



شیمی فیزیک پایه برای مهندسين

با طرح و بررسی مسائل فضای واقعی کار

مؤلف:

دکتر فاطمه هوشمند

عضو هیئت علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

سرشناسه	: هوشمند، فاطمه، ۱۳۵۷ -
عنوان و نام پدیدآور	: شیمی فیزیک پایه برای مهندسين با طرح و بررسی مسائل فضای واقعی کارآموزان فاطمه هوشمند.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه فنی و حرفه‌ای، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۴۷۵ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۹۱۱-۱۷-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: شیمی فیزیک
	Chemistry, Physical and theoretical
	شیمی فیزیک - ریاضیات
	Chemistry, Physical and theoretical --
	Mathematics
	شیمی فیزیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
	Chemistry, Physical and theoretical -- Problems,
	exercises, etc. (Higher)
	دانشگاه فنی و حرفه‌ای
	Technical and Vocational University
	QD۴۵۳/۲
	۵۴۱/۳
	۸۶۸۹۲۹۹
	فیبا
شناسه افزوده	
شناسه افزوده	
رده بندی کنگره	
رده بندی دیویی	
شماره کتابشناسی ملی	
اطلاعات رکورد	
کتابشناسی	

عنوان کتاب	: شیمی فیزیک پایه برای مهندسين با طرح و بررسی مسائل فضای واقعی کار
تألیف	: فاطمه هوشمند
ناشر	: دانشگاه فنی و حرفه‌ای
سال و نوبت چاپ	: ۱۴۰۰ / چاپ اول
شمارگان	: ۵۰۰ جلد
قیمت	: ۱۴۵,۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۹۱۱-۱۷-۶ ISBN: 978-622-7911-17-6

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه فنی و حرفه‌ای محفوظ است.

آدرس: تهران میدان ونک خیابان برزیل شرقی پلاک ۴ - تلفن: ۰۲۱-۴۲۳۵۰۰۰۰

پست الکترونیک: Entesharat@tvu.ac.ir، وب سایت: Tvu.ac.ir



دانشگاه فنی و حرفه‌ای

شیمی فیزیک شاخه‌ای از علم شیمی است که ارتباط نزدیکی با قواعد و اصول فیزیک دارد. ار دیدگاه یک شیمی فیزیک‌دان حرفه‌ای برای همه رخدادهای گوناگون در علم شیمی یک استدلال فیزیکی و ریاضیاتی در پس پرده ارتباطات پیچیده و استثنائات فراوان وجود دارد. این استدلال‌ها و دلایل متقن بر پایه علوم فیزیک و ریاضیات، هرچند ممکن است تنها در مورد برخی پدیده‌های شیمی یافت شده باشند اما از دیدگاه یک شیمی فیزیک‌دان باید تلاش کرد تا قوانینی را بر آن حاکم کرد که استثناء و بی‌نظمی در آن یافت نشود و همه جوانب آن را با قوانین و قواعد فیزیک و ریاضیات اثبات و پیش‌بینی کرد. به همین دلایل ما در این کتاب فصل اول را به ریاضیات مورد استفاده‌شده در شیمی فیزیک در حد پایه‌ای و به صورت مروری اختصاص داده‌ایم. هرچند بر اساس نظر بزرگان شیمی فیزیک روش ریاضیاتی استفاده شده در موضوعات شیمی فیزیکی بسیار مهم است و یاد و روش‌های شیمی کوانتومی و شیمی محاسباتی و استفاده از ابزارهای محاسباتی ریاضیاتی و فیزیکی که توسط ابرایانه‌ها قابل انجام هستند نیاز به یادگیری کار با نرم‌افزارهای محاسباتی در کنار استفاده از ابزارهای ریاضیاتی بسیار مهم و حیاتی به نظر می‌رسد. از منظر یک مهندس شیمی که می‌خواهد این اصول را در جایگاه خاص آن مورد استفاده قرار دهد و با توجه به پیچیده‌گی‌های دنیای واقعی و پارامترهایی که محاسبات را دستخوش تغییر می‌کند، نیاز به نرم‌افزارهای کاربردی برای حل فرمول‌های پیچیده اجتناب ناپذیر است. شیمی فیزیک بدون این ابزارهای محاسباتی ارتباط خود را با دنیای مهندسی از دست خواهد داد. به همین دلیل، در جلد دوم و سوم این کتاب، اصول شیمی فیزیکی در کنار اصول محاسباتی در کنار هم آمده‌اند.

