بسم الله الرحمن الرحیم

انتشارات
۵۷۷

بلورشناسی مواد

دکتر علیرضا کیانی‌رشید
استاد مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر حمید سازگاران
عضو هیئت علمی دانشگاه مهندسی فناوری‌های نوین قوچان

press.um.ac.ir

سرشناسه: کیانی‌رشید، علیرضا، ۱۳۳۸ -، گردآورنده.
عنوان و نام پدیدآور: بلورشناسی مواد/ تدوین‌وگردآوری علیرضا کیانی‌رشید، حمید سازگاران؛ ویراستار علمی خسرو ابراهیمی.
مشخصات نشر: مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری: ۲۵۴ص.: مصوّر، جدول.
فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۵۷۷.
شابک: ISBN: 978-964-386-248-0
وضعیت فهرست‌نویسی: فاپا.
یادداشت: پشت جلد به انگلیسی: A.R. Kiani-Rashid , H. Sazegaran. Crystallography of materials.
یادداشت: چاپ اول: دانشگاه فردوسی (مشهد)، ۱۳۸۹.
یادداشت: چاپ چهارم: ۱۳۹۸(فیپا)
یادداشت: کتابنامه: ص[۲۴۹] -۲۵۰.
یادداشت: نمایه.
موضوع: بلورشناسی Crystallography
موضوع: بلورشناسی با اشعه ایکس X-ray crystallography
شناسه افزوده: سازگاران، حمید، ۱۳۶۲- ، گردآورنده.
شناسه افزوده: ابراهیمی نصرآبادی، خسرو، ویراستار. Ebrahimi Nasrabadi, Khosrow
شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۸ ۸ب۹۴ک/۲/۹۰۵ QD
رده‌بندی دیویی: ۵۴۸
شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۷۳۷۵۰

بلورشناسی مواد

پدیدآورندگان: دکتر علیرضا کیانی‌رشید، دکتر حمید سازگاران
ویراستار علمی: دکتر خسرو ابراهیمی نصرآبادی
مشخصات: وزیری، ۲۵۰ نسخه، چاپ پنجم، بهار ۱۴۰۱ (اول، ۱۳۸۹)
چاپ و صحافی: چاپخانهٔ دقت
بها : ۹۹۰٫۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

انتشارات
۵۷۷

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶- ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسّسهٔ کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسّسهٔ دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شمارهٔ ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ – ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

http://press.um.ac.ir Email: press@um.ac.ir

press.um.ac.ir

فهرست مطالب

پیش‌گفتار مؤلفان ۹

فصل اول: مقدمه‌ای بر بلور شناسی ۱۱

۱-۱- مقدمه ۱۱

۱-۲- اتم‌ها و مولکول‌ها ۱۲

۱-۳- انواع پیوندهای اتمی در جامدات ۱۲

۱-۴- علم بلورشناسی ۱۴

۱-۵- ساختار فلزات ۱۶

۱-۶- انجماد فلزات ۱۸

۱-۷- بلورها و ساختارهای آن‌ها ۲۱

۱-۸- ترتیب اتم‌ها در فلزات ۲۲

فصل دوم: ساختارهای بلورین ۲۵

۲- بلورها و ساختارهای بلوری ۲۵

۲-۱- ساختار بلورها ۲۵

۲-۲- سلول واحد و پارامترهای شبکه ۲۶

۲-۳- نمایش شبکه بلوری ۲۷

۲-۴- سیستم‌ها و شبکه‌های براوه ۲۸

۲-۵- شبکه‌های فلزی ۳۱

۲-۵-۱- شبکه‌های مکعبی ۳۲

۲-۵-۱-۱- شبکه مکعبی ساده (SC) ۳۲

۲-۵-۱-۲- شبکه مکعبی مرکز حجمی (BCC) ۳۲

۲-۵-۱-۳- شبکه مکعبی مرکز سطحی (FCC) ۳۳

۲-۵-۲- شبکه‌های هگزاگونال ۳۴

۲-۵-۲-۱- شبکه‌های هگزاگونال ساده ۳۴

۲-۵-۲-۲- هگزاگونال فشرده ۳۶

press.um.ac.ir

۲-۵-۳- تری کلینیک ۳۶
۲-۵-۴- منو کلینیک ۳۷
۲-۵-۵- اورتورومبیک ۳۸
۲-۵-۶- تتراگونال ۳۹
۲-۵-۷- رومبوهدرال یا تری گونال ۴۰
۲-۶- شبکه‌های سرامیکی ۴۰
۲-۶-۱- شبکه کلرید سدیم ۴۱
۲-۶-۲- شبکه کلرید سزیم ۴۲
۲-۶-۳- شبکه سولفید روی ۴۳
۲-۶-۴- شبکه فلوریت ۴۴
۲-۷- دگرشکلی یا آلوتروپی ۴۴
۲-۸- مواد بی‌شکل یا آمورف ۴۵
۲-۹- کربن و آلوتروپ‌های آن ۴۵
۲-۱۰- آهن در دماهای گوناگون ۴۹
تمرینات ۵۱

