

بسمه تعالی

اصول بلورشناسی

www.ketab.ir

نویسندگان:

دکتر مصطفی جعفرزادگان

استادیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

دکتر مصطفی حاجیان حیدری

استادیار دانشگاه صنعتی شاهرود

سناسه	:	جعفرزادگان، مصطفی، ۱۳۶۱-
و نام پدیدآور	:	Jafarzadegan, Mostafa
نصات نشر	:	اصول بلورشناسی/نویسندگان مصطفی جعفرزادگان، مصطفی حاجیان-حیدری
نصات ظاهری	:	قزوین: دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، انتشارات، ۱۳۹۹.
ت	:	ز، ۳۷۷ص: مصور.
ت فهرست	:	978-622-689837-9
ی	:	فیبا
ع:	:	بلورشناسی
ع:	:	Crystallography
به افزوده	:	حاجیان-حیدری، مصطفی، ۱۳۶۲-
به افزوده	:	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، انتشارات
ندی کنگره	:	DQ9۰۵/۳
ندی دیویی	:	۵۲۸
ره کتابشناسی	:	۷۳۳۸۷۸۱
ت رکورد	:	فیبا

ت	:	اصول بلورشناسی
تدکات	:	مصطفی جعفرزادگان، مصطفی حاجیان-حیدری
فنی	:	حمید کلهر
ستار	:	منیره چادرافزاده
ت	:	۹۷۸-۶۲۲-۶۸۹۸-۶۸۹۸-۳۷-۹
ت چاپ	:	اول ۱۳۹۹
ت	:	۴۵ هزار تومان
گان	:	جلد ۵۰۰

انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
 ن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، تلفن ۰۲۸ - ۳۳۹۰۱۴۲۶

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.

مسئولیت حقوقی و قانونی محتوای کتاب بر عهده صاحبان اثر است

پیشگفتار

درس بلورشناسی اولین درس تخصصی برای دانشجویان رشته مهندسی مواد (متالورژی و سرامیک) است که دانشجویان کارشناسی در بدو ورود به دانشگاه با آن مواجه می‌شوند. از آنجایی که دانشجویان در نیمسال دوم تحصیلی هنوز هیچ آشنایی با مباحث مهندسی مواد ندارند، مطالب این درس برای بسیاری از دانشجویان ممکن است مبهم باشد. بلورشناسی یک درس پایه در مهندسی مواد بوده و حاوی مفاهیم و مطالبی است که در دروس بعدی مهندسی مواد، دانشجویان با کاربرد آن‌ها آشنا شده و درک بهتری از بلور و بلورشناسی پیدا می‌کنند. به عنوان مثال یکی از کاربردهای تصویر استریوگرافی در مطالعه بافت مواد فلزی است که دانشجویان ممکن است در مقاطع بالای تحصیلی با آن سروکار پیدا کنند. به عبارت دیگر درس بلورشناسی مقدمه‌ای بر تمامی دروس مهندسی مواد بوده ولی خود کمتر با جنبه‌های کاربردی و عملی سروکار دارد.

چندین کتاب بلورشناسی به زبان فارسی برای دانشجویان مهندسی مواد و همچنین سایر رشته‌ها نوشته شده است که حاوی مطالب مفید و ارزشمندی هستند و در تألیف کتاب موجود از آن‌ها بهره‌برداری شده است؛ با وجود این، برخی از آن‌ها مطالب را به‌طور بسیار خلاصه بیان نموده‌اند و برخی دیگر در بازار موجود نیستند. بنابراین تصمیم بر آن گرفته شد تا کتابی جامع‌تر و آسان‌تر جهت فهم دانشجویان رشته مهندسی مواد بنویسیم و با به‌کاربردن تصاویر و اشکال مناسب برای درک برخی مطالب و مفاهیم به‌ظاهر پیچیده بلورشناسی گامی در جهت ارتقای آموزش این درس برداریم. بدین منظور در برخی موارد مجبور شدیم کمی از مفاهیم پیچیده علمی فاصله گرفته و با زبان ساده‌تری مطالب را بیان نماییم و نیز در بعضی موارد از مثال‌های کلی استفاده کرده و از ذکر موارد استثناء چشم‌پوشی کردیم.

