

مبانی شیمی فیزیک پلیمرها

گردآوری و تألیف:

دکتر حسین علی خنکدار (عضو هیئت علمی پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران)

دکتر سید حسن جعفری (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)

مهندس جواد سیفی (دانشجوی دکتری دانشگاه تهران)

سرشناسه	خنکدار، حسین علی، ۱۳۴۸ -
عنوان و نام پدیدآور	مبانی شیمی فیزیک پلیمرها/ گردآوری و تالیف حسین علی خنکدار، سیدحسن جعفری، جواد سیفی.
مشخصات نشر	تهران: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۳۸۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۱۰۰۰۰۰ ریال ۷-۸-۹۰۵۷۰-۶۰۰-۹۷۸ :
وضعیت فهرست نویسی	فیبا :
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	پلیمرها :
شناسه افزوده	جعفری، سیدحسن
شناسه افزوده	سیفی، جواد، ۱۳۵۳ -
شناسه افزوده	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ م ۸۷/خ/ QD۳۸۱
رده بندی دیویی	۵۴۷/۷
شماره کتابشناسی ملی	۳۱۱۸۲۵

نام کتاب: مبانی شیمی فیزیک پلیمرها

مولفان: دکتر حسین علی خنکدار، دکتر سیدحسن جعفری و مهندس جواد سیفی

ویراستار: مهندس هاجر جمشیدی

ناشر: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

طراحی و صفحه آرایی: ایده پردازان فن و هنر

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قطع: وزیری

قیمت: ۱۰۰,۰۰۰ ریال

چاپ اول

ISBN: 978-600-90570-7-8

شابک: ۷-۸-۹۰۵۷۰-۶۰۰-۹۷۸

نشانی ناشر: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، صندوق پستی ۱۱۵-۱۴۹۶۵

info@ippi.ac.ir

www.ippi.ac.ir

صحت مطالب بر عهده نویسنده است.

مقدمه

گسترش روزافزون پلیمرها به منظور تولید پلیمرهای جدید با کاربرد مشخص نیازمند شناخت کامل ساختار پلیمرها و خواص آنهاست. اما، ارتباط بین ساختار شیمیایی و خواص فیزیکی و مکانیکی این مواد همواره به عنوان چالشی مطرح است. اطلاعات پایه در زمینه مبانی شیمی و فیزیک پلیمرها به درک این ارتباط کمک می‌کند.

بدین منظور تلاش شده است تا با گردآوری مجموعه اطلاعات پایه‌ای در زمینه شیمی فیزیک پلیمرها به درک این ارتباط کمک شود. از سویی، مجموعه متون درسی شیمی فیزیک پلیمرها در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد بر اساس کتاب شیمی فیزیک پلیمر اسپرلینگ تدریس می‌شود، بنابراین سعی شده است تا فصل‌های این کتاب بر اساس فهرست مطالب کتاب مزبور تدوین شود. به این منظور از شماره کتاب مهم در زمینه مباحث شیمی فیزیک پلیمرها و همچنین مقالات مختلف استفاده شده است. مطالب این کتاب در هشت فصل به نحوی تدوین شده است تا به درک خوانندگان و ارتقای دانش آنها در زمینه ارتباط متقابل ساختار شیمیایی و آرایش فضایی زنجیر پلیمر با رفتار فیزیکی و مکانیکی آن کمک می‌کند. برای آشنایی با کلیات پلیمرها در فصل اول، پلیمرها معرفی شده و در فصل دوم ساختار و آرایش فضایی زنجیر به طور جامع بحث می‌شود. از آنجا که آرایش فضایی و ابعاد زنجیر به وزن مولکولی پلیمر بستگی دارد. بنابراین، در فصل سوم وزن مولکولی و ابعاد زنجیر بررسی می‌شود. در بسیاری از کاربردهای عملی و نیز در اکثر موارد برای تعیین وزن مولکولی، پلیمرها به حالت محلول استفاده می‌شوند. بنابراین، مطالعه ترمودینامیک محلول‌های پلیمری برای درک ارتباط انحلال‌پذیری با ساختار پلیمرها لازم است. ترمودینامیک محلول‌های پلیمری و نمودارهای فازی در فصل چهارم بررسی می‌شوند. از طرفی، ساختار زنجیر بر رفتار

