



دانشگاه پیام نور

شیمی فیزیک ۲

(رشته شیمی)

دکتر حسین آقائی دکتر مهران آقائی

سرشناسه	: آقائی، حسین، ۱۳۱۳
عنوان و نام پدید آور	: شیمی فیزیک ۲/ تألیف حسین آقائی، مهران آقائی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ده، ۳۶۷ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: دانشگاه پیام نور؛ ۲۰۸۴. گروه شیمی؛ ۱/۲۱
شابک	: 8 - 0130 - 14 - 964 - 978
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۳۶۷.
موضوع	: شیمی فیزیک - آموزش برنامه‌ای.
موضوع	: شیمی فیزیک - راهنمای آموزشی (عالی).
موضوع	: شیمی فیزیک - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی).
شناسه افزوده	: آقائی، مهران، ۱۳۴۳-
شناسه افزوده	: دانشگاه پیام نور
رده بندی کنگره	: QD۴۵۵/۵/۱۷ش۸۷ ۱۳۹۳
رده بندی دیویی	: ۵۴۱۳.۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۵۸۷۸۷۷



دانشگاه پیام نور

شیمی فیزیک ۲

مؤلفان: دکتر حسین آقائی - دکتر مهران آقائی

ویراستار علمی: دکتر منصور عابدینی

تهیه و تولید: مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

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

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول آبان ۱۳۹۳

شابک: ۸ - ۰۱۳۰ - ۱۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0130 - 8

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

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

(کلیه حقوق نشر اعم از چاپی، الکترونیکی، تصویری، صوتی و اینترنتی برای دانشگاه پیام نور محفوظ است)

قیمت: ۹۵۰۰۰ ریال

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربرابر است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلت‌گاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

۱	فصل اول: محلول نالکترولیت‌ها با نگرش ترمودینامیکی
۲	۱-۱ توصیف کلی محلول
۲	۲-۱ غلظت محلول
۳	۳-۱ نگاه ترمودینامیکی به محلول‌ها
۵	۴-۱ محلول‌های ایده‌آل و قانون رانول
۷	۵-۱ محلول ایده‌آل و پتانسیل شیمیایی
۸	۶-۱ مقایسه‌ی دمای جوش حلال با دمای جوش محلول در فشار خارجی یکسان
۹	۷-۱ خواص غلظتی محلول
۱۵	۸-۱ محلول‌های ایده‌آل از دید برهمکنش‌های مولکولی
۱۶	۹-۱ محلول‌های نایده‌آل
۱۸	۱۰-۱ توابع افزونی در تشکیل محلول‌های نایده‌آل
۲۱	۱۱-۱ توابع مولی جزئی
۲۲	۱۲-۱ معادله‌ی گیس - دوهم
۲۳	پرسش و مسئله
۲۷	فصل دوم: نگرش کلی در خصوص تعادل فاز و درجه‌ی آزادی
۲۸	۱-۲ تعادل فاز و درجه‌ی آزادی
۲۹	۲-۲ شرایط برقراری تعادل میان فازها
۳۰	۳-۲ سازنده‌های سیستم و سازنده‌های مستقل
۳۲	۴-۲ توصیف سیستم در تعادل‌های فازی
۳۲	۵-۲ درجات آزادی
۳۷	۶-۲ تعادل فاز در سیستم‌های واکنش‌پذیر
۴۱	پرسش و مسئله

فصل سوم: تعادل فاز در سیستم‌های یک جسمی

- ۴۳ ۱-۳ معرفی سیستم یک جسمی
۴۴ ۲-۳ درجات آزادی یک سیستم یک جسمی
۴۶ ۳-۳ معادله‌ی کلاپیرون - کلوژیوس
۵۲ ۴-۳ نمودار تعادل فاز سیستم یک جسمی با شرکت سه فاز
۵۳ ۵-۳ نمودار تعادل فاز آب
۵۶ ۶-۳ نمودار تعادل فاز گوگرد
۵۷ ۷-۳ نمودار تعادل فاز هلیوم - ۴
۵۷ ۸-۳ دسته‌بندی تبدیل‌های فازی
۵۹ ۹-۳ معادله‌های اهرنفت در تبدیل فاز مرتبه‌ی دوم
۶۰ پرسش و مسئله

