



مبانی شیمی سطح و حالت جامد

دکتر علی نخعی پور
عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	نخعی پور، علی، ۱۳۵۱ -
عنوان و نام پدیدآور:	مبانی شیمی سطح و حالت جامد/ علی نخعی پور.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری:	۲۶۰ ص. : مصور، جدول، نمودار.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۷۳۷.
شابک:	
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.
یادداشت:	نمایه.
موضوع:	شیمی رویه ها
موضوع:	شیمی حالت جامد
موضوع:	سطح مشترک (فیزیک)
شنا:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات
بند:	QD ۵۰۶
رد:	۵۴۱/۳۳
شماره:	۵۸۳۵۸

ISBN: 978-964-386-427-9

Surface chemistry

Solid state chemistry

Interfaces (Physical sciences)

مبانی شیمی سطح و حالت جامد



پدیدآورنده: دکتر علی نخعی پور
 ویراستار علمی: دکتر محمد ایزدیار
 مشخصات: وزیری، ۲۵۰ نسخه، چاپ اول، پاییز ۳۹۸
 چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد
 بها: ۳۵۰/۰۰۰ ریال
 حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.
 مراکز پخش:

فروندگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد،
 جنب سلف یاس تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
 مؤسسه کتابپوزان: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،
 شماره ۲۳۸ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
 مؤسسه دانشپوزان: تهران، خیابان انقلاب، خیابان میری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری،
 شماره ۱۴۲ تلفن: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست

پیشگفتار.....	۱۱
فصل ۱: کشش سطحی و خاصیت مویینگی.....	۱۳
۱-۱ مقدمه.....	۱۳
۲-۱ سطح مشترک بین دو فاز.....	۱۴
۳-۱ مفهوم کشش سطحی.....	۱۵
۴-۱ معادله لاپلاس - یانگ.....	۱۸
۵-۱ بررسی ترمودینامیکی سطح مشترک دو فاز.....	۲۰
۱-۵-۱ مفهوم ترمودینامیکی کشش سطحی.....	۲۰
۲-۵-۱ خواص ترمودینامیکی سطح.....	۲۱
۳-۵-۱ هم‌دمای جذب سطحی گیس.....	۲۳
۶-۱ عوامل مؤثر بر کشش سطحی مایعات.....	۲۵
۱-۶-۱ دمای مایع.....	۲۵
۲-۶-۱ غلظت حل‌شونده در حلال.....	۲۷
۷-۱ تأثیر انواع حل‌شونده‌ها بر کشش سطحی آب.....	۲۹
۸-۱ تأثیرات کشش سطحی بر رفتار مایعات.....	۳۱
۱-۸-۱ شناوری بر سطح مایع.....	۳۱
۲-۸-۱ تأثیر انحناى سطح مشترک بر اختلاف فشار دو فاز مجاور (معادله گیس - تامسون).....	۳۲
۳-۸-۱ پدیده ترشوندگی و زاویه تماسی (مجاورت سه فاز مختلف در کنار هم).....	۳۴
۴-۸-۱ اثر مویینگی.....	۳۶
۵-۸-۱ تغییر در فشار بخار قطرات مایع (معادله کلوزین).....	۳۹
۶-۸-۱ تأثیر کشش سطحی بر میعان مایع.....	۴۰
۷-۸-۱ تأثیر کشش سطحی بر فرایند رسوب‌گیری ذرات جامد از محلول.....	۴۱
۹-۱ روش‌های اندازه‌گیری کشش سطحی مایعات.....	۴۵

۴۵	۱-۹-۱ تعیین ارتفاع موینگی مایع
۴۶	۲-۹-۱ روش قطره سنجی
۴۸	۳-۹-۱ روش ورقه و بلهلمی
۵۰	۴-۹-۱ روش حلقه دو نوی
۵۱	۵-۹-۱ روش قطره چرخان

فصل ۲: ساختار جامدات بلورین

۵۵	۱-۲ مقدمه
۵۶	۲-۲ ساختار بلورین
۵۸	۳-۲ رده بندی بلورها
۶۰	۴-۲ مشخصات سیستم بلوری
۶۴	۵-۲ تقارن در ساختارهای بلورین
۷۱	۶-۲ تعیین مختصات بلور
۷۱	۱-۶-۲ تعیین موقعیت طرح های ساختاری در بلو
۷۳	۲-۶-۲ تعیین جهت ها
۷۵	۳-۶-۲ صفحات بلوری
۸۱	۴-۶-۲ موقعیت یک راستا نسبت به یک صفحه در بلور
۸۱	۵-۶-۲ تعیین چگالی سطحی صفحات بلور
۸۲	۷-۲ پراش پرتو ایکس از صفحات بلورها
۸۲	۱-۷-۲ دستیابی به معادله براگ
۸۵	۲-۷-۲ پراش پرتو ایکس تک بلور و پودری
۸۷	۳-۷-۲ جهت ها و شدت پرتو ایکس
۹۰	۴-۷-۲ تعیین اندازه ذرات با استفاده از پراش پرتو ایکس
۹۲	۸-۲ نقایص بلوری
۹۳	۱-۸-۲ نقص های نقطه ای
۹۴	۱-۱-۸-۲ نقایص جای خالی
۹۵	۲-۱-۸-۲ نقص بین شبکه ای یا بین نشینی
۹۵	۳-۱-۸-۲ نقص جایگزینی
۹۶	۴-۱-۸-۲ نقص ناخالصی درزی

