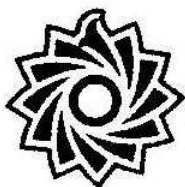
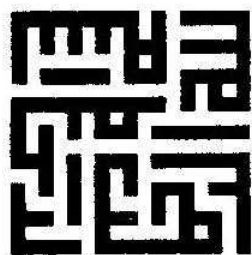


۱۵/ ۸/ ۱۰



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی



شیمی فیزیک مواد

تألیف:

دکتر حسن جعفری

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

مهدی شیر

سر شناسنامه	: جعفری، حسن، ۱۳۴۸-
عنوان و نام پدید آور	: شیمی فیزیک مواد/ تألیف حسن جعفری، مهدی شیر
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ل، ۲۵۳ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۷۰-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۵۱-۲۵۲.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: شیمی فیزیک
موضوع	: Chemistry, Physical and theoretical
موضوع	: شیمی فیزیک - آزمون ها و تمرین ها (عالی)
موضوع	: Chemistry, Physical and theoretical - Examinations, questions, etc (Higher)
شناسه افزوده	: شیر، مهدی، ۱۳۶۵-
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
شناسه افزوده	: Shahid Rajaei Teacher Training University
رده بندی کنگره	: QD ۴۵۳/۳/ج۷ش۹ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	: ۵۴۱/۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۳۷۴۲۴۴



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: شیمی فیزیک مواد
تألیف	: دکتر حسن جعفری، عضو هیأت عالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، مهدی شیر
ویراستار علمی	: دکتر رسول عبدالله میرزایی
ویراستار ادبی	: شهرام طهماسبی
نویت چاپ	: اول - تابستان ۱۳۹۵
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: فرانقش
چاپ	: فردوس
طراح جلد	: شهرام طهماسبی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس چاپ و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
کارشناسان	: طاهره کیا/ علی رضایی اهوآویی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۱۵۰,۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۷۰-۵
	: ISBN: 978-600-6594-70-5

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفان و مترجمان و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰.
 ۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@srttu.edu، وب سایت:

<http://Publish.srttu.edu>

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

ز

پیشگفتار

ک

فهرست علائم اختصاری و ثابت‌ها

فصل اول

خواص گازها

مقدمه

۱

۱

۳

۱-۱ قوانین حاکم بر رفتار گازها

۳

۱-۱-۱ قانون بویل (بویل-ماریوت)

۵

۱-۱-۲ قانون چارلز (چارلز-گیلبرت)

