

شیمی فیزیک

ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی

ویرایش نهم

بدید آوردندگان:

پی. دیو. اتکینز

استاد دانشگاه اکسفورد

جولیو. دی. پائولا

استاد دانشگاه پرتلند، اورگان

برگردانندگان:

دکتر غلامعباس پارسا

استاد دانشگاه صنعتی شریف

دکتر بیژن نجفی

استاد دانشگاه صنعتی اصفهان



انشارات دانشگاه صنعتی اصفهان

شماره کتاب ۱۲۹

گروه علوم ۳۴

شیمی فیزیک: ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی

پدیدآورندگان.....	پتر اتکینز، جولینو. دی. پائولا
برگردانندگان.....	دکتر غلامعباس پارسا، دکتر بیژن نجفی
طراح جلد.....	سمیه رضویان
ناشر.....	انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
لینتوگرافی، چاپ و صحافی.....	چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ چهارم.....	تابستان ۱۴۰۱
شمارگان.....	جلد ۳۰۰۰
شابک.....	۹۷۸-۹۶۴-۸۴۷۶-۸۳-۵
قیمت.....	۱۷۵۰۰۰۰ ریال

سرشناسه	اتکینز، پتر ویلیام، ۱۹۴۰- م. William Atkins, Peter
عنوان و نام پدیدآور	شیمی فیزیک: ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی / تألیف پی. دبلیو. اتکینز، جولینو. دی. پائولا؛ ترجمه غلامعباس پارسا، دکتر بیژن نجفی
مشخصات نشر	اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	بیست ۶۱۱ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی): ۲۹×۲۲ س.م.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۸۴۷۶-۸۳-۵
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Physical chemistry, 9th ed, c2010
یادداشت	واژه نامه
یادداشت	نمایه
موضوع	شیمی فیزیک -- کتاب های درسی
شناسه افزوده	د پائولا، جولینو
شناسه افزوده	De Paula, Julio
شناسه افزوده	پارسا، غلامعباس، ۱۳۳۱-، مترجم
شناسه افزوده	نجفی، بیژن، ۱۳۲۸-، مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ ش ۹۲ الف ۳ / QD۴۵۳
رده بندی دیویی	۵۴۱
شماره کتابشناسی ملی	۳۲۴۶۵۱۰

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - انتشارات - کد پستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱ تلفن: ۰۳۱۳۳۹۱۲۹۵۲ (۰۳۱) دورنگار: ۰۳۱۳۳۹۱۲۵۵۲

برای خرید اینترنتی کلیه کتاب های منتشره انتشارات می توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه و یا مستقیماً از کتابفروشی انتشارات واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمائید.

در این ویرایش جدید سبک و روش معمول خود را ادامه داده و مطالب آن را هم از جنبه‌ی موضوع و هم از لحاظ ارائه به‌روزتر کرده‌ایم. هدف نهایی ما روان‌تر بودن، دسترسی ساده‌تر برای دانشجویان، تنوع بیشتر و مستدل بودن مطالب، بدون افزایش حجم کتاب بوده است. به‌هر حال باید در نظر داشت که افزایش حجم کتاب بیشتر به‌خاطر روش‌های آموزشی مطرح شده (مانند مثال‌های حل شده، لیست کنترل معادله‌های کلیدی، و بخش منابع) بوده و نه لزوماً به‌خاطر فشردگی اطلاعات.

این کتاب هم مانند قبل به سه بخش تقسیم شده است، اما مطالبی را از بعضی بخش‌ها به بخش‌های دیگر منتقل کرده‌ایم و در ساختار فصل‌ها هم بازنگری شده است. با توجه به این‌که بعضی مطالب در درس‌های قبلی تدریس شده‌اند، با ترکیب چند فصل در بخش ۱ (تعادل) تأکید بر ترمودینامیک کلاسیک کم شده است. به‌عنوان مثال، در این ویرایش به‌جای اختصاص یک فصل کامل، نمودار فاز، در دو فصل ۴ (تبدیل‌های فازی مواد خالص) و فصل ۵ (مخلوط‌های ساده) آورده شده است. در بخش‌های "استفاده در" کاربرد اصول ترمودینامیکی در علم مواد پررنگ‌تر شده است، چون توجه شیمیدان‌ها به این علم بیشتر شده است. در بخش ۲ (ساختار) فصل‌ها با بحث روش‌های امروزی علم مواد (شامل علم نانو و طیف‌سنجی) به‌روز گردیده است. همچنین توجه بیشتری به شیمی محاسباتی گردیده و این بحث در فصل ۱۰ بازنگری مجدد گردیده است.

در بخش ۳ فصل‌های مربوط به سینتیک واکنش‌های پیچیده و فرآیندهای سطح حذف گردیده ولی مواردی را که مهم تشخیص داده‌ایم آورده شده است. به‌خاطر سهولت بیشتر دسترسی به این مباحث، بحث‌های مربوط به واکنش‌های پلیمری شدن، فوتو شیمی، آنزیم و کاتالیزگر سطحی، بخشی در فصل ۲۱ (سرعت واکنش‌های شیمیایی، فصل ۸ این کتاب) و بخشی دیگر در فصل ۲۲ (دینامیک واکنش، فصل ۹ این کتاب) آورده شده است. همچنین یک فصل جدید، فصل ۲۳ (کاتالیز، فصل ۱۰ این کتاب) نیز اضافه شده است. ضمیمه‌های ویرایش‌های قبل را حذف نموده‌ایم. ریاضیات این ضمیمه‌ها در بخش‌های مختلف کتاب تحت عنوان زمینه‌های ریاضی بخش شده است، که روش‌های ریاضی برحسب ضرورت به‌طور خلاصه و یا به‌طور کامل آورده شده است. مرور شیمی و فیزیک پایه‌ای که در ویرایش‌های قبل در ضمیمه آورده شده بود، حال در آغاز کتاب و در یک فصل تحت عنوان "مباحث بنیادی" آورده شده است. نکته‌های خاص تحت عنوان یک نکته‌ی کوتاه یا در بخش‌های اطلاعات بیشتر کتاب آمده است. اعتقاد داریم که با خارج ساختن این مباحث از ضمیمه‌ها و ساده سازی ارائه فصل‌ها، خواندن کتاب دلپذیرتر شده است.

این بحث قدیمی "کوانتوم اول" یا "ترمودینامیک اول" بین جامعه‌ی شیمی فیزیکدانان هنوز هم به‌طور جدی ادامه دارد. به‌همین دلیل ساختار این کتاب را تا حد زیادی انعطاف پذیرتر کرده‌ایم. هدف ما در این ویرایش این بوده که امکان ارائه‌ی مطالب با ترتیب‌های متفاوت امکان پذیر باشد و در پایان این پیشگفتار، بار دیگر نقشه‌ی هر دو مسیر را نیز ارائه داده‌ایم. برای آنهایی که مسیر "کوانتوم اول" را ترجیح می‌دهند، کتاب "کوانتا، ماده و تغییر" (با همکاری رون فریدمن) را معرفی می‌کنیم که مطالب این کتاب را با یک روش مشابه پوشش داده‌ایم، ولی به‌خاطر دیدگاه متفاوت، از رهیافت دیگری پیروی می‌کند.

همان‌طور که در ویرایش‌های قبلی مطرح شده، اهمیت ریاضی در شیمی فیزیک نادیده گرفته نشده است و روش‌هایی به‌کار گرفته‌ایم که نقش محوری ریاضیات در شیمی فیزیک هر چه بیشتر پررنگ‌تر گردیده و بیشتر قابل درک باشد. علاوه بر مرتبط ساختن بخش‌های زمینه‌ی ریاضی با فصل‌های مربوطه، استخراج معادلات، توجیه آنها و نکات خاص هر مرحله، سرخط‌های مفیدی ارائه شده است. تلاش دانشجویان سخت‌کوش را هم مدنظر داشته و کوشش نموده‌ایم در هر مرحله‌ای به آنها کمک نماییم.

