

اصول شیمی حالت جامد

دی. کا. چاکر ابارتای

مترجم

علی بهودی املشی

نسرین جوادی

با همکاری:

جواد حسینقلی پور

ویراستار

دکتر فریدون اشرفی

سرشناسه	: چاکرابارتی، دی. کی.
عنوان و نام پدیدآور	: D. K. Chakrabarty اصول شیمی حالت جامد/ دی. کا. چاکرابارتی؛ مترجمین علی بهبودی املشی، نسرين جوادی، با همکاری جواد حسینی پور؛ ویراستار فریدون اشرفی.
مشخصات نشر	: تهران : متالون، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۳۶۴ ص: مصور، جدول.
شابک	: ۱۵۰۰۰۰ ریال 6-11-6374-978-600
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: The principles of solid state chemistry, 2005.
موضوع	: شیمی حالت جامد
شناسه افزوده	: بهبودی املشی، علی، ۱۳۵۸ - مترجم
شناسه افزوده	: جوادی، نسرين، ۱۳۶۱ - مترجم
شناسه افزوده	: حسینی پور، جواد، ۱۳۵۰ - مترجم
شناسه افزوده	: اشرفی، فریدون، ۱۳۲۷ - ویراستار
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ چ ۱/۶ QD۵۰۰
رده بندی دیویی	: ۵۴۱/۳۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۰۸۷۸۹۶

متالون

• نام کتاب	: اصول شیمی حالت جامد
• تألیف	: D. K. Chakrabarty
• ترجمه	: علی بهبودی املشی - نسرين جوادی و با همکاری جواد حسینی پور
• نویت چاپ	: اول
• سال چاپ	: ۱۳۹۲
• شمارگان	: ۵۰۰ نسخه
• قیمت	: ۱۵۰۰۰۰ ریال
• چاپخانه	: اصیل
• شابک	: ISBN: 978-600-6374-11-6 ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۷۴-۱۱-۶

• آدرس مرکز پخش، تهران - خیابان حافظ - روبروی سمیه - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تلفن کتابفروشی: ۶۶۴۶۵۳۹۲ (دفتر) ۸۸۸۹۵۹۶۹ فاکس ۶۶۹۵۰۹۸۲

پیشگفتار مؤلف

پیشگفتار مترجمین

الف -

فصل ۱ «شبکه‌ی بلوری»

۱	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ شبکه‌ی بلوری
۵	۳-۱ سلول واحد
۷	۴-۱ صفحات بلوری و شاخص‌های میلر
۱۱	۵-۱ پراش پرتوهای X توسط بلورها
۱۱	۱-۵-۱ قانون پراش براگ
۱۳	۶-۱ شبکه‌ی وارونه
۱۴	۱-۶-۱ ساختار اوالد
۱۶	۷-۱ روش پودری
۱۷	۱-۷-۱ روش دبای - شرر
۱۹	۲-۷-۱ پراش سنج پودری
۲۰	۳-۷-۱ شاخص‌گذاری الگوهای پراش پودری
۲۲	۴-۷-۱ تعیین چگالی
۲۲	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

فصل ۲ «پیوند در جامدات»

۲۳	مقدمه
۲۳	۲-۱ نیروهای واندروالس
۲۶	۲-۲ نیروهای کووالانسی
۲۷	۳-۲ پیوند در جامدات یونی
۳۳	۱-۳-۲ چرخه‌ی بورن - هابر

۳۴	۲-۳-۲ معادله‌ی بسط‌یافته‌ی انرژی شبکه
۳۷	۲-۳-۳ اثر قطبش
۳۸	۲-۳-۴ معادله‌ی تجربی انرژی شبکه
۳۹	۲-۴ شعاع‌های یونی
۴۱	۲-۵ پیوند در فلزات
۴۵	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر
	فصل ۳ «ساختار جامدات»
۴۷	مقدمه
۴۷	۳-۱ انباشتگی اتم‌ها
۵۰	۳-۲ ساختار فلزات
۵۲	۳-۲-۱ فلزات دارای ساختار مکعبی مرکز پر
۵۳	۳-۲-۲ ساختار ترکیبات بین‌فلزی
۵۴	۳-۳ حفره‌های هشت‌وجهی و چهاروجهی
۵۵	۳-۴ قاعده‌ی نسبت شعاعی
۵۸	۳-۵ ساختار بلورهای یونی
۵۸	۳-۵-۱ بلورهای یونی دارای استوکیومتری MX
۶۲	۳-۵-۲ بلورهای یونی دارای استوکیومتری MX_2
۶۴	۳-۵-۳ ساختار اسپینل
۶۵	۳-۵-۴ ساختار پروسکیت
۶۶	۳-۶ اثر قطبش
۶۶	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

