

۲۲۴۷۷۲۸

ساختمان شیمیایی و فیزیکی الیاف نساجی

تالیف:

دکتر مهدی نوری

(استاد دانشگاه گیلان)

www.ketab.ir

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	: نوری، مهدی، ۱۳۴۷-
عنوان و نام پدیدآور	: ساختمان شیمیایی و فیزیکی الیاف نساجی/تالیف مهدی نوری.
مشخصات نشر	: تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۳۶۰ص.
شابک	: ISBN: 978-964-210-391-1 ریال؛ ۱۱۰۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۳۵۷-۳۶۰.
موضوع	: الیاف نساجی
موضوع	: Textile fibers
شناسه افزوده	: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات
رده‌بندی کنگره	: TS۱۵۴۰
رده‌بندی دیویی	: ۶۷۷/۰۲۸۳۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۵۴۱۴۷۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

این کتاب در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۶/۱۵ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.



ساختمان شیمیایی و فیزیکی الیاف نساجی

تالیف: دکتر مهدی نوری

ناشر	: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
مدیر مسئول	: دکتر مهدی ورسه‌ای
نوبت چاپ	: اول
سال چاپ	: ۱۴۰۰
قطع	: وزیری
شمارگان	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۱۰۰۰۰۰ ریال
طراح	: آرزو انصاری
چاپخانه	: رامین



ISBN: 978-964-210-391-1

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۳۹۱-۱

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ + تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ +
فروشگاه اینترنتی: www.jdamirkabir.ac.ir

پیشگفتار ناشر

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد. که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. هم‌چنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و هم‌چنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط "انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر" پلی تکنیک تهران» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پیوندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاد دانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فن‌آوری کشور، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و هم‌چنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

"هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید"
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

پیشگفتار

شناخت الیاف به عنوان واحدهای سازنده منسوجات و آشنائی با خصوصیات آنها، برای بکارگیری آنها در کاربردهای متنوع، از منسوجات مورد استفاده در پوشاک تا الیاف و منسوجات مورد استفاده در کاربردهای صنعتی و غیر پوشاک ضروری می باشد. این شناخت از الیاف می تواند از دیدگاه فیزیکی و جسمانی باشد که در آن رفتار و خصوصیات الیاف به عنوان یک جسم مستقل از ساختار داخلی مورد مطالعه قرار می گیرد که موضوع مورد مطالعه در فیزیک الیاف می باشد. نوع دیگری از مطالعه الیاف مربوط به شناخت ساختار داخلی و ریز ساختار الیاف می باشد. این ساختار داخلی می تواند از دیدگاه شیمیایی و یا دیدگاه فیزیکی باشد. باید توجه نمود که خصوصیات فیزیکی و جسمانی الیاف تحت تاثیر ساختار داخلی الیاف می باشد و بنابراین قبل از شناخت و مطالعه خصوصیات فیزیکی الیاف که به هنگام بکارگیری محصول ساخته شده از الیاف با آنها برخورد خواهیم داشت، شناخت ریز ساختار داخلی الیاف اهمیت خواهد داشت. در این کتاب اگر چه به برخی از خصوصیات ابتدائی فیزیکی الیاف اشاره شده است، اما تمرکز اصلی این کتاب شناخت ریزساختار الیاف از دیدگاه شیمیائی و ریز ساختار فیزیکی الیاف می باشد. محتوی این کتاب با توجه به تجربیات تدریس در دروس مربوط به حوزه الیاف در طی سالیان متمادی تنظیم شده است و در آن سعی شده است تا به دانش مورد نیاز برای دانشجویان مشغول به تحصیل در رشته مهندسی نساجی، افراد شاغل در صنایع نساجی و صنایع مرتبط با الیاف پرداخته شود. همچنین این کتاب می تواند برای علاقه مندان به داشتن دانش در خصوص الیاف که در سایر رشته های دانشگاهی تحصیل می نمایند و یا در صنایع دیگر مشغول به فعالیت هستند مفید و کارآمد باشد.