از گسترش روزافزون منابع الکترونیکی آگاه بوده‌ایم و در این چاپ برای رجوع به مرکز منابع روی خط (on line) خود به آدرس: www.oxfordtextbooks.co.uk/orc/pchem9e توصیه‌های زیادی شده است. بر این باوریم که باید دانشجویان را به استفاده از نمودارهای اینترنتی پویای سایت وب (و همچنین استفاده کامل از نسخه‌ی الکترونیکی کتاب و explorations CD) و نتایج حاصله در بخش کنجکاوی در شیمی فیزیک تشویق نمود. برای این کار هنگامی که به یک نمودار پویا مراجعه می‌کنیم (از طریق یک نشانه (آیکون) اضافه شده به نمودار در کتاب) یک کنجکاوی در حاشیه‌ی شکل ظاهر شده و نشان می‌دهد که با تغییر پارامترها چه نتایجی ایجاد می‌شود.

در کل تجدید نظرهای بسیاری در متن انجام شده است تا کتاب قابل استفاده‌تر، مفیدتر و جذاب‌تر باشد. به عنوان مثال، تمام ۱۰۰۰ قطعه‌ی هنری با یک روش هماهنگ دو باره ترسیم شده است. لیست کنترل معادله‌های کلیدی در پایان هر فصل عصاره‌ی مفیدی از مهمترین معادله‌های زیادی است که برحسب ضرورت در کتاب آورده شده است. نوآوری جدید این کتاب مجموعه‌ی نقشه‌های راه در بخش منابع است، که نشان می‌دهد چگونه یک رابطه را انتخاب و مسیر منتهی به ریشه آن را پیدا کنید. در مجموع در این فرصت به دست آمده کل کتاب را بازنگری، کاربردهای آن را تکمیل و دانشجویان را به استفاده از منابع الکترونی تشویق و مطالب آن را به روز و انعطاف پذیرتر کرده‌ایم.

P.W.A.

J.de.P

اکسفورد

پرتلند

www.ketab.ir

سپاس فراوان پروردگار یکتا را که توفیق عنایت فرمود تا پس از ترجمه‌ی جلد اول کتاب شیمی فیزیک اتکینز (ویرایش نهم چاپ ۲۰۱۰)، ترجمه‌ی بخش‌های اول و سوم این کتاب (ترمودینامیک، سینتیک و شیمی سطح) را در قالب یک کتاب در اختیار دانشجویان و سایر علاقمندان قرار دهیم.

سرفصل‌های شیمی فیزیک در ایران و سایر کشورها بیشتر شامل ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی می‌باشد، که بر این اساس مولفین کتاب در سال ۲۰۱۰ علاوه بر کتاب کامل خود، بخش اول کتاب (ترمودینامیک) و بخش سوم (سینتیک و شیمی سطح) را در قالب یک کتاب جداگانه تحت عنوان "ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی" در اختیار علاقمندان قرار دادند. براین اساس مترجمین این کتاب هم تصمیم گرفتند که اقدام به ترجمه‌ی بخش سوم کتاب نموده و دو بخش ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی را به‌صورت یک کتاب کامل عرضه نمایند.

این کتاب علاوه بر اینکه می‌تواند به عنوان کتاب درسی برای دروس شیمی فیزیک ۱ و ۲ و شیمی فیزیک مهندسی شیمی و سایر رشته‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به شیوه نگارش خاص آن و کثرت مثال‌ها، تمرین‌ها، نکات عملی، مثال‌ها و پرسش‌های تشریحی حل شده پس از معرفی یک موضوع یا رابطه‌ی مهم، می‌تواند حتی به عنوان یک خودآموز شیمی فیزیک و ترمودینامیک کلاسیک نیز مورد استفاده قرار گیرد.

از همکاران (اساتید و پژوهشگران) و دانشجویان عزیز تقاضا داریم که نظرات و انتقادات سازنده‌ی خود را در ارتباط با ترجمه این کتاب ارسال نمایند تا در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

در پایان وظیفه خود می‌دانیم که از زحمات کلیدی پرسنل مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان خصوصاً جناب آقای دکتر محمد رضا کوشش ریاست محترم مرکز نشر دانشگاه و جناب آقای مهندس محسن مرندی (سرپرست قبلی مرکز نشر) به‌خاطر راهنمایی‌های بسیار ارزشمند و پیگیری‌های ایشان تشکر نماییم. از جناب آقای مهندس بختیار آذری دهکردی به‌خاطر تنظیم و آماده‌سازی شکل‌ها و سرکار خانم زحل شیروانی به‌خاطر صفحه‌آرایی و توصیه‌های بسیار سودمند و کنترل دقیق صفحات کتاب و همچنین آقایان مهندس علیرضا رثوفی و مهندس علیرضا احمدی تشکر می‌نماییم.

مترجمین

۱۳۹۲

روش متداول



نوآوری‌های متعددی در این ویرایش وجود دارد که یادگیری شیمی فیزیک را موثرتر و لذت بخش‌تر می‌کند. یکی از مسائلی که این یادگیری را ترسناک می‌سازد، حجم اطلاعات صرف است: از چند وسیله برای سازماندهی مطالب استفاده کرده‌ایم: سازماندهی اطلاعات را ملاحظه کنید. احساس می‌کنیم که ریاضیات اغلب مشکل‌ساز است، بنابراین به این جنبه‌ی بسیار مهم شیمی فیزیک توجه داشته‌ایم: پشتوانه ریاضیات را ملاحظه کنید. در حل مسائل، با این مسئله مواجه هستیم که "از کجا شروع کنیم؟ برای فائق آمدن بر این مانع اولیه بهترین کار در حد توان خود را انجام داده‌ایم: نحوه حل کردن مسئله را ببینید. سرانجام وب (web) یک منبع اطلاعات فوق‌العاده است، اما باید بدانید که برای دریافت اطلاعات مورد نظر از کجا شروع کنید یا به کجا بروید. سعی کرده‌ایم که جهت صحیح را برای شما مشخص کنیم: به مرکز منابع الکترونیکی روی خط مراجعه کنید. در پاراگراف‌های بعدی این موارد با جزئیات بیشتری شرح داده شده است.

سازماندهی اطلاعات

نکات کلیدی

نکات کلیدی خلاصه‌ای از مطالب کلیدی آن بخشی است که در ادامه می‌آید. این نکات شما را برای مفاهیم پایه‌ای که در ادامه می‌آید آماده می‌سازد.

۱-۱ حالت گازها

نکات کلیدی هر ماده‌ای با یک معادله حالت توصیف می‌شود. (الف) فشار، نیروی وارد شده بر واحد سطح است، ملاکی برای برقراری تعادل مکانیکی سیستمی را می‌دهد که حجم آن می‌تواند تغییر کند. (ب) فشار با بارومتر اندازه‌گیری می‌شود. (ج) قانون گازها ترمودینامیک، دما را به عنوان معیاری برای برقراری تعادل گرمایی معرفی می‌کند.

حالت فیزیکی نمونه‌ای از یک ماده، شرایط فیزیکی آن، با خواص

معادله‌ها و نشانه‌های مفهومی

مهمترین معادله‌ها و مفاهیم (که توصیه می‌کنیم حتماً به‌خاطر بسپارید) با کادر حاشیه‌ای مشخص شده است، مانند نمونه‌ی مقابل

شکل کلی یک معادله‌ی حالت به صورت زیر است

$$(1-1) \quad p = f(T, V, n) \quad \text{شکل کلی یک معادله‌ی حالت}$$

این معادله بیانگر آن است که چنانچه مقادیر T ، n و V یک ماده‌ی خاصی معلوم باشد می‌توان فشار آن را به دست آورد. هر ماده‌ای با معادله‌ی حالت خاص خود توصیف می‌شود ولی فقط شکل صریح معادله‌ی حالت را برای تعداد محدودی از مواد می‌دانیم. یکی از

دلیل‌ها

هنگام خواندن یک متن برای اولین بار، ممکن است که مفهوم کلی را درک نموده و نیاز نباشد که جزئیات استخراج عبارت‌های ریاضی را بدانید. اما ریاضیات بخش ذاتی شیمی فیزیک است و مهم است بدانیم که چگونه یک عبارت خاص به دست آمده است. این دلیل‌ها جزئیاتی را مطرح می‌کنند که شما برای درک کامل بدان‌ها نیاز دارید و بازخوانی مطالب را سهل‌تر می‌کند.