فیزیکی و مکانیکی پلیمرها اثر می‌گذارد. از آنجا که جامدات پلیمری به دو گروه بی‌شکل و نیمه‌بلوری دسته‌بندی می‌شوند و به لحاظ اثر بسزای حالت‌های گفته شده بر خواص فیزیکی و مکانیکی پلیمرها این دو گروه به‌طور مجزا در فصل‌های پنجم و ششم بررسی می‌شوند. در فصل‌های پنجم و ششم به ترتیب پلیمرهای بی‌شکل و دمای انتقال شیشه‌ای و پلیمرهای بلوری و دمای ذوب در پلیمرها بررسی می‌شوند. در فصل هفتم پلیمرهای شبکه‌ای و نظریه کشسانی لاستیکی از جنبه شیمی و فیزیکی معرفی می‌شوند. از آنجا که پدیده نفوذ در بسیاری از فرایندهای پلیمری اتفاق می‌افتد، در فصل هشتم پدیده نفوذ در پلیمرها به‌طور جداگانه معرفی می‌شوند. همان‌طور که بیان شد، مجموع مطالب ارائه شده در این کتاب مفاهیم پایه‌ای و مبانی علوم شیمی و فیزیک پلیمرها را پوشش می‌دهد که امید است برای دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر، کارشناسان و سایر علاقه‌مندان مفید واقع شود. مباحث پیشرفته‌تر در زمینه شیمی و فیزیک پلیمرها در مجموعه دیگری با عنوان «شیمی فیزیک پیشرفته پلیمرها» ارائه می‌شود. این دو کتاب توسط پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران به زودی منتشر می‌شود. مجموعه مسائل در هشت فصل تدوین شده است و به همراه مجموعه پانزده سال سؤالات کنکور با حل آنها در کتاب دیگری منتشر می‌شود.

دکتر حسین علی‌خنکدار

دکتر سید حسن جعفری

مهندس حراد سیفی

مهر ۱۳۹۱

فصل اول: معرفی پلیمرها

۱-۱ تاریخچه و مقدمه	۱۷
۲-۱ ساختار شیمیایی پلیمرها	۱۹
۳-۱ دسته‌بندی پلیمرها	۲۱
۱-۳-۱ دسته‌بندی پلیمرها بر اساس ساختار: خطی، شاخه‌ای و شبکه‌ای	۲۱
۲-۳-۱ دسته‌بندی پلیمرها بر اساس خواص: گرمانرم، لاستیک و گرماسخت	۲۲
۳-۳-۱ دسته‌بندی پلیمرها بر اساس منشأ طبیعی یا سنتزی	۲۳
۴-۳-۱ دسته‌بندی پلیمرها بر اساس ساختار شیمیایی	۲۳
۱-۴-۳-۱ پلیمرهای آلی و آلی-فلزی	۲۵
۴-۱ روش‌های سنتز پلیمرها	۲۶
۵-۱ نام‌گذاری پلیمرها	۲۷
۶-۱ هوموپلیمر و کوپلیمرها	۲۹
۷-۱ وزن مولکولی و توزیع آن	۳۱
۱-۷-۱ وزن مولکولی متوسط عددی و وزنی	۳۳
۲-۷-۱ تعیین وزن مولکولی و توزیع آن	۳۴
۸-۱ افزودنی‌ها و تقویت‌کننده‌های پلیمرها	۳۶
۹-۱ پلیمرهای بی‌شکل و بلوری	۳۶
۱۰-۱ پلیمرهای قطبی و غیرقطبی	۳۷
۱۱-۱ تغییر حالت در پلیمرها	۳۸

فصل دوم: ساختار و آرایش فضایی زنجیر

۱-۲ مقدمه	۴۹
۲-۲ ساختار و پیکربندی زنجیر	۴۹
۳-۲ صورت‌بندی و آرایش فضایی زنجیر	۵۱
۴-۲ چرخش داخلی در مولکول‌ها	۵۲
۵-۲ شکل و اندازه مولکول‌های پلیمر	۵۶
۱-۵-۲ پیوندها و شکل مولکول‌ها	۵۶