فصل ۴ «نقص‌های نقطه‌ای»

۶۹	مقدمه
۷۰	۴-۱ انواع نقص‌های نقطه‌ای
۷۵	۴-۲ نوشتن معادلات نقص
۷۶	۴-۳ تراکم نقص‌ها
۷۶	۴-۳-۱ جای خالی در فلزات
۷۸	۴-۳-۲ نقص شاتکی در یک جامد یونی
۸۰	۴-۳-۳ نقص فرنکل
۸۲	۴-۴ ساختارهای ویژه ناقص
۸۲	۴-۴-۱ ساختار اسپینل ناقص
۸۶	۴-۴-۲ مثال‌های دیگری از ساختارهای ناقص
۸۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

فصل ۵ «ساختارهای ناستوکیومتری»

۸۹	۵-۱ مقدمه
۹۰	۵-۲ بررسی‌های ترمودینامیکی
۹۲	۵-۲-۱ اکسید دارای کمبود اکسیژن
۹۶	۵-۲-۲ اکسیدهای دارای کمبود فلز
۹۷	۵-۳ طبقه‌بندی جامدات ناستوکیومتری
۹۹	۵-۳-۱ انحراف ناچیز از ساختار استوکیومتری
۹۹	۵-۳-۲ انحراف‌های بزرگ
۱۰۱	۵-۴ منظم شدن ابرشبکه‌ای نقص‌ها
۱۰۲	۵-۵ ساختار برشی
۱۰۵	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

فصل ۶ «نفوذ در جامدات»

مقدمه

۱۰۷

۱-۶ دیدگاه اتمی

۱۰۷

۱-۶-۱ امعادات نفوذ

۱۱۰

۲-۶ روش پیوست

۱۱۳

۳-۶ مثال‌هایی از پدیده‌ی نفوذ

۱۱۵

منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

۱۱۷

فصل ۷ «تبدیل فاز»

۱-۷ اصول ترمودینامیک

۱۱۹

۲-۷ نمودار فاز

۱۲۳

۳-۷ انواع انتقال‌های فاز

۱۲۶

۱-۳-۷ انتقال‌های منظم - نامنظم

۱۲۷

۲-۳-۷ تبدیل مارتنستی

۱۳۳

۳-۳-۷ تبدیل چندریختی

۱۳۳

۴-۳-۷ تبلور مجدد

۱۳۴

۴-۷ سینتیک تبدیل فاز

۱۳۴

منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

۱۳۸

فصل ۸ «واکنش‌های حالت جامد»

۱-۸ طبقه‌بندی واکنش‌های حالت جامد

۱۳۹

۲-۸ واکنش‌های تجزیه‌ی گرمایی

۱۴۰

۱-۲-۸ قوانین حاکم بر هسته‌زایی

۱۴۳

۱۴۴	۸-۲-۲ رشد هسته‌ها
۱۴۷	۸-۳ واکنش بین دو جامد
۱۵۰	۸-۴ اصلاح واکنش‌پذیری جامدات
۱۵۰	۸-۴-۱ افزایش مساحت سطح
۱۵۱	۸-۴-۲ تهیه اکسیدهای سه‌تایی از طریق پیش‌ماده‌ی تک‌فاز
۱۵۲	۸-۴-۳ افزایش ناخالصی‌ها
۱۵۲	۸-۴-۴ اثرات ساختاری
۱۵۳	۸-۴-۵ اثر چگالش‌دگی
۱۵۳	۸-۴-۶ اثر تابش دارای انرژی زیاد
۱۵۳	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر
	فصل ۹ «الکترون‌ها در جامدات»
۱۵۵	مقدمه
۱۵۵	۹-۱ نظریه‌ی الکترون آزاد
۱۵۷	۹-۱-۱ انرژی فرمی
۱۶۰	۹-۱-۲ تابع توزیع انرژی
۱۶۲	۹-۱-۳ رسانایی الکتریکی فلزات
۱۶۵	۹-۲ نظریه‌ی نوار
۱۶۹	۹-۲-۱ جرم مؤثر الکترون
۱۷۲	۹-۲-۲ رساناهای فلزی، نارساها و نیمه‌رساناها
۱۷۳	۹-۲-۳ حفره
۱۷۴	۹-۳ نیمه‌رسانا
۱۷۷	۹-۳-۱ تراز فرمی در نیمه‌رساناها
۱۷۹	۹-۳-۲ خواص نیمه‌رساناها