به طور کلی این کتاب را می توان در دو بخش متفاوت در نظر گرفت. بخش اول که فصل ۱ تا فصل ۱۲ را شامل می شود به معرفی کلی الیاف و شناخت ساختار شیمیائی و برخی از خصوصیات فیزیکی الیاف متداول مورد استفاده در صنایع نساجی می پردازد. در بخش بعدی کتاب که فصل های ۱۳ تا انتهای

کتاب را شامل می‌شود، به شناخت ریزساختار فیزیکی الیاف و بخصوص روش‌های شناسائی و تشخیص ریزساختار الیاف پرداخته شده است. فصل‌های اول، دوم و سیزدهم کتاب موضوعات عمومی را در مورد ساختار الیاف بیان می‌نماید و در فصل پنجم روش‌های تولید الیاف مصنوعی معرفی می‌گردند. به خوانندگان کتاب پیشنهاد می‌گردد که این چهار فصل را بدون در نظر رفتن نوع الیاف مورد علاقه، مطالعه نمایند. در این چهار فصل اطلاعات عمومی مربوط به مواد لیفی شکل که لازمه داشتن دانش ابتدائی برای شناخت الیاف می‌باشد ارائه شده است. سایر فصل‌های کتاب تقریباً مستقل از هم هستند و با توجه به علاقه‌مندی به هر موضوع می‌تواند به‌طور مستقل مورد مطالعه قرار گیرد. در فصل‌های ۳ تا ۱۲، الیاف از نظر ساختار شیمیایی و خصوصیات فیزیکی ابتدائی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. فصل‌های ۱۴ تا ۲۰ کتاب روش‌های متنوع شناخت و تعیین ریزساختار الیاف معرفی شده است که این فصل‌ها نیز می‌توانند به‌طور مستقل و با توجه به علاقه‌مندی خواننده کتاب مطالعه گردند.

مهدی نوری

پاییز ۱۴۰۰

www.ketab.ir

فهرست

فصل ۱: اصول ساختمانی مواد پلیمری	۱۷
۱-۱ مقدمه	۱۷
۲-۱ مواد پلیمری	۱۷
۳-۱ وزن ملکولی زنجیرهای پلیمری	۲۰
۴-۱ تاثیر وزن ملکولی بر خواص پلیمرها	۲۱
۵-۱ پیکربندی شیمیایی زنجیرهای پلیمری	۲۳
۱-۵-۱ پیکربندی سربه سر و سربه دم	۲۳
۲-۵-۱ تاکتیسیتی-آرایش فضایی اجزاء در زنجیر	۲۴
۳-۵-۱ استخوان بندی زنجیر پلیمری	۲۶
۴-۵-۱ کوپلیمرها	۲۷
۶-۱ پیکربندی فضایی زنجیرهای پلیمری	۲۹
۷-۱ اتصال و برهم کنش درون و بین زنجیرهای پلیمری	۳۱
۸-۱ ابعاد زنجیرهای پلیمری	۳۶
فصل ۲: مقدمه‌ای بر ساختارهای لیفی	۴۳
۱-۲ مقدمه	۴۳

۴۴	۲-۲ طبقه‌بندی الیاف.....
۴۶	۳-۲ خصوصیات پلیمرهای سازنده الیاف.....
۴۸	۴-۲ خصوصیات الیاف.....
۴۸	۱-۴-۲ خصوصیات اولیه.....
۵۲	۲-۴-۲ خصوصیات ثانویه.....
۵۹	۵-۲ ریزساختار الیاف.....
۶۰	مسائل فصل دوم.....

فصل ۳: الیاف پروتئینی..... ۶۱

۶۱	۱-۳ مقدمه.....
۶۱	۲-۳ الیاف پشم.....
۶۱	۱-۲-۳ ساختار شیمیایی الیاف پشم.....
۶۸	۲-۲-۳ ساختمان فیزیکی الیاف پشم.....
۷۱	۳-۲-۳ خواص شیمیایی الیاف پشم.....
۷۷	۴-۲-۳ خواص فیزیکی الیاف پشم.....
۷۸	۳-۳ الیاف ابریشم.....
۸۰	۱-۳-۳ ساختار شیمیایی ابریشم.....
۸۱	۲-۳-۳ خواص شیمیایی الیاف ابریشم.....
۸۳	۳-۳-۳ خواص فیزیکی الیاف ابریشم.....

