۳	۸-۸-۱- ضریب شکست نمای مواد
۴۵	۹-۸-۱- روش‌های قطبی شدن نور
۴۸	۱۰-۸-۱- انواع شکست مضاعف (دوگانه) در مواد
۵۰	۱۱-۸-۱- عبور نور قطبی از یک ورقه با ضریب شکست مضاعف
۵۲	۱۲-۸-۱- رنگ‌های نمونه در اثر قطبی شدن نور
۵۵	فصل دوم تشکیل تصاویر، اجزاء میکروسکوپ نوری و انواع میکروسکوپ‌ها
۵۵	۱-۲- مقدمه
۵۵	۲-۲- تشکیل تصویر و رنگ‌نگاری
۵۸	۳-۲- توان تفکیک
۶۰	۴-۲- انواع شیئی‌ها
۶۳	۵-۲- چگالنده (متمرکزکننده نور)
۶۴	۶-۲- چشمی‌ها
۶۶	۷-۲- روش‌های روشن‌سازی نمونه
۶۸	۸-۲- مسیرهای تابش نور به نمونه‌های شفاف
۶۸	۱-۸-۲- تابش با استفاده از آینه
۷۰	۲-۸-۲- استفاده از چگالنده
۷۰	۳-۸-۲- تابش مایل
۷۰	۴-۸-۲- تابش حلقه‌ای (زمینه تاریک و زمینه روشن)
۷۲	۹-۲- قابل رویت شدن جسم در میکروسکوپ
۷۵	۱۰-۲- قسمت‌های مکانیکی میکروسکوپ
۷۶	۱-۱۰-۲- پایه اصلی و لوله بدنه
۷۶	۲-۱۰-۲- جابجاکننده شیئی‌ها یا دماغه چرخان
۷۶	۳-۱۰-۲- پیچ‌های کانونی‌کننده یا تنظیم‌کننده
۷۷	۴-۱۰-۲- میز نگهدارنده و پایه متمرکزکننده
۷۷	۵-۱۰-۲- شیشه رویی و زیری نمونه و محیط اطراف آن
۷۹	۶-۱۰-۲- نگهدارنده مکانیکی

۷۹	۲-۱۰-۷- تابش بندها (دیافراگم‌ها)
۸۰	۲-۱۰-۸- منابع نور
۸۲	۲-۱۱- میکروسکوپ اختلاف فازی
۸۴	۲-۱۲- میکروسکوپ‌های دوچشمی
۸۵	۲-۱۳- تصاویر سه بعدی در برجسته‌نما
۸۶	۲-۱۴- روشن ساختن سطح مواد کدر
۸۹	۲-۱۵- میکروسکوپ‌های مجهز به میز داغ و سرد

۹۱	فصل دوم: میکروسکوپ نور قطبیده (پلاریزه)
۹۱	۳- مقدمه
۹۲	۳-۲- میکروسکوپ نور قطبیده
۹۴	۳-۲-۱- بندها (پلاریزرها)
۹۴	۳-۲-۲- بندها (آنالایزرها)
۹۵	۳-۲-۳- میز نگهدارنده اجزای آن
۹۶	۳-۲-۴- شیشه‌ها، چینه‌ها و بندها
۹۶	۳-۲-۵- عدسی برتراند
۹۸	۳-۳- تاخیردهنده‌ها یا جبران‌کننده‌ها
۹۹	۳-۳-۱- لبه (گوه) کوآرتز
۱۰۰	۳-۳-۲- تاخیردهنده بابینت
۱۰۰	۳-۳-۳- تاخیردهنده برک
۱۰۱	۳-۳-۴- تاخیردهنده ارینگاوس
۱۰۱	۳-۳-۵- تاخیردهنده بیضی وار پیرس - کوهرلر
۱۰۱	۳-۳-۶- روش سنارمونت
۱۰۲	۳-۴- مطالعه خواص ذرات به وسیله میکروسکوپ قطبیده
۱۰۶	۳-۴-۱- اندازه‌گیری ضریب شکست جامدات
۱۰۹	۳-۴-۲- اندازه‌گیری ضریب شکست مضاعف
۱۰۹	۳-۴-۵- اندازه‌گیری ضریب شکست مایعات