فصل چهارم: نمودار تعادل فاز در سیستم‌های دو جسمی و سه جسمی

- ۶۳ ۱-۴ بیان کلی در خصوص سیستم‌های دو جسمی و سه جسمی
۶۴ ۲-۴ تعادل فاز در سیستم‌های دو جسمی
۶۵ ۳-۴ تعادل میان محلول ایده‌آل و بخار آن در دمای ثابت
۶۷ ۴-۴ تعادل میان محلول نایده‌آل و بخار آن در دمای ثابت
۶۹ ۵-۴ قانون هنری در محلول‌های نایده‌آل
۷۲ ۶-۴ نمودار جوش - غلظت در محلول ایده‌آل در فشار ثابت
۷۵ ۷-۴ نمودار جوش - غلظت در محلول‌های نایده‌آل در فشار ثابت
۷۵ ۸-۴ تعادل مایع - مایع در سیستم‌های دوتایی
۷۸ ۹-۴ انحلال‌پذیری با نگاه ترمودینامیکی
۷۹ ۱۰-۴ نمودار فاز انجماد - غلظت بدون تشکیل محلول جامد
۸۲ ۱۱-۴ نمودار فاز انجماد - غلظت با تشکیل محلول جامد
۸۴ ۱۲-۴ ترمودینامیک انجماد - غلظت
۸۹ ۱۳-۴ نمودار تعادل فاز در سیستم‌های سه جسمی واکنش‌ناپذیر
۹۵ پرسش و مسئله

فصل پنجم: الکترولیت‌ها و خواص آنها در محلول

- ۱۰۱ ۱-۵ الکترولیت و محلول الکترولیت
۱۰۲ ۲-۵ الکترولیت قوی و الکترولیت ضعیف
۱۰۲ ۳-۵ تعادل و یونش الکترولیت‌های ضعیف
۱۰۳ ۴-۵ خواص غلظتی محلول الکترولیت‌ها
۱۰۶ ۵-۵ رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت
۱۰۹ ۶-۵ رسانایی الکتریکی هم‌ارز
۱۱۳ ۷-۵ تحرک یونی
۱۱۷ ۸-۵ عدد انتقالی یونی
۱۱۸ ۹-۵ تأثیر بر همکنش‌های یونی بر رسانایی الکتریکی محلول
۱۱۹ ۱۰-۵ غلظت یونی - قدرت یونی
۱۲۰ پرسش و مسئله
۱۲۳

۱۲۷	فصل ششم: ترمودینامیک محلول‌های یونی و معادله‌های فعالیت و ضریب فعالیت
۱۲۸	۱-۶ تشکیل محلول‌های الکترولیت با نگاه ترمودینامیکی
۱۳۱	۲-۶ آنتالپی تشکیل یون در محلول
۱۳۳	۳-۶ آنتالپی و آنتروپی استاندارد آبپوشی یون‌ها
۱۳۵	۴-۶ آنتروپی استاندارد یون در محلول
۱۳۶	۵-۶ نایده‌آلی محلول‌های الکترولیت
۱۴۳	۶-۶ نظریه‌ی دبی-هوکل
۱۴۹	۷-۶ تجمع یونی
۱۵۱	پرسش و مسئله

۱۵۵	فصل هفتم: پتانسیل الکترودی و سلول‌های ولتایی
۱۵۶	۱-۷ معرفی کلی سلول‌های ولتایی
۱۵۶	۲-۷ پتانسیل الکترودی
۱۵۹	۳-۷ پتانسیل نسبی الکترودی
۱۶۵	۴-۷ دسته‌بندی الکترودها (نیم‌واکنش‌ها)
۱۶۹	۵-۷ بستگی پتانسیل الکترودی با غلظت در دمای ثابت
۱۷۲	۶-۷ سلول‌های ولتایی یا گالوانی
۱۸۰	۷-۷ دسته‌بندی سلول‌ها
۱۸۳	۸-۷ باتری‌ها
۱۸۶	۹-۷ سلول‌های سوختی
۱۸۸	۱۰-۷ ترمودینامیک سلول‌های ولتایی
۱۹۴	پرسش و مسئله

۱۹۹	فصل هشتم: الکترولیز
۲۰۰	۱-۸ معرفی کلی فرایند الکترولیز
۲۰۲	۲-۸ قوانین فارادی در الکترولیز
۲۰۶	۳-۸ ولتاژ و اضافه ولتاژ در الکترولیز
۲۰۸	۴-۸ الکترولیز محلول آبی الکترولیت‌ها
۲۰۹	۵-۸ رقابت یون‌ها برای شرکت در الکترولیز
۲۱۱	۶-۸ آب‌کاری الکتریکی
۲۱۲	۷-۸ تهیه‌ی فلز خالص از فلز ناخالص از راه الکترولیز
۲۱۳	پرسش و مسئله

۲۱۷	فصل نهم: مفاهیم اولیه‌ی سینتیک شیمیایی
۲۱۸	۱-۹ موضوع سینتیک شیمیایی
۲۱۸	۲-۹ واکنش شیمیایی
۲۲۲	۳-۹ سرعت واکنش
۲۲۷	۴-۹ قانون سرعت واکنش
۲۳۰	۵-۹ یکاهای ثابت سرعت واکنش
۲۳۳	۶-۹ مولکولاریته‌ی واکنش

۷-۹ واکنش‌های برگشت‌پذیر و قانون اثر جرم
پرسش و مسئله

فصل دهم: سینتیک شیمیایی فرمولی

۱-۱۰ تگرش کلی در سینتیک شیمیایی فرمولی

۲-۱۰ فرمولبندی سینتیک و اکشن مرتبه‌ی اول

۳-۱۰ فرمولبندی سینتیک و اکشن‌های مرتبه‌ی دوم

۴-۱۰ فرمولبندی سینتیک و اکشن یک طرفه‌ی مرتبه‌ی n

۵-۱۰ واکنش مرتبه‌ی صفرم

۶-۱۰ واکنش‌های موازی

۷-۱۰ واکنش‌های پی‌درپی

۸-۱۰ فرمولبندی سینتیک و اکشن‌های برگشت‌پذیر

۹-۱۰ اصل موازنه‌ی تفصیلی

۱۰-۱۰ اثر دما روی سرعت واکنش‌های شیمیایی

پرسش و مسئله

فصل یازدهم: نظریه‌های سینتیک

۱-۱۱ نظریه‌ی برخوردی سرعت واکنش

۲-۱۱ نظریه‌ی حالت گذار یا تشکیل کمپلکس فعال

۳-۱۱ نظریه‌ی حالت گذار با نگاه ترمودینامیکی

۴-۱۱ اثر تونلی

۵-۱۱ نظریه‌ی حالت گذار با شرکت واکنش‌دهنده‌های یونی

۶-۱۱ نظریه‌ی لیندمن در واکنش‌های یک مولکولی در فاز گاز

پرسش و مسئله

فصل دوازدهم: مکانیسم واکنش - واکنش‌های کاتالیز شده

۱-۱۲ مکانیسم واکنش کلی

۲-۱۲ ویژگی‌های یک مکانیسم

۳-۱۲ مکانیسم و عبارت سرعت واکنش

۴-۱۲ واکنش‌های زنجیری

۵-۱۲ واکنش‌های فتوشیمیایی

۶-۱۲ واکنش‌های کاتالیز شده

۷-۱۲ فرایند جذب سطحی

۸-۱۲ سرعت واکنش کاتالیز شده روی سطح یک جامد

۹-۱۲ واکنش‌های آنزیمی

پرسش و مسئله

پیوست ۱: برخی ثابت‌های بنیادی و دانستنی‌های کلی

پیوست ۲: مفاهیم بنیادی فصل‌های کتاب به تفکیک

مراجع

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار

کتاب حاضر در ارتباط با سرفصل‌های درس شیمی فیزیک ۲ که یکی از دروس اصلی دوره‌ی کارشناسی شیمی است نگارش یافته است. مطالب کتاب برای مطالعه‌ی دانشجویان کارشناسی شیمی در گرایش‌های مختلف بسیار سودمند است و امید است که آنان بتوانند بهره‌ی وافیه از آن ببرند.

کتاب دارای سه بخش است که عبارت‌اند از محلول‌ها و تعادل فاز، الکتروشیمی و سینتیک شیمیایی. هر بخش خود دارای چهار فصل است. در نگارش کتاب سعی شده از شیوه‌ای ساده و روان بهره گرفته شود تا مطالعه‌ی آن برای دانشجویان گرامی و سایر علاقه‌مندان آسان و دلپذیر باشد.

در هر فصل، علاوه بر پرسش و مسائل پایانی، تعداد قابل توجهی مثال‌های حل شده، پرسش، تمرین و فعالیت علمی نیز گنجانیده شده است تا دانشجویان با مطالعه‌ی آنها بتوانند مطالب هر فصل را به خوبی یاد بگیرند و از آن بهره ببرند.

به دانشجویان گرامی توصیه می‌شود، مطالب هر فصل را با حوصله و دقت کافی مطالعه نمایند، مثال‌های حل شده در هر فصل را به خوبی از نظر بگذرانند، به پرسش‌ها و تمرین‌های داخل فصل پاسخ دهند، فعالیت‌های علمی ارائه شده را انجام دهند و تمرین‌ها و مسائل پایانی هر فصل را حل نمایند. یقیناً موفقیت آنان در درس شیمی فیزیک ۲، از این راه بهتر میسر خواهد شد.

در بخش محلول‌ها و تعادل فاز، به محلول نالکترولیت‌ها، تعادل فاز و درجه‌ی آزادی در سیستم‌های یک جسمی، دو جسمی و سه جسمی پرداخته‌ایم. بخش الکتروشیمی شامل محلول‌های الکترولیت، نیم سلول‌ها و سلول‌های ولتایی و فرایند الکترولیز است. در بخش پایانی که سینتیک شیمیایی نام دارد، مفاهیم اولیه‌ی سینتیک شیمیایی، سینتیک شیمیایی فرمولی، نظریه‌های ساده‌ی سینتیکی، مکانیسم واکنش‌ها و واکنش‌های کاتالیز شده را مورد بحث قرار داده‌ایم.

دکتر حسین آقائی و دکتر مهران آقائی

اسفند ۱۳۹۲