فصل ۴: الیاف سلولزی طبیعی..... ۸۵

۸۵	۱-۴ مقدمه.....
۸۵	۲-۴ ساختار شیمیایی سلولز.....
۸۸	۳-۴ الیاف سلولزی دانه‌ای.....
۹۰	۱-۳-۴ ساختمان الیاف پنبه.....

۹۲	۲-۳-۴ خواص شیمیایی الیاف پنبه.....
۹۵	۳-۳-۴ خصوصیات فیزیکی الیاف پنبه.....
۹۷	فصل ۵: فرایندهای تولید الیاف مصنوعی
۹۷	۱-۵ مقدمه.....
۹۹	۲-۵ ذوب ریسی.....
۱۰۱	۳-۵ ریسندگی محلول‌های پلیمری (خشک ریسی و تر ریسی).....
۱۰۷	فصل ۶: الیاف بازبایی شده
۱۰۷	۱-۶ مقدمه.....
۱۰۷	۲-۶ الیاف سلولزی بازبایی شده.....
۱۰۹	۳-۶ الیاف ویسکوز ریون.....
۱۱۳	۱-۳-۶ خصوصیات الیاف ویسکوز ریون.....
۱۱۵	۴-۶ الیاف پلی‌نوزیک ریون.....
۱۱۶	۵-۶ الیاف ویسکوز با استحکام بالا-ویسکوز با مدول تر بالا-الیاف مودال.....
۱۱۷	۶-۶ تولید الیاف سلولزی بازبایی شده با استفاده از حلال‌های سلولز.....
۱۱۸	۱-۶-۶ الیاف کوپر آمونیم ریون.....
۱۲۰	۲-۶-۶ الیاف لایوسل.....
۱۲۳	۷-۶ الیاف استات سلولز.....
۱۲۷	فصل ۷: الیاف پلی‌آمید (نایلون)
۱۲۷	۱-۷ مقدمه.....
۱۲۹	۲-۷ پلیمریزاسیون پلی‌آمیدها.....
۱۲۹	۱-۲-۷ پلی‌آمید ۶ (نایلون ۶).....
۱۳۱	۲-۲-۷ پلی‌آمید ۶،۶ (نایلون ۶،۶).....
۱۳۳	۳-۷ ریسندگی الیاف نایلون.....

۱۳۵	۴-۷ ساختار الیاف نایلون ۶ و نایلون ۶،۶
۱۳۸	۵-۷ خصوصیات شیمیایی الیاف نایلون ۶ و نایلون ۶،۶
۱۳۸	۱-۵-۷ تأثیر اسیدها، قلیایی‌ها و حلال‌ها بر الیاف نایلون
۱۳۹	۲-۵-۷ اکسیداسیون گرمایی الیاف نایلون
۱۳۹	۳-۵-۷ پیرولیز (گرماکافت) الیاف نایلون
۱۴۰	۴-۵-۷ تخریب نوری الیاف نایلون
۱۴۱	۶-۷ خصوصیات فیزیکی الیاف نایلون ۶ و نایلون ۶،۶
۱۴۱	۷-۷ نایلون‌های دیگر
۱۴۲	۱-۷-۷ نایلون ۴
۱۴۲	۲-۷-۷ نایلون ۷
۱۴۲	۳-۷-۷ نایلون ۱۱
۱۴۲	۴-۷-۷ نایلون ۶،۴
۱۴۳	۵-۷-۷ نایلون ۶،T

فصل ۸: الیاف پلی‌استر ۱۴۵

۱۴۵	۱-۸ مقدمه
۱۴۶	۲-۸ پلی‌اتیلن ترفتالیت
۱۴۶	۱-۲-۸ تهیه ترفتالیک اسید
۱۴۷	۲-۲-۸ تهیه دی‌متیل ترفتالیت
۱۴۷	۳-۲-۸ تهیه اتیلین گلیکول
۱۴۷	۴-۲-۸ تهیه پلی‌اتیلن ترفتالیت
۱۴۹	۳-۸ پلی‌تری متیلن ترفتالیت و پلی‌بوتیلن ترفتالیت
۱۴۹	۱-۳-۸ تهیه بوتیلن گلیکول
۱۴۹	۲-۳-۸ تهیه پروپیلن گلیکول
۱۵۰	۳-۳-۸ تهیه پلی‌تری متیلن ترفتالیت و پلی‌بوتیلن ترفتالیت