- ۵۶..... ۲-۵-۱-۱ زاویه‌های پیوند استاندارد
- ۵۷..... ۲-۵-۱-۲ طول‌های پیوند استاندارد
- ۵۸..... ۲-۵-۱-۳ آرایش یافتگی‌های ارجح حول پیوندها
- ۶۰..... ۲-۵-۱-۴ پیوند هیدروژنی
- ۶۱..... ۲-۵-۲ آرایش فضایی و ابعاد زنجیر
- ۶۲..... ۲-۵-۳ مدل زنجیر اتصال آزاد
- ۶۸..... ۲-۶-۱ انعطاف‌پذیری زنجیر، طول کوهن و طول مانایی
- ۷۰..... ۲-۶-۱ انعطاف‌پذیری ترمودینامیکی زنجیر پلیمر
- ۷۴..... ۲-۶-۲ انعطاف‌پذیری سینتیکی زنجیر پلیمر
- ۷۶..... ۲-۶-۲-۱ عوامل مؤثر بر انعطاف‌پذیری سینتیکی
- ۷۸..... ۲-۷-۱ شیمی فضایی زنجیر
- ۷۸..... ۲-۷-۱ نحوه آرایش اجزای زنجیر
- ۷۹..... ۲-۷-۲ ایزومرهای زنجیر پلیمر
- ۸۰..... ۲-۷-۲-۱ ایزومرهای نوری
- ۸۰..... ۲-۷-۲-۲ ایزومرهای هندسی
- ۸۱..... ۲-۷-۲-۳ ایزومرهای جانشینی
- ۸۲..... ۲-۸ روش‌های شناسایی ریزساختار پلیمرها

فصل سوم: وزن مولکولی پلیمرها و روش‌های تعیین آن

- ۸۷..... ۳-۱ مقدمه
- ۸۸..... ۳-۲ انواع متوسط وزن مولکولی
- ۸۸..... ۳-۲-۱ وزن مولکولی متوسط عددی
- ۸۹..... ۳-۲-۲ وزن مولکولی متوسط وزنی
- ۸۹..... ۳-۲-۳ متوسط Z و $Z+1$ وزن مولکولی
- ۸۹..... ۳-۲-۴ وزن مولکولی متوسط گرانی
- ۹۱..... ۳-۳ تعیین وزن مولکولی متوسط عددی
- ۹۱..... ۳-۳-۱ شناسایی گروه انتهایی
- ۹۱..... ۳-۳-۲ اندازه‌گیری خواص جمعی
- ۹۲..... ۳-۳-۳ افت فشار بخار

۹۳	۲-۲-۳-۳ جوش سنجی
۹۴	۳-۲-۳-۳ انجمادسنجی
۹۵	۳-۳-۳ فشار
۹۶	۱-۳-۳-۳ فشار اسمزی
۹۹	۲-۳-۳-۳ فشار تورم
۱۰۱	۳-۳-۳-۳ ضریب دوم ویریال
۱۰۹	۴-۳ تعیین وزن مولکولی متوسط وزنی و شعاع ژیراسیون
۱۰۹	۱-۴-۳ فیزیک پخش نور
۱۰۹	۱-۴-۳ پخش رایلا
۱۱۲	۲-۱-۴-۳ نظریه نوسان (دبای)
۱۱۴	۳-۱-۴-۳ تداخل داخلی
۱۱۷	۲-۴-۳ تعیین وزن مولکولی متوسط وزنی و برهم کنش مولکولی
۱۱۸	۳-۴-۳ تعیین وزن مولکولی و شعاع ژیراسیون با نمودار زیم
۱۲۲	۴-۴-۳ داده های پراش
۱۲۳	۵-۳ اندازه گیری گرانروی
۱۲۵	۶-۳ گرانروی ذاتی
۱۳۰	۱-۶-۳ مدل کره معادل
۱۳۹	۷-۳ ارتباط وزن مولکولی پلیمر با گرانروی
۱۴۱	۸-۳ رنگ نگاری ژل تراوایی
۱۴۶	۹-۳ تعیین انعطاف پذیری زنجیر در محلول های رقیق