فصل سوم: صفحات و جهات بلورشناسی ۵۳
۳- مختصات اتم‌ها در بلورها و نام‌گذاری جهات و صفحات کریستالی ۵۳
۳-۱- مرکز و محورهای بلورشناسی ۵۳
۳-۲- تعیین موقعیت اتم در سلول واحد ۵۵
۳-۳- زاوایای بین محورهای بلورشناسی ۵۸
۳-۴- نسبت بین محورهای بلورشناسی ۵۸
۳-۵- جهات بلورشناسی ۵۹
۳-۶- صفحات بلورشناسی و روش‌های نام‌گذاری آن‌ها ۶۲
۳-۶-۱- روش وایس ۶۳
۳-۶-۲- روش میلر ۶۴
۳-۶-۳- روش کسینوس‌ها ۶۷
۳-۶-۴- جهات و صفحات بلورشناسی در هگزاگونال (روش میلر-براویس) ۶۸
۳-۶-۴-۱- صفحات پایه در شبکه هگزاگونال فشرده ۶۹
۳-۶-۴-۲- صفحه منشور در شبکه هگزاگونال فشرده ۷۰
۳-۶-۴-۳- صفحات هرمی در شبکه هگزاگونال فشرده ۷۱
۳-۶-۴-۳-۱- صفحات هرمی با اندیس میلر-براویس $\{10\bar{1}1\}$ ۷۱
۳-۶-۴-۳-۲- صفحات هرمی با اندیس میلر-براویس $\{10\bar{1}2\}$ ۷۲
۳-۶-۴-۳-۳- صفحات هرمی با اندیس میلر-براویس $\{11\bar{2}1\}$ ۷۳
۳-۶-۴-۳-۴- صفحات هرمی با اندیس میلر-براویس $\{11\bar{2}2\}$ ۷۴

press.um.ac.ir

۳-۷- تبدیل اندیس‌های میلر به اندیس‌های میلر-براویس ۷۴
۳-۸- عدد همسایگی در شبکه‌های اتمی و یونی ۷۵
۳-۸-۱- عدد همسایگی دوازده‌تایی ۷۸
۳-۸-۲- عدد همسایگی هشت‌تایی ۷۹
۳-۸-۳- عدد همسایگی شش‌تایی ۸۰
۳-۸-۴- عدد همسایگی چهارتایی ۸۱
۳-۸-۵- عدد همسایگی سه‌تایی ۸۲
۳-۸-۶- عدد همسایگی خطی (دوتایی) ۸۳
تمرینات ۸۴

فصل چهارم: روابط بلورشناسی ۸۷
۴- محاسبات در شبکه‌های بلورین مواد ۸۷
۴-۱- تعداد اتم‌های موجود در شبکه‌های بلوری ۸۷
۴-۱-۱- تعداد اتم‌های موجود در شبکه مکعبی مرکز حجمی ۸۸
۴-۱-۲- تعداد اتم‌های موجود در شبکه مکعبی مرکز سطحی ۸۸
۴-۱-۳- تعداد اتم‌های موجود در شبکه هگزاگونال فشرده ۸۸
۴-۲- پارامتر شبکه ۸۹
۴-۲-۱- پارامتر شبکه مکعبی ساده (SC) ۸۹
۴-۲-۲- پارامتر شبکه مکعبی مرکز حجمی (BCC) ۹۰
۴-۲-۳- پارامتر شبکه مکعبی مرکز سطحی (FCC) ۹۱
۴-۲-۴- پارامتر شبکه مکعبی الماسی ۹۱
۴-۳- تعداد اتم‌های موجود روی جهات اتمی ۹۲
۴-۴- انباشتگی خطی ۹۴
۴-۵- دانسیته خطی ۹۶
۴-۶- تعداد اتم‌های موجود روی صفحات اتمی ۹۷
۴-۷- انباشتگی سطحی ۹۹
۴-۸- دانسیته سطحی ۱۰۲
۴-۹- حجم واحد شبکه ۱۰۲
۴-۱۰- دانسیته اتمی ۱۰۳
۴-۱۱- فاکتور چیدن ۱۰۴
۴-۱۱-۱- فاکتور چیدن شبکه مکعبی ساده ۱۰۴
۴-۱۱-۲- فاکتور چیدن شبکه مکعبی مرکز حجمی ۱۰۵
۴-۱۱-۳- فاکتور چیدن شبکه مکعبی مرکز سطحی ۱۰۵
۴-۱۱-۴- فاکتور چیدن شبکه هگزاگونال فشرده ۱۰۶
۴-۱۲- عدد همسایگی ۱۰۷