در این کتاب سعی شده است تا مطالب درسی مطابق با سرفصل مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی و با استفاده از شکل‌های مناسب و جدید با زبانی ساده و قابل فهم برای دانشجویان کارشناسی مهندسی مواد تشریح شود. همچنین برای یادگیری بهتر، تمرین‌ها و مثال‌های متعددی در فصل‌های مختلف کتاب گنجانده شده است. بدیهی است که کتاب موجود عاری از مشکل و نقص نبوده و از تمامی اساتید و دانشجویان عزیز می‌خواهیم که با ذکر نواقص موجود در کتاب، در جهت بهبود آن ما را یاری نمایند.

مصطفی جعفرزادگان

مصطفی حاجیان حیدری

فهرست مطالب

فصل اول: معرفی بلورشناسی

۱	۱-۱- مقدمه
۴	۱-۲- پیوندهای اتمی در جامدات
۶	۱-۳- مواد آمورف
۷	۱-۴- تک‌بلور و پس‌بلور

فصل دوم: الگوهای دو بُعدی

۱۱	۲-۱- مقدمه
۱۲	۲-۲- الگوهای دو بُعدی

فصل سوم: سیستم‌های بلور و شبکه‌های براوه

۲۳	۳-۱- مقدمه
۲۴	۳-۲- سلول واحد
۲۴	۳-۳- سیستم‌های بلوری و شبکه‌های براوه
۲۵	۳-۳-۱- سیستم مکعبی
۲۷	۳-۳-۲- سیستم تراگونال
۲۹	۳-۳-۳- سیستم ارتورمبیک
۳۲	۳-۳-۴- سیستم هگزاگونال
۳۲	۳-۳-۵- سیستم تری‌گونال یا رومبوهدرال
۳۴	۳-۳-۶- سیستم مونوکلینیک
۳۵	۳-۳-۷- سیستم تری‌کلینیک

فصل چهارم: صفحات بلوری

۴۱	۴-۱- مقدمه
----	------------

۴۲	۲-۴- نام‌گذاری صفحات بلوری
۴۲	۱-۲-۴- روش کسینوس‌ها
۴۳	۲-۲-۴- روش میلر
۵۰	۳-۴- مفهوم دسته صفحه در سیستم مکعبی
۵۱	۱-۳-۴- دسته صفحه در سیستم مکعبی
۵۳	۴-۴- اندیس چهارتایی صفحات در سیستم هگزاگونال

فصل پنجم: جهت‌های بلوری

۶۱	۱-۵- مقدمه
۶۱	۲-۵- اندیس‌های میلر جهت بلوری
۶۴	۳-۵- مفهوم دسته جهت در سیستم مکعبی
۶۵	۴-۵- بردارها در سیستم مکعبی
۶۶	۵-۵- اندیس چهارتایی جهت در سیستم هگزاگونال

فصل ششم: روابط هندسی در بلورشناسی

۷۳	۱-۶- مقدمه
۷۳	۲-۶- حجم سلول واحد در سیستم‌های هفت‌گانه بلوری
۷۶	۳-۶- تعداد نقاط شبکه متعلق به یک سلول واحد
۷۶	۱-۳-۶- شبکه‌های ساده
۷۷	۲-۳-۶- شبکه‌های مرکزدار
۷۸	۳-۳-۶- شبکه‌های قاعده مرکزدار
۷۸	۴-۳-۶- شبکه‌های وجوه مرکزدار
۷۹	۴-۶- قانون منطقه (شرط موازی بودن یک جهت با یک صفحه)
۸۱	۵-۶- محل برخورد دو صفحه
۸۳	۶-۶- صفحه موازی با دو جهت
۸۵	۷-۶- سه جهت واقع در یک صفحه

۸۷	۸-۶- ناحیه صفحات
۹۰	۹-۶- فاصله بین صفحات بلوری
۹۳	۱۰-۶- تعیین زاویه بین دو صفحه بلوری