فصل چهارم: ترمودینامیک محلول های پلیمری و نمودارهای فازي

۱۴۹	۱-۴ مقدمه
۱۵۰	۲-۴ معرفی مفاهیم پایه
۱۵۰	۱-۲-۴ متغیرهای ترکیب درصد
۱۵۲	۲-۲-۴ قوانین ترمودینامیک
۱۵۲	۳-۲-۴ معادله های ترمودینامیک
۱۵۴	۴-۲-۴ مخلوط ها
۱۵۵	۵-۲-۴ مفاهیم مربوط به محلول ها

۱۵۵	 ۱-۵-۲-۴ غلظت
۱۵۵	 ۲-۵-۲-۴ حلال تنا
۱۵۵	 ۳-۵-۲-۴ محلول رقیق
۱۵۵	 ۴-۵-۲-۴ محلول غلیظ
۱۵۶	 ۵-۵-۲-۴ محلول ایده آل
۱۵۶	 ۶-۵-۲-۴ محلول بی گرما
۱۵۶	 ۷-۵-۲-۴ محلول منظم
۱۵۷	 ۸-۵-۲-۴ محلول بی نظم
۱۵۷	 ۹-۵-۲-۴ محلول تنا
۱۵۷	 ۱۰-۵-۲-۴ محلول های واقعی پلیمرها
۱۶۰	 ۱۱-۵-۲-۴ حجم مستثنی
۱۶۳	 ۳-۴ پارامتر انحلال پذیری
۱۶۳	 ۱-۳-۴ چگالی انرژی هم چسبی
۱۶۷	 ۲-۳-۴ روش های محاسبه پارامتر انحلال پذیری
۱۶۷	 ۱-۲-۳-۴ روش های نظری
۱۶۸	 ۲-۲-۳-۴ روش های تجربی
۱۷۰	 ۴-۴ ترمودینامیک اختلاط
۱۷۱	 ۱-۴-۴ ترمودینامیک محلول ایده آل
۱۷۲	 ۲-۴-۴ ترمودینامیک آماری اختلاط
۱۷۶	 ۳-۴-۴ شاخص برهم کنش
۱۸۰	 ۴-۴-۴ محلول های رقیق
۱۸۱	 ۵-۴-۴ محلول های منظم
۱۸۳	 ۶-۴-۴ حلال تنا
۱۸۷	 ۵-۴ نمودارهای فازي سامانه های پلیمر- حلال
۱۸۷	 ۱-۵-۴ تعادل فاز
۱۸۸	 ۲-۵-۴ قانون فازي گیبس
۱۹۱	 ۳-۵-۴ پتانسیل شیمیایی جایگزینی
۱۹۳	 ۴-۵-۴ نقطه بحرانی و خط اسپینودال
۱۹۴	 ۵-۵-۴ جدایی فاز

۱۹۶	۴-۵-۶ نمودار فازی
۲۰۰	۴-۵-۷ دماهای انحلال بحرانی بالایی و پایینی
۲۰۳	۴-۵-۸ روش‌های تجربی تعیین نمودار فازی
۲۰۶	۴-۵-۹ محلول‌های تتا
۲۰۸	۴-۵-۱۰ نمودار فاز سامانه‌های چندجزئی
۲۱۱	۴-۶-۷ نواحی غلظتی سامانه‌های پلیمر - حلال
۲۱۱	۴-۶-۱ پلیمرهای انعطاف پذیر خطی
۲۱۳	۴-۶-۲ پلیمرهای میله‌ای شکل
۲۱۴	۴-۷-۷ جدایی فاز آمیخته‌های پلیمری
۲۱۵	۴-۷-۱ ترمودینامیک جدایی فاز
۲۱۶	۴-۷-۲ عوامل مؤثر بر امتزاج پذیری آمیخته‌های پلیمری
۲۱۶	۴-۷-۱-۲ وزن مولکولی
۲۱۸	۴-۷-۲-۲ فشار
۲۱۸	۴-۷-۲-۳ افزودن کوپلیمرهای دسته‌ای

فصل پنجم: پلیمرهای بی‌شکل و دمای انتقال شیشه‌ای

۲۲۱	۵-۱ مقدمه
۲۲۲	۵-۲ بررسی پلیمرهای بی‌شکل
۲۲۳	۵-۲-۱ نظم پس‌ماند در پلیمرهای بی‌شکل
۲۲۴	۵-۲-۲ بررسی آثار در فاصله کوتاه در پلیمرها
۲۲۶	۵-۲-۳ بررسی آثار در فاصله زیاد در پلیمرها
۲۲۷	۵-۳ آرایش فضایی زنجیر پلیمر در حالت بی‌شکل
۲۲۹	۵-۴ دینامیک درشت مولکولی زنجیر پلیمر در حالت بی‌شکل
۲۳۰	۵-۴-۱ نظریه رُز و بوخه
۲۳۳	۵-۴-۲ نظریه حرکت مارگونه دی‌ژن
۲۳۷	۵-۵ انتقال شیشه - لاستیک در پلیمرها
۲۳۸	۵-۶ نظریه‌های انتقال شیشه‌ای
۲۳۸	۵-۶-۱ نظریه سینتیکی
۲۳۹	۵-۶-۲ نظریه تعادلی (نظریه ترمودینامیکی)

- ۲۴۰..... ۳-۶-۵ نظریه حجم آزاد
- ۲۴۳..... ۷-۵ روش‌های اندازه‌گیری دمای انتقال شیشه‌ای
- ۲۴۴..... ۱-۷-۵ روش انبساط سنجی
- ۲۴۵..... ۲-۷-۵ روش‌های گرمایی
- ۲۴۵..... ۱-۲-۷-۵ اندازه‌گیری ظرفیت گرمایی
- ۲۴۷..... ۲-۲-۷-۵ گرماسنجی پویشی تفاضلی و تجزیه گرمایی تفاضلی
- ۲۵۰..... ۳-۷-۵ اندازه‌گیری دینامیکی - مکانیکی
- ۲۵۱..... ۴-۷-۵ اثر زمان یا بسامد بر دمای انتقال شیشه‌ای
- ۲۵۴..... ۸-۵ بررسی عوامل مؤثر بر دمای انتقال شیشه‌ای
- ۲۵۴..... ۱-۸-۵ اثر وزن مولکولی
- ۲۵۶..... ۲-۸-۵ اثر اجزای شیمیایی موجود در ساختار پلیمر
- ۲۵۶..... ۳-۸-۵ اثر نرم‌کنندگی درونی و سختی زنجیر
- ۲۶۰..... ۴-۸-۵ اثر قطبیت
- ۲۶۱..... ۵-۸-۵ اثر تقارن
- ۲۶۲..... ۶-۸-۵ اثر نظم فضایی
- ۲۶۲..... ۷-۸-۵ اثر آرایش یافتگی
- ۲۶۲..... ۸-۸-۵ اثر افزودنی‌ها، پرکننده‌ها یا مونومرهای واکنش نداده و ناخالصی‌ها
- ۲۶۳..... ۹-۸-۵ اثر تخریب نورشیمیایی یا گرمایی
- ۲۶۳..... ۱۰-۸-۵ اثر اندازه و ابعاد نمونه
- ۲۶۳..... ۱۱-۸-۵ اثر درجه بلورینگی
- ۲۶۶..... ۱۲-۸-۵ اثر اتصالات عرضی
- ۲۶۷..... ۱۳-۸-۵ اثر سرعت سردسازی
- ۲۶۷..... ۱۴-۸-۵ اثر غلظت
- ۲۶۹..... ۱۵-۸-۵ اثر نیروهای بین مولکولی
- ۲۷۱..... ۱۶-۸-۵ اثر فشار
- ۲۷۱..... ۱۷-۸-۵ اثر افزودن کومونومر و آمیخته‌سازی

