



دانشگاه پیام نور

شیمی فیزیک پیشرفته

(کارشناسی ارشد شیمی)

دکتر محسن افتاده دکتر رضا بهجت منش اردکانی دکتر نیلوفر بهرامی پناه
دکتر زهرا رستمی دکتر وحید معینی

عنوان و نام پدید آور	: شیمی فیزیک پیشرفته (کارشناسی ارشد شیمی)/محسن افتاده ... او دیگران].
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۴۲۶ ص.
فروست	: دانشگاه پیام نور؛ ۲۵۸۵. گروه شیمی؛ ۱/۱۵۱.
شابک	: 978 - 964 - 14 - 0633 - 4
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا.
یادداشت	: محسن افتاده، رضا بهجت منش اردکانی، نیلوفر بهرامی پناه، زهرا رستمی، وحید معینی.
موضوع	: شیمی فیزیک-- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: Chemistry, Physical and theoretical -- Study and teaching (Higher)
موضوع	: شیمی فیزیک-- مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
موضوع	: Chemistry, Physical and theoretical -- Problems, exercises, etc. (Higher)
شناسه افزوده	: افتاده، محسن، ۱۳۴۶ -
رده بندی کتبی	: QD۴۵۳/۲
رده بندی دیویدی	: ۵۴۱/۳
شماره کتابشناسی	: ۵۷۴۰۱۱۰

اول شهریور ۱۳۹۸

شمارگان: ۲۰۰ جلد

شیمی فیزیک پیشرفته قیمت: ۴۵۰۰۰۰ ریال

مؤلفان: دکتر محسن افتاده _ دکتر رضا بهجت منش اردکانی _ دکتر نیلوفر بهرامی پناه

دکتر زهرا رستمی _ دکتر وحید معینی

ویراستار علمی: دکتر نسرين سررايه

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شابک: ۴-۰۶۳۳-۱۴-۹۶۴-۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0633 - 4

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افست، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح پشت و روی جلد و ... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مؤلفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند.)

آدرس فروشگاه مرکزی چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور: تهران، خیابان شهید رجایی،
نرسیده به تقاطع آزادگان، جنب ورزشگاه یادآوران. تلفن: ۵۵۵۰۲۱۰۴ - ۵۵۰۹۸۲۸

سایت فروش اینترنتی: <http://digibook.pnu.ac.ir>

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	سیزده
فصل اول. دما.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ مقیاس دمای ترمودینامیکی (کلوین) مقیاس دمای مطلق.....	۳
۲-۱ مقیاس دمای ترمودینامیکی مطلق مقیاس دمای تان نقطه ثابت.....	۶
۳-۱ ترمومتر گازی حجم ثابت اساسی‌ترین ترمومتر.....	۶
۴-۱ مقیاس دمای گاز ایدئال مقیاس دمای ترمودینامیکی مطلق.....	۸
۵-۱ مقیاس دمای عملی بین‌المللی اساس تجربی اندازه‌گیری‌های عملی دما.....	۱۰
خلاصه فصل اول.....	۱۶
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....	۱۶
خودآزمایی تشریحی فصل اول.....	۱۷
فصل دوم. رفتار گازهای حقیقی.....	۱۹
هدف کلی.....	۱۹
هدف‌های یادگیری.....	۱۹
مقدمه.....	۲۰
۱-۲ آنالیز ثابت‌های واندروالس.....	۲۲
۲-۲ معادله‌های حالت سیستم‌های حقیقی.....	۲۳
۳-۲ ضریب تراکم‌پذیری.....	۲۹
۴-۲ قانون حالت‌های متناظر.....	۴۰