این روابط معادله‌های مارگولس نامیده می‌شوند.

دلیل ۵-۵ معادله‌های مارگولس

انرژی گیس اختلاط محلول غیر ایده‌آل عبارت است از

$$\Delta_{\text{mix}} G = nRT \{x_A \ln a_A + x_B \ln a_B\}$$

این عبارت از معادله‌ی ۵-۱۶ با جایگزینی فعالیت بجای کسر مولی

به دست می‌آید. چنانچه هر کدام از فعالیت‌ها با γx جایگزین گردد،

عبارت فوق به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$G = nRT \{x_A \ln x_A + x_B \ln x_B + x_A \ln \gamma_A + x_B \ln \gamma_B\}$$

لیست کنترل معادله‌های کلیدی

مهمترین معادله‌های هر بخش به صورت لیست کنترل خلاصه شده است. هر جا لازم باشد، به شرایطی که معادله را می‌توان به کار برد اشاره شده است.

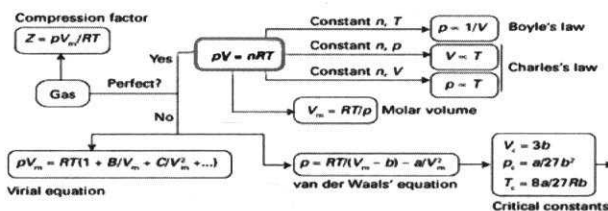
لیست کنترل معادله‌های کلیدی

خاصیت	معادله	نکته
پتانسیل شیمیایی	$\mu = (\partial G / \partial n_i)_{T, p, n_j}$	$G = n_A \mu_A + n_B \mu_B$
معادله‌ی اساسی ترمودینامیک شیمیایی	$dG = V dp - S dT + \mu_A dn_A + \mu_B dn_B + \dots$	
معادله‌ی گیس - دوهم	$\sum_j n_j d\mu_j = 0$	
پتانسیل شیمیایی یک گاز	$\mu = \mu^\circ + RT \ln(p / p^\circ)$	گاز کامل
خواص ترمودینامیکی امتزاج	$\Delta_{\text{mix}} G = nRT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$ $\Delta_{\text{mix}} S = -nR(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$ $\Delta_{\text{mix}} H = 0$	گازهای کامل و محلول‌های ایده‌آل
قانون راول	$p_A = x_A p_A^*$	صحیح برای محلول‌های ایده‌آل، قانون حدی در $x_A \rightarrow 1$
قانون هنری	$p_B = x_B K_B$	صحیح برای محلول‌های رقیق - ایده‌آل، قانون حدی در $x_B \rightarrow 0$
معادله‌ی وانت هوف	$\Pi = [B] RT$	صحیح در $[B] \rightarrow 0$

Part 1 Road maps

Gas laws (Chapter 1)

Gas laws (Chapter 1)



نقشه‌های راه

در بسیاری از موارد بهتر است روابط بین معادله‌ها را در نظر بگیریم. بخش "نقشه‌های راه" که این روابط را به صورت خلاصه شده نشان می‌دهد در بخش منابع در پایان کتاب آورده شده است.

بخش‌های استفاده در

هر کجا لازم بوده است، اصول را از کاربردها تفکیک نموده‌ایم: اصول مستدام و سرراست هستند، کاربردها با پیشرفت علم می‌آیند و می‌روند. بخش‌های "استفاده در" نشان می‌دهند که چطور اصول مطرح شده در آن فصل اخیراً کاربردهای عملی متعددی پیدا کرده‌اند.

کاربرد در علم نانو

I ۸-۱ نقطه‌های کوانتومی

علم نانو مطالعه‌ی مجموعه‌های اتم‌ها و مولکول‌ها در ابعاد ۱ nm تا ۱۰۰ nm و نانوتکنولوژی مرتبط ساختن این مجموعه‌ها در ابزارهای صنعتی است. اثرات اقتصادی نانوتکنولوژی در آینده بسیار نوید بخش است. به عنوان مثال، تقاضاهای روزافزون برای تولید ابزارهای هرچه کوچکتر ابزارهای دیجیتالی موجب طراحی میکروپروسسورهای کوچک و کوچکتر گشته است. به هر حال، قرار دادن تعدادی از مدارهای الکترونی در چیپ‌های بر پایه سیلیکونی با تکنولوژی‌های ساخت کنونی با

نکته‌های عملی

علم، یک تکاپوی دقیق است و باید در بیان آن کاملاً دقت شود. با آوردن این نکته‌ها، استفاده از بیان و روش‌هایی را در علوم تشویق نموده‌ایم که در سطح بین‌المللی مرسوم است (مانند آنچه که توسط اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و شیمی کاربردی، IUPAC، توصیه شده است) و باعث می‌شود که از اشتباهات متداول اجتناب شود.

یک نکته‌ی عملی

برای اجتناب از گرد کردن و سایر خطاهای عددی، بهتر است ابتدا محاسبات جبری را انجام داده، و مقادیر عددی را یکجا در یک فرمول نهایی جایگزین نمایید. در این صورت، سایر نتایج عددی بدون تکرار کل محاسبات قبلی به دست می‌آید.

جواب تعداد فوتون‌ها برابر است با

$$N = \frac{E}{h\nu} = \frac{P\Delta t}{h(c/\lambda)} = \frac{\lambda P\Delta t}{hc}$$

با جایگزینی داده‌ها:

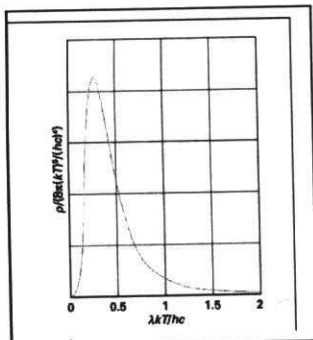
$$N = \frac{(5/60 \times 10^{-7} \text{ m}) \times (100 \text{ J s}^{-1}) \times (1/0.5)}{(6/62 \times 10^{-34} \text{ J s}) \times (2/998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})} = 2/8 \times 10^{20}$$

دقت کنید که لامپ برای تولید یک مول فوتون به چهل دقیقه زمان نیاز دارد.

خودآزمایی ۷-۱ یک rangefinder مادون قرمز منوکرومات (تک‌رنگ) با توان ۱ mW و طول موج ۱۰۰۰ nm، چند فوتون در ۰/۱ s نشر می‌کند؟

کنجکاوی‌ها

بسیاری از نمودارها در این کتاب دارای یک "کنجکاوی" است، که به شما نشان می‌دهد که چگونه تغییر پارامترها بر نتایج اثر می‌گذارد یا منجر به بررسی‌های جامع‌تری در نمودارها می‌گردد. در بسیاری از موارد، این کنجکاوی‌ها با استفاده از منابع روی خط وب سایت کتاب کامل می‌شود.



شکل ۷-۷ توزیع پلانک (معادله ۸-۷) بخوبی توزیع مشاهده شده‌ی تجربی تشعشع جسم سیاه را نشان می‌دهد. نظریه‌ی کوانتیزه بودن پلانک سهم نوسان کننده‌های فرکانس بالا، طول موج‌های کوتاه را صفر می‌کند. این توزیع بر توزیع جین-رالی در طول موج‌های بلند منطبق است. کنجکاوی توزیع پلانک را در چند دما رسم نموده و تأیید کنید که معادله ۸-۷ رفتار خلاصه شده در شکل ۳-۷ را پیش‌بینی می‌کند.



اطلاعات اضافی

در مواردی، به‌این نتیجه رسیده‌ایم که استخراج یک معادله طولانی‌تر، با جزئیات زیاد، و یا متفاوت با سطح کتاب بوده که بتوان در متن اصلی کتاب آورده شود. در این موارد، این استخراج‌ها را می‌توانید در انتهای فصل پیدا کنید.