۱۸۳	۴-۹ خواص اتصالات
۱۸۳	۹-۴-۱ اتصال فلز - فلز
۱۸۴	۹-۴-۲ اتصال فلز - نیمه‌رسانا
۱۸۷	۹-۴-۳ اتصال n-p
۱۸۸	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر
	فصل ۱۰ «خواص مغناطیسی»
۱۸۹	۱۰-۱ مقدمه
۱۸۹	۱۰-۱-۱ برخی کمیت‌های قابل اندازه‌گیری
۱۹۲	۱۰-۱-۲ دوقطبی مغناطیسی در یک میدان یکنواخت
۱۹۴	۱۰-۲ طبقه‌بندی مواد مغناطیسی
۱۹۶	۱۰-۳ خاصیت دیامغناطیسی
۱۹۶	۱۰-۳-۱ معادله‌ی لانزون
۱۹۹	۱۰-۳-۲ تأثیرپذیری مغناطیسی مولکول‌ها
۲۰۰	۱۰-۴ خاصیت پارامغناطیسی
۲۰۲	۱۰-۴-۱ اتم‌های چندالکترونی
۲۰۴	۱۰-۴-۲ تأثیرپذیری پارامغناطیسی بون‌های آزاد
۲۱۱	۱۰-۴-۳ خواص مغناطیسی ترکیبات عناصر خاکی کمیاب
۲۱۴	۱۰-۴-۴ اثر میدان بلور
۲۱۹	۱۰-۴-۵ خاصیت پارامغناطیسی در فلزات
۲۲۰	۱۰-۵ خاصیت فرومغناطیسی
۲۲۱	۱۰-۵-۱ نظریه‌ی میدان مولکولی
۲۲۸	۱۰-۶ خاصیت آنتی‌فرومغناطیسی
۲۲۹	۱۰-۶-۱ نظریه‌ی میدان مولکولی مواد آنتی‌فرومغناطیس

۲۳۲	۷-۱۰ خاصیت فری مغناطیس
۲۳۶	۱۰-۷-۱ برهمکنش تبادلی غیرمستقیم
۲۳۶	۱۰-۷-۲ ناهمسانگردی مگنتوبلورین (مغناطیس بلورین)
۲۳۸	۱۰-۷-۳ مغناطیدگی یک ماده‌ی فرومغناطیس
۲۴۰	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر
	فصل ۱۱ «ابرسانایی»
۲۴۱	۱۱-۱ مقدمه
۲۴۲	۱۱-۲ واقعیات تجربی بنیادین
۲۴۳	۱۱-۳ روابط ترمودینامیکی
۲۵۴	۱۱-۴ معادله‌ی لاندن
۲۵۷	۱۱-۴-۱ طول هم‌دوسی
۲۵۹	۱۱-۴-۲ شواهد وجود شکاف در طیف انرژی
۲۶۲	۱۱-۵ نظریه‌ی میکروسکوپی (نظریه‌ی BCS)
۲۶۶	۱۱-۵-۱ تونل‌زنی جوزفسون
۲۶۷	۱۱-۶ تشکیل ابرسانایی
۲۶۷	۱۱-۶-۱ ابرساناهای معمولی
۲۶۸	۱۱-۶-۲ ابرساناهای آلی
۲۷۰	۱۱-۶-۳ فولرها
۲۷۱	۱۱-۶-۴ ابرساناهای دمای بالا (HTSC)
۲۷۴	۱۱-۷ کاربردها
۲۷۶	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر

	فصل ۱۲ «سطح جامدات»
۲۷۷	مقدمه
۲۷۸	۱-۱۲ نیروهای سطح
۲۷۹	۱-۱-۱۲ نیروهای جذب سطحی فیزیکی
۲۸۳	۱-۱-۱۲ انرژی جذب شیمیایی
۲۸۶	۲-۱۲ ساختار سطح
۲۸۸	۱-۲-۱۲ LEED روش
۲۹۲	۳-۱۲ ترکیب سطح
۲۹۳	۱-۳-۱۲ ESCA روش
۲۹۷	۲-۳-۱۲ ESCA ابزار
۲۹۸	۴-۱۲ همدماهای جذب سطحی
۳۰۴	۵-۱۲ ترمودینامیک جذب سطحی
۳۰۵	۱-۵-۱۲ کشش سطحی
۳۰۸	۲-۵-۱۲ گرمای جذب سطحی و آنتروپی جذب سطحی
۳۱۲	۶-۱۲ واکنش کاتالیزی توسط جامدات
۳۱۲	۱-۶-۱۲ مسیر واکنش
۳۱۵	۲-۶-۱۲ مدل لانگمویر - هینشل وود
۳۱۷	۳-۶-۱۲ مدل ریدل - الی
۳۱۷	منابع پیشنهادی برای مطالعه‌ی بیشتر
۳۱۹	«واژه نامه‌ی فارسی - انگلیسی»
۳۴۱	«واژه نامه‌ی انگلیسی - فارسی»