۴-۸ تولید الیاف پلی استر.....	۱۵۰
۵-۸ خصوصیات الیاف پلی استر.....	۱۵۱
۱-۵-۸ خصوصیات ظاهری و ساختمان فیزیکی الیاف پلی استر.....	۱۵۱
۲-۵-۸ خصوصیات شیمیایی الیاف پلی استر.....	۱۵۲
۳-۵-۸ خصوصیات فیزیکی الیاف پلی استر.....	۱۵۴

فصل ۹: الیاف اکریلیک..... ۱۵۷

۱-۹ مقدمه.....	۱۵۷
۲-۹ ساختار شیمیایی الیاف اکریلیک.....	۱۵۷
۳-۹ تهیه الیاف اکریلیک.....	۱۵۹
۱-۳-۹ تهیه مونومر اکریلونیتریل.....	۱۶۰
۲-۳-۹ پلیمریزاسیون اکریلونیتریل.....	۱۶۰
۳-۳-۹ ریسندگی و تهیه الیاف اکریلیک.....	۱۶۲
۴-۹ خصوصیات شیمیایی الیاف اکریلیک.....	۱۶۴
۱-۴-۹ مقاومت در برابر اسیدها، قلیایی ها، مواد اکسید کننده و حلال ها.....	۱۶۴
۲-۴-۹ مقاومت در برابر حرارت.....	۱۶۵
۵-۹ خصوصیات فیزیکی الیاف اکریلیک.....	۱۶۵
۱-۵-۹ خصوصیات ظاهری و میکروسکوپی الیاف اکریلیک.....	۱۶۵
۲-۵-۹ خصوصیات فیزیکی الیاف اکریلیک.....	۱۶۶

فصل ۱۰: الیاف پلی الفینی (پلی اتیلن و پلی پروپیلن)..... ۱۶۹

۱-۱۰ مقدمه.....	۱۶۹
۲-۱۰ تولید الیاف پلی الفینی.....	۱۷۰
۱-۲-۱۰ پلیمریزاسیون پلی الفین ها.....	۱۷۰
۲-۲-۱۰ ریسندگی الیاف پلی الفینی.....	۱۷۲

۱۷۳.....	۳-۱۰ خصوصیات الیاف پلی الفینی.....
۱۷۳.....	۱-۳-۱۰ ساختار ظاهری و میکروسکوپی الیاف پلی الفینی.....
۱۷۴.....	۲-۳-۱۰ خصوصیات شیمیایی الیاف پلی الفینی.....
۱۷۶.....	۳-۳-۱۰ خصوصیات فیزیکی الیاف پلی الفینی.....
۱۷۹.....	فصل ۱۱: الیاف کشسان (الاستومری).....
۱۷۹.....	۱-۱۱ مقدمه.....
۱۸۱.....	۲-۱۱ ساختار شیمیایی پلی یورتان ها.....
۱۸۴.....	۳-۱۱ ریسندگی الیاف پلی یورتان و خصوصیات آن.....
۱۸۵.....	فصل ۱۲: الیاف با کارایی بالا (High Performance Fibers).....
۱۸۵.....	۱-۱۲ مقدمه.....
۱۸۶.....	۲-۱۲ الیاف آرامیدی.....
۱۸۶.....	۱-۲-۱۲ الیاف متا آرامید.....
۱۸۷.....	۲-۲-۱۲ الیاف پارا آرامید.....
۱۸۹.....	۳-۲-۱۲ خصوصیات شیمیایی الیاف آرامید.....
۱۹۰.....	۴-۲-۱۲ خصوصیات فیزیکی الیاف آرامیدی.....
۱۹۱.....	۳-۱۲ الیاف پلی استر حلقوی.....
۱۹۳.....	۱-۳-۱۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی الیاف پلی استرهای حلقوی.....
۱۹۳.....	۴-۱۲ الیاف پلی بنزیمیدازول.....
۱۹۴.....	۱-۴-۱۲ خصوصیات الیاف پلی بنزیمیدازول.....
۱۹۵.....	۵-۱۲ الیاف تهیه شده از پلیمرهای ترموست.....
۱۹۵.....	۱-۵-۱۲ الیاف بر پایه فنل-فرمالدهید.....
۱۹۶.....	۲-۵-۱۲ الیاف بر پایه رزین ملامین-فرمالدهید.....
۱۹۷.....	۳-۵-۱۲ خصوصیات الیاف فنل-فرمالدهید و ملامین-فرمالدهید.....