اطلاعات اضافی ۱-۷ مکانیک کلاسیک

مکانیک کلاسیک رفتار اشیاء را با دو معادله بیان می‌کند. اول آنکه در غیاب نیروهای خارجی، انرژی کل ثابت است، دیگری عکس العمل ذرات را نسبت به نیروی اعمال شده بر آنها بیان می‌کند.

(الف) مسیر برحسب انرژی

سرعت، v ، یک ذره میزان تغییر مکان آن است:

$$v = \frac{dr}{dt}$$

تعریف تندی

(۴۴-۷)

تندی یک بردار است، هم دارای جهت و هم مقدار است. (بردارها در زمینه‌ی ریاضی ۵ بحث شده است.) مقدار تندی سرعت، v ، است. تکانه خطی، p ، یک ذره با جرم m مرتبط با تندی آن v است:

$$p = mv$$

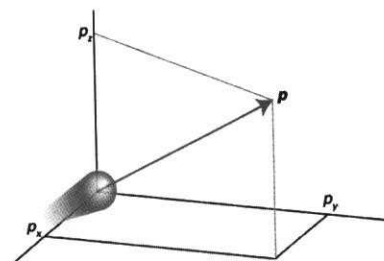
تعریف تکانه‌ی خطی

(۴۵-۷)

مانند بردار تندی، بردار تکانه خطی در جهت حرکت ذره است (شکل ۳۱-۷). برحسب تکانه خطی، مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل، ذره برابر است با

$$E = E_k + V(x) = \frac{p^2}{2m} + V(x)$$

(۴۶-۷)



شکل ۳۱-۷ تکانه خطی یک ذره یک برداری است که جهت آن جهت حرکت ذره است.

بخش منابع

جدول‌های طولانی برای گردآوری و حل تمرین‌ها و مسائل مفیدند، اما ممکن است در پیوستگی متن اختلال ایجاد کنند. بخش منابع انتهای کتاب شامل نقشه‌های راه، یک بخش داده‌ها با مقدار زیادی اطلاعات عددی مفید می‌باشد. خلاصه‌ای از آنها را در جدول‌های مختصر شده در خود متن قرار داده‌ایم تا تصویری از مقادیر نوعی کمیت‌های فیزیکی معرفی شده را ارائه داده باشیم.

جدول ۱-۶* ضرایب واندر والس

$b/(\text{dm}^3 \text{mol}^{-1})$	$a/(\text{atm dm}^3 \text{mol}^{-1})$	
۳,۲۰	۱,۳۲۷	Ar
۴,۲۹	۳,۶۱۰	CO _۲
۲,۳۸	۰,۰۳۴۱	He
۵,۱۶	۴,۱۲۷	Xe

* داده‌های بیشتری در بخش داده‌ها آورده شده است.

پشتیبانی ریاضی

یک نکته‌ی کوتاه

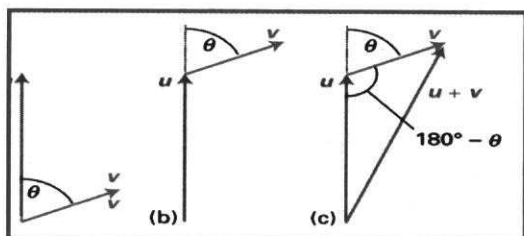
معمولاً یک موضوع به یک روش ریاضی یا مفهوم فیزیکی وابسته است، "یک نکته‌ی کوتاه"، این روش یا مفهوم فیزیکی را سریعاً به‌خاطر می‌آورد.

از نظر کلاسیک، انرژی یک کنتاور مغناطیسی μ در یک میدان مغناطیسی B برابر با حاصل ضرب اسکالر است

$$E = -\mu \cdot B \quad (۱-۱۴)$$

زمینه‌های ریاضی

در مواردی نیاز به درک عمیق‌تری از مفاهیم ریاضی دارید، به‌خاطر این‌که روش را بهتر درک کنید یا برای رسیدن به یک فرمول نیاز به استفاده از چند روش ریاضی دارید. بخش‌های زمینه‌های ریاضی بین فصل‌هایی قرار گرفته‌اند که برای اولین بار بدان‌ها نیاز است و چند مثال برای نحوه‌ی استفاده از آنها نیز آورده شده است.



شکل ۵-۲ (الف) بردارهای u و v زاویه θ را می‌سازند. (ب) جهت اضافه نمودن v به u ، در ابتدا دم v را به سر u وصل می‌کنیم، با این شرط که

زمینه‌ی ریاضی ۵

بردارها

یک کمیت برداری دارای مقدار و جهت است. بردار نشان داده شده در شکل ۵-۱ دارای مولفه‌ها روی محورهای x ، y و z به ترتیب با مقدارهای v_x ، v_y و v_z می‌باشد. بردار را به شکل زیر نشان می‌دهند:

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} \quad (۵-۱)$$

که i ، j و k بردارهای واحد، بردارهایی با مقدار یک به ترتیب در جهت‌های مثبت x ، y و z هستند. مقدار بردار با v یا $|\mathbf{v}|$ نشان داده می‌شود و

حل نمودن مسئله

یک مثال تشریحی کوتاه

یک مثال تشریحی کوتاه مثال کوتاهی است که نشان می‌دهد چگونه از معادله‌ی معرفی شده در متن استفاده کنید. به‌خصوص نشان می‌دهد که چگونه از داده‌ها استفاده کنید و چگونه واحدها را به‌طور صحیح به‌کار ببرید.

• یک مثال تشریحی کوتاه

الکترون جفت نشده در حالت پایه‌ی یک اتم فلز قلیایی دارای $l=0$ است، بنابراین $j=1/2$. چون گشتاور زاویه‌ای اوربیتال در این حالت صفر است، انرژی اسپین-اوربیتال جفت‌شدگی صفر است (با قرار دادن $j=s$ و $l=0$ در معادله‌ی ۹-۴۲ حاصل می‌شود) موقعی که الکترون به اوربیتالی با $l=1$ تحریک شود، دارای گشتاور زاویه‌ای اوربیتال گردیده و میدان مغناطیسی ایجاد می‌نماید که با اسپین آن برهمکنش می‌نماید. در این ساختار الکترون می‌تواند دارای $j=3/2$ یا $j=1/2$ باشد، و انرژی این دو سطح عبارت است از:

$$E_{3/2} = 1/2 hc\bar{A} \{3/2 \times 5/2 - 1 \times 2 - 1/2 \times 3/2\} = 1/2 hc\bar{A}$$

$$E_{1/2} = 1/2 hc\bar{A} \{1/2 \times 3/2 - 1 \times 2 - 1/2 \times 3/2\} = -hc\bar{A}$$

این انرژی‌ها در شکل ۳۰-۹ نشان داده شده است. دقت کنید که مرکز ثقل سطوح تغییر نکرده است، چون چهار سطح انرژی با $1/2 hc\bar{A}$ و دو سطح انرژی با $-hc\bar{A}$ وجود دارد. •

مثال‌ها

مثال‌های زیادی در کتاب حل شده است تا نشان دهد چگونه از مفاهیم استفاده می‌گردد و در بعضی موارد از سایر مطالب کتاب نیز استفاده شده است. هر مثال حل شده دارای یک بخش بنام روش می‌باشد که نحوه‌ی حل مثال را ارائه می‌دهد و در ادامه، مثال به‌طور کامل حل گردیده است.

مثال ۹-۲ محاسبه‌ی شعاع متوسط یک اوربیتال

از اوربیتال هیدروژنی هیدروژن استفاده نموده و شعاع متوسط اوربیتال ۱s را محاسبه کنید.