press.umsc.ir

۴-۱۳- صفحات فشرده اتمی در شبکه‌های بلوری ۱۱۰
۴-۱۳-۱- صفحات فشرده در شبکه مکعبی ساده ۱۱۰
۴-۱۳-۲- صفحات فشرده اتمی در شبکه مکعبی مرکز حجمی ۱۱۱
۴-۱۳-۳- صفحات فشرده اتمی در شبکه مکعبی مرکز سطحی ۱۱۱
۴-۱۴- چیدمان اتمی صفحات بلوری ۱۱۲
۴-۱۴-۱- چیدمان اتمی صفحات در ساختارهای پر تراکم ۱۱۲
۴-۱۴-۲- چیدمان اتمی صفحات در ساختارهای کم تراکم ۱۱۶
تمرینات ۱۱۶

فصل پنجم: قواعد بلورشناسی ۱۱۹
۵- قواعد و قوانین بلورشناسی ۱۱۹
۵-۱- جهات عمود بر یک صفحه بلورشناسی ۱۱۹
۵-۲- جهات واقع بر یک صفحه بلورشناسی ۱۲۰
۵-۳- قاعده کمپلیکاسیون ۱۲۲
۵-۴- قوانین پائولینگ ۱۲۶
۵-۴-۱- قانون اول ۱۲۶
۵-۴-۲- قانون دوم ۱۲۷
۵-۴-۳- قانون سوم ۱۲۸
۵-۴-۴- قانون چهارم ۱۲۹
۵-۴-۵- قانون پنجم ۱۲۹
تمرینات ۱۲۹

فصل ششم: تقارن در بلورشناسی ۱۳۱
۶- تقارن در بلورشناسی ۱۳۱
۶-۱- سطوح تقارن (m) ۱۳۱
۶-۲- محورهای تقارن (A) ۱۳۲
۶-۲-۱- محور تقارن درجه ۱ (A_1) ۱۳۵
۶-۲-۲- محوری تقارن درجه ۲ (A_2) ۱۳۵
۶-۲-۳- محور تقارن درجه ۳ (A_3) ۱۳۶
۶-۲-۴- محور تقارن درجه ۴ (A_4) ۱۳۶
۶-۲-۵- محور تقارن درجه ۶ (A_6) ۱۳۷
۶-۳- تقارن مرکزی ۱۳۹
۶-۴- تشریح تقارن در دستگاه مختصات ۱۴۲
۶-۵- محورهای نامناسب یا معکوس ۱۴۵
۶-۶- چگونگی تشخیص سیستم‌های تبلور ۱۴۷
تمرینات ۱۵۴

press.um.ac.ir

فصل هفتم: تصاویر استریوگرافی ۱۵۵
۷- تصاویر استریوگرافی ۱۵۵
۷-۱- مقدمه ۱۵۵
۷-۲- مراحل و چگونگی رسم تصاویر استریوگرافی ۱۵۸
۷-۳- ویژگی‌های تصاویر استریوگرافی ۱۶۴
۷-۴- جهات قرار گرفته روی یک صفحه ۱۶۴
۷-۵- صفحات یک ناحیه (صفحات هم منطقه) ۱۶۵
۷-۶- شبکه وولف ۱۶۷
۷-۷- تعیین زوایای بلورشناسی به کمک تصاویر استریوگرافی ۱۷۰
۷-۸- اندیس گذاری میلر صفحات در تصاویر استریوگرافی ۱۷۲
۷-۹- تصاویر استاندارد ۱۷۷
۷-۱۰- مثلث استریوگرافی استاندارد در بلورهای مکعبی ۱۷۹
۷-۱۱- نمایش تقارن در تصاویر استریوگرافی ۱۸۱
۷-۱۲- محاسبات در تصاویر استریوگرافی ۱۸۲
۷-۱۲-۱- روابط ریاضی انتقال تصاویر از فضای سه‌بعدی به دوبعدی ۱۸۳
تمرینات ۱۸۴