کتاب‌های مرجع فوق‌العاده‌ای برای علاقه‌مندان به یادگیری علم شیمی فیزیک وجود دارد.^۱ این کتب بسیار جامع و کامل هستند. ما در این مجلد سعی بر این داریم که با استفاده از این مراجع، یک کتاب مرجع منطبق بر سرفصل‌های مصوب وزارت علوم برای درس شیمی فیزیک مهندسی شیمی خصوصاً مهندسی تکنولوژی صنایع شیمیایی دانشگاه فنی و حرفه‌ای در اختیار قرار دهیم. در این کتاب تلاش مولف بر آن است که مبانی درس شیمی فیزیک مورد بحث و بررسی قرار گیرد و بلافاصله دانشجو به سمت استفاده از این مباحث هدایت شود و با حذف اثبات‌های صرفاً ریاضیاتی روابط، دانشجویان مهندسی را مستقیماً به موضوع اصلی هدایت کند.

در فصل اول مرور بر مباحث مرتبط با شیمی فیزیک را در ریاضی و فیزیک برخلاف اکثر کتب شیمی فیزیک که در انتهای کتاب قرار داده‌اند، به منظور تاکید در ابتدای کتاب آورده شده‌است. با مطالعه این مباحث دانشجو برای مواجهه‌شدن با مسائل شیمی فیزیکی که از ابزار ریاضی و فیزیک استفاده می‌کنند آماده خواهد بود.

در پایان هر فصل مسائل متعددی که از همه کتب مرجع شیمی فیزیک جمع‌آوری شده‌اند و بخشی از آن‌ها نیز تالیفی هستند آورده شده‌است. این مسائل، در انتهای هر فصل به سه بخش تقسیم می‌شود. بخش اول مسائلی است که حل آن‌ها آورده شده است تا دانشجو نحوه حل مسائل مباحث آن فصل را بیاموزد و در واقع این مسائل بخشی از آموزش هر فصل را به عهده دارند. بخش بعدی مسائلی است که حل آن‌ها به دانشجو سپرده می‌شود و بخش سوم مسائل کاربردی است که دانشجو را به تفکر بیشتر در کاربرد مطالب آموخته شده در هر فصل وامی‌دارد. هر یک از مسائل این بخش می‌تواند به عنوان یک پروژه کلاسی در نظر گرفته شود و دانشجو را به تحقیق

۱- P. Atkins and J. de Paula, Elements of Physical Chemistry, ۶th Edition, Oxford, Oxford University Press, ۲۰۱۳.

۲- P. Atkins and J. de Paula, Elements of Physical Chemistry, ۶th Edition, W.H. Freeman, ۲۰۰۹.

۳- R.A. Alberty and R.J. Silbey, Physical chemistry, ۲th Edition, John Wiley & Sons, ۱۹۹۷.

۴- T. Engel and P. Reid, Physical Chemistry, ۲th Edition, Pearson Education, ۲۰۱۲.

۵- K.J. Laidler, J.H. Meiser, and B.C. Sanctuary, Physical Chemistry, ۴th Edition, Houghton Mifflin, ۲۰۰۳.

۶- G.N. Barrow, Physical Chemistry, ۵th Edition, Tata MacGraw-Hill, ۲۰۰۷.

۷- K.L. Kapoor, A Textbook of Physical Chemistry, ۲th Edition, Macmillan, ۲۰۱۱.

۸- H. Kuhn, H.D. Forsterling and D.H. Waldeck, Principles of Physical Chemistry, ۲nd Edition, John Wiley & Sons, ۲۰۰۹.

۹- R.G. Mortimer, Physical Chemistry, ۲th Edition, Elsevier, ۲۰۰۸.

۱۰- I.N. Levine, Physical Chemistry, ۶th Edition, McGraw-Hill, ۲۰۰۸.

۱۱- G.W. Castellan, Physical Chemistry, ۳rd Edition, Addison Wesley, ۱۹۸۳.