۴۰	۵-۲ فرایند هم‌دمای برگشت‌پذیر همراه با انتقال انرژی گرمایی (غیرآدیاباتیکی).....
۴۱	۶-۲ آنتروپی معیار مستقیمی از کیفیت منبع انرژی.....
۴۳	۷-۲ توابع ترمودینامیکی.....
۴۳	۱-۷-۲ مشتق‌های جزئی.....
۴۴	۲-۷-۲ مشتق‌های کامل.....
۴۸	۳-۷-۲ مشتق‌های جزئی $(\partial U/\partial V)_T$ و $(\partial H/\partial P)_T$
۵۱	۴-۷-۲ تبدیل‌های متقابل مشتق‌های جزئی.....
۵۹	۸-۲ ترمودینامیک مخلوط گازهای حقیقی.....
۶۲	۹-۲ توابع ترمودینامیکی اضافی برای مخلوط‌های دوتایی.....
۶۵	۱۰-۲ مایه‌سازی گازها به وسیلهٔ انبساط ژول-تامسون.....
۶۹	۱۱-۲ پیت رلی جزئی-وابستگی توابع حالت ترمودینامیکی مقداری به ترکیب.....
۷۳	خلاصهٔ فصل دوم.....
۷۳	خودآزمایی چهارگانه در فصل دوم.....
۷۴	خودآزمایی تشریحی فصل دوم.....
۷۹	فصل سوم. تعادلات فاز.....
۷۹	هدف کلی.....
۷۹	هدف‌های یادگیری.....
۸۰	مقدمه.....
۸۱	۱-۳ مقدمه‌ای بر مبنای حقیقی تعادل فازی.....
۸۱	۱-۱-۳ تعادل بین فازها.....
۸۳	۲-۱-۳ فازهای غیرتعادلی.....
۸۴	۳-۱-۳ انتقال ماده در یک فاز غیریکنواخت.....
۸۴	۲-۳ تعادل فازی در یک سیستم یک‌جزئی.....
۸۶	۱-۲-۳ معادلهٔ کلایپرون.....
۹۰	۲-۲-۳ معادلهٔ کلازیوس-کلایپرون.....
۹۲	۳-۳ انرژی گیبس و انتقال‌های فازی.....
۹۵	۱-۳-۳ دسته‌بندی انتقال‌های فازی.....
۹۸	۲-۳-۳ نقطهٔ بحرانی یک انتقال مایع-بخار.....
۱۰۰	۳-۳-۳ بنای سطح معادل ماکسول.....
۱۰۲	۴-۳ تعادل فازی در سیستم‌های دو جزئی.....
۱۰۳	۱-۴-۳ تعادل مایع-بخار.....
۱۱۱	۲-۴-۳ فعالیت و ضریب فعالیت گونه‌ها در مخلوط دوتایی.....
۱۱۳	۳-۴-۳ تعادل مایع-جامد.....
۱۱۶	۱-۳-۴-۳ خواص هم‌بسته محلول‌ها.....
۱۲۵	۵-۳ نکات بیشتر در مورد تعادل فازی در مخلوط‌ها.....

۱۳۲	۶-۳ تعادل‌های فازي در سيستم‌های سه‌جزئي
۱۳۳	۷-۳ پديده‌های بحراني در مخلوط‌ها
۱۳۷	خلاصه فصل سوم
۱۳۸	خودآزمایی چهارگزينه‌ای فصل سوم
۱۳۹	خودآزمایی تشریحي فصل سوم
۱۴۵	فصل چهارم. شیمی سطح
۱۴۵	هدف کلی
۱۴۵	هدف‌های یادگیری
۱۴۵	مقدمه
۱۴۷	۱-۴ کشش سطحی
۱۵۰	۲-۴ مطالعه موج خمیده مایعات
۱۵۰	۱-۲-۴ سطح مشترک - مایع
۱۵۳	۲-۲-۴ عمل موئنگی
۱۵۶	۳-۲-۴ اثر سطوح خمیده بر روی فشار بخار مایعات
۱۵۷	۳-۴ روش‌های اندازه‌گیری کشش سطحی و کشش بین‌سطحي
۱۵۷	۱-۳-۴ روش صعود موئین
۱۶۰	۲-۳-۴ روش صفحه وایلهلمی
۱۶۲	۳-۳-۴ روش حلقه دونوی
۱۶۴	۴-۴ ترمودینامیک سطح
۱۷۱	۵-۴ جذب سطحی
۱۷۲	۱-۵-۴ انواع جذب سطحی
۱۷۴	۲-۵-۴ انواع ایزوترم‌های جذب سطحی
۱۸۵	۶-۴ مواد فعال سطحی
۱۸۹	خلاصه فصل چهارم
۱۹۰	خودآزمایی چهارگزينه‌ای فصل چهارم
۱۹۰	خودآزمایی تشریحي فصل چهارم
۱۹۵	فصل پنجم. سيستم‌های الکتروشیمیایی
۱۹۵	هدف کلی
۱۹۵	هدف‌های یادگیری
۱۹۵	مقدمه
۱۹۹	۱-۵ مروری بر پتانسیل و اختلاف پتانسیل الکتریکی
۲۰۴	۲-۵ فصل مشترک الکترو-د محلول
۲۰۷	۳-۵ لایه دوگانه الکتریکی
۲۰۹	۱-۳-۵ مدل هلمهولتز و برین برای ساختار لایه دوگانه