پیشگفتار نویسنده

تا حدود چند سال قبل، مبحث شیمی حالت جامد هنوز جایگاهی در دوره‌های تحصیلی رشته‌ی شیمی در دانشگاه‌ها پیدا نکرده بود. در حقیقت عبارت شیمی حالت جامد به منظور جلب توجه و واداشتن فیزیک‌دانان و شیمی‌دانان به فعالیت در این زمینه بی‌اهمیت بود. این وضعیت هنگامی که مواد جامد جدید، کاربردهای زیادی در حوزه‌های گوناگون صنعت پیدا نمودند، به سرعت تغییر کرد. دامنه‌ی این مواد جامد از کاتالیزورهای جامد تا آهنرباهای ابررسانا گسترش یافته است. اکنون درک شده است که شیمی‌دانان نقش مهمی در کشف و تهیه‌ی جامدهای دارای ویژگی‌های جدیدتر، از راه شیوه‌های ارزان‌تر دارند. امروز مبحث شیمی حالت جامد حوزه‌ی مهمی را در شیمی تشکیل می‌دهد و باید در سطوح تحصیلات پایه و کارشناسی وارد شود. امیدوارم که این کتاب بتواند، دانشجویان را به این موضوع جالب، علاقمند و تشویق کند. این کتاب نتیجه‌ی درسی است که اینجانب سالیان متمادی در مؤسسه‌ی تکنولوژی هندوستان در بمبئی تدریس کرده‌ام. هدف اصلی این کتاب ارتباط دادن برخی ویژگی‌های مهم جامدات به ساختار آنها است. این کتاب با بحثی راجع به ساختارهای ساده همانند جامدات فلزی و یونی آغاز می‌شود. در ادامه به بررسی نقص‌های نقطه‌ای پرداخته شده که دارای نقش بسیار مهمی در تعیین ویژگی‌ها و فعالیت جامدات است. چندین صفحه از کتاب به جنبه‌ی غیراستوکیومتری، واکنش‌های حالت جامد و تبدیل فاز در جامدات اختصاص یافته است. ویژگی‌های الکتریکی و مغناطیسی به طور کامل مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. به منظور کاهش حجم کتاب که همواره مد نظر یک کتاب درسی مقدماتی است، از توضیح برخی موضوعات مانند ویژگی‌های گرمایی و نوری جامدات صرفنظر شده است. خاصیت ابررسانایی دارای آن‌چنان اهمیتی است که نمی‌توان از آن صرفنظر کرد، بنابراین از پروفیسور دیپان کا. گوچ از بخش فیزیک برای تألیف فصل یازدهم کتاب که درباره‌ی موضوع جالب ابررسانایی به بحث و بررسی می‌پردازد، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

این کتاب دارای معادلات زیادی است و پیداست که باید چنین باشد. اگر بخواهیم نظرات و مدل‌ها را از طریق آزمایش بررسی کنیم، نیازمندیم که آن‌ها را به صورت ریاضی بیان کنیم.

مفاهیمی که نمی‌توانند، به طور تجربی بررسی و اثبات شوند، هیچ معنایی در علم ندارند. البته ریاضیات به کار رفته در این کتاب درسی ساده هستند.

در این بخش جا دارد، از تعداد زیادی از دانشجویانی که سؤالاتی را در کلاس طرح کرده‌اند و در این جا سعی شده است، به آن‌ها پاسخ داده شود، تشکر کنم. سعی شده است که برخی از معادله‌های ریاضی در این کتاب حل شوند. به طور ویژه از دکتر رامچاندارا بهات و دکتر دباشیس داس جهت ویرایش دست‌نوشته‌ها، همچنین آقای جی. راویچاندران و دکتر سی. وی. وی. ساتیاناریانا به منظور کمک‌های بسیار زیاد آن‌ها تشکر و قدردانی می‌کنم. آقای اس. اس. شیکر برای رسم دقیق شکل‌های کتاب و آقای لالمانی دیلگانی نیز به جهت کمک‌های فنی، شایسته‌ی تقدیر فراوان هستند.

حمایت‌های مالی از سوی واحد CDP مؤسسه‌ی تکنولوژی هندوستان، شایسته‌ی سپاس و قدردانی است. لازم است، در پایان از همسر و فرزندانم برای بردباری‌شان در برابر تند مزاجی من که به علت فشار زمان کم نیز نبوده است، سپاس فراوان داشته باشم چون این کتاب بدون کمک آن‌ها به پایان نمی‌رسید. کوتاه‌نویسی‌های کتاب در نتیجه‌ی محدودیت خودم هستند.

د. کا. چاکراباتای

بخش شیمی

مؤسسه تکنولوژی هندوستان

بیتلی