۹۷	۵-۱-۸-۲ نقایص نقطه‌ای در سرامیک‌ها و ساختارهای یونی
۹۸	۲-۸-۲ نقایص خطی
۹۹	۱-۲-۸-۲ جابه‌جایی‌های لبه‌ای
۱۰۰	۲-۲-۸-۲ جابه‌جایی پیچشی
۱۰۱	۳-۲-۸-۲ جابه‌جایی مخلوط
۱۰۱	۳-۸-۲ نقایص سطحی
۱۰۲	۱-۳-۸-۲ نقایص در سطوح خارجی بلور
۱۰۴	۲-۳-۸-۲ نقص مرز دانه
۱۰۵	۳-۳-۸-۲ نقص در چینش
۱۰۶	۴-۳-۸-۲ مرزهای دوگانه
۱۰۶	۴-۸-۲ نقایص حجمی یا توده‌ای
۱۰۷	۹-۲ انرژی‌های پیوستگی در مدار بلورین
۱۰۷	۱-۹-۲ بلورهای فلزی
۱۰۷	۱-۱-۹-۲ انرژی پیوستگی بلورهای مزی
۱۰۸	۲-۱-۹-۲ نظریه الکترون آزاد در فلزات
۱۱۱	۲-۹-۲ بلورهای یونی
۱۱۱	۱-۲-۹-۲ انرژی پیوستگی بلورهای یونی
۱۱۲	۲-۲-۹-۲ محاسبه نظری انرژی پیوستگی بلورهای یونی
۱۱۴	۳-۲-۹-۲ محاسبه شعاع‌های یونی
۱۱۶	۳-۹-۲ جامدات بلورین کووالانسی
۱۱۶	۱-۳-۹-۲ نظریه نوار در جامدات بلورین
۱۱۷	۲-۳-۹-۲ انواع جامدات از نظر هدایت الکتریکی
۱۱۸	۱۰-۲ انرژی آزاد سطحی در جامدات

فصل ۳: انجام واکنش‌های شیمیایی بر روی سطح جامدات ۱۲۳

۱۲۳	۱-۳ انجام واکنش‌ها بر روی سطح جامدات
۱۲۴	۲-۳ مراحل انجام یک واکنش ناهمگن یا تماسی
۱۲۵	۳-۳ فرایندهای نفوذ در واکنش‌های سطحی
۱۲۷	۱-۳-۳ محدودیت‌های نفوذ درون دانه کاتالیزور

- ۱-۱-۳-۳ بررسی ساختار منافذ جامدات ۱۲۷
- ۲-۱-۳-۳ تأثیر نفوذ درون دانه‌ای بر سرعت واکنش روی سطح ۱۳۱
- ۳-۱-۳-۳ بررسی ضریب نفوذ مؤثر به درون منافذ کاتالیزور ۱۳۳
- ۴-۱-۳-۳ بررسی ضریب کارایی یا ضریب تأثیر، η ۱۳۶
- ۲-۳-۳ محدودیت‌های نفوذ بیرون دانه کاتالیزور ۱۳۹
- ۳-۳-۳ روش‌های شناخت محدودیت‌های نفوذی ۱۴۲
- ۴-۳ جذب سطحی ۱۴۳
- ۱-۴-۳ نیروی مولکولی فرایند جذب سطحی ۱۴۴
- ۲-۴-۳ انواع جذب سطحی ۱۴۵
- ۱-۲-۴-۳ جذب سطحی فیزیکی ۱۴۵
- ۲-۲-۴-۳ جذب سطحی شیمیایی ۱۴۷
- ۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی ۱۵۰
- ۱-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی تعویضی ۱۵۳
- ۲-۳-۴-۳ دستیابی به هم‌دمای جذب سطحی لانگمویر برای جذب تجمعی ۱۵۴
- ۳-۳-۴-۳ مفهوم میزان پوشش در هم‌دمای جذب سطحی لانگمویر ۱۵۶
- ۴-۳-۴-۳ بررسی ثابت ترمودینامیکی جذب سطحی لانگمویر ۱۵۷
- ۵-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی لانگمویر برای جذب سادگی رتبتی گونه‌های مختلف ۱۵۹
- ۶-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی لانگمویر برای جذب سطحی تجزیه‌ای ۱۶۲
- ۷-۳-۴-۳ بررسی هم‌دمای لانگمویر با استفاده از نظریه جنبشی گازها ۱۶۲
- ۸-۳-۴-۳ تعیین انتالپی جذب سطحی ۱۶۷
- ۹-۳-۴-۳ اشکالات هم‌دمای لانگمویر ۱۶۹
- ۱۰-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی هنری ۱۶۹
- ۱۱-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی تمکین ۱۷۰
- ۱۲-۳-۴-۳ ارزیابی پارامترهای هم‌دمای تمکین با استفاده از هم‌دمای لانگمویر ۱۷۱
- ۱۳-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی فرن‌دلیچ ۱۷۳
- ۱۴-۳-۴-۳ ارزیابی پارامترهای هم‌دمای فرن‌دلیچ با استفاده از هم‌دمای لانگمویر ۱۷۵
- ۱۵-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی سیس ۱۷۶
- ۱۶-۳-۴-۳ هم‌دمای جذب سطحی BET ۱۷۷
- ۱۷-۳-۴-۳ محدوده استفاده از هم‌دمای مختلف ۱۸۰
- ۵-۳ انجام واکنش بر روی سطح کاتالیزورهای تماسی ۱۸۱