۲۱۰	۵-۳-۲ مدل گوی - شاپمن - استرن
۲۱۵	۵-۴ پتانسیل الکتروشیمیایی
۲۲۰	۵-۵ برخی از ویژگی‌های خاص واکنش‌های الکتروشیمیایی
۲۲۲	۵-۶ وابستگی کمی سینتیک واکنش الکتروشیمیایی به اضافه پتانسیل
۲۲۷	۵-۷ تعادل و دانسیته جریان تبادلی
۲۲۹	خلاصه فصل پنجم
۲۲۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۲۳۰	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۲۳۳	فصل ششم فرایندهای انتقالی
۲۳۳	هدف کلی
۲۳۳	هدف‌های یادگیری
۲۳۴	مقدمه
۲۳۶	۶-۱ هدایت گرمایی
۲۳۷	۶-۱-۱ مکانیسم انتقال حرارت
۲۳۸	۶-۱-۲ فلزات
۲۳۹	۶-۱-۳ سرامیک‌ها
۲۴۱	۶-۱-۴ پلیمرها
۲۴۲	۶-۲ ویسکوزیته
۲۴۵	۶-۲-۱ عوامل مؤثر بر ویسکوزیته
۲۴۸	۶-۲-۲ تخمین ویسکوزیته گازها
۲۴۹	۶-۲-۳ تخمین ویسکوزیته مایعات
۲۵۱	۶-۲-۴ معادله پویزویل برای سیال ویسکوز در یک لوله
۲۵۴	۶-۳ هدایت الکتریکی
۲۵۴	۶-۳-۱ قانون اهم
۲۵۶	۶-۳-۲ اندازه‌گیری هدایت در محلول
۲۵۸	۶-۳-۳ هدایت مولی و اکی‌والانی
۲۶۴	۶-۳-۴ قانون کهلرولش
۲۶۷	۶-۳-۵ اعداد انتقال و تحرک یونی
۲۷۲	۶-۳-۶ اندازه‌گیری اعداد انتقال
۲۷۶	۶-۴ نفوذ
۲۷۷	۶-۴-۱ نفوذ فیک
۲۷۹	۶-۴-۲ ضرایب نفوذ
۲۸۰	۶-۴-۳ فرایندهای انتقال گازها براساس مدل کره سخت
۲۸۰	۶-۴-۳-۱ ضریب نفوذ
۲۸۳	۶-۴-۳-۲ ضریب هدایت گرمایی