۸

۱-۱-۳ فرضیه آووگادرو

۹

۱-۱-۴ قانون هنری

۹

۱-۱-۵ قانون دالتون

۱۰

۱-۱-۶ قانون گازهای ایده‌آل

۱۰

۱-۱-۷ قانون نفوذ گراهام

۱۱

۲-۱ گازهای ایده‌آل

۱۲

۳-۱ نظریه جنبشی گازها

۱۲

۱-۳-۱ فشار گازها بر ظرف

۱۴

۴-۱ گازهای حقیقی

۱۶

۵-۱ معادله گازهای حقیقی یا معادله واندروالس

۲۰

۶-۱ معادله واندروالس و پدیده‌های بحرانی گاز

۲۱

۷-۱ متغیرهای بحرانی

۲۳

۸-۱ درجه حرارت بویل

۲۴

۹-۱ متغیرهای کاهیده

۲۵

۱۰-۱ ظرفیت حرارتی گاز کامل

۲۸

۱۱-۱ مسائل طبقه‌بندی شده

۳۱

۱۲-۱ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده

۴۲

۱۳-۱ مسائل حل نشده

- ۴۶ ۱۴-۱ آزمون‌های چهار گزینه‌ای
- ۴۹ ۱۵-۱ پاسخ تشریحی آزمون‌های چهار گزینه‌ای

فصل دوم

- ۵۵ قانون اول ترمودینامیک
- ۵۵ مقدمه
- ۵۵ ۱-۲ انواع سیستم
- ۵۶ ۲-۲ مفاهیم مورد استفاده
- ۵۸ ۳-۲ ویژگی‌های انرژی داخلی
- ۵۸ ۴-۲ قانون اول ترمودینامیک
- ۵۹ ۵-۲ قرارداد برای علامت‌ها
- ۵۹ ۶-۲ نکات مرتبط به قانون اول ترمودینامیک
- ۶۰ ۷-۲ دیفرانسیل‌های کامل (با توجه به قانون اول ترمودینامیک)
- ۶۰ ۸-۲ بیان دیفرانسیلی قانون اول
- ۶۱ ۹-۲ بیان کار بر حسب متغیرهای حالت
- ۶۲ ۱-۹-۲ انبساط آزاد
- ۶۲ ۲-۹-۲ انبساط در مقابل فشار ثابت
- ۶۲ ۳-۹-۲ انبساط برگشت‌پذیر
- ۶۳ ۴-۹-۲ حالت خاص
- ۶۴ ۱۰-۲ بیان دیفرانسیل کامل انرژی داخلی بر حسب مشاغل جنبی متغیرهای حالت
- ۶۴ ۱۱-۲ بررسی فرایندهای خاص با توجه به قانون اول ترمودینامیک
- ۶۴ ۱-۱۱-۲ فرایندها یا تحولات با حجم ثابت
- ۶۴ ۲-۱۱-۲ فرایندهای با فشار ثابت
- ۶۵ ۳-۱۱-۲ مفهوم انتالپی
- ۶۷ ۴-۱۱-۲ آزمایش ژول
- ۶۹ ۵-۱۱-۲ فرایندهای با دمای ثابت و برگشت‌پذیر
- ۶۹ ۶-۱۱-۲ فرایندهای آدیاباتیک و برگشت‌پذیر
- ۷۱ ۱۲-۲ مقایسه تحول ایزوترم برگشت‌پذیر و آدیاباتیک برگشت‌پذیر
- ۷۲ ۱۳-۲ تابعیت کار از مسیر تحول
- ۷۲ ۱۴-۲ چند تعریف مهم
- ۷۳ ۱۵-۲ محاسبه گرمای لازم برای گرم کردن جسم از دمای T_1 تا T_2
- ۷۳ ۱۶-۲ محاسبه گرمای واکنش در دمای T

۷۴	۱۷-۲ مسائل طبقه‌بندی شده
۷۸	۱۸-۲ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۸۵	۱۹-۲ مسائل حل نشده
۸۹	۲۰-۲ آزمون‌های چهار گزینه‌ای
۹۳	۲۱-۲ پاسخ تشریحی آزمون‌های چهار گزینه‌ای

فصل سوم

۹۹	قانون دوم ترمودینامیک
۹۹	مقدمه
۹۹	۱-۳ مفهوم قانون دوم ترمودینامیک
۱۰۱	۲-۳ دو بیان ۴-۵ از قانون دوم ترمودینامیک
۱۰۱	۳-۳ ماشین‌های چرخشی
۱۰۵	۴-۳ آنتروپی در چرخه در سیک
۱۰۶	۱-۴-۳ تحول برگشت پذیر
۱۰۶	۲-۴-۳ تحول برگشت پذیر (د به خود)
۱۰۷	۳-۴-۳ محاسبه حداکثر کار
۱۰۸	۵-۳ تغییر آنتروپی سیستم در فرایندهای برگشت پذیر
۱۰۸	۱-۵-۳ تغییر آنتروپی در چرخه کار
۱۰۸	۲-۵-۳ تغییرات آنتروپی در فرایند آدیاباتیکی
۱۰۸	۳-۵-۳ تغییرات آنتروپی برای تغییر فاز در دما و فشار ثابت
۱۰۹	۴-۵-۳ تغییرات آنتروپی گاز ایده‌آل در تحولات حجم ثابت در دمای T_1 تا T_2
۱۰۹	۵-۵-۳ تغییر آنتروپی گاز ایده‌آل در تحولات فشار ثابت در دمای T_1 تا T_2
۱۰۹	۶-۵-۳ تغییر آنتروپی برای گازهای ایده‌آل و در تحولات ایزوترم برگشت پذیر
۱۰۹	۷-۵-۳ تغییر آنتروپی واکنش
۱۱۰	۸-۵-۳ تغییر آنتروپی دگرگونی حالت اجسام
۱۱۰	۹-۵-۳ تغییر آنتروپی در اثر تغییر دما و تغییر فاز در دمای T_m
۱۱۰	۶-۳ تغییر آنتروپی واکنش‌ها
۱۱۱	۷-۳ تغییر آنتروپی در فرایندهای برگشت ناپذیر
۱۱۱	۸-۳ آنتروپی از جنبه آماری
۱۱۴	۹-۳ مسائل طبقه‌بندی شده
۱۱۸	۱۰-۳ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۱۲۸	۱۱-۳ مسائل حل نشده