و تفحص درباره موضوع مطرح شده سوق دهد. در بخش مسائل کاربردی یک سری مسائلی وجود دارد که کاملاً نیاز به تکنیک‌های عددی پیشرفته، مثل جایگزینی غیرخطی، راه‌حل‌های وابسته به معادلات، انتگرال و دیفرانسیل‌های عددی و روش‌های مختلف نموداری دارند. برای حل این مسائل، استفاده از نرم‌افزارهای Matlab، Mathematica یا حتی نرم‌افزارهای تخصصی‌تر در مسائل شبیه‌سازی و ترمودینامیکی، اجتناب ناپذیر است. ترتیب فصل‌ها به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که بتواند درس‌های شیمی فیزیک یک و دو را به ترتیب تحت پوشش قرار دهد (فصل یک الی هفت). در این فصل‌ها که در این جلد از کتاب گنجانده شده است مباحث مربوط به خواص گازها، قانون‌های اول و دوم، تبدیلات فیزیکی مواد خالص و سینتیک شیمیایی آورده شده است.

در فصل‌های هشتم تا چهاردهم که در جلد دوم این کتاب آورده خواهد شد عناوین زیر مطرح شده است:

فصل هشتم: مخلوط‌های ساده

فصل نهم: تعادلات شیمیایی

فصل دهم: الکتروشیمی

فصل یازدهم: مقدمه‌ای بر شیمی کوانتومی و اسپکتروسکوپی

فصل دوازدهم: مقدمه‌ای بر شیمی فیزیک محاسباتی

فصل سیزدهم: شیمی فیزیک تعادلات فازی

فصل چهاردهم: تعادلات فازی در دیدگاه کلاسیکی

در پایان فصل دهم مباحث مربوط به تعادل در شیمی فیزیک به پایان می‌رسد. از نظر نویسنده این کتاب مطالب این فصول دانش اولیه کافی را در مورد علم شیمی فیزیک به دانشجویان خواهد داد. اما علم شیمی فیزیک فقط به این مباحث محدود نمی‌شود و گستردگی این علم امروزه در تمامی شاخه‌های شیمی و نیز شیمی فیزیک زیستی (بیوشیمی فیزیک) خود را نشان داده است.

بنابراین، سعی شده است تا از فصل یازدهم به بعد با گریز به مباحث شیمی کوانتومی و شیمی فیزیک محاسباتی، کاربردهای مختلف نیز مد نظر قرار گیرد. در فصل سیزدهم شیمی فیزیک تعادلات فازی آغاز شده و در فصل چهاردهم این تعادلات از دیدگاه کلاسیکی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. مباحث این تعادلات از دیدگاه مولکولی و ترمودینامیک آماری در جلد سوم این کتاب ادامه خواهد یافت.

هوشمند

بهار ۱۴۰۱

www.ketab.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مفاهیم پایه‌ای ریاضی و فیزیک	۲۱
مقدمه	۲
۱-۱- حساب دیفرانسیل	۲
۱-۱-۱- محاسبه مشتق جزئی	۵
۱-۲- حساب انتگرال گیری	۷
۱-۲-۱- انتگرال گیری نامتناهی	۷
۱-۳- سیستم‌های اندازه‌گیری	۱۲
۱-۴- محاسبه خطا	۱۹
مسائل فصل اول	۲۰
خواص گازها	۲۳
مقدمه	۲۴
۲-۱- تعاریف اولیه	۲۴
۲-۲- مخلوط گازها	۳۳
۲-۳- کسرهای مولی و فشارهای جزئی	۳۳
۲-۴- گازهای حقیقی	۳۴
۲-۴-۱- برهم کنش‌های مولکولی	۳۵
۲-۴-۲- فاکتور تراکم پذیری	۳۵
۲-۴-۳- ضرایب ویربال	۳۶
۲-۴-۴- ثابت‌های بحرانی	۳۹

