



شیمی فیزیک [۳]

سیستیک شیمیایی و ترمودینامیک آماری

نوشته

پیتر اتکینز و جولینو دی پائولا

ترجمه

دکتر سیدفرامرز طباری

دکتر سیف الله جلیلی

سرشناسه : اتکینز، پتر ویلیام، ۱۹۴۰ م. Atkins, Peter William
عنوان و پدید آور : شیمی فیزیک / نوشته پتر اتکینز؛ جولیه دی پائولا؛
ترجمه سیف الله جلیلی و سیدفرامرز طیار
وضعیت ویراست : [ویراست ۷]
مشخصات نشر : تهران: انتشارات علمی و فنی، ۱۳۸۳ - ۱۳۸۵
مشخصات ظاهری : ۳ ج. مصور، جدول، نمودار
شابک : (دوره)؛ (ج. ۱)؛ (ج. ۳)
964-6215-33-5964-6215-30-0964-6215-32-7

یادداشت : فیا :
یادداشت : ج. ۳ (چاپ اول: آبان ۱۳۸۵)
یادداشت : عنوان اصلی: Atkins' Physical chemistry. 7th ed.,
یادداشت : واژه نامه
مدرجات : ج. ۱. ترمودینامیک ---- ج. ۳. سینتیک شیمیایی و
ترمودینامیک آماری.
موضوع : شیمی فیزیک
موضوع : شیمی فیزیک -- مسائل، تمرینها و غیره
شناسه افزوده : دی پائولا، جولیه، De Paula, Julio
شناسه افزوده : طیار، سیدفرامرز، ۱۳۲۶ -
شناسه افزوده : جلیلی، سیف الله، ۱۳۵۰ -، مترجم
رده بندی کنگره : ۱۳۸۳ ش ۹۲ الف ۲ / QD۴۵۳
رده بندی دیویی : ۵۴۱/۳
شماره کتابخانه ملی : ۳۱۲۹۳-۲۸۳ م

شیمی فیزیک [۳]: سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک آماری

نوشته پتر اتکینز و جولیه دی پائولا

ترجمه دکتر سیف الله جلیلی و دکتر سیدفرامرز طیار

چاپ اول: پاییز ۸۵

۶۳۲ صفحه وزیری در ۲۰۵۰ نسخه، چاپ پڑواک اندیشه

ویرایش، گرافیک و حروفچینی: آتیه انتشارات علمی و فنی

سرپرست تولید: آرش بهرام پور

ویراستار: آرش بهرام پور

مقابله: محمد ازوج

طراح جلد: امیرحسین مظاهری نیا

گرافست حروفچینی: سهیلا توکمندی

شابک جلد: ۹۶۴-۶۲۱۵-۳۲-۷

شابک دوره: ۹۶۴-۶۲۱۵-۳۳-۵

تهران: صندوق پستی شماره ۱۴۴۵۵/۱۸۸

تلفن: ۸۸۷۲۹۱۹۸ - ۸۸۵۵۴۸۴۹، فکس و پیامگیر: ۸۸۵۵۵۹۳۲

پست الکترونیکی: elmi_fanni@yahoo.com

قیمت: ۷۰۰۰۰ ریال



کتاب شیمی فیزیک اتکینز به اعتبار شاخص بودن آن، در بسیاری از دانشگاه‌های معتبر جهان تدریس می‌شود. نویسنده در این ویرایش جدید، مسائل شیمی فیزیک را به شیوه‌ای ساده و با کمترین پیچیدگی در ریاضیات به دانشجو آموزش می‌دهد. بویژه، با جدا کردن بخشهای مختلف اثبات معادلات شیمی فیزیک از یکدیگر و بیان ساده ریاضیات آنها و نیز با وارد کردن مسائل متفاوت زیست‌شناختی، کل نوشته کتاب را با سایر ویرایشهای پیشین متمایز ساخته است.

به دلیل این چنین ویژگیها و تغییرات کلان و نگرشی نو در ویرایش هفتم، ارائه و عرضه ترجمه آن برای دانشجویان رشته شیمی دانشگاههای ایران ضروری و لازم به نظر رسید.