فصل هشتم: اشعه ایکس و کاربرد آن ۱۸۵
۸- اشعه ایکس ۱۸۵
۸-۱- روش تولید اشعه ایکس ۱۸۶
۸-۲- اشعه ایکس یکنواخت یا اشعه ایکس سفید ۱۸۸
۸-۳- اشعه ایکس مشخصه ۱۹۰
۸-۴- روش‌های شناسایی اشعه ایکس ۱۹۳
۸-۴-۱- فیلم‌های اشعه ایکس ۱۹۳
۸-۴-۲- لوله‌های شمارنده ۱۹۴
۸-۴-۳- آشکارسازهای حالت جامد ۱۹۴
۸-۵- جذب اشعه ایکس ۱۹۵
۸-۵-۱- ضریب جذب ۱۹۵
۸-۵-۲- لبه‌های جذب ۱۹۶
۸-۶- شکست اشعه ایکس ۱۹۸
۸-۷- پراکندگی اشعه ایکس ۱۹۸
۸-۸- پراش اشعه ایکس ۱۹۹
۸-۹- قانون براگ ۲۰۰
۸-۱۰- روش لاوه ۲۰۴
۸-۱۱- تجزیه کیفی مواد و روش پودری ۲۰۵

press.um.ac.ir

۸-۱۲- روش دبای شرر ۲۰۵
۸-۱۳- روش پراش‌سنجی ۲۰۸
۸-۱۴- چگونگی تعیین نوع بلور ۲۰۹
۸-۱۵- تجزیه کمی مواد با استفاده از روش پراش اشعه ایکس ۲۰۹
تمرینات ۲۱۰

تمرینات حل شده ۲۱۱

ضمیمه ۱: تبدیل رومبوهدرال-هگزاگونال ۲۲۳

ضمیمه ۲: فضاهای چهاروجهی و هشت‌وجهی در شبکه‌های ۲۲۷
۲-۱- فضاهای چهاروجهی ۲۲۷
۲-۲- فضاهای هشت‌وجهی ۲۲۷
۲-۳- تعداد فضاهای بین‌نشین در شبکه‌های بلورین ۲۲۸
۲-۳-۱- فضاهای چهاروجهی در شبکه مکعبی مرکز حجمی ۲۲۸
۲-۳-۲- فضاهای هشت‌وجهی در شبکه مکعبی مرکز حجمی ۲۲۸
۲-۳-۲-۱- فضاهی هشت‌وجهی سطوح جانبی ۲۲۹
۲-۳-۲-۲- فضاهای هشت‌وجهی یال ۲۲۹
۲-۳-۳- فضاهای چهاروجهی در شبکه مکعبی مرکز سطحی ۲۲۹
۲-۳-۴- فضاهای هشت‌وجهی در شبکه مکعبی مرکز سطحی ۲۳۰
۲-۳-۴-۱- فضای هشت‌وجهی مرکز سلول واحد ۲۳۰
۲-۳-۴-۲- فضای هشت‌وجهی یال ۲۳۱

ضمیمه ۳: پراش الکترونی و نوترونی ۲۳۳
۳-۱- مقدمه ۲۳۳
۳-۲- پراش الکترونی ۲۳۴
۳-۳- پراش نوترونی ۲۳۵

ضمیمه ٤: تعدادی از صفحات کتاب هاناوالت ۲۳۹

مراجع و منابع مطالعاتی ۲٤۹

نمایه ۲۵۱

press.um.ac.ir

پیش‌گفتار

چاپ اول

شناخت فلزات، آلیاژها و سایر ترکیبات بدون توجه به ساختارهای درونی آن‌ها میسر نمی‌باشد. با پیشرفت علوم و به ویژه نگرش جدید در تولید مواد در مقیاس نانو، لزوم به چنین شناختی جدی‌تر شده است. خوشبختانه این علم از ابتدا درگیر با چنین مقیاس‌هایی و حتی ریزتر از آن بوده است که در نتیجه ورود به دنیای نانو را آسان‌تر ساخته است. توجه به قوانین بنیادی در علم کریستالوگرافی، کاربردی بودن این علم را بیشتر محرز ساخته و با گذشت زمان به اهمیت آن افزوده شده است.

دلیل اصلی در توجه به مباحث بلورشناسی، تاثیر مستقیم ساختارهای کریستالی مواد بر کلیه خواص مواد از قبیل؛ خواص مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی، حرارتی، الکتریکی و مغناطیسی می‌باشد. از آنجایی که در مهندسی متالورژی، شناخت این ویژگی‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در همین ارتباط سعی شده است تا ارتباط بیشتری مابین مباحث طرح شده و مقوله‌های درگیر با این علم ایجاد شود که متأسفانه در بسیاری از کتاب‌های چاپ شده در این زمینه به این مهم توجه کافی نشده است.