روش شعاع متوسط همان مقدار مورد انتظار است

$$\langle r \rangle = \int \psi^* r \psi d\tau = \int r |\psi|^2 d\tau$$

حال باید انتگرال را با استفاده از تابع موجی داده شده در جدول ۹-۱ و $d\tau = r^2 dr \sin \theta d\theta d\phi$ محاسبه کنیم. قسمت‌های زاویه‌ای تابع موجی (جدول ۸-۲) به‌طریق زیر نرمال شده است:

$$\int_0^\pi \int_0^{2\pi} |Y_{l,m}|^2 \sin \theta d\theta d\phi = 1$$

انتگرال روی r مورد نیاز در مثال ۷-۴ داده شده است.

جواب با انتگرال داده شده در شکل $\Psi = RY$ ، انتگرال‌گیری به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\langle r \rangle = \int_0^\infty \int_0^\pi \int_0^{2\pi} r R_{n,l}^2 |Y_{l,m}|^2 r^2 dr \sin \theta d\theta d\phi = \int_0^\infty r^3 R_{n,l}^2 dr$$

برای اوربیتال ۱s

$$R_{1,0} = 2 \left(\frac{Z}{a_0} \right)^{3/2} e^{-Zr/a_0}$$

خودآزمایی‌ها

هر مثال حل شده یک خودآزمایی دارد. برای اطمینان از این‌که روش را به‌درستی یاد گرفته‌اید، جواب آن داده شده است. همچنین خودآزمایی‌های اختیاری وجود دارد که سوالاتی در آن‌ها مطرح شده تا میزان درک خود را بسنجید. قبول کنید که خودآزمایی‌ها تمرین‌های آن فصل هستند که پیشرفت خود را با آنها می‌سنجید.

خودآزمایی ۹-۴ شعاع متوسط یک اوربیتال $3s$ را با انتگرال‌گیری به‌دست آورید.

[27a₀ / 2Z]

پرسش‌های تشریحی

انتهای هر فصل با تعداد کمی از پرسش‌های کوتاه شروع می‌شود که موجب تفکر در مطالب فصل می‌شود و در مقایسه با مسائل عددی مفهومی‌تر می‌باشند.

پرسش‌های تشریحی

- ۱-۱ توضیح دهید که چگونه می‌توان از ترکیب قوانین بویل، چارلز و اصل آوگادرو به معادله‌ی گاز کامل رسید.
- ۲-۱ فشار جزئی را شرح داده و توضیح دهید که چرا قانون دالتون یک قانون حدی است؟
- ۳-۱ توضیح دهید که چگونه ضریب تراکم پذیری با دما و فشار تغییر نموده و چگونه می‌توان از آن اطلاعاتی در باره بر همکنش‌های بین مولکولی در گاز‌های حقیقی به دست آورد.
- ۴-۱ اهمیت ثابت‌های بحرانی در چیست؟
- ۵-۱ فرمول‌بندی معادله‌ی وان دروالس را شرح داده و یک روش منطقی برای استخراج یکی از معادلات حالت جدول ۷-۱ پیشنهاد کنید.

تمرین‌ها و مسائل

ارزیابی واقعی درک شما از یک فصل، با تمرین‌ها و مسائلی میسر می‌شود که در انتهای آن فصل جمع‌آوری شده است. تمرین‌ها، آزمون‌های عددی سراسری هستند که نحوه‌ی کار کردن با داده‌های عددی را آموزش می‌دهد. مسائل به تعمق بیشتری نیاز دارند. مسائل به دو بخش عددی، که تأکید بر دستکاری با داده‌ها دارد، و بخش نظری که (در بعضی موارد) قبل از استفاده از داده‌ها بر استفاده از معادلات تأکید دارد، تقسیم‌بندی شده‌اند. مسائل انتهایی، مجموعه‌ای از مسائل‌اند که بر کاربردهای عملی متفاوتی تأکید دارند، از جمله موضوعاتی که در بخش‌های "استفاده در" آمده است.

۱۴-۱ (الف) جمله طیفی حالت پایه $4p^2$ ، $2\Sigma_g^+$ است. گشتاور زاویه‌ای اسپین و اوربیتال کل مولکول جقدرند؟ نشان دهید که این جمله طیفی با آرایش الکترونی که با استفاده از اصل **building up** به‌دست می‌آید سازگار است.

۱۴-۱ (ب) یکی از حالت‌های الکترونی تحریک شده مولکول با آرایش الکترونی ظرفیت به‌صورت $1\sigma_g^2 1\sigma_u^2 2\sigma_g^2 2\sigma_u^2 3\sigma_g^2 3\sigma_u^2 4\sigma_g^2 4\sigma_u^2$ است. چندگانگی و زوجیت (parity) این حالت را معین کنید.

مسائل

اگر قید نشده است گازها را کامل فرض کنید. توجه کنید که $1\text{atm} = 1.01325\text{bar}$ است. اگر قید نشده داده‌های ترموشیمیایی مربوط به 298.15K است.

مسائل عددی

- ۲-۱ یک مول گاز کامل تک اتمی (که برای آن $C_{V,m} = 3/2R$ است) چرخه‌ی نشان داده شده در شکل ۲-۳۴ را طی می‌کند. (الف) دما را در نقاط ۱، ۲ و ۳ تعیین کنید. (ب) q ، w ، ΔU و ΔH را برای هر مرحله و برای کل چرخه محاسبه کنید. اگر نمی‌توان جواب عددی بر مبنای اطلاعات داده شده ارائه داد، جواب خود را به‌صورت $+$ ، $-$ و یا 0 (هر کدام که مناسب است) مشخص سازید.

مدل سازی مولکولی و شیمی محاسباتی

در دو دهه‌ی گذشته شیمی محاسباتی از ابزار فوق تخصصی، که فقط در دسترس تعداد کمی از محققین بود، تبدیل به روش قدرتمند دیگری گشته که تمام شیمیدان‌ها توانایی کار با آنرا دارند. نیروی محرکه این تحول پیشرفت حیرت انگیز تکنولوژی کامپیوتر می‌باشد. محاسباتی که در گذشته ساعت‌ها و روزها با کامپیوترهای غول پیکر **main frame** انجام می‌گرفت امروزه در زمان کوتاهی با کامپیوترهای شخصی انجام می‌گیرد. لازم است که شیمی محاسباتی راه خود را در برنامه‌ی شیمی کارشناسی به‌عنوان آزمون‌های کامپیوتری باز کند همان‌طور که آموزش شیمی تجربی نیاز به یک آزمون آزمایشگاهی دارد. با توجه به این تحولات در آموزش شیمی، وب سایت کتاب تعدادی مسائل محاسباتی را معرفی می‌کند که قابل محاسبه با نرم افزارهایی است که قادر به "محاسبات شیمی کوانتومی" است. گرچه این مسائل برای برنامه‌ی تابع موجی اسپارطان (نسخه‌ی دانشجویی یا **Spartan Student™**) تنظیم شده است ولی با هر برنامه‌ی ساختار الکترونی با قابلیت‌های محاسباتی هارتری-فاک، توابع چگال و **MP2** نیز قابل اجرا است. لازم است دانشجویان به این نکته توجه کنند که محاسبه مانند آزمایش نیست، و هر "مدل شیمیایی" حاصل از محاسبه دارای نقاط قوت و ضعف مخصوص به‌خود است. با وجود این هشدار، مسائلی وجود دارند که نتایج حاصل از آن قابل مقایسه با داده‌های تجربی است. به‌هرحال بسیاری از مسائل راه حل مخصوص به‌خود را داشته و از شیمی محاسباتی جهت توجیه آن استفاده می‌گردد.

دانشجویان می‌توانند با مراجعه به سایت www.wavefun.com/cart/spartaned.html و وارد کردن کد **OUPPCHEM** نسبت به پیاده کردن برنامه با ۲۰ درصد تخفیف اقدام نمایند.