۳۹	۵-۴-۲- معادله حالت و اندروالس
۴۱	۱-۵-۴-۲- معادلات حالت غیر و اندروالس
۴۲	۵-۲- اصل حالت‌های متناظر
۴۹	مسائل فصل دوم
۶۰	قانون اول ترمودینامیک و کاربردهای آن
۶۱	۱-۳- مفاهیم اولیه
۶۱	۲-۱-۳- خلاصه چهار قانون ترمودینامیک
۶۲	۳-۱-۳- معرفی اصطلاحات مهم ترمودینامیکی
۶۵	۴-۱-۳- انواع سیستم‌های ترمودینامیکی
۶۶	۵-۱-۳- متغیرها یا توابع ترمودینامیکی
۶۶	۲-۳- بیانهای مختلف قانون اول ترمودینامیک
۶۹	۳-۳- کارهای ترمودینامیکی برگشت پذیر
۷۶	۱-۳-۳- نگرش‌های مختلف به قانون اول ترمودینامیک
۷۸	۱-۱-۳-۳- تغییر انرژی درونی یک سیستم بسته با دما در حجم ثابت
۷۸	۲-۱-۳-۳- تغییر انرژی درونی یک سیستم بسته با دما در فشار ثابت
۷۸	۴-۳- آنتالپی (H)
۸۲	۵-۳- ظرفیت گرمایی
۸۳	۱-۵-۳- آزمایش ژول
۸۴	۲-۵-۳- تغییر آنتالپی یک سیستم بسته با دما در حجم ثابت
۸۶	۳-۵-۳- منحنی وارونگی
۸۷	۴-۵-۳- روش اندازه گیری ضریب ژول - تامسون هم دما
۸۸	۵-۵-۳- آزمایش ژول - تامسون

- ۹۰..... ۳-۶-۳-گرمایشی
- ۹۰..... ۳-۶-۳-واکنش استاندارد
- ۹۱..... ۳-۶-۳-معرفی چند تغییر آنتالپی در فرآیندهای گرمایشیمیایی
- ۹۲..... ۳-۶-۳-۱-آنتالپی استاندارد انحلال
- ۹۳..... ۳-۶-۳-۲-آنتالپی استاندارد آب‌پوشی و حلال‌پوشی
- ۹۳..... ۳-۶-۳-۳-آنتالپی استاندارد یونش
- ۹۴..... ۳-۶-۳-۴-آنتالپی استاندارد الکترون‌خواهی
- ۹۵..... ۳-۶-۳-۵-آنتالپی استاندارد تشکیل و تفکیک پیوند
- ۹۶..... ۳-۶-۳-۶-انرژی استاندارد پیوند
- ۹۶..... ۳-۶-۳-۷-آنتالپی استاندارد تشکیل اجسام مرکب
- ۹۷..... ۳-۶-۳-۸-آنتالپی استاندارد اتمی شدن
- ۹۷..... ۳-۶-۳-۹-آنتالپی استاندارد تشکیل یون‌ها در محلول‌های آبی
- ۹۹..... ۳-۶-۳-۱۰-آنتالپی استاندارد احتراق یا سوختن
- ۹۹..... ۳-۶-۳-۱۱-آنتالپی و انرژی استاندارد شبکه بلوری و چرخه بورن - هابر
- ۱۰۱..... ۳-۶-۳-۱۱-کاربردهای دیگر آنتالپی شبکه
- ۱۰۱..... ۳-۶-۳-روش‌های تعیین آنتالپی واکنش‌های شیمیایی
- ۱۰۵..... ۳-۶-۴-وابستگی دمای آنتالپی واکنش (قانون کیرشهف)
- ۱۰۷..... ۳-۷-۳-کار، تابع مسیر
- ۱۰۸..... ۳-۷-۳-فرآیندهای معادل (هم‌ارز)
- ۱۰۹..... ۳-۷-۳-کار ماکزیمم
- ۱۱۰..... ۳-۷-۳-مبادله گرمایی
- ۱۱۰..... ۳-۸-رابطه بین ظرفیت‌های گرمایی

۱۱۷	۳-۹- فرایند پلی تروپیک
۱۲۸	مسائل فصل سوم
۱۵۴	قانون دوم ترمودینامیک و کاربردهای آن
۱۵۵	۴-۱- مفاهیم اولیه
۱۵۵	۴-۱-۱- آنتروپی (S)
۱۵۷	۴-۲- بیان دقیق قانون دوم ترمودینامیک
۱۵۹	۴-۳- روابط سیستم ΔS و محیط ΔS
۱۶۰	۴-۴- چرخه کارنو و راندمان آن از دیدگاه عامل کار
۱۶۶	۴-۵- نامساوی کلازیوس
۱۶۶	۴-۶- یخچال کارنو
۱۶۸	۴-۷- نامساوی کلازیوس تغییر آنتروپی در فرآیندهای طبیعی
۱۶۹	۴-۷-۱- نتیجه اول نامساوی کلازیوس
۱۶۹	۴-۷-۲- نتیجه دوم نامساوی کلازیوس
۱۷۰	۴-۸- روش‌های محاسبه تغییر آنتروپی در سیستم‌های بسته
۱۷۸	۴-۹- قاعده تروتون
۱۷۹	۴-۹-۱- موارد استثنایی قاعده تروتون
۱۸۱	۴-۱۰- دستیابی به صفر مطلق
۱۸۵	۴-۱۱- بیان‌های دیگر قانون دوم ترمودینامیک
۱۸۵	۴-۱۱-۱- بیان قانون دوم ترمودینامیک از دیدگاه کلین
۱۸۵	۴-۱۱-۲- بیان کلازیوس از قانون دوم ترمودینامیک
۱۸۶	۴-۱۱-۳- اصل حداقل بودن انرژی در مقابل حداکثر بودن آنتروپی
۱۸۸	۴-۱۱-۴- شکل‌های مختلف بیان قانون دوم به طور خلاصه