این کتاب ثمره سال‌ها تدریس این موضوع توسط این‌جانب در سطح کارشناسی و گوشه‌هایی در مباحث کارشناسی ارشد می‌باشد و متاثر از تقابل اندیشه‌های ارزشمندی از اساتیدی است که دلسوزانه مطالبی را به اینجانب آموخته‌اند و برگرفته از دهها متن علمی و کتاب‌های مرجع در این زمینه است. همچنین وجود سئوالات فراوان و نیاز به پاسخ به دانشجویان مهندسی متالورژی و مواد در تأمین منبعی مرتبط با مباحث مربوطه تأثیر بسیار مثبتی را در تألیف و تدوین این کتاب داشته است.

از استادان ارجمند و بزرگوار و دانشجویان عزیز درخواست می‌گردد که اشکالات موجود و یا پیشنهادات خود را جهت لحاظ در ویرایش‌ها و چاپ‌های آتی در اختیار نویسندگان قرار دهند.

در اینجا از کلیه کسانی که در ویرایش و مراحل متعدد چاپ کتاب نقش داشته‌اند، صمیمانه تشکر می‌گردد.

علیرضا کیانی رشید

زمستان ۱۳۸۹

Press.iut.ac.ir

press.um.ac.ir

فصل اول

مقدمه‌ای بر بلورشناسی

۱-۱- مقدمه

شناخت صحیح فلزات، آلیاژها و مواد معدنی بدون توجه به ساختار اتمی و کریستالی آن‌ها میسر نیست. اتم‌ها و مولکول‌ها با نظم قابل تحسینی در کنار هم قرار گرفته و نتیجه چنین نظمی ایجاد ساختارهای بلورینی است که از تنوع نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشند. بر اساس پژوهش‌های پردامنه انجام شده، این بلورها در شکل مناسبی دسته‌بندی شده‌اند و از آنجایی که حضور هر اتم در موقعیت خاص مربوط و در راستای تعیین شده اهمیت زیادی را در تعیین کلیه خواص مواد ایجاد می‌کنند، این محل‌ها، جهت‌ها و همچنین صفحاتی که اتم‌ها روی آن‌ها واقع شده‌اند، تعیین اندیس شده‌اند. با تغییر جهات بلور شاهد تغییرات محسوسی در ویژگی‌های فلزات و آلیاژهای مربوط هستیم که در این کتاب به این موضوع نیز توجه شده است.

با اطلاع از علم بلورشناسی که یکی از زیرشاخه‌های کانی‌شناسی می‌باشد می‌توانیم با کوچک‌ترین مجموعه‌های منظم اتمی آشنا شویم که از تکرار آن‌ها در سه بعد، ساختارهای فلزی و غیر فلزی شکل می‌گیرند. از آنجایی که کوچک‌ترین واحدهای سازنده این مواد اتم‌ها و در مواردی مولکول‌ها هستند در ابتدای بحث سعی گردیده است تا به اختصار به این واحدهای تشکیل دهنده بلورها پرداخته شود.

وجود قوانین معتبر در علم بلورشناسی به اهمیت این مقوله افزوده است که نمونه‌هایی از آن‌ها؛ قانون براگ، قانون کمپلکاسیون و همچنین قوانین مناطق می‌باشد که با رعایت اختصار به آن‌ها توجه شده است.

کاربرد پراش پرتو ایکس در کریستالوگرافی از سابقه و اهمیت خاصی برخوردار است که در فصول پایانی به ویژگی‌های این پرتو و اصول کاربرد آن در این علم اشاره شده است. طول

press.umz.ac.ir

موج مناسب پرتو ایکس، این امکان را فراهم می‌سازد تا با دقت بالایی ابعاد ساختارهای بلورین تعیین گردد. استفاده از پراش پرتو ایکس و قانون براگ، این مهم را عملی ساخته و معرفی روش‌های معمول در انجام آزمایش‌ها و چگونگی تجزیه و تحلیل داده‌ها در این فصل بررسی خواهد شد.

نمونه دیگری از مباحث ارزشمند کریستالوگرافی استفاده از تصاویر استریوگرافیک در شناسایی ساختارهای فلزی و غیرفلزی است. به کمک چنین تصاویری این امکان فراهم می‌شود تا با کاهش رتبه ابعاد ساختارهای کریستالی از سه بعد به دو بعد، با سهولت بیشتری تجزیه و تحلیل آن‌ها انجام شود.