۲۸۴	 ۳-۴-۶ ضریب ویسکوزیته
۲۸۴	 خلاصه فصل ششم
۲۸۵	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۲۸۶	 خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۲۸۹	 فصل هفتم. سرعت فرایندهای شیمیایی
۲۸۹	 هدف کلی
۲۸۹	 هدف‌های یادگیری
۲۸۹	 مقدمه
۲۹۱	 ۱-۷ سرعت، قانون سرعت، مرتبه واکنش و نیمه عمر فرایند
۲۹۴	 ۲-۷ فرایند پیاده و مولکولاریته فرایند
۲۹۵	 ۳-۷ مکانیسم فرایند و قانون سرعت
۲۹۷	 ۴-۷ اثر دما و فشار بر روی سرعت فرایند
۲۹۷	 ۱-۴-۷ اثر دما
۳۰۰	 ۲-۴-۷ اثر فشار
۳۰۳	 ۵-۷ برخورد بین مولکولی و استت فرا. ها (سطح مقطع واکنش)
۳۰۴	 ۶-۷ سینتیک و ترمودینامیک فرایند
۳۰۶	 ۷-۷ قانون سرعت و واکنش‌های بنیادی در فاز گازی
۳۰۶	 ۱-۷-۷ واکنش‌های مرتبه اول
۳۱۰	 ۲-۷-۷ واکنش مرتبه اول برگشت پذیر
۳۱۲	 ۳-۷-۷ واکنش مرتبه اول موازی
۳۱۵	 ۴-۷-۷ واکنش مرتبه اول پی در پی
۳۱۹	 ۵-۷-۷ واکنش مرتبه دوم و قانون سرعت
۳۲۲	 ۶-۷-۷ واکنش مرتبه صفر و قانون سرعت
۳۲۳	 ۸-۷ مولکولاریته و واکنش‌های فاز گازی
۳۲۴	 ۱-۸-۷ واکنش‌های تک مولکولی - تئوری لیندمان
۳۲۷	 ۲-۸-۷ تأثیر گازهای نادر
۳۲۹	 ۳-۸-۷ واکنش‌های دومولکولی
۳۳۲	 ۴-۸-۷ واکنش‌های سه مولکولی
۳۳۵	 ۹-۷ یونها و فرایندهای گازی
۳۳۶	 ۱۰-۷ اندازه گیری سرعت واکنش ها و تعیین رابطه سرعت
۳۳۷	 ۱-۱۰-۷ روش‌های تجربی و برازش داده‌ها
۳۴۲	 ۲-۱۰-۷ اندازه گیری سرعت واکنش‌های گازی
۳۴۴	 ۳-۱۰-۷ اندازه گیری سرعت واکنش در فاز محلول
۳۴۸	 ۴-۱۰-۷ اندازه گیری سرعت در سیستم‌های جاری
۳۵۲	 ۱۱-۷ تعیین عبارت سرعت

۳۵۲	۱-۱۱-۷ روش‌های دوران عمر
۳۵۷	۲-۱۱-۷ روش کاهش مرتبه
۳۵۸	۳-۱۱-۷ روش سرعت اولیه
۳۶۰	۴-۱۱-۷ انتگرال‌گیری عددی
۳۶۱	۵-۱۱-۷ روش گانگهایم و توبی
۳۶۳	۶-۱۱-۷ استنتاج ثابت‌های سرعت
۳۶۴	۱۲-۷ کاتالیزورها
۳۶۵	۱-۱۲-۷ کاتالیزورهای همگن در فاز گازی
۳۶۶	۲-۱۲-۷ کاتالیزورهای همگن در محلول
۳۶۷	۳-۲-۷ کاتالیزورهای ناهمگن
۳۶۹	۴-۲-۷ کانسیسم واکنش‌های کاتالیزوری
۳۷۰	خلاصه فصل هفتم
۳۷۲	خودآزمایی چهارگانه در فصل هفتم
۳۷۴	خودآزمایی تشریحی فصل هفتم
۳۷۹	فصل هشتم. مقدمه‌ای بر ترم دینامیک آماری
۳۷۹	هدف کلی
۳۷۹	هدف‌های یادگیری
۳۸۰	مقدمه
۳۸۰	۱-۸ مفاهیم ریاضی مورد نیاز در ترمودینامیک آماری
۳۸۰	۱-۱-۸ فرمول ترکیب
۳۸۳	۲-۱-۸ تقریب استرلینگ
۳۸۳	۳-۱-۸ محاسبه مقدار متوسط
۳۸۵	۴-۱-۸ ضرایب نامعین لاگرانژ
۳۸۶	۲-۸ مجموعه چیست؟
۳۹۱	۳-۸ تابع توزیع بولتزمن و مجموعه کانونی
۳۹۲	۱-۳-۸ محتمل‌ترین توزیع
۳۹۳	۲-۳-۸ تابع تقسیم مجموعه کانونی
۳۹۶	۳-۳-۸ توابع ترمودینامیکی و ارتباط آن با تابع تقسیم
۳۹۹	۴-۳-۸ مفاهیم کار و گرما
۴۰۰	۴-۴-۸ تابع تقسیم مولکولی
۴۰۰	۱-۴-۸ تابع تقسیم مولکول تک اتمی گاز ایدئال
۴۰۱	۱-۱-۴-۸ سهم انرژی انتقالی در تابع تقسیم
۴۰۴	۲-۱-۴-۸ سهم انرژی‌های الکترونی و هسته‌ای در تابع تقسیم
۴۰۶	۲-۴-۸ تابع تقسیم مولکول دو اتمی گاز ایدئال
۴۰۹	۱-۲-۴-۸ سهم انرژی ارتعاشی در تابع تقسیم