۱۸۲	۱-۵-۳ مکانیسم لانگمویر- هینشل وود
۱۸۳	۲-۵-۳ مکانیسم ایلی- ریدل
۱۸۴	۳-۵-۳ مقایسه مکانیسم‌های ایلی- ریدل و لانگمویر- هینشل وود
۱۸۵	۴-۵-۳ تأثیر میزان پوشش سطح بر انجام واکنش بر روی سطح
۱۸۵	۱-۴-۵-۳ تأثیر میزان پوشش سطح بر واکنش تک‌مولکولی سطحی
۱۸۸	۲-۴-۵-۳ تأثیر میزان پوشش سطح بر واکنش چندمولکولی سطحی
۱۹۰	۵-۵-۳ تأثیر گرمای جذب سطحی بر انجام واکنش بر روی سطح
۱۹۲	۶-۳ دفع سطح
۱۹۳	۷-۳ بیان - اصطلاح
۱۹۳	۱-۷-۳ میزان تبدیل واکنشگرها
۱۹۳	۲-۷-۳ میزان تبدیل مقیاس تان‌های فعال TOF و TON
۱۹۷	فصل ۴: روش‌های بررسی تصاویر نیمه فیزیکی جامدات و سطوح آن‌ها
۱۹۷	۱-۴ مقدمه
۱۹۷	۲-۴ هم‌دمای جذب و دفع سطحی بر روی طرح جامدات
۱۹۹	۲-۴ اندازه‌گیری سطوح جامد به روش جذب فیزیکی
۲۰۲	۳-۴ اندازه‌گیری ابعاد ذرات جامد با استفاده از سطح آن
۲۰۳	۴-۴ بررسی ساختار منافذ جامدات با استفاده از جذب و دفع فیزیکی گازها
۲۰۳	۱-۴-۴ ساختار منافذ جامدات
۲۰۴	۲-۴-۴ بررسی پدیده هیستریزیس
۲۰۷	۳-۴-۴ اصول اندازه‌گیری تخلخل جامدات به روش تراکم گازها
۲۱۰	۵-۴ استفاده از تخلخل سنج جیوه‌ای برای بررسی سطح و تخلخل جامدات
۲۱۲	۱-۵-۴ اندازه‌گیری سطح با استفاده از تخلخل سنج جیوه‌ای
۲۱۳	۲-۵-۴ بررسی منافذ جامدات با استفاده از تخلخل سنج جیوه‌ای
۲۱۴	۶-۴ روش‌های برنامه‌ریزی شده دمایی
۲۱۵	۱-۶-۴ روش‌های دفع برنامه‌ریزی شده دمایی
۲۱۷	۱-۱-۶-۴ بررسی اسیدبته سطحی جامدات به روش دفع برنامه‌ریزی دمایی
۲۱۸	۲-۱-۶-۴ اندازه‌گیری سطح فعال کاتالیزورها به روش دفع برنامه‌ریزی دمایی
۲۲۰	۲-۶-۴ کاهش برنامه‌ریزی شده دمایی (TPR)