۱۳۱	۱۲-۳ آزمون‌های چهار گزینه‌ای
۱۳۶	۱۳-۳ پاسخ تشریحی آزمون‌های چهار گزینه‌ای

فصل چهارم

۱۴۳	توابع ترمودینامیکی و قانون سوم ترمودینامیک
۱۴۳	مقدمه
۱۴۳	۱-۴ انرژی آزاد
۱۴۸	۲-۴ روابط ماکسول
۱۴۸	۲-۴ رابطه متناظر یولر
۱۴۹	۳-۴ محاسبه تغییر انرژی آزاد در دماهای بالا
۱۵۰	۴-۴ اثر فشار بر آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد گیبس
۱۵۰	۱-۴-۴ اثر فشار بر آنتالپی
۱۵۱	۲-۴-۴ اثر فشار بر آنتروپی
۱۵۱	۳-۴-۴ اثر فشار بر انرژی آزاد گیبس
۱۵۲	۵-۴ معادله گیبس-هلمهولتز
۱۵۴	۶-۴ قانون سوم ترمودینامیک
۱۵۵	۱-۶-۴ قانون ریچارد
۱۵۶	۲-۶-۴ نسبت تروتن
۱۵۶	۷-۴ معادله کلاسیوس-کلاپیرون
۱۶۰	۸-۴ مسائل طبقه‌بندی شده
۱۶۴	۹-۴ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۱۷۲	۱۰-۴ مسائل حل نشده
۱۷۵	۱۱-۴ آزمون‌های چهار گزینه‌ای
۱۷۸	۱۲-۴ پاسخ تشریحی آزمون‌های چهار گزینه‌ای

فصل پنجم

۱۸۳	ترموشیمی
۱۸۳	مقدمه
۱۸۴	۱-۵ تعاریف
۱۸۵	۲-۵ تغییرات آنتالپی استاندارد
۱۸۵	۱-۲-۵ آنتالپی استاندارد استحال
۱۸۷	۳-۵ آنتالپی واکنش برحسب آنتالپی تشکیل

۱۸۷	۴-۵ قانون هس
۱۸۸	۵-۵ تغییرات آنتالپی با تغییر دما
۱۸۸	۶-۵ محاسبه گرمای واکنش در دمای T
۱۸۹	۷-۵ ماکزیمم دمای واکنش (دمای شعله)
۱۹۰	۸-۵ مسائل طبقه‌بندی شده
۱۹۳	۹-۵ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۱۹۷	۱۰-۵ مسائل حل نشده
۲۰۳	۱۱-۵ آزمون‌های چهار گزینه‌ای
۲۰۶	۱۲-۵ پاسخ تشریحی آزمون‌های چهار گزینه‌ای

فصل ششم

۲۱۱	تبادل شیمیایی
۲۱۱	مقدمه
۲۱۳	۱-۶ ثابت‌های تعادل
۲۱۳	۱-۱-۶ ثابت تعادل غلظتی (K_c)
۲۱۳	۲-۱-۶ ثابت تعادل فشار (K_p)
۲۱۴	۳-۱-۶ ثابت تعادل مولار یا بسر مول (K_X یا K_m)
۲۱۴	۴-۱-۶ رابطه K_X و K_p و K_C
۲۱۵	۲-۶ تعادل همگن و ناهمگن
۲۱۵	۱-۲-۶ تعادل همگن
۲۱۶	۲-۲-۶ تعادل ناهمگن
۲۱۶	۳-۶ رابطه وانت-هوف و تأثیر دما روی ثابت تعادل
۲۱۸	۴-۶ تأثیر فشار بر ثابت تعادل
۲۱۹	۵-۶ مسائل طبقه‌بندی شده
۲۲۲	۶-۶ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۲۲۹	۷-۶ مسائل حل نشده
۲۳۲	۸-۶ آزمون‌های چهار گزینه‌ای
۲۳۷	۹-۶ پاسخ تشریحی آزمون‌های چهار گزینه‌ای

۲۴۳	منابع و مراجع
۲۴۵	پیوست
۲۴۹	نمایه

پیشگفتار

شیمی فیزیک از مباحث اصلی پایه‌ای مهندسی مواد است که زمینه ورود به مباحث ترمودینامیک مواد را فراهم می‌سازد. به طور خلاصه می‌توان بیان نمود که شیمی فیزیک علمی است که بر مدالعات ذیل تمرکز دارد:

الف) مطالعه تئوری جهان فعلی یا جهان ماکروسکوپی که منجر به ایجاد قوانین ترمودینامیک می‌شود.