۱۱۱	فصل چهارم: سنجش کمی ابعاد
۱۱۳	۴-۱- مقدمه
۱۱۳	۴-۲- دقت اندازه‌گیری

۱۱۴	۳-۴- وسایل مورد استفاده برای اندازه گیری.....
۱۱۴	۱-۳-۴- چشمی مدرج.....
۱۱۵	۲-۳-۴- تیغک (لام) مدرج و تعیین فاصله درجه بندی ها در چشمی.....
۱۱۵	۳-۳-۴- میکروسکوپ های مجهز به صفحه نمایش.....
۱۱۶	۴-۴- اندازه گیری مساحت و حجم.....
۱۱۷	۵-۴- اندازه گیری عمق یا ضخامت.....
۱۱۷	۶-۴- اندازه گیری زاویه بین دو راستا در یک جسم.....
۱۱۷	۴- توزیع فراوانی اندازه ذرات.....
۱۱۷	۱-۷- اندازه قطر آماری ذرات.....
۱۱۹	۲-۷-۴- تناسب محضات اندازه از توزیع فراوانی اندازه.....
۱۲۰	۳-۷-۴- توزیع اندازه قبل الیاف.....
۱۲۱	۸-۴- شاخص غیر برای غیرکروی بودن.....
۱۲۱	۹-۴- تجزیه کمی مخلوط ها.....
۱۲۲	۱-۹-۴- تهیه نمونه.....
۱۲۲	۲-۹-۴- اندازه گیری مقدار هر جزء در مخلوط.....
۱۲۳	فصل پنجم: آزمایشگاه میکروسکوپ کاندید..... مقاطع نازک و ریزبرش.....
۱۲۳	۱-۵- مقدمه.....
۱۲۳	۲-۵- آزمایشگاه میکروسکوپ نوری.....
۱۲۴	۳-۵- وسایل و ابزار اساسی.....
۱۲۵	۴-۵- آماده سازی نمونه.....
۱۲۷	۵-۵- ریزبری.....
۱۲۷	۱-۵-۵- ریزبری دستی.....
۱۲۸	۲-۵-۵- ریزبری هاردی.....
۱۲۹	۳-۵-۵- ریزبر مکانیکی چرخشی.....
۱۳۰	۴-۵-۵- نگهدارنده برای اجسام نرم.....
۱۳۰	۵-۵-۵- تیغ های ریزبری در ریزبر مکانیکی.....
۱۳۲	۶-۵- تهیه مقطع به روش سمباده زنی.....
۱۳۳	۷-۵- نصب آزمونه.....
۱۳۵	فصل ششم: عکس برداری از ذرات با استفاده از میکروسکوپ.....

۱۳۵	۱-۶- مقدمه
۱۳۶	۱-۱-۶- تشکیل تصویر روی فیلم یا صفحه عکاسی
۱۳۷	۲-۱-۶- محفظه برای فیلم‌های تخت
۱۳۸	۳-۱-۶- محفظه برای فیلم‌های ۳۵ میلی‌متری
۱۳۹	۴-۱-۶- انواع فیلم‌های ۳۵ میلی‌متری
۱۴۱	۵-۱-۶- ظهور فیلم و چاپ عکس
۱۴۲	۶-۱-۶- مراحل ظهور فیلم سیاه و سفید
۱۴۳	۷-۱-۶- مراحل ظهور عکس سیاه و سفید
۱۴۵	۲- دستگاه‌های عکسبرداری رقمی - رایانه و چاپگر
۱۴۷	۱- اصطلاحات عمومی و تعاریف
۱۴۹	۲-۲- تصویر دانه رقمی با میکروسکوپ نوری
۱۴۹	۱-۲-۶- اهمیت تصویربرداری رقمی
۱۵۰	۴-۲-۶- تصویربرداری در دستگاه‌های رقمی
۱۵۱	۵-۲-۶- کاربرد رقمی
۱۵۳	۶-۲-۶- شکل‌های مختلف باریت
۱۵۴	۷-۲-۶- توان تفکیک زیاده
۱۵۵	۸-۲-۶- اصول تصویربرداری رقمی
۱۵۶	۹-۲-۶- نوبه در دوربین‌های باریت
۱۵۷	۱۰-۲-۶- نسبت شدت علائم به شدت نور
۱۵۸	۱۱-۲-۶- تعداد عنصر لازم
۱۵۸	۱۲-۲-۶- انتخاب دوربین مناسب
۱۶۱	فصل هفتم: برخی از کاربردهای میکروسکوپ نوری
۱۶۱	۱-۷- مقدمه
۱۶۱	۲-۷- شناسایی الیاف از طریق مشاهده شکل
۱۶۳	۳-۷- شکل سطح مقطع عرضی و طولی برخی از الیاف
۱۶۴	۴-۷- شناسایی از طریق تعیین دمای ذوب
۱۶۴	۵-۷- مقایسه ضرایب شکست الیاف
۱۸۱	۶-۷- ضریب دوشکستی و ساختار بلوری
۱۸۵	۷-۷- ضریب شکست، جرم مخصوص و تاثیر رطوبت
۱۸۶	۸-۷- ضریب دوشکستی و آرایش (جهت‌گیری) مولکولی