کل مطالب شیمی فیزیک در کتاب اتکینز در سه قسمت: (۱) ترمودینامیک، (۲) شیمی کوانتومی و (۳) سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک آماری ارائه شده است، لیکن به دلیل آنکه قسمت دوم، یعنی موضوع شیمی کوانتومی تمام سرفصلهای تعیین شده وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را نمی‌پوشاند، لذا ارائه ترجمه کتاب شیمی کوانتومی «لوان» که از معتبرترین کتابها در این زمینه است و مطالب آن با سرفصلهای شیمی کوانتومی ۱ و ۲ دانشگاههای ایران انطباق دارد، به عنوان جلد دوم این مجموعه انتخاب گردید.

گروه شیمی انتشارات علمی و فنی

پیشگفتار مترجمان

«شیمی فیزیک [۳]» به نام سینتیک شیمیایی و ترمودینامیک آماری، ترجمه ده فصل از بخشهای دوم و سوم ویرایش هفتم کتاب ATKINS' PHYSICAL CHEMISTRY است که انتشار ترجمه بخش اول آن تحت عنوان «شیمی فیزیک [۱]» به نام ترمودینامیک مورد استقبال همکاران محترم و دانشجویان قرار گرفته است.

این کتاب به بحث ترمودینامیک آماری که پل ارتباطی بین ترمودینامیک و شیمی کوانتومی است و همچنین به بحث سینتیک شیمیایی که علم بررسی سرعت و مکانیسم فرایندهای مختلف است، می پردازد. به علاوه، با توجه به اهمیت نیروهای بین ذره‌ای و درشت مولکولها، این دو نیز در دو فصل مجزا آورده شده‌اند.

کتاب شیمی فیزیک اتکینز در ویرایش هفتم که با همکاری جولیه دی پائولا نوشته شده، شامل موضوعات جدیدی در قالب کادرهاست که می‌تواند خواننده را با مسائل تحقیقاتی جدید در شیمی فیزیک آشنا سازد.

با چاپ جلد سوم از این مجموعه و انتشار ترجمه دوره سه جلدی حل مسائل مربوطه که متعاقباً از طرف ناشر توزیع و عرضه می‌شود، تولید یک مجموعه کامل در درس شیمی فیزیک، در راستای پوشش سرفصلهای دروس شیمی فیزیک دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد و به همت کادر علمی، فنی، ادبی و هنری آئلیه این انتشارات تحقق می‌یابد. بدین لحاظ، ما خود را وامدار همه عزیزانی که در انتشارات علمی و فنی به نحوی مشمول یاریشان بوده‌ایم، می‌دانیم و سپاسگزار همه آنان هستیم. تابستان سال ۱۳۸۵

سیف‌الله جلیلی

سیدفرامرز طیار

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی

عضو هیأت علمی دانشگاه

خواجه نصیرالدین طوسی

فردوسی مشهد

پیشگفتار برای دانشجویان

مثالهای حل شده زیادی در سرتاسر کتاب آورده شده است. هر مثال دارای یک بخش به نام روش است که نشان می دهد چگونه مسأله حل شود و اطلاعات مورد نیاز جمع آوری گردد. بعد از مثال حل شده، یک خود آزمایی آورده شده است تا بلافاصله بعد از کارکردن روی مثال، میزان درک خود را بیازمایید. همچنین شما مثالهای توضیحی زیادی خواهید دید. اینها مثالهای حل شده ای کوتاه هستند که بطور خلاصه نشان می دهند چگونه از یک مفهوم یا معادله استفاده کنیم.

در پایان هر فصل فهرست مفاهیم کلیدی وجود دارد که برای مرور کردن مفید است. در این فهرست تمام اصطلاحات جدید تعریف شده در فصل، جمع آوری گردیده، بنابراین این بخش، فرهنگ لغاتی از مفاهیم مهم است. در این بخش همچنین مهمترین معادلات هم لحاظ شده اند. به هر حال، به شما توصیه نمی کنیم که این معادلات را از بر کنید؛ بهتر است که یاد بگیریم چگونه یک معادله را به دست بیاوریم به جای اینکه آن را حفظ نماییم.

توجه شما را به وب سایت این کتاب در www.oup.com/pchem7 جلب می کنیم. در این سایت اطلاعات اضافی زیادی وجود دارد از قبیل سایتهای منابع داده ها و اطلاعات اضافی درباره موضوعات انتخاب شده. یکی از مهمترین قسمتهای این سایت بخش رسم نمودار است. این نمودارها نسخه پویای برخی از نمودارهایی هستند که در کتاب گنجانده شده و شما را قادر می سازند تا ببینید وقتی که پارامترهای موجود در یک معادله را تغییر می دهید چه اتفاقی می افتد.