ب) مطالعه جهان میکروسکوپی - تدوین یک مدل مولکولی بر پایه ترمودینامیک و مکانیک آماری
پ) تلفیق دو مطالعه فوق مطالعه ماکروسکوپی جهان ماکروسکوپی)

شیمی فیزیک به چهار بخش زیر تقسیم بندی می‌شود:

۱- ترمودینامیک: حالت ماکروسکوپی روابط بین خواص تعادلی سیستم و تغییرات این خواص در فرآیندها را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

۲- شیمی کوانتوم: مولکول‌ها و اتم‌ها (شامل الکترون‌ها و هسته‌های اتم) از مکانیک کلاسیک پیروی نمی‌کنند. بلکه حرکت آن‌ها بوسیله شیمی کوانتوم مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

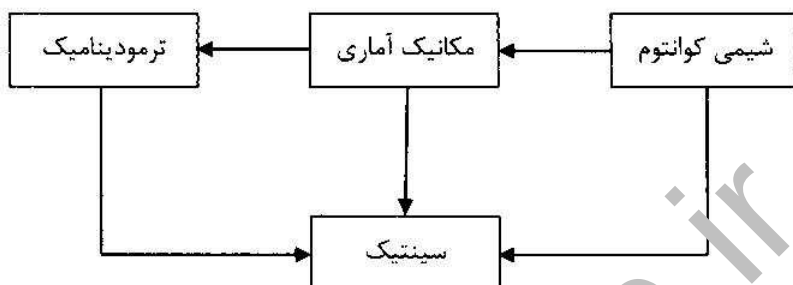
۳- مکانیک آماری: حالت ماکروسکوپی و میکروسکوپی پدیده‌های شیمیایی را به یکدیگر مرتبط می‌کند.

۴- سینتیک: علم مطالعه سرعت فرآیندهای ترمودینامیکی می‌باشد.

اصول شیمی فیزیک یک چارچوب و ارتباط برای کلیه بخش‌های مذکور فراهم می‌سازد و شکل ۱ این ارتباط را نشان می‌دهد.

هدف از آموزش درس شیمی فیزیک، یادگیری قواعد نظری فیزیک در توجیه موضوعات و فرآیندهای شیمیایی است. شیمی فیزیک از پایه‌ای‌ترین شاخه علم شیمی است. این علم با فیزیک رابطه‌ای نزدیک دارد، به طوری که روابط بسیار پیچیده شیمیایی را با زبان ریاضی، منظم و دسته‌بندی می‌کند تا فرآیند و موضوع مربوطه قابل فهم گردد. بسیاری از موضوعات زیستی، مثل

سوخت و ساز مواد غذایی در یاخته‌های بدن با دانش شیمی فیزیک توجیه می‌شوند. بسیاری از پدیده‌های طبیعی که به شکل خودبه‌خودی انجام می‌شود، مانند تحول خودبه‌خودی الماس به گرافیت، را می‌توان با علم شیمی فیزیک توجیه نمود.



شکل ۱ چهار شاخه شیمی فیزیک: مکانیک آماری پلی است از رویکرد میکروسکوپی شیمی کوانتوم به یافته‌های ماکروسکوپی ترمودینامیک. سینتیک بخش‌هایی از سه شاخه دیگر را به کار می‌بندد [۱].

این علم دارای دانشمندان بنامی چون: ۱- هلمهولتز، ۲- آرنیوس، ۳- نرنست، ۴- شرودینگر^۱ و غیره می‌باشد. روابط ریاضی در علم شیمی فیزیک کاربرد بسیار زیادی دارد به طوری که می‌توان گفت کسانی در این رشته برای توجیه پدیده‌های شیمیایی و یا فیزیکی نوین موفق‌تر هستند که ریاضی و فیزیک قوی داشته باشند. شیمی فیزیک همچنین ارتباط تنگاتنگی با علم فیزیک دارد. برای آشنایی بیشتر با علم شیمی فیزیک، آشنایی با زیر شاخه‌های آن امری ضروری به نظر می‌رسد. ترمودینامیک، الکترولیت، الکتروشیمی، ترموشیمی، خوردگی، فازیته، شیمی سطح، شیمی کلوئید، شیمی محلول‌ها، سینتیک شیمیایی، شیمی کوانتوم، شیمی فیزیک محاسباتی، زمینه‌های نانو، طیف‌سنجی مولکولی، و شیمی هسته‌ای را می‌توان به عنوان شاخه‌های مهم شیمی فیزیک دسته‌بندی کرد. ترمودینامیک شیمیایی در عمل، برقراری چهارچوبی برای تعیین امکان‌پذیر بودن یا خود به خود انجام شدن تحولی فیزیکی یا شیمیایی معین است. در تحلیل این نوع تحولات، چند مفهوم نظری و چند تابع ریاضی دیگر بر مبنای قوانین اول و دوم ترمودینامیک و برحسب توابع انرژی گیبس ابداع شده‌اند که شیوه‌های توانمندی برای دستیابی به پاسخ آن مسائل، در اختیار