۱-۲- اتم‌ها و مولکول‌ها

اتم‌ها اجزاء تشکیل‌دهنده مولکول‌ها و عناصر شیمیایی‌اند و تفاوت در ساختار اتمی سبب ایجاد خواص ویژه در عناصر شیمیایی می‌شود. هر اتم از ذرات بنیادی الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده است که الکترون ذره بسیار کوچک با بار منفی، پروتون ذره‌ای با بار مثبت و نوترون از لحاظ بار الکتریکی خنثی می‌باشد. جدول ۱-۱ بیانگر جرم ذرات بنیادی سازنده اتم می‌باشد و براساس آن، بیشترین سهم جرم اتم مربوط به پروتون‌ها و نوترون‌ها می‌باشد و الکترون‌ها دارای جرم اندکی می‌باشند.

جدول ۱-۱: جرم ذرات بنیادی سازنده اتم[۱]

ذره بنیادی	الکترون	پروتون	نوترون
جرم (gr)	$۹/۱۱ \times ۱۰^{-۲۸}$	$۱/۶۷۳ \times ۱۰^{-۲۴}$	$۱/۶۷۵ \times ۱۰^{-۲۴}$

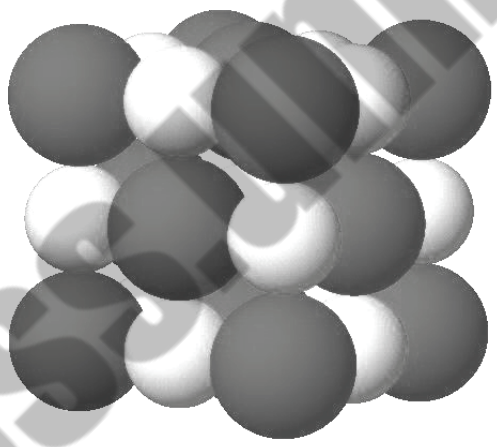
پروتون‌ها و نوترون‌ها هسته اتم با بار مثبت را تشکیل می‌دهند و الکترون‌ها در حال چرخش به دور هسته می‌باشند. قطر هسته در حدود $۱۰^{-۱۲}$ سانتی‌متر و قطر اتم $۱۰^{-۸}$ سانتی‌متر می‌باشد. چون الکترون و پروتون بار الکتریکی مساوی ولی مخالف یکدیگر دارند، اتم خنثی باید تعداد مساوی الکترون و پروتون داشته باشد.

۱-۳- انواع پیوندهای اتمی در جامدات

از اتصال اتم‌های یکسان و متفاوت مواد جامد همگن تشکیل می‌شود. نیروهای بین اتمی یا به عبارت دیگر پیوندهای اتمی مواد در اثر تاثیر متقابل الکترون‌های مدار خارجی بر یکدیگر است. این تأثیرات متقابل گونه‌های متفاوت داشته و به آرایش الکترونی الکترون‌های موجود

در یک ماده و موقعیت آن ماده در سیستم تناوبی بستگی دارد. این تاثیرات متقابل مختلف یا به عبارت دیگر پیوندهای اتمی متفاوت، خواص مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و مغناطیسی متنوعی را در بسیاری از مواد سبب می‌شود. پیوندهای شیمیایی به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارت از یونی، کووالانسی، واندروالسی و فلزی می‌باشند.

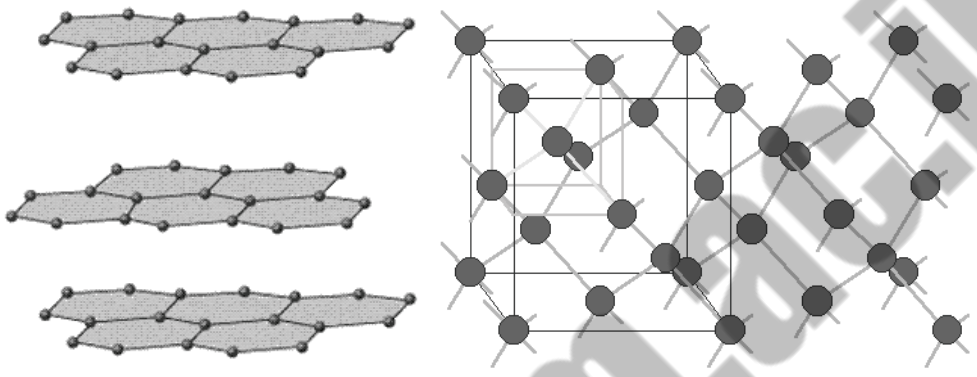
پیوند یونی ساده‌ترین نوع پیوند است که سبب اتصال اتم‌های مختلف به یکدیگر می‌شود. این پیوند همیشه بین یون‌های با بار مخالف به وجود می‌آید. تشکیل این نوع پیوند به واسطه رسیدن به حالت پایدارتر می‌باشد و به گونه‌ای است که اتم‌ها تمایل دارند به صورت گازهای ایده‌آل پایدار درآیند، لذا اتمی که در مدار خارجی خود دارای تعداد کمی الکترون است می‌تواند آن‌ها را به سادگی در مقابل اتمی که مدار خارجی آن تقریباً پر است از دست بدهد و هر دو اتم دارای یک مدار خارجی کامل شوند. نمونه‌ای از این نوع پیوند در نمک طعام است که در بین یک اتم سدیم با یک اتم کلر، پیوند یونی تشکیل شده است. شکل ۱-۱ تصویر اتم‌های سازنده با پیوندهای یونی در نمک طعام را نمایش می‌دهد.