فصل هفتم: شبکه‌های فلزی فشرده

۹۷	۱-۷- مقدمه
۹۷	۲-۷- شبکه‌های فلزی
۹۸	۱-۲-۷- شبکه مکعبی مرکزدار
۹۹	۲-۲-۷- شبکه مکعبی وجوه مرکزدار
۱۰۰	۳-۲-۷- شبکه هگزاگونال فشرده
۱۰۲	۳-۷- ضریب چیدمان اتمی
۱۰۲	۱ ۳ ۷- محاسبه ضریب چیدمان اتمی شبکه BCC
۱۰۲	۲-۳-۷- محاسبه ضریب چیدمان اتمی شبکه FCC
۱۰۳	۳ ۳ ۷- محاسبه ضریب چیدمان اتمی شبکه HCP
۱۰۴	۴ ۷- جهت تراکم و چگالی خطی
۱۰۴	۱-۴-۷- جهت تراکم و چگالی خطی برخی جهات شبکه BCC
۱۰۶	۲-۴-۷- جهت تراکم و چگالی خطی برخی جهات شبکه FCC
۱۰۷	۳-۴-۷- جهت تراکم و چگالی خطی در شبکه HCP
۱۰۷	۵-۷- صفحه تراکم و چگالی صفحه‌ای
۱۰۸	۱-۵-۷- صفحات تراکم و محاسبه چگالی برخی صفحات شبکه BCC
۱۰۹	۲-۵-۷- صفحات تراکم و محاسبه چگالی برخی صفحات شبکه FCC
۱۱۰	۳-۵-۷- صفحه تراکم و چگالی صفحه‌ای در شبکه HCP
۱۱۱	۶ ۷- محاسبه چگالی فلزات
۱۱۲	۷ ۷- تکرار صفحات اتمی
۱۱۲	۱-۷-۷- تکرار صفحات (۱۰۰) شبکه BCC

۱۱۳	۷-۷-۲- تکرار صفحات (۱۱۰) شبکه BCC
۱۱۴	۷-۷-۳- تکرار صفحات (۱۱۱) شبکه FCC
۱۱۴	۷-۷-۴- تکرار صفحات (۰۰۰۱) شبکه HCP
۱۱۵	۷-۷-۵- تفاوت دو شبکه HCP و FCC در نحوه تکرار صفحات تراکم

فصل هشتم: عدد همسایگی و برخی ساختارهای مهم بلوری

۱۱۷	۸-۱- مقدمه
۱۱۷	۸-۲- عدد همسایگی
۱۱۸	۸-۲-۱- عدد همسایگی در شبکه BCC فلزی
۱۱۹	۸-۲-۲- عدد همسایگی در شبکه FCC فلزی
۱۱۹	۸-۲-۳- عدد همسایگی در شبکه HCP فلزی
۱۲۰	۸-۳- عدد همسایگی در شبکه‌های دو جزئی یونی
۱۲۴	۸-۴- موقعیت‌های بین‌نسبی
۱۲۵	۸-۵- برخی ساختارهای بلوری مهم
۱۲۸	۸-۱-۵- طرح بلوری و مختصات اتمی

فصل نهم: اصول تقارن

۱۳۵	۹-۱- مقدمه
۱۳۶	۹-۲- عناصر تقارن ساده
۱۳۷	۹-۲-۱- مرکز تقارن
۱۳۸	۹-۲-۲- صفحه تقارن یا آینه
۱۳۸	۹-۲-۳- محورهای چرخش
۱۴۳	۹-۳- محورهای چرخشی و صفحات تقارن در شبکه‌های دوبعدی
۱۴۳	۹-۴- عناصر تقارن ساده در هفت سیستم بلوری
۱۴۶	۹-۵- اثر موتیف بر تقارن شبکه
۱۴۷	۹-۶- عناصر تقارن ترکیبی و ترکیب عناصر تقارن