فصل ششم: ساختار پلیمرهای بلوری و ذوب در پلیمرها

- ۲۷۷..... ۱-۶ مقدمه

۲۷۸	۲-۶ شرایط تبلور
۲۷۸	۱-۲-۶ نظم‌بندی زنجیر پلیمر
۲۷۹	۲-۲-۶ انعطاف‌پذیری زنجیر پلیمر
۲۸۰	۳-۲-۶ فشردگی مولکول‌ها
۲۸۱	۳-۶ ساختار پلیمرهای بلوری
۲۸۱	۱-۳-۶ مدل مدل کلافی
۲۸۲	۲-۳-۶ درشت‌صورت‌بندی‌های پلیمری
۲۸۳	۳-۳-۶ مدل تاه‌خوردگی زنجیر
۲۸۴	۴-۶ تبلور از مذاب
۲۸۶	۱-۴-۶ گویچه‌ها
۲۹۰	۲-۴-۶ ساختارهای بلوری
۲۹۳	۵-۶ روش‌های تعیین درصد تبلور در پلیمرها
۲۹۷	۶-۶ بررسی سینتیک تبلور در پلیمرها
۲۹۷	۱-۶-۶ ملاحظات کلی
۲۹۹	۲-۶-۶ سینتیک کلی تبلور
۳۰۴	۳-۶-۶ سازوکارهای مولکولی تبلور
۳۱۰	۷-۶ نظریه‌های تاه‌خوردگی زنجیر و ضخامت لایه‌ها
۳۱۶	۸-۶ ذوب
۳۱۶	۱-۸-۶ دیدگاه‌های کلی
۳۲۱	۲-۸-۶ دمای ذوب تعادلی و روش‌های ارزیابی آن
۳۲۵	۳-۸-۶ عوامل مؤثر بر دمای ذوب

فصل هفتم: پلیمرهای شبکه‌ای و نظریه کشسانی لاستیکی

۳۳۳	۱-۷ مقدمه
۳۳۵	۲-۷ انواع شبکه‌ای شدن پلیمرها
۳۳۷	۳-۷ ساختار شبکه‌ای لاستیکی
۳۴۳	۴-۷ تحرک گرمایی پلیمر و کشسانی لاستیکی
۳۴۴	۵-۷ بررسی کشسانی شبه‌لاستیکی
۳۴۴	۵-۷-۱ کشسانی شبه‌لاستیکی لاستیک ایده‌آل

۳۴۶	۷-۵-۲ نظریه ترمودینامیکی کشسانی لاستیکی
۳۵۱	۷-۵-۳ نظریه آماری کشسانی لاستیکی
۳۵۲	۷-۵-۴ بررسی رفتار کشسانی لاستیکی در حالت واقعی
۳۵۴	۷-۶ بررسی رابطه کرنش شبه لاستیکی و ساختار پلیمر
۳۵۵	۷-۷ تورم پلیمرهای شبکه‌ای در حلال
۳۵۶	۷-۸ اثر کرنش بر دمای ذوب الاستومرها
۳۵۷	۷-۹ ژل‌ها

فصل هشتم: پدیده نفوذ در پلیمرها

۳۶۳	۸-۱ مقدمه
۳۶۴	۸-۲ نفوذ انتقالی
۳۶۴	۸-۲-۱ قانون اول و دوم فیک
۳۶۷	۸-۲-۲ معادله اینشتین برای نفوذ
۳۶۹	۸-۳ نفوذ چرخشی
۳۷۰	۸-۴ بررسی دینامیک زنجیر با ضریب نفوذ
۳۷۰	۸-۵ عوامل مؤثر بر نفوذپذیری
۳۷۴	۸-۵-۱ حجم آزاد
۳۷۵	۸-۵-۲ دما
۳۷۵	۸-۵-۳ ساختار شیمیایی
۳۷۶	۸-۵-۴ تبلور
۳۷۸	۸-۵-۵ اثر مواد پرکننده
۳۷۸	۸-۵-۶ اثر مایعات و نرم‌کننده‌های با وزن مولکولی کم

۳۸۳	کتاب نامه
-----	-----------