شکل ۱-۱: نمایش اتم‌های سازنده نمک طعام[۱].

پیوند کووالانسی از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های لایه خارجی برای به دست آوردن وضعیت پایدار دو اتم حاصل می‌شود. ساده‌ترین مثال برای این نوع پیوند مولکول هیدروژن می‌باشد و مولکول‌های کلر، فلور، اکسیژن، نیتروژن و الماس نیز دارای پیوندهای کووالانسی می‌باشند. شکل ۱-۲ الف پیوندهای کووالانسی در ساختار الماس را نمایش می‌دهد. پیوندهای واندروالس یا پیوندهای ثانویه پیوندهای بین گازهای ایده‌آل مانند نئون، آرگون و یا مولکول‌های

پایدار مانند متان و سایر مواد آلی، در حالت مایع و جامد می‌باشد. در گرافیت اتصال بین اتم‌ها درون لایه‌ها از نوع پیوند کووالانسی و اتصال بین لایه‌های گوناگون از نوع پیوند واندروالس می‌باشد. شکل ۱-۲ ب پیوندهای کووالانسی بین اتم‌های کربن درون لایه‌های گرافیت و پیوندها واندروالس در بین لایه‌های گرافیت را نشان می‌دهد.



(ب) (الف)

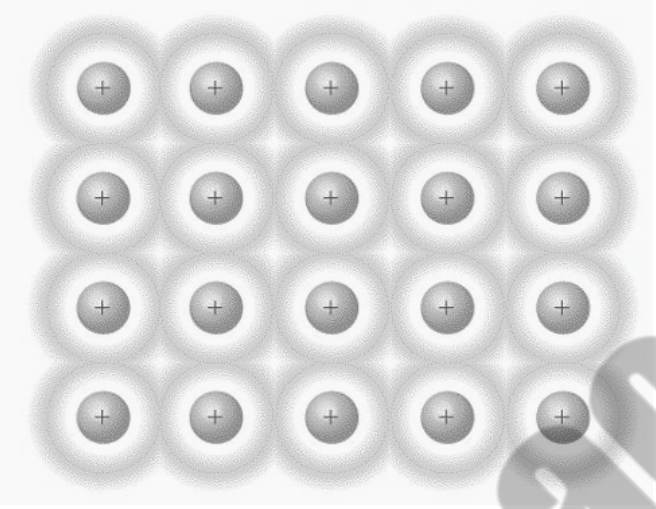
شکل ۱-۲: نمایش الف) ساختار الماس و ب) ساختار گرافیت[۲].

پیوند فلزی در بین فلزات و آلیاژها با الکترونگاتیویته پایین دیده می‌شود. پیوند فلزی بسیار شبیه پیوند کووالانسی است و هر اتم در پیوند فلزی، الکترون‌های قشر خارجی خود را آزاد می‌سازد. این الکترون‌ها تمامی فضای بین یون‌های مثبت را پُر می‌کنند و به طور آزادانه بین یون‌ها حرکت می‌کنند که به عنوان «گاز الکترونی» نام دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که یون‌های مثبت در دریایی از الکترون‌های منفی قرار دارند. شکل ۱-۳ یون‌های فلزی را درون اَبر الکترونی به صورت شماتیک نمایش می‌دهد.

۱-٤- علم بلورشناسی

بلور و یا به عبارتی کریستال یک واژه برگرفته از زبان یونان کهن می‌باشد. این کلمه در ابتدا «کریستالوز» نامیده شده است که معنا و مفهوم آن یخ می‌باشد. از موارد استناد شده به این واژه، نوع خاصی از کانی‌ها به نام «دُرّ کوهی» می‌باشد که به مرور بر گستردگی آن افزوده شده است، به گونه‌ای که در دنیای جدید یکی از شاخه‌های علمی پرکاربرد می‌باشد و تنوع بسیار زیادی از مواد را بر اساس ساختار درونی و ظاهری آن‌ها در بر می‌گیرد.

press.um.ac.ir

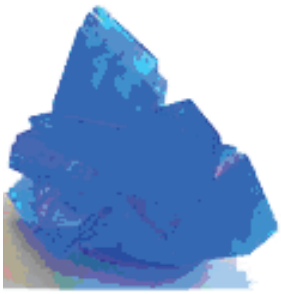


شکل ۱-۳: نمایش یون‌های فلزی درون دریای الکترونی[۳].