- 1- Gibbs
- 2- Helmholtz
- 3- Arrhenius
- 4- Nernst
- 5- Schrödinger

قرار داده‌اند. پس از تعیین شدن سمت و سوی یک تحول طبیعی، ممکن است کسب دانش میزان پیشرفت آن تا رسیدن به تعادل نیز مورد توجه باشد. علم شیمی فیزیک روش‌های ترمودینامیکی، روابط ریاضی لازم برای محاسبه و تخمین چنین کمیت‌هایی را نیز بدست می‌دهد.

اگرچه از اهداف اصلی ترمودینامیک شیمیایی، تجزیه و تحلیل امکان خود به خود انجام شدن یک تحول و تعادل می‌باشد، ولی علاوه بر آن، روش‌های ترمودینامیکی به بسیاری از مسائل دیگر نیز قابل تعمیم هستند. مطالعه تعادل‌های فازی، چه در سیستم‌های ایده‌آل و چه در غیر آن، پایه و اساس کار برای کاربرد هوشمندانه روش‌های استخراج، تقطیر و تبلور به عملیات متالورژی و درک گونه‌های کانی‌ها در سیستم‌های زمین‌شناسی می‌باشد.

ارتباط شیمی فیزیک با سایر علوم، بیانگر کاربردهای اقتصادی و اجتماعی این علم نیز است. به عنوان مثال، با مطالعه الکتروشیمی، به پایه و اساس پدیده‌های طبیعی مانند خوردگی فلزات، پی برده و می‌توان از خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی چنین پدیده‌هایی جلوگیری کرده و یا این پدیده‌ها را به مسیری مفید برای جامعه سوق داد. علاوه بر آن، کاربرد قوانین ترمودینامیک مانند نقطه یوتکتیک در جلوگیری از خوردگی‌های جانی و مالی پدیده‌های طبیعی مانند یخبندان بعد از بارش برف، بسیار مفید می‌باشد. با توجه به نبودن مرز بین قوانین فیزیک و تحولات شیمیایی، جایگاه خاص این بخش از علم مشخص است. به ندرستی می‌توان گفت ترمودینامیک متالورژی به توازن بین علم شیمی و فیزیک می‌انجامد.

نویسندگان این کتاب، خلأ وجود یک مرجع ترمودینامیکی فیزیک در زمینه مهندسی مواد و متالورژی، برای استفاده در مجامع علمی و پژوهشی را احساس کرده و بر آن شدند با بهره‌گیری از مطالعات و تجربیات، کتاب مناسب و مرتبط در این زمینه تدوین و تألیف نموده تا در اختیار علاقه‌مندان قرار گیرد.

در کتاب حاضر مباحث علم شیمی فیزیک در مهندسی مواد و متالورژی تشریح گردیده و در قالب شش فصل شامل خواص گازها، قوانین سه گانه ترمودینامیک، ترموشیمی و تعادل واکنش‌های شیمیایی "بیان می‌گردد. وجود روابط ریاضی متعدد در درس شیمی فیزیک همواره از دغدغه‌های دانشجویان برای یادگیری و درک این درس بوده است. بنابراین سعی شده است با گردآوری سئوالات متعدد (اعم از مسائل طبقه‌بندی شده و آزمون‌های کنکوری به همراه پاسخ تشریحی و مسائل بدون پاسخ) از منابع مختلف و همچنین با بهره‌گیری از سئوالات امتحانی دانشگاه‌های معتبر دنیا در کتاب حاضر، این نگرانی تا حدود زیادی برطرف گردد.

در پایان از استادان، مدرسان، دانش‌پژوهان و دانشجویان گرامی که ضمن مطالعه کتاب انتقادات

و پیشنهادات سازنده خود را به نویسندگان این کتاب منعکس می‌نمایند، پیشاپیش صمیمانه
سپاسگذاریم.

دکتر حسن جعفری

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

تابستان ۱۳۹۵

مهندس مهدی شیری

www.ketab.ir