- ۷-۹- ضرایب دوشکستی در پوسه‌ها (فیلم‌ها) ۱۸۹
- ۷-۱۰- گویچه و انواع آنها ۱۹۱

فصل هشتم: ابریزبینی و معرفی میکروسکوپ‌های الکترونی ۱۹۵

- ۸-۱- مقدمه ۱۹۵
- ۸-۲- ۱- میکروسکوپ نوری ۱۹۶
- ۸-۲- ۲- اصول و محدوده کارایی ابرمیکروسکوپ نوری ۱۹۶
- ۸-۲- ۳- ساختار یک ابرمیکروسکوپ نوری و برخی کاربردهای آن ۱۹۷
- ۸-۳- ۱- میکروسکوپ الکترونی عبوری ۱۹۹
- ۸-۳- ۲- ۱- ۱- ریخچندایش و محدوده کار ۱۹۹
- ۸-۳- ۲- ۲- ۱- اصول کار میکروسکوپ‌های الکترونی و انواع روش‌های تشکیل تصویر ۱۹۹
- ۸-۳- ۳- ۱- تأثیر متقابل بین الکترونی و مواد جامد ۲۰۰
- ۸-۳- ۴- ۱- اصول کار میکروسکوپ الکترونی عبوری ۲۰۱
- ۸-۳- ۵- ۱- انواع عدسی‌ها در میکروسکوپ‌های الکترونی ۲۰۲
- ۸-۳- ۶- ۱- توان تفکیک ۲۰۴
- ۸-۴- ۱- آماده‌سازی نمونه ۲۰۴
- ۸-۴- ۲- ۱- غشاهای نگهدارنده نمونه ۲۰۵
- ۸-۴- ۳- ۱- روکش دادن سایه‌ای ۲۰۵
- ۸-۴- ۴- ۱- روش‌های تجزیه‌ای ۲۰۶
- ۸-۴- ۵- ۱- ابریزبری ۲۰۶
- ۸-۴- ۶- ۱- روش‌های قالب‌گیری ۲۰۷
- ۸-۴- ۷- ۱- توجیه نتایج عکس‌های تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی عبوری ۲۰۸
- ۸-۵- ۱- ۱- اصول کار میکروسکوپ الکترونی پویشی ۲۰۹
- ۸-۵- ۲- ۱- تهیه نمونه برای میکروسکوپ الکترونی پویشی ۲۱۲
- ۸-۵- ۳- ۱- روش‌های روکش‌دهی نمونه ۲۱۲
- ۸-۶- ۱- مقایسه بین میکروسکوپ‌ها ۲۱۳

فصل نهم: نمونه‌هایی از مشاهدات و کاربردها ۲۱۵

- ۹-۱- مقدمه ۲۱۵
- ۹-۲- کاربردهایی از میکروسکوپ نوری ۲۱۶

۲۱۶	۹-۲-۱- تاریخچه‌ای از کاربردها در زمینه‌های مختلف
۲۱۹	۹-۲-۲- اندازه‌گیری سرعت نفوذ رنگ با مشاهده مقطع عرضی
۲۲۰	۹-۲-۳- تغییر شکل الیاف
۲۲۰	۹-۲-۴- نفوذ مواد شیمیایی به درون الیاف- مشاهده مقطع طولی
۲۲۱	۹-۲-۵- جدا شدن فازها در محلول پلیمر
۲۲۲	۹-۲-۶- ترک خوردن سطح پوسه‌های پلی پروپیلن
۲۲۳	۹-۳-۱- کاربردهایی از میکروسکوپ الکترونی پوششی
۲۲۴	۹-۳-۱-۱- مشاهده تاثیر مواد شیمیایی بر روی سطح
۲۲۵	۹-۳-۱-۲- شکست‌شناسی الیاف
۲۲۶	۹-۳-۲- میکرولیفچه‌ها و نانولیفچه‌ها در مخلوط پلیمر
۲۲۷	۹-۳-۲-۱- کاربردهای از میکروسکوپ الکترونی عبوری
۲۲۷	۹-۳-۲-۲- ثبت بزرگ‌آزمولکول
۲۲۹	۹-۳-۲-۳- مشاهده تغییرات جزئی در ساختار مواد پلیمری
۲۳۱	مراجع
۲۳۵	تعریف‌ها، واژه‌ها و عبارت‌های مربوط به میکروسکوپی (ترتیب فارسی)
۲۴۵	تعریف‌ها، واژه‌ها و عبارت‌های مربوط به میکروسکوپی (ترتیب انگلیسی)
۲۵۵	نمایه