۱۸۹	۴-۱۲-ادغام قانون های اول و دوم ترمودینامیک
۱۹۰	۴-۱۳-روابط ماکسول
۱۹۰	۴-۱۳-۱-خواص انرژی داخلی
۱۹۱	۴-۱۳-۲-خواص تابع گیبس
۱۹۲	۴-۱۳-۲-۱-وابستگی دمایی انرژی آزاد گیبس
۱۹۳	۴-۱۳-۲-۲-وابستگی انرژی آزاد گیبس به فشار
۱۹۳	۴-۱۴-پتانسیل شیمیایی ماده خالص
۱۹۴	۴-۱۵-فوغاسیته
۱۹۴	۴-۱۵-۱-حالت های استاندارد گازهای حقیقی
۱۹۵	۴-۱۵-۲-رابطه بین فوغاسیته و فشار
۱۹۵	۴-۱۵-۳-محاسبه فوغاسیته
۱۹۶	۴-۱۶-محاسبه کمیتها و خواص ترمودینامیکی
۱۹۷	۴-۱۶-۱-محاسبه تغییرات توابع حالت
۲۳۵	مسائل فصل چهارم
۲۳۷	حرکت مولکول ها
۲۳۸	۵-۱-نظریه جنبشی گازها
۲۳۹	۵-۱-۱-مدل جنبشی - مولکولی گاز
۲۴۹	۵-۱-۲-فشار یک گاز
۲۴۹	۵-۲-انرژی جنبشی و دما
۲۵۰	۵-۳-مقادیر عددی انرژی و سرعت های مولکولی
۲۵۱	۵-۴-توزیع ماکسول سرعت ها
۲۵۲	۵-۴-۱-توزیع سرعت های مولکولی در یک بعد

۲۵۳	۲-۴-۵- توزیع سرعت‌های مولکولی در سه بعد
۲۵۴	۵-۵- جذر متوسط مجذور سرعت، سرعت متوسط و محتمل‌ترین سرعت
۲۵۵	۵-۶- نفوذ مولکولی و پرتو مولکولی
۲۶۱	۵-۷- پویش آزاد متوسط، قطر برخورد و تعداد برخوردها
۲۷۵	مسائل فصل پنجم
۲۷۸	تبدیلات فیزیکی مواد خالص
۲۸۰	۶-۱- مفاهیم و تعاریف
۲۸۱	۶-۱-۱- نمودارهای فاز
۲۸۷	۶-۱-۲- پایداری فازها
۲۹۱	۶-۱-۳- مرز فازی
۲۹۲	۶-۱-۴- نقاط بحرانی و جوش
۲۹۴	۶-۲- تفسیر نمودارهای فازی
۲۹۵	۶-۲-۱- نمودارهای دی اکسید کربن
۲۹۶	۶-۲-۲- نمودار فازی هلیوم
۲۹۸	۶-۳- پایداری فاز و تبدیل فاز
۳۰۰	۶-۳-۱- وابستگی دمایی پایداری فاز
۳۰۰	۶-۳-۲- اثر فشار روی ذوب
۳۰۰	۶-۳-۳- اثر فشار اعمال شده روی فشار بخار
۳۰۱	۶-۳-۴- شیب مرز فازی
۳۰۱	۶-۳-۵- مرز جامد - مایع
۳۰۱	۶-۳-۶- مرز مایع - بخار
۳۰۱	۶-۳-۷- مرز جامد - بخار