شیمی فیزیک علمی سخت ولی فوق العاده غنی است که مبنای تمام شیمی است و با پیچیده تر شدن جنبه های محاسباتی و تحقیقاتی شیمی، اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. برای شما در مطالعه شیمی فیزیک آرزوی موفقیت داریم و امیدواریم که این کتاب برای شما مفید باشد.

به کلاس درس شیمی فیزیک - موضوعی که اساس تمام شیمی و بطور فزاینده ای زیست شناسی، مهندسی و پزشکی است - خوش آمدید. در این کتاب شما با دامنه وسیعی از موضوعات تشکیل دهنده شیمی فیزیک آشنا می شوید. درست نیست که از شما انتظار داشته باشیم که هر چه در این کتاب است را فرابگیرید، ولی شما ممکن است که از آن در مشاغل آینده خود به عنوان مرجع مناسبی برای موضوعاتی که فرا نگرفته و همان طور آنها را یاد گرفته اید استفاده کنید.

باید صادقانه بگوییم که شیمی فیزیک براساس جنبه های ریاضی شیمی نوین استوار است. به هر حال، ما بهترین کاری را که توانسته ایم انجام داده ایم تا مطالب ریاضی آن چنان که امکان دارد قابل دسترس و جالب ارائه شود. اولاً، کتاب بخوبی مصور شده است تا به شما کمک کند که جنبه های کیفی یک مفهوم را با تصویر بفهید. ثانیاً، دقت کردیم تا توضیح دهیم که چرا باید از یک شیوه ریاضی خاص استفاده شود و هر جایی که مناسب باشد مفهوم فیزیکی معادلات را توضیح دهیم. ملاحظه خواهید کرد که بیشتر روشهای به دست آوردن معادلات، در بخشهایی به نام توجه ها آورده شده اند. این توجه ها شما را قادر می سازد تا یک موضوع را بدون اینکه در ابتدا درگیر جزئیات اضافی شوید مطالعه کنید و سپس به روش مورد نظر خود برگردید.

چون توجه ها از متن اصلی کتاب جدا شده اند، بنابراین آنها برای مرور کردن برای امتحان مناسب هستند. ممکن است به بعضی از شماها توصیه شود که کاملاً از آنها صرف نظر کنید؛ در این موارد به توصیه مدرس خود عمل کنید. این توجه ها به این منظور آورده شده اند تا متن کتاب به عنوان یک مرجع توانا و کامل درآید. توضیحات کوتاه حاشیه ای، برای یادآوری نکات ریاضی آورده شده اند. زمینه مربوط به این یادداشتها در بخش اطلاعات اضافی در انتهای کتاب آورده شده است.

پیشگفتار برای مدرس

این کتاب در این ویرایش نیز، طبق روال گذشته بطور یکنواخت بازنگری شده است. قصد ما این بوده که کتاب را انعطافپذیر کرده و آن را ساده‌تر ارائه دهیم، با این شرط که هدف مورد نظر تأمین گردیده و اعتبار کتاب حفظ شود. از طرفی، تلاش کردیم تا محتوای موضوعات نو باشد، همچنین از امکانات الکترونیکی که امروزه به عنوان قسمتی لاینفک از آموزش شده است استفاده کردیم.

در این ویرایش نیز کتاب به سه قسمت تقسیم شده است، ولی برخی مطالب بین فصلها جابه‌جا شده و فصلها مجدداً تنظیم شده‌اند. دربارهٔ اینکه ابتدا کوانتوم باشد یا ترمودینامیک، بین شیمی فیزیکدانان مباحث دنباله‌داری وجود دارد. یکی از اهداف راهبردی این ویرایش انتخاب روش کار به طرق مختلف است. دو روش را برای کمک به هدایت مدرسین، در انتهای این پیشگفتار پیشنهاد داده‌ایم. دوره‌های کمتر ساختاریافته (مانند دوره‌هایی که در اروپا ارائه می‌شوند) نیز می‌توانند از این کتاب برای درسهای متمرکز روی موضوعهای کوتاه استفاده کنند.