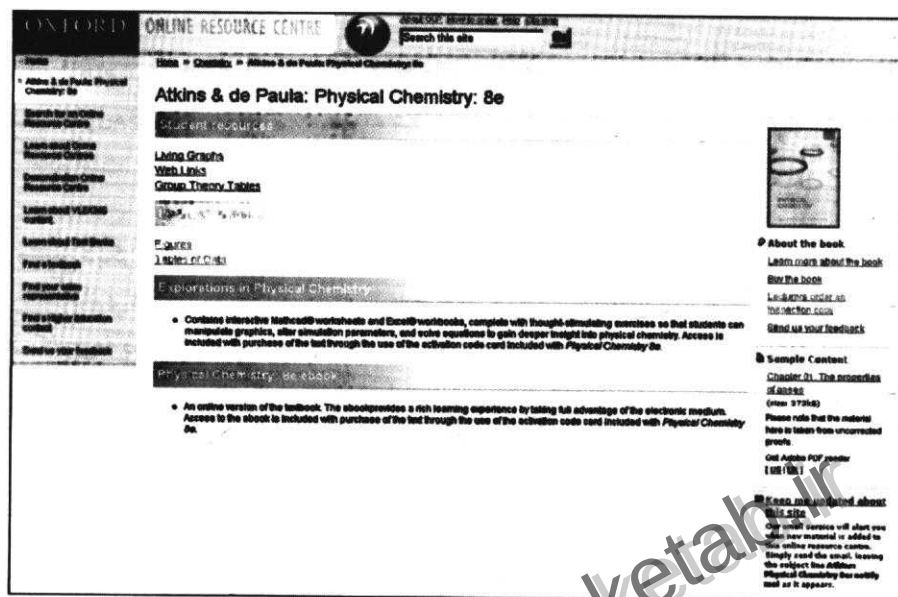
کتاب‌های راهنمای حل مسائل

مانند چاپ‌های قبل، **Charles Trapp, Carmen Giunta and Marshall Cady** همراه با این کتاب راهنمای حل مسائل را تهیه نموده‌اند. راهنمای مسائل دانشجویی (۳-۹۵۸۳۹۷-۰۱۹-۹۷۸) شامل حل کامل تمرین‌های الف و مسائل با شماره فرد است. راهنمای مسائل مدرس (۶-۹۵۸۳۹۶-۰۱۹-۹۷۸) شامل حل کامل تمرین‌های ب و مسائل با شماره زوج است.

در رابطه با مرکز منابع روی خط

مرکز منابع روی خط (on line) کتاب شیمی فیزیک ویرایش نهم که منابع یاددهی و یادگیری را در اختیار شما می‌گذارد مکمل کتاب چاپی است. استفاده از این مرکز مجانی است، و مطالب اضافی دارد که می‌توانید آنها را داون‌لود (download) کنید. این منابع می‌تواند به عنوان یک محیط آموزشی مجازی به کار رود. به آدرس زیر مراجعه کنید:

www.oxfordtextbooks.co.uk/orc/pchem9e/



دقت کنید که منابع مختص مدرسین فقط جهت آن دسته از افراد میسر است که در پایگاه به صورت اینترنتی ثبت نام نموده باشند. ثبت نام ساده است. به www.oxfordtextbooks.co.uk/orc/pchem9e/ مراجعه و لینک‌های مربوطه را دنبال کنید. از شما خواسته می‌شود که گذر واژه و کلمه عبوری برای خود انتخاب نمایید که پس از تأیید توسط مرکز فعال می‌گردد. منابع دانشجویی بدون نیاز به ثبت نام برای همه آزاد است.

برای دانشجویان

نمودارهای پویا (living graphs)

از یک نمودار پویا می‌توانید برای نشان دادن تغییر یک خاصیت با تغییر پارامترهای آن استفاده کنید. برای ترغیب به استفاده از این منبع (و کاوش‌های جامع‌تر در شیمی فیزیک) یک کنجکاو با توضیحات مبسوط در متن آورده شده است.

اتصالات وب (web links)

شبکه عظیمی از اطلاعات درباره شیمی فیزیک موجود است و نحوه‌ی استفاده از آن ممکن است گیج کننده باشد. سایت وب کتاب شما را به مجموعه‌ای از سایت‌های وب و منابع وب مربوط به شیمی فیزیک رهنمون می‌سازد.

جدول‌های نظریه گروه

جدول‌های نظریه گروه جامعی موجود است که می‌توانید آنها را download کنید.

برای مدرسین

کارهای هنری

مدرس ممکن است که بخواهد از اشکال کتاب در تدریس استفاده کند. بیشتر شکل‌ها به صورت پاور پوینت وجود دارد و می‌توان به‌طور رایگان برای کلاس (نه برای کارهای تجاری بدون مجوز مربوطه) استفاده نمود.

جدول‌های داده‌ها

تمام جدول‌های داده‌ها که در متن آورده شده‌اند، موجود می‌باشند و با همان شرایطی که برای استفاده از شکل‌ها قید شده است قابل استفاده است.

منابع دیگر

کنجکاوی‌ها در شیمی فیزیک توسط والری والترز، جولین دی پائولا و پیتز اتکینز

کنجکاوی‌ها در شیمی فیزیک با استفاده از برنامه‌های قدرتمند Mathcad و Excel و انجام تمرین‌های فکری کامل می‌شود. اینها دانشجو را تشویق می‌کند که با کامپیوتر شخصی خود پدیده‌های فیزیکی، شیمیایی، و بیوشیمیایی را شبیه سازی کند. با استفاده از قدرت محاسباتی Mathcad از شرکت Mathsoft و Excel از شرکت مایکروسافت، دانشجویان می‌توانند بیش از ۷۵ نمودار را بررسی کنند، پارامترهای شبیه سازی آنها را تغییر دهند و از حل معادلات دید عمیق‌تری از شیمی فیزیک پیدا کنند.

کنجکاوی‌ها در شیمی فیزیک به صورت فشرده از نسخه‌ی الکترونی کتاب (پاراگراف بعدی را ببینید) به صورت (online) موجود است. می‌توانید آن را به صورت CD-ROM هم سفارش دهید (۶-۹۲۸۸۹۴-۰۱۹-۹۷۸).

شیمی فیزیک، چاپ نهم کتاب الکترونیکی

کتاب الکترونیکی نسخه‌ی کامل روی خط (online) کتاب است که می‌تواند با استفاده از امکانات وسیع محیط الکترونیکی آموزش شما را پربارتر کند. کتاب الکترونیکی شامل مراجع دانشجویی با کارکردهای منحصر به فرد است. کتاب الکترونیکی را چند مدرس می‌توانند با روش‌های مختلف و با انتخاب‌های متنوع‌تری تدریس کنند که با کتاب چاپی امکان‌پذیر نیست. دسترسی به این کتاب الکترونیکی با خرید کتاب و استفاده از کد فعال همراه آن امکان‌پذیر است.

ویژگی‌های کلیدی کتاب الکترونیکی عبارتند از:

- دسترسی آسان با هر کامپیوتر متصل به شبکه اینترنت از طریق یک جستجوگر وب استاندارد.
- راهنمایی مستقیم و سریع به هر بخش یا زیر بخش و به هر صفحه مانند کتاب چاپ شده.
- دخل و تصرف (animation) در نمودارهای پویا.
- ارائه‌ی کنجکاوی‌های شیمی فیزیکی
- پررنگ کردن متن تا حد عبارت‌های مجزا.
- مراجعه سریع به هر صفحه مشخص شده کتاب.
- امکان اضافه نمودن نکته‌ها به هر صفحه‌ی کتاب توسط دانشجویان یا مدرسین.
- دارای فهرست راهنمای کامل.

- جستجوی کامل متن، با هر گزینه‌ای، همچنین جستجوی فهرست لغات و راهنما.
- ذخیره خودکار تمام نکات، بخش‌های با اهمیت و علامت‌گذاری شده.