۲۲۰	۱-۲-۶-۴ بررسی ترمودینامیکی فرایند کاهش
۲۲۱	۲-۲-۶-۴ مکانیسم‌های کاهش اکسیدهای فلزی
۲۲۳	۳-۲-۶-۴ سرعت فرایند کاهش برنامه‌ریزی شده دمایی
۲۲۴	۷-۴ روش‌های طیف‌سنجی برای بررسی ساختار جامدات
۲۲۴	۱-۷-۴ روش‌های پراش از سطوح جامدات
۲۲۴	۱-۱-۷-۴ پراش پرتو ایکس (XRD)
۲۲۹	۲-۱-۷-۴ پراش الکترونی کم‌انرژی (LEED)
۲۳۳	۲-۷-۴ میکرو سوب الکترونی
۲۳۴	۱-۲-۷-۴ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۲۳۵	۲-۲-۷-۴ میکروسکوپ عبور الکترونی (TEM)
۲۳۸	۳-۲-۷-۴ پراکندگی انرژی پراش (EDX)
۲۴۰	۳-۷-۴ طیف‌سنجی فوتو الکترون با توایکس (XPS) و الکترون اوزنه
۲۴۶	۴-۷-۴ میکروسکوپ روبشی پروبی
۲۴۸	۱-۴-۷-۴ میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)
۲۵۰	۲-۴-۷-۴ میکروسکوپ‌های نیروی اتمی (AFM)
۲۵۲	۸-۴ مقایسه روش‌های مختلف بررسی ساختار جامدات

۲۵۵ پیوست‌ها

۲۵۹ نمایه

پیشگفتار

کتاب پیش‌ریزی حاصل سال‌ها تجربه کار تحقیقاتی، آموزشی و صنعتی این‌جانب در زمینه توسعه کاتالیزورها، صنعتی در صنعت نفت و مراکز پژوهشی و دانشگاهی است. با وجود چاپ کتاب‌های متعدد در زمینه شیمی سطح حالت جامد، کتابی جامع به زبان فارسی که اصول واکنش‌های سطحی و حالت جامد را به نحو مناسب منتشر کند، تاکنون منتشر نشده است. لذا بر آن شدیم تا خلأ موجود را با انتشار کتاب حاضر برطرف سازیم. این کتاب در چهار فصل جمع‌آوری و تألیف شده که هر فصل به یکی از موضوعات اساسی شیمی سطح، حالت جامد پرداخته است. از آنجا که در کتاب‌های شیمی سطح موجود در زبان فارسی موضوع روش‌های اندازه‌گیری کشش سطحی مورد توجه قرار نگرفته است، در فصل اول کتاب، اصول کشش سطحی مایعات و روش‌های اندازه‌گیری آن بیان شده است. در فصل دوم، ساختار جامدات و شیمی حالت جامد مدنظر قرار گرفته و مطالب بسیار گسترده‌ای را در زمینه بررسی ساختار و تقارن جامدات به رشته تحریر درآمده است. در فصل سوم، به موضوع انجام واکنش‌ها بر روی سطح پرداخته شده و پدیده‌های انتقال جرم مانند نفوذ به درون منافذ جامد که در عمل بر روی کاتالیزورهای صنعتی اتفاق می‌افتد تشریح شده‌اند. این مبحث در مراجع فارسی ارتباط با شیمی سطح کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در فصل چهارم، به بررسی روش‌های شناسایی ساختارهای جامد پرداخته‌ایم و تکنیک‌های متداول در این زمینه را بررسی کرده‌ایم. این روش‌ها برای شناسایی نانو ساختارها استفاده می‌شود.

مطالعه این کتاب به کلیه علاقه‌مندان علم سطح و کاتالیزورهای جامد از جمله دانشجویان شیمی، مهندسی شیمی و مواد توصیه می‌شود. همچنین مطالعه این کتاب برای پژوهشگرانی که در زمینه نانو ساختارها و نانوذرات مشغول کارهای تحقیقاتی هستند، خالی از لطف نیست. قابل ذکر است از آنجا که این اولین چاپ کتاب است، قطعاً بدون اشکال نیست. بنابراین ارائه پیشنهادها و انتقادات خوانندگان محترم به منظور بهبود کیفیت کتاب در نگارش چاپ‌های بعدی بسیار مفید خواهد بود.

در پایان لازم می‌دانم از تمامی همراهان ارجمندی که در مسیر شکل‌گیری ایده‌های نخستین تا تألیف و انتشار این اثر به شیوه‌های مختلف یاری رسانده‌اند، قدردانی کنم. و تشکر خود را از آقای دکتر محمد ایزدیار که زحمت ویرستاری علمی کتاب را متقبل شده‌اند، همچنین خانم هانیه اسدپور بابت ویراستاری ادبی و نیز مدیریت ارجمند و کارکنان محترم مدیریت نشر دانشگاه فردوسی مشهد به جهت آماده‌سازی، چاپ و نشر اثر، ابراز می‌دارم.

علی نخعی‌پور

بهار ۱۳۹۸

www.ketab.ir