ما عناوین جدید را افزایش داده‌ایم، ضمن آنکه توجه داشته‌ایم که بیوشیمی فیزیک در راه است. بدین لحاظ، در این کتاب کادרהای زیادی گنجانیده شده که در این کادرها روی کاربرد شیمی فیزیک در پدیده‌های زیست‌شناختی تأکید شده است. ولی، باید توجه داشت که شیمی فیزیک فقط موضوعی برای درک زیست‌شناسی نیست؛ بلکه شیمی فیزیک در مهندسی شیمی، علم مواد، علوم محیطی و بقیه شاخه‌های شیمی نقش حیاتی دارد. بنابراین، به کاربردهای شیمی فیزیک در این زمینه‌ها نیز توجه کرده‌ایم. استفاده از کادرها برای بیان چنین کاربردهایی، جدای از متن اصلی کتاب، بخشی از سیاست ما برای انعطافپذیر ساختن آن است. هر کادر دو سؤال تشریحی دارد، بنابراین می‌توان این مطالب را جزو تکلیفها قرار داد و آزمایش کرد. از طرفی در هر کادر، منابعی برای مطالعه بیشتر نیز آورده شده است.

تلاش کردیم که ریاضیات مورد استفاده در کتاب را به شیوه‌ای ساده‌تر بیان کنیم. نباید انکار کرد که شیمی فیزیک یک موضوع ریاضی است، ولی روشی که ریاضیات در آن به کار برده می‌شود اهمیت زیادی دارد. ما راهبردهایی را به کار برده‌ایم که شما و دانشجویان را کمک کنند. این کتاب همیشه به‌خاطر روشی که در آن ریاضیات و توصیفهای فیزیکی به کار برده شده، برای خوانندگان جذاب بوده است. همانند ویرایش ششم، استخراج روابط کلیدی در توجه‌ها آورده شده است. علت استفاده از این روش این است که یک دانشجو می‌تواند قبل از مشغول شدن به استخراج فرمولها، یک تصویر کلی از موضوع به‌دست بیاورد؛

می‌توان از فرمولهای پیچیده صرف‌نظر کرد، ولی برای ارجاع به آنها، در کتاب آورده شده‌اند؛ از توجهات می‌توان برای مرور یا تکالیف درسی نیز استفاده کرد. بطور خلاصه توجهات، جزئی از انعطافپذیری کتاب هستند بطوری که استفاده صحیح از آنها مدرسان را قادر می‌سازد تا سطح کتاب را با توجه به نیازهای دوره درسی تنظیم کنند. ویژگی دیگر این ویرایش استفاده از یادداشتهای حاشیه‌ای ریاضی است تا یک موضوع ریاضی کلیدی به دانشجو یادآوری شود که می‌توان از آن در استخراج فرمولهای موردنظر استفاده کرد. زمینه این توضیحات ریاضی، در بخش اطلاعات اضافی در انتهای کتاب آورده شده است.

خوانندگان چاپهای اخیر خواهند دید که در ترتیب موضوعات تفسیراتی داده شده است، بحث تئوری جنبشی گازها در جایی مطرح گردیده که حرکات مولکولی آورده شده است (فصل ۲۴). در یک فصل جدید دربارهٔ حالت جامد، (فصل ۲۳)، بیشتر مطالبی که قبلاً پراکنده بودند را یکجا آورده‌ایم و به آن بخشی دربارهٔ خواص الکتریکی و مغناطیسی اضافه کرده‌ایم که می‌تواند به عنوان پلی برای دروس علم مواد عمل کند. فصل خواص الکتریکی و مغناطیسی که قدیمی بوده و بندرت مورد استفاده قرار می‌گرفت، جابه‌جا شده و به عنوان فصلی دربارهٔ برهمکنشهای مولکولی دوباره آورده شده است (فصل ۲۱). بیشتر مطالبی که به بخشهای دیگر کتاب اضافه شده است شامل: تقویت کردن تئوری کوانتوم، وارد کردن تئوری اختلال وابسته به زمان به عنوان روشی برای متحد کردن ارائه اسپکتروسکوپی و اضافه کردن بحث سازوکار واکنشهای انتقال پروتون (تئوری کارکوس) است؛ و بررسی از جنبه‌های کلاسیکی ترمودینامیک و کاربردهای آن را ساده‌تر کرده‌ایم.