۱۹۷	۱۲-۶ الیاف کربن
۱۹۸	۱۲-۶-۱ الیاف کربن از پیش ماده الیاف پلی‌اکریلونیتریل
۱۹۸	۱۲-۶-۲ الیاف کربن از قیر دارای ساختار مزو
۲۰۰	۱۲-۶-۳ ساختمان و خصوصیات فیزیکی الیاف کربن
۲۰۰	۱۲-۷ الیاف بر پایه پلیمرهای وینیلی دارای فلوئور
۲۰۲	۱۲-۸ الیاف مصنوعی معدنی
۲۰۵	فصل ۱۳: نظریه‌های ساختمانی الیاف
۲۰۵	۱۳-۱ مقدمه
۲۰۷	۱۳-۲ میسل‌ها به عنوان ریز ساختار الیاف
۲۰۹	۱۳-۳ فیبریل (لیفچه) به عنوان ریز ساختار الیاف
۲۱۱	۱۳-۴ ورقه و ساختار ورقه‌ای برای بلورها
۲۱۲	۱۳-۵ تبلور از مذاب و تشکیل ریز ساختار گویچه
۲۱۳	۱۳-۶ تبلور تحت تنش و تشکیل ریز ساختار شیش
۲۱۴	۱۳-۷ ساختار شبه‌بلوری
۲۱۵	۱۳-۸ ریز ساختار سه بخشی
۲۱۷	فصل ۱۴: خواص نوری الیاف
۲۱۷	۱۴-۱ مقدمه
۲۱۷	۱۴-۲ تابش الکترومغناطیس و نور
۲۱۹	۱۴-۳ برهم‌کنش نور با الیاف
۲۲۰	۱۴-۳-۱ شکست نور و ضریب شکست
۲۲۲	۱۴-۳-۲ ضریب شکست مضاعف و آرایش یافتگی
۲۲۷	۱۴-۳-۳ بازتاب نور و جلا
۲۲۸	۱۴-۳-۴ جذب نور و چندرنگی در الیاف