ویژگی‌های دیگر برای مدرسین:

- انتخاب فصل‌های خاص: مدرسین می‌توانند فصل‌های مربوط به سرفصل مورد نظرشان را انتخاب کنند و دانشجویان فقط آن فصل‌ها را از کتاب الکترونیکی انتخاب کنند.
- یادداشت‌های مدرس: مدرسین می‌توانند کتاب الکترونیکی را با اضافه کردن یادداشت‌های خود تغییر داده و دانشجویان می‌توانند به چنین ویرایشی دسترسی داشته باشند.
- مطالب مورد نظر: مدرسین می‌توانند یادداشت‌های خود، شامل متن، لینک‌های اینترنتی، و حتی شکل‌های مورد نظر خود را در هر بخشی از کتاب که مایل هستند قرار دهند.

www.ketab.ir



پیتر اتکینز پروفیسور شیمی دانشگاه آکسفورد، عضو **Lincoln college** و نویسنده بیش از شصت کتاب برای دانشجویان و طیف وسیعی از سایر علاقمندان می باشد. کتاب های وی در بازار سراسر دنیا حرف اول را می زنند. به دفعات زیاد در ایالات متحده و سراسر جهان تدریس نموده و استاد مدعو در فرانسه، ژاپن، چین، و نیوزلند بوده است. او رئیس کمیته آموزش شیمی اتحادیه بین المللی شیمی محض و کاربردی و عضو شاخه شیمی فیزیک و شیمی فیزیک حیاتی **IWPAC** بوده است.



جولیو دی پائولا پروفیسور شیمی و رئیس دانشکده ی هنرها و علوم **Lewis & Clark College** است. پروفیسور دی پائولا اهل برزیل مدرک **BA** خود را از **Rotger**، دانشگاه ایالتی نیوجرسی و **PhD** خود را در شیمی فیزیک حیاتی از دانشگاه ییل (**Yale**) دریافت کرد. فعالیت تحقیقاتی وی زمینه های طیف سنجی مولکولی، شیمی فیزیک حیاتی و علوم نانو را شامل می شود. وی درس های شیمی عمومی، شیمی فیزیک، شیمی فیزیک حیاتی و آنالیز دستگاهی را تدریس نموده است.

فهرست مطالب

مباحث بنیادی

۶۶.....	۴-۲ مبادله‌ی گرما
۷۰.....	۵-۲ انتالپی
۷۶.....	۲-۱ استفاده در بیوشیمی و علم مواد
۷۷.....	۶-۲ تغییرات آدیاباتیک
۷۹.....	ترموشیمی
۸۰.....	۷-۲ تغییر انتالپی استاندارد
۸۶.....	۲-۲ استفاده در بیولوژی: غذا و ذخایر انرژی
۸۷.....	۸-۲ انتالپی استاندارد تشکیل
۸۹.....	۹-۲ وابستگی دمایی انتالپی واکنش
۹۱.....	توابع حالت و دیفرانسیل‌های کامل
۹۱.....	۱۰-۲ دیفرانسیل‌های کامل و ناکامل
۹۳.....	۱۱-۲ تغییر انرژی داخلی
۹۷.....	۱۲-۲ اثر ژول - تامسون
۱۰۲.....	لیست کنترل معادله‌های کلیدی
۱۰۲.....	اطلاعات اضافی: ۱-۲ فرآیندهای آدیاباتیک
۱۰۳.....	اطلاعات اضافی: ۲-۲ رابطه بین ظرفیت‌های گرمایی
۱۰۵.....	پرسش‌های تشریحی
۱۰۵.....	تمرین‌ها
۱۱۰.....	مسائل
۱۱۷.....	زمینه‌ی ریاضی ۲: حسابان چند متغیری
۱۱۷.....	۱-MB۲ مشتق‌های جزئی
۱۱۸.....	۲-MB۲ دیفرانسیل‌های کامل

۳ قانون دوم ۱۲۳

۱۲۴.....	جهت تغییر خود به خودی
۱۲۴.....	۱-۳ بخش انرژی
۱۲۵.....	۲-۳ انتروپی
۱۳۴.....	۱-۳I استفاده در مهندسی: سرمایه‌ی
۱۳۵.....	۳-۳ تغییر انتروپی فرآیندهای خاص
۱۴۱.....	۴-۳ قانون سوم ترمودینامیک
۱۴۴.....	۲-۳I استفاده در شیمی مواد: نقص‌های بلوری
۱۴۵.....	تمرکز روی سیستم
۱۴۶.....	۵-۳ انرژی‌های هلمهولتز و گیبس
۱۵۱.....	۶-۳ انرژی گیبس مولی استاندارد
۱۵۴.....	ادغام قانون‌های اول و دوم
۱۵۴.....	۷-۳ معادله‌ی اساسی
۱۵۵.....	۸-۳ خواص انرژی داخلی

۱.....	۱-F اتم‌ها
۲.....	۲-F مولکول‌ها
۴.....	۳-F ماده‌ی توده‌ای
۶.....	۴-F انرژی
۷.....	۵-F ارتباط بین خواص مولکولی و توده‌ای
۱۰.....	۶-F میدان الکترومغناطیسی
۱۱.....	۷-F واحدها
۱۴.....	تمرین‌ها

بخش ۱ - تعادل ۱۹

۱ خواص گازها ۲۱

۲۱.....	گاز کامل
۲۱.....	۱-۱ حالت گازها
۲۱.....	۲-۱ قانون‌های گاز
۲۱.....	۱-۱I استفاده در علوم زیست محیطی:
۳۲.....	قانون‌های گاز و آب و هوا
۳۴.....	گازهای حقیقی
۳۵.....	۳-۱ برهمکنش‌های بین مولکولی
۳۹.....	۴-۱ معادله‌ی وان دروالس
۴۵.....	لیست کنترل معادله‌های کلیدی
۴۵.....	پرسش‌های تشریحی
۴۶.....	تمرین‌ها
۴۹.....	مسائل
۵۳.....	زمینه‌ی ریاضی ۱: دیفرانسیل و انتگرال گیری

۲ قانون اول ۵۵

۵۵.....	مفاهیم اساسی
۵۶.....	۱-۲ کار، گرما و انرژی
۵۸.....	۲-۲ انرژی داخلی
۶۱.....	۳-۲ کار انبساطی

۲۴۶	فعالیت ها
۲۴۶	۵-۱۰ فعالیت حلال
۲۴۷	۵-۱۱ فعالیت حل شونده
۲۵۰	۵-۱۲ فعالیت ها در محلول های مرتب
۲۵۱	۵-۱۳ فعالیت یون ها در محلول
۲۵۶	لیست کنترل معادله های کلیدی
۲۵۷	اطلاعات اضافی ۵-۱: نظریه ی دبای- هوکل
۲۶۰	پرسش های تشریحی
۲۶۰	تمرین ها
۲۶۷	مسائل

۶ تعادل شیمیایی ۲۷۷

۲۷۸	واکنش های شیمیایی خود به خودی
۲۷۸	۶-۱ می نیم انرژی گیس
۲۸۰	۶I-۱ استفاده در بیوشیمی: تبدیل انرژی
۲۸۱	۶-۲ توصیف تعادل
۲۹۰	عکس العمل تعادل ها با تغییر شرایط
۲۹۰	۶-۳ چگونگی عکس العمل تعادلات در مقابل تغییر فشار
۲۹۲	۶-۴ عکس العمل تعادلات با دما
۲۹۶	۶I-۲ استفاده در تکنولوژی: شیمی ابرمولکولی
۲۹۷	الکتروشیمی تعادلی
۲۹۸	۶-۵ نیم واکنش ها و الکترودها
۲۹۹	۶-۶ انواع پیل ها
۳۰۰	۶-۷ پیل های استاندارد
۳۰۵	۶-۸ پتانسیل استاندارد الکترودها
۳۰۸	۶-۹ کاربردهای پتانسیل های استاندارد
۳۱۱	۶I-۳ استفاده در تکنولوژی: الکترودهای گونه گزین
۳۱۴	لیست کنترل معادله های کلیدی
۳۱۵	پرسش های تشریحی
۳۱۵	تمرین ها
۳۱۸	مسائل

۱۵۷	۳-۹ خواص انرژی گیس
۱۶۳	لیست کنترل معادله های کلیدی
۱۶۴	اطلاعات اضافی: ۳-۱ معادله ی برن
۱۶۴	اطلاعات اضافی: ۳-۲ فوگاسیته
۱۶۷	پرسش های تشریحی
۱۶۷	تمرین ها
۱۷۰	مسائل