در این ویرایش هر فصل با فهرستی از نکات کلیدی و معادلات کلیدی پایان می‌پذیرد. امیدواریم که این نوآوری به عنوان کمکی برای مطالعه در نظر گرفته شود نه به عنوان کمک به حفظ کردن اصطلاحات. در هر فصل تعداد زیادی مثالهای حل‌شده ساختاریافته آورده شده که هر کدام با یک خودآزمایی همراه است. همچنین، مثالهای تشریحی آورده شده که نمونه‌های کوتاه و ساختار نیافته‌ای از نحوه استفاده از یک مفهوم یا یک معادله هستند. تمام این موارد شماره گذاری شده‌اند، بنابراین براحتی می‌توان از آنها به عنوان تکالیف استفاده کرد. مانند همیشه، تمرینها و مسائل سخت‌تری در انتهای هر فصل آورده شده است. نوآوری در این زمینه در این ویرایش این است که بخش تمرینها با انتخابی از سؤالات تشریحی شروع می‌شود و طوری طراحی شده‌اند که به‌وضوح کردن بحث کمک کند و به‌درک عمیقتری از موضوع

اینترنتی دیگر آورده شده است. یادداشتهای حاشیهای در کتاب، دانشجو را به لینکهای مفید اینترنتی راهنمایی می کند. بطور خلاصه، این وب سایت برای غنی ساختن کتاب و فراهم آوردن یک منبع پویاست.

اکسفورد P.W.A

هاورفورد J.de.P

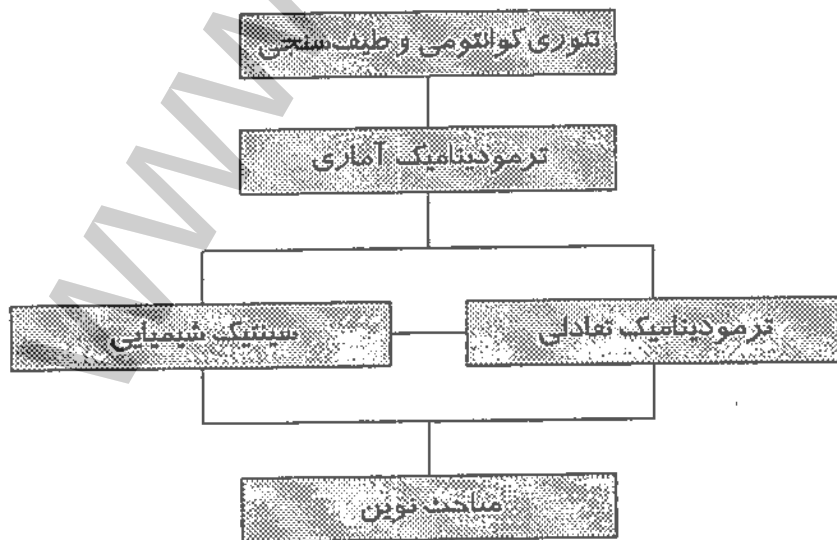
منجر می گردد. مسائل نیز با وارد کردن دسته جدیدی از کاربردها توسعه یافته اند.

این کتاب یک وب سایت اختصاصی به نشانی www.oup.com/pchem7 دارد که در این وب سایت تمام شکلها، نمودارها، نرم افزارهای رسم این نمودارها به شکل پویا و آدرسهای

روش مرسوم



روش مولکولی



قدردانی

را نوشت و اظهارنظرهای مفید زیادی ارائه کرد. و کارمن گیونته یکی از همکاران چارلز تراب در حل المسائل کمک بسیاری نمود. هیل آکی چهاراه از ازاکا که چندین چاپ این کتاب را به ژاپنی ترجمه و مجدانه پیشنهادات خود را برای ما ارسال کرد. افراد زیادی نظرات خود را براساس ویرایش ششم ارائه نمودند و برخی پیش نویس فصلها را بعد از نوشتن مرور کردند. بنابراین، علاقمندی که از همکاران زیر صمیمانه قدردانی کنیم:

Warren Beck, Michigan State University
Dor Ben-Amotz, Purdue University
Isaac Bersuker, The University of Texas at Austin
Michael Blandamer, University of Leicester
Roland Böhmer, University of Mainz
Eric Borguet, University of Pittsburgh
Peter Budd, University of Manchester
David Cadenhead, University of Buffalo
Mark Dadmun, The University of Tennessee
Robert Dunbar, Case Western Reserve University
Thomas Engel, University of Washington
Paul Fletcher, University of Hull
Deborah Glover-Fischer, North Carolina Wesleyan College
James Goll, West Virginia University
Edward Grant, Purdue University
Susan Green, St. Olaf College
Arthur Halpern, Indiana State University
Judith Howard, University of Durham
Thomas J. Murphy, University of Maryland
Graham Jackson, University of Cape Town
Evgenii Kozliak, University of North Dakota
Matthew Kubasik, Fairfield University
Barbara Lawrence, Eastern Illinois University