۳۰۲	۴-۶-تقسیم بندی ارنست برای تبدیل فاز
۳۰۵	۵-۶-خواص کولیگاتیو
۳۰۶	۱-۵-۶-صعود نقطه جوش
۳۰۶	۲-۵-۶-نزول نقطه انجماد
۳۰۷	۳-۵-۶-فرآیند اسمز
۳۰۸	۶-۶-فازها، اجزا و درجات آزادی
۳۰۹	۱-۶-۶-درجه آزادی
۳۰۹	۲-۶-۶-استخراج قانون فاز
۳۱۰	۷-۶-نمودارهای فاز سیستم‌های یک جزئی
۳۱۲	۸-۶-سیستم‌های دو جزئی
۳۱۲	۱-۸-۶-تفسیر نمودارها
۳۱۳	۲-۸-۶-قاعده اهرم
۳۱۴	۳-۸-۶-نمودار دما - ترکیب
۳۱۴	۴-۸-۶-تقطیر مخلوط
۳۱۵	۴-۸-۶-آزنوتروپ
۳۱۸	۵-۸-۶-مایعات امتزاج ناپذیر
۳۱۹	۶-۸-۶-نمودارهای فاز مایع - مایع
۳۱۹	۷-۸-۶-دمای بحرانی بالایی و پایینی محلول
۳۲۰	۸-۸-۶-تقطیر مایعاتی با امتزاج پذیری محدود
۳۲۱	۹-۸-۶-نمودار فاز مایع - جامد
۳۲۲	۱۰-۸-۶-سیستم واکنش دهنده
۳۲۴	۹-۶-سیستم‌های سه جزئی

۳۲۵	۶-۹-۱-تعدادلات فازی در یک سیستم سه جزئی مایع
۳۲۶	۶-۹-۲-تعدادل مایع - مایع در یک سیستم سه جزئی
۳۲۷	۶-۹-۳-برونیابی خطوط رابط: منحنی مزدوج
۳۳۰	مسائل فصل ششم
۳۴۰	سینتیک شیمیایی
۳۴۱	۱-۷-سرعت واکنش و قوانین سرعت
۳۴۲	۱-۱-۷-روش های تجربی اندازه گیری سرعت واکنش ها
۳۴۴	۲-۱-۷-تعریف سرعت واکنش
۳۴۶	۱-۷-۳-قوانین سرعت انتگرال گیری شده (واکنش های مرتبه اول و دوم)
۳۴۷	۳-۷-مرتبه واکنش
۳۴۸	۱-۳-۷-واکنش های مرتبه صفر
۳۴۹	۲-۳-۷-واکنش های مرتبه اول
۳۵۰	۳-۳-۷-واکنش های مرتبه دوم
۳۵۰	۴-۷-تعیین قانون سرعت به روش تجربی
۳۵۳	۱-۴-۷-روش سرعت اولیه
۳۵۴	۲-۴-۷-روش نیمه عمر
۳۵۵	۳-۴-۷-روش رسم منحنی پاول
۳۵۷	۴-۴-۷-روش کاهش مرتبه واکنش
۳۵۸	۵-۷-حالت گذار و کمپلکس فعال
۳۵۹	۶-۷-قانون سرعت واکنش های بنیادی
۳۶۰	۷-۷-مولکولاریته یک واکنش بنیادی
۳۶۰	۸-۷-واکنش های بنیادی پی در پی

۳۶۱	 ۹-۷ مرحله تعیین کننده‌ی سرعت
۳۶۶	 ۱۰-۷- تقریب حالت پایا
۳۶۶	 ۱۱-۷- پیش تعادل ها
۳۶۷	 ۱۲-۷- اثر سینتیکی ایزوتوپ
۳۶۷	 ۱۳-۷- واکنش های تک مولکولی
۳۶۸	 ۱۴-۷- موارد کاربرد علم سنتیک شیمیایی
۳۶۸	 ۱-۱۴-۷- طراحی راکتورها
۳۶۹	 ۲-۱۴-۷- برخی دیگر از موارد کاربرد علم سنتیک شیمیایی
۳۸۰	 ۷-۱۵- نظریه های واکنش های شیمیایی
۳۸۰	 ۷-۱۵-۱- محاسبه ثابت سرعت از نظریه برخورد
۳۸۲	 مسائل فصل هفتم