فصل ۱۵: میکروسکوپ‌های نوری ۲۳۱

۱-۱۵ مقدمه ۲۳۱

۲-۱۵ میکروسکوپ نوری مرکب ۲۳۳

۱-۲-۱۵ منبع نور و روشن سازی نمونه ۲۳۵

۲-۲-۱۵ عدسی شیئی ۲۳۶

۳-۲-۱۵ عدسی چگالنده نور ۲۴۶

۴-۲-۱۵ عدسی چشمی ۲۴۷

۵-۲-۱۵ صفحه نگه‌دارنده نمونه و سایر اجزاء مکانیکی میکروسکوپ نوری ۲۴۹

۳-۱۵ میکروسکوپ نوری برجسته‌نما (استریو) ۲۵۰

۴-۱۵ میکروسکوپ نور قطبی شده ۲۵۲

۱-۴-۱۵ ساختمان و اجزاء میکروسکوپ نور قطبی شده ۲۵۲

۲-۴-۱۵ تعیین ضریب شکست مطاعف به کمک میکروسکوپ نور قطبی شده ۲۵۳

فصل ۱۶: میکروسکوپ‌های الکترونی ۲۵۹

۱-۱۶ مقدمه ۲۵۹

۲-۱۶ انواع میکروسکوپ‌های الکترونی-پرتوهای الکترونی و برهم‌کنش آنها با مواد ۲۶۰

۳-۱۶ میکروسکوپ‌های الکترونی پویشی ۲۶۲

۱-۳-۱۶ ساختمان میکروسکوپ‌های الکترونی پویشی و سازوکار تشکیل تصویر در آنها ۲۶۳

۴-۱۶ میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری (TEM) ۲۷۱

۱-۴-۱۶ ساختمان میکروسکوپ‌های TEM ۲۷۳

۵-۱۶ مقایسه میکروسکوپ‌های الکترونی ۲۷۹

فصل ۱۷: میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ۲۸۱

۱-۱۷ مقدمه ۲۸۱

۲-۱۷ اجزاء و مبانی تشکیل تصویر توسط میکروسکوپ نیروی اتمی ۲۸۳

۲۸۴	۱-۲-۱۷ حالت کاری تماسی.....
۲۸۵	۲-۲-۱۷ حالت کاری غیر تماسی.....
۲۸۶	۳-۲-۱۷ حالت کاری ضربه‌ای.....
۲۸۷	۳-۱۷ نتایج، مزایا و معایب میکروسکوپ نیروی اتمی.....

فصل ۱۸: پراش اشعه X..... ۲۸۹

۲۸۹	۱-۱۸ مقدمه.....
۲۹۰	۲-۱۸ اشعه X.....
۲۹۰	۱-۲-۱۸ تولید پرتو اشعه X.....
۲۹۳	۲-۲-۱۸ جذب اشعه X و تولید اشعه X تک طول موج.....
۲۹۵	۳-۱۸ بلور شناسی و هندسه بلورها.....
۲۹۵	۱-۳-۱۸ شبکه نقاط.....
۲۹۶	۲-۳-۱۸ تقارن در بلورها.....
۲۹۸	۳-۳-۱۸ شکل‌های بلوری-شبکه‌های براوه.....
۳۰۲	۴-۳-۱۸ شاخص جهت در بلورها.....
۳۰۳	۵-۳-۱۸ شاخص میلر (شاخص صفحه) در بلورها.....
۳۰۶	۴-۱۸ پراش اشعه X.....
۳۰۶	۱-۴-۱۸ قانون برگ.....
۳۰۸	۲-۴-۱۸ روش‌های مطالعه رفتار پراش اشعه X مواد.....

فصل ۱۹: تجزیه حرارتی (Thermal Analysis)..... ۳۱۷

۳۱۷	۱-۱۹ مقدمه.....
۳۱۸	۲-۱۹ گرماسنجی پویشی تفاضلی (DSC).....
۳۱۸	۱-۲-۱۹ اصول کار گرماسنجی پویشی تفاضلی.....
۳۲۱	۲-۲-۱۹ نتایج آزمایش DSC و عوامل موثر بر آنها.....

- ۳-۲-۱۹ کاربردهای DSC در تعیین رفتار حرارتی و خصوصیات ساختاری پلیمرها و الیاف .. ۳۲۴
- ۳-۱۹ تجزیه وزن سنجی گرمایی (TGA) ۳۳۵
- ۱-۳-۱۹ اصول کار و اجزاء دستگاه TGA ۳۳۶
- ۲-۳-۱۹ کاربردهای TGA در تعیین رفتار حرارتی پلیمرها و الیاف ۳۳۸

فصل ۲۰: طیف سنجی مادون قرمز (Infrared spectroscopy) ۳۴۱

- ۱-۲۰ مقدمه ۳۴۱
- ۲-۲۰ جذب امواج مادون قرمز توسط ملکول های مواد ۳۴۳
- ۳-۲۰ طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) ۳۴۴
- ۱-۳-۲۰ اجزاء مهم یک دستگاه طیف سنج FTIR ۳۴۵
- ۴-۲۰ تجزیه و تحلیل طیف مادون قرمز ترکیبات شیمیایی ۳۴۷
- ۵-۲۰ کاربرد طیف سنجی مادون قرمز در شناسایی ساختار الیاف ۳۴۹
- ۶-۲۰ طیف سنجی مادون قرمز بازتاب کلی تضعیف شده (ATR) ۳۵۱
- ۷-۲۰ مزایا و کاستی های طیف سنجی IR ۳۵۴

مراجع ۳۵۷