بلورشناسی (کریستالوگرافی)، به زیرمجموعه‌ای از علم کانی‌شناسی (مینرالوژی) اطلاق می‌گردد. از آنجایی که اکثر قریب به اتفاق کانی‌ها دارای ساختار منظم کریستالی هستند، تفکیک این مجموعه‌ها غیر ممکن به نظر می‌رسد. اگرچه در تعریف کانی‌ها به مواد طبیعی گفته می‌شود که ارزش اقتصادی لازم جهت استخراج و کانه‌آرایی را دارا هستند، اما از دیدگاه کریستالوگرافی این مواد دارای مجموعه‌های منظمی از مواد هستند که در سه بعد گسترش پیدا کرده‌اند. موادی همانند سولفید روی، کلرید سزیم، فلورین، نمک طعام، آهن، آلومینیوم، مس و هزاران نوع دیگر از این مواد دارای ساختار بلورین هستند و تنوع فراوان در چگونگی قرارگیری اتم‌ها در واحدهای شبکه کریستالی، علم موجود کانی‌شناسی را شکل داده است. شکل ۱-۴ بلورهای سولفات مس، کلسیت، گالیم و کوارتز را نمایش می‌دهد.

در مباحث کریستالی به همگن بودن و یا به عبارتی به یکنواختی ماده توجه شده است. ولی لزوماً این بلورها در جهات مختلف کریستالی رفتار فیزیکی مشابهی را نشان نمی‌دهند. اختلاف در این ویژگی‌ها به چگونگی قرارگیری اتم‌ها، صفحات تشکیل دهنده بلورها، میزان تراکم اتمی و موارد مشابه از نظر نوع باندهای اتمی و یونی و اتصالات مربوط ارتباط پیدا می‌کند. وجود نیروهای بین اتمی و مولکولی شرایط پیچیده‌ای را بر بلورها حاکم می‌سازد. فاصله این اتم‌ها وابسته به عوامل دیگری همچون دما نیز بوده و تحت تاثیر نیروهای مکانیکی و فشارهای هیدرواستاتیکی نیز عکس‌العمل‌های متفاوتی را نشان می‌دهند.

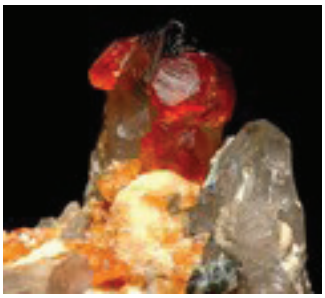
press.um.ac.ir



بلور سولفات مس

کلسیت

گالیم



کوارتز

شکل ۱-۴: تصاویری از برخی مواد بلورین.

تفکیک واحدهای شبکه کریستالی صرفاً در ذهن میسر بوده و گسترش ماده در سه بعد امکان تولید کانی‌ها را در یک ساختار منظم کریستالی فراهم می‌سازد. عمدتاً تشکیل کانی‌ها نیازمند زمان و شرایط خاص بوده ولی نکته اصلی در ارتباط با شکل گرفتن آن‌ها در طبیعت، رسیدن به شرایط تعادلی‌تر می‌باشد. تشکیل کانی همانند الماس با ساختار کریستالی تحسین برانگیز، ناشی از شرایط خاص و ویژه طبیعی و زمان بسیار طولانی تشکیل آن می‌باشد. شکل ۱-۵ کانی الماس را نمایش می‌دهد.

۱-۵- ساختار فلزات

در فلزات هنگامی که اتم‌ها به مقدار کافی سرعت حرکت ندارند یا زمانی که دما از حالت مذاب افت می‌کند، اتم‌ها همدیگر را به شدت نسبت به حالت قبل جذب می‌کنند. بنابراین آن‌ها در حالت جاذبه به همدیگر نزدیک می‌شوند و نیروهای دافعه کم دامنه که سبب جدایی شدید اتم‌ها شده بودند، کاهش می‌یابند. هر مجموعه‌ای تمایل دارد که در شرایط کمترین مقدار انرژی پتانسیل ممکن قرار گیرد و این مسأله در مورد اتم‌ها نیز صادق می‌باشد.

press.unime.ir