۴۱۱	 ۸-۴-۲ سهم انرژی چرخشی در تابع تقسیم
۴۱۶	 ۸-۵ ثابت تعادل و مکانیک آماری
۴۱۸	 خلاصه فصل هشتم
۴۱۹	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۴۲۳	 پاسخنامه خودآزمایی‌های چهارگزینه‌ای
۴۲۵	 منابع

www.ketab.ir

پیشگفتار

تهیه کتب خودآرر در سیستم آموزشی کتاب محور از جمله وظایف ذی قیمت در این حوزه برای نیل به اهداف آموزشی و پژوهشی است که رویکرد اعضای هیئت علمی در تأمین این هدف را به دنبال داد. تلاش مبتنی بر استفاده از تجارب ارزنده در طول تدریس دروس کارشناسی و کارشناسی ارشد، نه ییندگان این کتاب را بر آن داشت تا منبع خودآموز در زمینه شیمی فیزیک پیشرفته در مقطع کارشناسی ارشد رشته شیمی فیزیک را به صورت تألیف گروهی پیشنهاد دهند. این امر با جدیت تمام در طول دو سال و اندی به سرانجام رسید که اکنون شاهد نتیجه آن برای استفاده دانش‌جویان علاقه‌مندان این رشته هستیم. مباحثی همچون دما (فصل اول)، رفتار گازهای حقیقی (فصل دوم)، تعادلات فاز (فصل سوم)، شیمی سطح (فصل چهارم)، سیستم‌های الکتروشیمیایی (فصل پنجم)، فرایندهای انتقالی (فصل ششم)، سرعت فرایندهای شیمیایی (فصل هفتم) و دینامیک بر ترمودینامیک آماری (فصل هشتم) مطابق با سرفصل‌های این درس تهیه شده است. در این کتاب استفاده از منابع به‌روز مدنظر نویسندگان بوده است که در پایان هر فصل به آن‌ها ارجاع داده شده است. برای تفهیم مطالب شیمی فیزیک راهی جز حل مسئله وجود ندارد که این موضوع به شدت از سوی نویسندگان کتاب دنبال و در هر فصل تعدادی مثال حل و در پایان هر فصل تعدادی مسئله آورده شده است که دانشجویان را در این زمینه یاری می‌دهد.

امید است با عنایت به اهمیت اصول فیزیکی حاکم بر فرایندهای شیمیایی و آشناسدن دانشجو با این حوزه از علم و کاربرد آن‌ها در صنایع و تکنولوژی، گامی هر چند کوچک در جهت ارتقای سیستم آموزشی کشور برداشته شده باشد.

نیلوفر بهرامی پناه

نماینده نویسندگان

تابستان ۱۳۹۸