۴ تبدیل های فیزیکی مواد خالص ۱۷۷

۱۷۷	نمودارهای فاز
۱۷۷	۴-۱ پایداری فازها
۱۸۰	۴-۲ مرزهای فاز
۱۸۳	۴-۳ سه نمودار فاز نوعی
۱۸۵	۴I-۱ استفاده در تکنولوژی: سیالات ابر بحرانی
۱۸۷	جنبه های ترمودینامیکی تبدیل های فاز
۱۸۷	۴-۴ وابستگی پایداری به شرایط
۱۹۱	۴-۵ موقعیت مرزهای فاز
۱۹۵	۴-۶ تقسیم بندی ارنفست برای تبدیل های فاز
۱۹۸	لیست کنترل معادله های کلیدی
۱۹۸	پرسش های تشریحی
۱۹۸	تمرین ها
۲۰۰	مسائل

۵ مخلوط های ساده ۲۰۵

۲۰۶	توصیف ترمودینامیکی مخلوط ها
۲۰۶	۵-۱ کمیت های مولی جزئی
۲۱۱	۵-۲ ترمودینامیک اختلاط
۲۱۴	۵-۳ پتانسیل شیمیایی مایعات
۲۱۸	خواص محلول ها
۲۱۸	۵-۴ مخلوط های مایع
۲۲۱	۵-۵ خواص کولیگاتیو
۲۲۹	۵I-۲ استفاده در بیولوژی: اسمز در فیزیولوژی
۲۳۰	۵-۶ نمودارهای فشار- بخار
۲۳۳	۵-۷ نمودارهای دما- ترکیب
۲۳۶	۵-۸ نمودارهای فاز مایع- مایع
۲۴۰	۵-۹ نمودارهای فاز مایع- جامد
۲۴۴	۵I-۲ استفاده در علم مواد: بلورهای مایع

بخش ۲ - تغییر

۳۲۵

۷ مولکول‌ها در حرکت

۳۲۷

۳۲۸	حرکت مولکولی در گاز.....
۳۲۸	۱-۷ مدل جنبشی گازها.....
	۱-۷I استفاده در اختر فیزیک:
۳۳۶	خورشید مانند تویی از گاز کامل.....
۳۳۷	۲-۷ برخورد با دیوارها و سطوح.....
۳۳۸	۳-۷ سرعت نفوذ مولکولی.....
۳۳۹	۴-۷ خواص انتقالی گاز کامل.....
۳۴۳	حرکت مولکول‌ها در مایعات.....
۳۴۳	۵-۷ نتایج تجربی.....
۳۴۴	۶-۷ رسانایی محلول‌های الکترولیت.....
۳۴۶	۷-۷ تحرک یون‌ها.....
۳۵۱	۲-۷I استفاده در بیوشیمی: کانال‌های یونی
۳۵۳	نفوذ.....
۳۵۳	۸-۷ دیدگاه ترمودینامیکی.....
۳۵۷	۹-۷ معادله‌ی نفوذ.....
۳۶۰	۱۰-۷ احتمالات نفوذ.....
۳۶۱	۱۱-۷ دیدگاه آماری.....
۳۶۲	لیست کنترل معادله‌های کلیدی.....
۳۶۲	اطلاعات اضافی ۱-۷ خواص انتقالی گاز کامل.....
۳۶۶	پرسش‌های تشریحی.....
۳۶۷	تمرین‌ها.....
۳۷۱	مسائل.....

۸ سرعت واکنش‌های شیمیایی

۳۷۷

۳۷۷	سینتیک شیمیایی تجربی.....
۳۷۸	۱-۸ روش‌های تجربی.....
۳۸۱	۲-۸ سرعت واکنش‌ها.....
۳۸۷	۳-۸ قوانین سرعت انتگرال‌گیری شده.....
۳۹۳	۴-۸ واکنش‌هایی که به تعادل نزدیک می‌شوند.....
۳۹۸	۵-۸ وابستگی دمایی سرعت واکنش.....
۴۰۱	تحلیل (زیر ساخت‌های) قوانین سرعت.....
۴۰۲	۶-۸ واکنش‌های بنیادی.....
۴۰۳	۷-۸ واکنش‌های بنیادی پی‌درپی.....
۴۱۰	مثال‌هایی از مکانیسم‌های واکنش.....
۴۱۰	۸-۸ واکنش‌های تک مولکولی.....
۴۱۳	۹-۸ سینتیک پلیمری شدن.....

۴۱۸ ۱۰-۸ فوتوشیمی
۱۸-I استفاده در بیوشیمی:

۴۲۷	محصول جذب نور در فوتوستز گیاهی.....
۴۳۱	لیست کنترل معادله‌های کلیدی.....
۴۳۲	پرسش‌های تشریحی.....
۴۳۲	تمرین‌ها.....
۴۳۶	مسائل.....

۹ دینامیک واکنش

۴۴۳

۴۴۳	برخوردهای واکنش‌پذیر.....
۴۴۴	۱-۹ نظریه‌ی برخورد.....
۴۵۲	۲-۹ واکنش‌های کنترل نفوذی.....
۴۵۶	۳-۹ معادله‌ی موازنه‌ی جرم.....
۴۵۷	نظریه‌ی حالت گذار.....
۴۵۷	۴-۹ معادله‌ی آیرینگ.....
۴۶۳	۵-۹ جنبه‌های ترمودینامیکی.....
۴۶۶	دینامیک برخوردهای مولکولی.....
۴۶۶	۶-۹ برخوردهای واکنش‌پذیر.....
۴۶۸	۷-۹ سطوح انرژی پتانسیل.....
۴۷۰	۸-۹ بعضی از نتایج تجربی و محاسباتی.....
۴۷۴	دینامیک انتقال الکترون.....
۴۷۴	۹-۹ انتقال الکترون در سیستم‌های همگن.....
۴۷۹	۱۰-۹ فرآیندهای انتقال الکترون در الکترودها.....
۴۸۶	۱۰-I استفاده در تکنولوژی: پیل‌های سوختی
۴۸۸	لیست کنترل معادله‌های کلیدی.....
	اطلاعات اضافی ۱-۹ انرژی گیبس فعال‌سازی:
۴۸۸	انتقال الکترون.....
۴۸۹	اطلاعات اضافی ۲-۹ معادله‌ی باتلر-ولمر.....
۴۹۳	پرسش‌های تشریحی.....
۴۹۳	تمرین‌ها.....
۴۹۷	مسائل.....

۱۰ کاتالیز

۵۰۳

۵۰۳	کاتالیز همگن.....
۵۰۴	۱-۱۰ ویژگی‌های کاتالیز همگن.....
۵۰۵	۱۰-۲ آنزیم‌ها.....
۵۱۴	کاتالیز ناهمگن.....
۵۱۴	۱۰-۳ رشد و ساختار سطوح جامد.....

۵۵۱	 نقشه‌های راه
۵۵۳	 پاسخ تمرین‌های الف
۵۵۸	 پاسخ مسائل با شماره‌های فرد
۵۶۵	 جدول‌ها
۵۸۹	 واژه‌نامه‌ی فارسی - انگلیسی
۵۹۷	 واژه‌نامه‌ی انگلیسی - فارسی
۶۰۵	 نمایه

۵۱۹	 ۴-۱۰ میزان جذب سطحی
۵۲۷	 ۵-۱۰ سرعت فرآیندهای سطحی
۵۳۱	 ۶-۱۰ مکانیسم‌های کاتالیز ناهمگن
۵۳۳	 ۷-۱۰ فعالیت کاتالیزی در سطوح
I-۱۰-۱ استفاده در تکنولوژی:	
۵۳۵	 کاتالیز در صنایع شیمیایی
۵۳۸	 لیست کنترل معادله‌های کلیدی
۵۳۸	 اطلاعات اضافی ۱-۱۰ هم‌دمای BET
۵۴۰	 پرسش‌های تشریحی
۵۴۰	 تمرین‌ها
۵۴۳	 مسائل

www.ketab.ir