کتابی به این گستردگی را نمی توان بدون کمک افراد زیادی نوشت. علاقمندی که از صدها نفر که در شش ویرایش قبلی سهم بودند قدردانی کنیم. علاوه بر این، ما دوستان قدیمی و جدید زیادی داریم که از همه آنها به خاطر مشارکتشان در این ویرایش هفتم تشکر می کنیم. از افرادی مثل، «والری والتز» از کالج هاورفورد که مجموعه کامل پیش نویسها را با دقت زیاد مطالعه و پیشنهادهای با ارزشی ارائه کرد؛ از «چارلز تراب» صمیمانه تشکر می کنیم که طی این سالها چندین چاپ از حل المسائل این کتاب

Lawrence Lohr, University of Michigan
Peter Lykos, Illinois Institute of Technology
David Metcalf, University of Virginia
Gerald Morine, Bemidji State University
Gareth Morris, University of Manchester
Richard Moss, University of Southampton
Thomas Murphy, University of Maryland
Dwight Myers, East Central University
Breandán Ó Cochláin, National University of Ireland. Galway
John Parker, Heriot-Watt University
Dvora Perahia, Clemson University
Sanford Safran, Florida State University
Hans Sillescu, University of Mainz
Kathy Singfield, Saint Mary's University
Durwin Striplin, Davidson College
Göran Sundholm, Helsinki University of Technology
Peter Thistlethwaite, University of Melbourne
Alexander van Hook, University of Tennessee, Knoxville
Michael Wagner, George Washington University
Robert Wyatt, University of Texas at Austin
Nancy Xu, Old Dominion University
Lucy Ziurys, University of Arizona

فهرست تفصیلی

قراردادها

یست و سه

- ۱ ترمودینامیک آماری: مفاهیم ۱
- توزیع حالات مولکولی ۲
- ۱.۱ پیکرندها و وزنها ۳
- ۲.۱ تابع پارش مولکولی ۹
- انرژی درونی و انتروپی ۱۷
- ۳.۱ انرژی درونی ۱۷
- ۴.۱ انتروپی آماری ۲۰
- تابع پارش کانونی ۲۶
- ۵.۱ مجموعه کانونی ۲۷
- ۶.۱ اطلاعات ترمودینامیکی تابع پارش ۲۹
- ۷.۱ مولکولهای مستقل ۳۰
- فهرست مفاهیم کلیدی ۳۴
- منابع برای مطالعه بیشتر ۳۵
- تمرینها ۳۶
- مسائل ۳۷

۲ ترمودینامیک آماری: کاربردها

- روابط بنیادی ۴۱
- ۱.۲ توابع ترمودینامیکی ۴۲
- ۲.۲ تابع پارش مولکولی ۴۴
- کاربرد ترمودینامیک آماری ۵۷
- ۳.۲ انرژیهای میانگین ۵۷
- ۴.۲ ظرفیتهای گرمایی ۵۹
- ۵.۲ معادلات حالت ۶۲
- ۶.۲ انتروپیهای باقیمانده ۶۴
- ۷.۲ ثابتهای تعادل ۶۶
- فهرست مفاهیم کلیدی ۷۶
- منابع برای مطالعه بیشتر ۷۷
- تمرینها ۷۷
- مسائل ۷۹

۳ برهمکنشهای مولکولی

- خواص الکتریکی مولکولها ۸۳
- ۱.۳ ممانهای دوقطبی الکتریکی ۸۴
- ۲.۳ قطبش پذیریها ۸۸
- ۳.۳ گذردهیهای نسبی ۹۱
- ۴.۳ ضریب شکست ۹۴
- برهمکنشهای بین مولکولها ۹۸
- ۵.۳ برهمکنشهای بین دوقطبیها ۱۰۰
- ۶.۳ برهمکنشهای دافعه‌ای و کل ۱۱۰
- ۷.۳ برهمکنشهای مولکولی در گازها ۱۱۲
- ۸.۳ برهمکنشهای مولکولی در مایعات ۱۱۷
- فهرست مفاهیم کلیدی ۱۲۲
- منابع برای مطالعه بیشتر ۱۲۵
- تمرینها ۱۲۶
- مسائل ۱۲۷

۴ درشت مولکولها و البوهه‌ها

- ساختار و دینامیک ۱۳۲
- ۱.۴ سطوح مختلف ساختار ۱۳۲
- ۲.۴ حلقه‌های نامنظم ۱۳۴
- ۳.۴ ساختار پروتئینها ۱۴۰
- ۴.۴ ساختار اسیدهای نوکلئیک ۱۴۶
- ۵.۴ پایداری بسپارهای زیست‌شناختی ۱۵۰
- تعیین اندازه و شکل ۱۵۱
- ۶.۴ جرمهای مولی میانگین ۱۵۱
- ۷.۴ طیف‌سنجی جرمی ۱۵۴
- ۸.۴ پراکندگی نور لیزر ۱۵۶
- ۹.۴ فرامرکزگریزی ۱۶۴
- ۱۰.۴ الکتروفورز ۱۶۸
- ۱۱.۴ کروماتوگرافی اندازه‌طردي ۱۷۱
- ۱۲.۴ ویسکوزیته ۱۷۲

۵.۶ وابستگی دمایی سرعت واکنشها ۲۹۴	خود-تجمعی ۱۷۵
تشکیل دادن قوانین سرعت ۲۹۸	۱۳.۴ کلونیدها ۱۷۸
۶.۱ واکنشهای بنیادی ۲۹۸	۱۴.۴ میسلها و غشاهای زیست‌شناختی ۱۸۲
۷.۶ واکنشهای بنیادی پی‌درپی ۳۰۰	۱۵.۴ لایه‌های سطحی ۱۸۶
۸.۶ واکنشهای تک‌مولکولی ۳۱۰	فهرست مفاهیم کلیدی ۱۹۰
فهرست مفاهیم کلیدی ۳۱۴	منابع برای مطالعه بیشتر ۱۹۳
منابع برای مطالعه بیشتر ۳۱۶	تمرینها ۱۹۴
تمرینها ۳۱۷	مسائل ۱۹۶
مسائل ۳۱۹	
	۵ حرکت مولکولها ۲۰۱
۷ سینتیک واکنشهای پیچیده ۳۲۵	حرکت مولکولی در گازها ۲۰۲
واکنشهای زنجیری ۳۲۶	۱.۵ نظریه جنبشی گازها ۲۰۲
۱.۷ قوانین سرعت واکنشهای زنجیری ۳۲۶	۲.۵ برخورد با دیوارها و سطوح ۲۱۲
۲.۷ انفجارها ۳۲۹	۳.۵ سرعت نفوذ مولکولی ۲۱۴
سینتیک بسیار ۳۳۲	۴.۵ خواص ترابری یک گاز کامل ۲۱۷
۳.۷ بسیار مرحله‌ای ۳۳۳	حرکت مولکولی در مایعات ۲۲۶
۴.۷ بسیار زنجیری ۳۳۴	۵.۵ نتایج تجربی ۲۲۶
کانالیزورهای همگن ۳۳۷	۶.۵ رسانندگی محلولهای الکترولیت ۲۲۷
۵.۷ ویژگیهای کانالیزور همگن ۳۳۸	۷.۵ تحرک یونها ۲۳۱
۶.۷ آنزیمها ۳۳۹	۸.۵ رساناییها و برهمکنشهای یون-یون ۲۳۹
واکنشهای نوسانی ۳۴۵	نفوذ ۲۴۱
۷.۷ خودکانالیزوری ۳۴۵	۹.۵ دیدگاه نرودینامیکی ۲۴۱
۸.۷ مکانیسمهای خودکانالیزوری واکنشهای	۱۰.۵ معادله نفوذ ۲۴۶
نوسانی ۳۴۷	۱۱.۵ احتمالات نفوذ ۲۵۳
۹.۷ دوحالتی پایداری ۳۵۱	۱۲.۵ دیدگاه آماری ۲۵۵
۱۰.۷ آشوب شیمیایی ۳۵۳	فهرست مفاهیم کلیدی ۲۵۷
نورشیمی ۳۵۵	منابع برای مطالعه بیشتر ۲۵۹
	تمرینها ۲۶۰
	مسائل ۲۶۴
۱۱.۷ سینتیک فرایندهای نورفیزیکی و	
نور شیمیایی ۳۵۹	۶ سرعت واکنشهای شیمیایی ۲۶۹
۱۲.۷ فرایندهای نورشیمیایی پیچیده ۳۷۲	سینتیک شیمیایی تجربی ۲۷۰
فهرست مفاهیم کلیدی ۳۷۴	۱.۶ روشهای تجربی ۲۷۰
منابع برای مطالعه بیشتر ۳۷۶	۲.۶ سرعت واکنشها ۲۷۵
تمرینها ۳۷۸	۳.۶ قوانین سرعت انتگرالگیری شده ۲۸۲
مسائل ۳۸۰	۴.۶ واکنشهایی که به تعادل می‌رسند ۲۸۹

فهرست مفاهیم کلیدی ۴۷۲	۸ دینامیک واکنشهای مولکولی ۳۸۷
منابع برای مطالعه بیشتر ۴۷۵	برخوردهای واکنشپذیر ۳۸۸
تمرینها ۴۷۷	۱.۸ نظریه برخورد ۳۸۸
مسائل ۴۷۹	۲.۸ واکنشهای کنترل شده نفوذ ۳۹۷
	۳.۸ معادله موازنه جرم ۴۰۱
۱۰ دینامیک انتقال الکترون ۴۸۵	نظریه کمپلکس فعال ۴۰۲
انتقال الکترون در سیستمهای همگن ۴۸۶	۴.۸ معادله آیرینگ ۴۰۳
۱.۱۰ نظریه فرایندهای انتقال الکترون ۴۸۷	۵.۸ جنبه های ترمودینامیکی ۴۰۸
۲.۱۰ نتایج تجربی ۴۹۲	دینامیک برخوردهای مولکولی ۴۱۲
انتقال الکترون در سیستمهای ناهمگن ۴۹۵	۶.۸ برخوردهای واکنشپذیر ۴۱۲
۳.۱۰ سطح مشترک الکترون-محلول ۴۹۵	۷.۸ سطوح انرژی پتانسیل ۴۱۶
۴.۱۰ سرعت انتقال بار ۵۰۰	۸.۸ برخی نتایج تجربیات و محاسبات ۴۱۸
۵.۱۰ ولتاژتری ۵۰۹	فهرست مفاهیم کلیدی ۴۲۴
۶.۱۰ برافکافت ۵۱۵	منابع برای مطالعه بیشتر ۴۲۱
۷.۱۰ پیلهای گالوانی در حال کار ۵۱۷	تمرینها ۴۲۷
۸.۱۰ خوردگی ۵۲۰	مسائل ۴۲۹
فهرست مفاهیم کلیدی ۵۲۴	
منابع برای مطالعه بیشتر ۵۲۵	۹ فرایندهای در سطوح جامد ۴۳۳
تمرینها ۵۲۶	رشد و ساختار سطوح جامد ۴۳۳
مسائل ۵۲۹	۱.۹ رشد سطح ۴۳۴
اطلاعات اضافی ۱: روشهای ریاضی ۵۳۵	۲.۹ ترکیب سطح ۴۳۶
اطلاعات اضافی ۲: مفاهیم بنیادی فیزیک ۵۴۱	میزان جذب ۴۴۷
بخش داده ها ۵۴۷	۳.۹ جذب فیزیکی و جذب شیمیایی ۴۴۸
جواب تمرینها ۵۵۹	۴.۹ همدماهای جذب ۴۴۹
جواب مسائل ۵۶۵	۵.۹ سرعت فرایندهای سطحی ۴۵۶
جواب پرسشهای کادرها ۵۷۲	فعالیت کاتالیزوری در سطوح ۴۶۳
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۵۷۳	۶.۹ جذب و کاتالیز کردن ۴۶۴
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۵۸۵	۷.۹ نمونه هایی از کاتالیزوری ۴۶۷
فهرست راهنما ۵۹۷	

فهرست کادرها

۲۲	دماهای زیر صفر	۱.۱
۶۷	تبدیل حلقه - ماریج در پلی پیتیدها	۱.۲
۹۸	شناخت مولکولی در سیستمهای زیست شناختی	۱.۳
۱۷۶	سیمهای مولکولی	۱.۴
۲۱۳	خورشید همچون تویی از گاز کامل	۱.۵
۲۵۰	ترابری از طریق غشاهای زیست شناختی	۲.۵
۲۷۳	سینتیک تبدیل ماریج - حلقه در پلی پیتیدها	۱.۶
۳۵۵	شیمی اوزون استراوسفری	۱.۷
۳۶۳	نور زیست شناسی و نور پزشکی	۲.۷
۴۰۶	فمتوشیمی	۱.۸
۴۱۳	کنترل واکنشهای شیمیایی با لیزرها	۲.۸
۴۴۵	تولید نانو	۱.۹
۴۵۷	تشدید پلاسماون سطح	۲.۹