۱۴۷	۹-۶-۱- محوره‌های چرخشی معکوس
۱۵۰	۹-۶-۲- محوره‌های چرخشی - بازتابی
۱۵۰	۹-۷- عناصر تقارن نقطه‌ای
۱۵۰	۹-۷-۱- سی و دو گروه نقطه‌ای
۱۵۲	۹-۸- عناصر تقارن انتقالی
۱۵۴	۹-۹- گروه‌های فضایی

فصل دهم: تصویر استریوگرافی

۱۵۷	۱۰-۱- مقدمه
۱۵۸	۱۰-۲- نحوه رسم تصویر استریوگرافی
۱۶۱	۱۰-۳- شبکه ولف
۱۶۳	۱۰-۴- اندازه‌گیری زاویه بین دو قطب
۱۶۵	۱۰-۴-۱- نحوه استفاده از شبکه ولف برای اندازه‌گیری زاویه بین دو قطب
۱۶۵	۱۰-۵- نحوه نمایش قطب ناحیه و نصف النهار ناحیه در تصویر استریوگرافی
۱۶۸	۱۰-۵-۱- نحوه استفاده از شبکه ولف برای یافتن نصف النهار ناحیه
۱۷۰	۱۰-۶- یافتن زاویه بین دو ناحیه
۱۷۰	۱۰-۷- یافتن صفحه متعلق به دو ناحیه مختلف
۱۷۲	۱۰-۸- مکان هندسی قطب صفحاتی که با یک قطب مشخص زاویه α می‌سازند
۱۷۳	۱۰-۹- قطب صفحاتی که با قطب p_1 زاویه α و با قطب p_2 زاویه β می‌سازند
۱۷۴	۱۰-۱۰- مشخص کردن قطب صفحات در تصویر استریوگرافی استاندارد مکعبی
۱۸۲	۱۰-۱۱- مثلث استریوگرافی استاندارد در سیستم مکعبی

فصل یازدهم: بلورشناسی به وسیله پرتو ایکس

۱۸۵	۱۱-۱- مقدمه
۱۸۵	۱۱ ۲ ویژگی‌های پرتو ایکس
۱۸۶	۱۱ ۲ ۱ طیف امواج الکترومغناطیسی
۱۸۷	۱۱ ۳ تولید پرتو ایکس

۱۸۷	۱۱-۳-۱- تولید طیف پیوسته پرتو ایکس
۱۹۰	۱۱-۳-۲- خطوط مشخصه طیف پرتو ایکس
۱۹۱	۱۱-۴- نحوه به وجود آمدن خطوط مشخصه
۱۹۴	۱۱-۵- دستگاه تولید پرتو ایکس
۱۹۶	۱۱-۶- پراش پرتو ایکس (قانون براگ)
۱۹۹	۱۱-۷- روش‌های پراش
۲۰۰	۱۱-۷-۱- روش لاوله
۲۰۱	۱۱-۷-۲- روش بلور چرخان
۲۰۲	۱۱-۷-۳- روش پودری
۲۰۳	۱۱-۷-۳-۱- روش دبای - شرر
۲۰۸	۱۱-۷-۳-۲- روش پراش سنجی پرتو ایکس
۲۱۰	۱۱-۸- تجزیه و تحلیل کیفی مواد
۲۱۲	۱۱-۸-۱- تشخیص نمونه‌های تک‌فازی
۲۱۶	۱۱-۸-۲- تعیین فازهای موجود در یک نمونه مخلوط
۲۱۹	۱۱-۹- مقایسه الگوهای پراکندگی پرتو ایکس توسط بلورها، مواد مایع یا آمورف و گازها
۲۲۰	۱۱-۱۰- شدت پرتوهای پراش یافته
۲۲۱	۱۱-۱۱- پراکندگی به وسیله یک الکترون
۲۲۶	۱۱-۱۲- پراکندگی توسط یک اتم
۲۳۰	۱۱-۱۳- پراکندگی توسط یک سلول واحد
۲۴۷	پیوست ۱ شبکه ولف
۲۴۸	پیوست ۲- الگوهای ساخت ماکت هفت سیستم بلوری
۲۵۵	منابع و مراجع برای مطالعه بیشتر
۲۵۷	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۲۶۲	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی