



شیمی فیزیک مواد

تألیف:

دکتر حسن جعفری

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

مهندس مهدی شیری

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	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۵۲-۲۵۱.
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	: شیری، 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	: ۴۳۷۶۳۴۴



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: شیمی فیزیک مواد
تألیف	: دکتر حسن جعفری، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، مهندس مهدی شیر
ویراستار علمی	: دکتر رسول عبدالله میرزایی
ویراستار ادبی	: شهرام طهماسبی
چاپ اول	: تابستان ۱۳۹۵
چاپ دوم	: تابستان ۱۳۹۷
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: رجاءنقشینه
چاپ	: شریف
طراح جلد	: شهرام طهماسبی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس چاپ و صفحه آرا	: نیره فیروزی
کارشناسان	: طاهره کیا/ علی رضایی اهوانوئی
شمارگان	: ۵۰۰ جلد
قیمت	: ۲۰۰,۰۰۰ 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 ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 ۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@sru.ac.ir، وب سایت: http://Publish.sru.ac.ir

پیشگفتار

شیمی فیزیک از مباحث اصلی و پایه‌ای مهندسی مواد می‌باشد که زمینه ورود به مباحث ترمودینامیک مواد را فراهم می‌سازد. در واقع شیمی فیزیک، علم مطالعه اصول فیزیک می‌باشد که خواص و رفتار مختلف پدیده‌های شیمیایی را مورد بررسی و توجیه قرار می‌دهد و برای حل مسائل شیمیایی استفاده می‌شود. در این علم، پدیده‌های شیمیایی در سطح مولکولی مورد مطالعه قرار می‌گیرد و رفتار تک‌تک مولکول‌ها با اتکا بر فرضیات در مقیاس میکروسکوپی مطالعه شده و یک مدل مولکولی ایجاد می‌شود. سپس این پدیده‌ها در مقیاس ماکروسکوپی مورد تفسیر قرار می‌گیرند. بطور خلاصه می‌توان بیان نمود که علم شیمی فیزیک بر مطالعات ذیل تمرکز دارد:

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

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

شیمی فیزیک را می‌توان به چهار اصل زیر تقسیم‌بندی کرد:

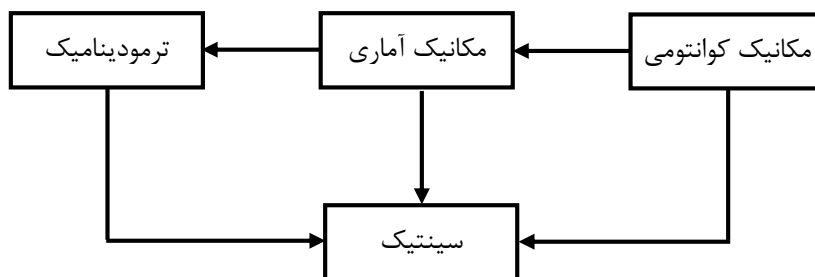
۱- **ترمودینامیک:** حالت ماکروسکوپی روابط بین خواص تعادلی سیستم و تغییرات این خواص در فرآیندها را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

۲- **مکانیک کوانتوم:** مولکول‌ها و اتم‌ها (شامل الکترون‌ها و هسته‌های اتم) از مکانیک کلاسیک پیروی نمی‌کنند. بلکه حرکت آن‌ها بوسیله مکانیک 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 را فراهم می‌سازد که شکل ۱ این ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۱ چهار اصل شیمی فیزیک و نحوه ارتباط آن‌ها

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 دارای دانشمندان بنامی چون گیبس، هلمهولتز، آرنیوس، نرنست، شرویدینگر و غیره می‌باشد. 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.

این علم دارای دانشمندان بنامی چون گیبس^۱، هلمهولتز^۲، آرنیوس^۳، نرنست^۴، شرویدینگر^۵ 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 فلزات، 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

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

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 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 خسارت‌های 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 و به نوعی می‌توان گفت ترمودینامیک متالورژی به توازن بین علم شیمی و فیزیک می‌انجامد.

نویسندگان این کتاب، خلاً وجود یک مرجع فارسی شیمی 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

مهندس مهدی شیری

بهار ۱۳۹۷

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
	خواص گازها
۱	مقدمه
۱	۱-۱ قوانین حاکم بر رفتار گازها
۳	۱-۱-۱ قانون بویل (بویل - ماریوت)
۳	۲-۱-۱ قانون چارلز - گیلوساک
۵	۳-۱-۱ فرضیه آووگادرو
۸	۴-۱-۱ قانون هنری
۹	۵-۱-۱ قانون دالتون
۹	۶-۱-۱ قانون گازهای ایده‌آل
۱۰	۷-۱-۱ قانون نفوذ گراهام
۱۰	۲-۱ گازهای ایده‌آل
۱۱	۳-۱ نظریه جنبشی گازها
۱۲	۱-۳-۱ فشار گازها بر ظرف
۱۲	۴-۱ گازهای حقیقی
۱۴	۵-۱ معادله گازهای حقیقی یا معادله واندروالس
۱۶	۶-۱ معادله واندروالس و پدیده‌های بحرانی گاز
۲۰	۷-۱ متغیرهای بحرانی
۲۱	۸-۱ درجه حرارت بویل
۲۲	۹-۱ متغیرهای کاهیده
۲۴	۱۰-۱ ظرفیت حرارتی گاز کامل
۲۵	۱۱-۱ مسائل طبقه‌بندی شده
۲۸	۱۲-۱ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۳۱	۱۳-۱ مسائل حل نشده
۴۳	۱۴-۱ تست‌های طراحی شده
۴۷	۱۵-۱ پاسخ تشریحی تست‌ها
۵۰	

فصل دوم

	قانون اول ترمودینامیک
۵۷	مقدمه
۵۷	۱-۲ انواع سیستم
۵۸	۲-۲ مفاهیم مورد استفاده
۶۰	۳-۲ ویژگی‌های انرژی داخلی
۶۰	۴-۲ قانون اول ترمودینامیک
۶۱	۵-۲ قرارداد برای علامتها
۶۱	۶-۲ نکات مربوط به قانون اول ترمودینامیک
۶۲	۷-۲ دیفرانسیل‌های کامل و غیرکامل (با توجه به قانون اول ترمودینامیک)
۶۲	۸-۲ بیان دیفرانسیلی قانون اول
۶۳	۹-۲ بیان کار بر حسب متغیرهای حالت
۶۴	۱-۹-۲ انبساط آزاد
۶۴	۲-۹-۲ انبساط در مقابل فشار ثابت
۶۴	۳-۹-۲ انبساط برگشت پذیر
۶۵	۴-۹-۲ حالت خاص
۶۶	۱۰-۲ بیان دیفرانسیل کامل انرژی داخلی بر حسب مشتقات جزئی متغیرهای حالت
۶۶	۱۱-۲ بررسی فرآیندهای خاص با توجه به قانون اول ترمودینامیک
۶۶	۱-۱۱-۲ فرآیندها یا تحولات با حجم ثابت
۶۶	۲-۱۱-۲ فرآیندهای با فشار ثابت
۶۷	۳-۱۱-۲ مفهوم آنتالپی
۷۰	۴-۱۱-۲ آزمایش ژول
۷۱	۵-۱۱-۲ فرآیندهای با دمای ثابت و برگشت پذیر
۷۲	۶-۱۱-۲ فرآیندهای آدیباتیک و برگشت پذیر
۷۴	۱۲-۲ مقایسه تحول ایروترم برگشت پذیر و آدیباتیک برگشت پذیر
۷۴	۱۳-۲ تابعیت کار از مسیر تحول
۷۵	۱۴-۲ چند تعریف مهم
۷۵	۱۵-۲ محاسبه گرمای لازم برای گرم کردن جسم از دمای T_1 تا T_2
۷۶	۱۶-۲ محاسبه گرمای واکنش در دمای T
۷۷	۱۷-۲ مسائل طبقه بندی شده
۸۱	۱۸-۲ پاسخ تشریحی مسائل طبقه بندی شده
۸۸	۱۹-۲ مسائل حل نشده

۹۲	۲۰-۲ تست‌های طراحی شده
۹۶	۲۱-۲ پاسخ تشریحی تست‌ها

فصل سوم

۱۰۳	قانون دوم ترمودینامیک
۱۰۳	مقدمه
۱۰۳	۱-۳ مفهوم قانون دوم ترمودینامیک
۱۰۵	۲-۳ دو بیان عمده از قانون دوم ترمودینامیک
۱۰۵	۳-۳ ماشین‌های حرارتی
۱۰۹	۴-۳ آنتروپی از جنبه کلاسیک
۱۱۰	۱-۴-۳ تحول برگشت پذیر
۱۱۰	۲-۴-۳ تحول برگشتناپذیر (خود به خود)
۱۱۱	۳-۴-۳ محاسبه حداکثر کار
۱۱۲	۵-۳ تغییر آنتروپی سیستم در فرآیندهای برگشت پذیر
۱۱۲	۱-۵-۳ تغییر آنتروپی در چرخه کامل
۱۱۲	۲-۵-۲ تغییرات آنتروپی در فرآیند آدیاباتیکی
۱۱۲	۳-۵-۳ تغییرات آنتروپی برای تغییر فاز در دما و فشار ثابت
۱۱۲	۴-۵-۳ تغییرات آنتروپی گاز ایده آل در تحولات حجم ثابت از دمای T_1 تا T_2
۱۱۳	۵-۵-۳ تغییر آنتروپی گاز ایده آل در تحولات فشار ثابت از دمای T_1 تا T_2
۱۱۳	۶-۵-۳ تغییر آنتروپی برای گازهای ایده آل و در تحولات ایزوترم برگشت پذیر
۱۱۳	۷-۵-۳ تغییر آنتروپی واکنش
۱۱۳	۸-۵-۳ تغییر آنتروپی دگرگونی حالت اجسام
۱۱۴	۹-۵-۳ تغییر آنتروپی در اثر تغییر دما و تغییر فاز در دمای T_m
۱۱۴	۶-۳ تغییر آنتروپی واکنش‌ها
۱۱۴	۷-۳ تغییر آنتروپی در فرایندهای برگشتناپذیر
۱۱۴	۸-۳ آنتروپی از جنبه آماری
۱۱۸	۹-۳ مسائل طبقه‌بندی شده
۱۲۲	۱۰-۳ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۱۳۲	۱۱-۳ مسائل حل نشده
۱۳۶	۱۲-۳ تست‌های طراحی شده
۱۴۱	۱۳-۳ پاسخ تشریحی تست‌ها

فصل چهارم

۱۴۹	توابع ترمودینامیکی و قانون سوم ترمودینامیک
۱۴۹	مقدمه
۱۴۹	۱-۴ انرژی آزاد
۱۵۴	۲-۴ روابط ماکسول
۱۵۴	۱-۲-۴ رابطه متناظر اولر
۱۵۵	۳-۴ محاسبه تغییر انرژی آزاد در دماهای بالا
۱۵۶	۴-۴ اثر فشار بر آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد گیبس
۱۵۶	۱-۴-۴ اثر فشار بر آنتالپی
۱۵۶	۲-۴-۴ اثر فشار بر آنتروپی
۱۵۷	۳-۴-۴ اثر فشار بر انرژی آزاد گیبس
۱۵۸	۵-۴ معادله گیبس-هلمهولتز
۱۶۰	۶-۴ قانون سوم ترمودینامیک
۱۶۱	۱-۶-۴ قانون ریچاردز
۱۶۲	۲-۶-۴ قانون تروتن
۱۶۲	۷-۴ معادله کلاسیوس-کلاپیرون
۱۶۶	۸-۴ مسائل طبقه‌بندی شده
۱۷۰	۹-۴ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۱۷۸	۱۰-۴ مسائل حل نشده
۱۸۱	۱۱-۴ تست‌های طراحی شده
۱۸۴	۱۲-۴ پاسخ تشریحی تست‌ها

فصل پنجم

۱۸۹	ترمودینامیکی
۱۸۹	مقدمه
۱۹۰	۱-۵ تعاریف
۱۹۱	۲-۵ تغییرات آنتالپی استاندارد
۱۹۱	۱-۲-۵ آنتالپی استاندارد استحاله
۱۹۲	۳-۵ آنتالپی واکنش برحسب آنتالپی تشکیل
۱۹۳	۴-۵ قانون هس
۱۹۴	۵-۵ تغییرات آنتالپی با تغییر دما
۱۹۴	۶-۵ محاسبه گرمای واکنش در دمای T

۱۹۵	۷-۵ ماکزیمم دمای واکنش (دمای شعله)
۱۹۶	۸-۵ مسائل طبقه‌بندی شده
۱۹۹	۹-۵ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۲۰۳	۱۰-۵ مسائل حل نشده
۲۰۹	۱۱-۵ تست‌های طراحی شده
۲۱۲	۱۲-۵ پاسخ تشریحی تست‌ها

فصل ششم

۲۱۷	تبادل شیمیایی
۲۱۷	مقدمه
۲۱۹	۱-۶ ثابت‌های تعادل
۲۱۹	۱-۱-۶ ثابت تعادل غلظتی (K_C)
۲۱۹	۲-۱-۶ ثابت تعادل فشار (K_P)
۲۲۰	۳-۱-۶ ثابت تعادل مولار یا کسر مولی (K_X یا K_N)
۲۲۰	۴-۱-۶ رابطه K_X و K_P ، K_C
۲۲۱	۲-۶ تعادل همگن و ناهمگن
۲۲۱	۱-۲-۶ تعادل همگن
۲۲۱	۲-۲-۶ تعادل ناهمگن
۲۲۲	۳-۶ رابطه وانت-هوف و تأثیر دما روی ثابت تعادل
۲۲۳	۴-۶ تأثیر فشار بر ثابت تعادل
۲۲۵	۵-۶ مسائل طبقه‌بندی شده
۲۲۹	۶-۶ پاسخ تشریحی مسائل طبقه‌بندی شده
۲۳۶	۷-۶ مسائل حل نشده
۲۳۹	۸-۶ تست‌های طراحی شده
۲۴۴	۹-۶ پاسخ تشریحی تست‌ها
۲۵۱	منابع و مراجع
۲۵۲	پیوست
۲۵۷	نمایه

نمادها و ثابت‌ها

نمادها بر اساس استاندارد بین‌المللی یکاها

نماد	نام	واحد
A	انرژی آزاد هلمهولتز	ژول (J)
α_V	ضریب انبساط گرمایی	متر مکعب بر کلوین $\left(\frac{m^3}{K}\right)$
C	غلظت	مول بر لیتر $\left(\frac{mol}{lit}\right)$
c	سرعت	متر بر ثانیه $\left(\frac{m}{s}\right)$
C_p	ظرفیت گرمایی در فشار ثابت	ژول بر مول.کلوین $\left(\frac{J}{mol.K}\right)$
C_V	ظرفیت گرمایی در حجم ثابت	ژول بر مول.کلوین $\left(\frac{J}{mol.K}\right)$
E_k	انرژی جنبشی	ژول (J)
F	نیرو	نیوتن (N)
G	انرژی آزاد گیبس	ژول (J)
H	انتالپی	ژول (J)
ΔH_m یا L_m	گرمای نهان ذوب	ژول (J)
M	جرم مولکولی	گرم بر مول $\left(\frac{gr}{mol}\right)$
m	جرم	کیلوگرم (kg)
N	تعداد مولکول	-
n	تعداد مول	مول (mol)
P	فشار	پاسکال (Pa)

P_{int}	فشار داخلی سیستم	پاسکال (Pa)
P_{ext}	فشار خارجی	پاسکال (Pa)
ρ	چگالی	کیلوگرم بر متر مکعب $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
q	گرما	ژول (J)
q_V	گرمای مبادله شده در حجم ثابت	ژول (J)
q_P	گرمای مبادله شده در فشار ثابت	ژول (J)
S	آنترپی	ژول بر کلوین $\left(\frac{J}{K}\right)$
T	دما	درجه کلوین (K)
U	انرژی داخلی	ژول (J)
W	کار	ژول (J)
V	حجم	لیتر (Lit)
Z	ضریب تراکم (ضریب فشردگی)	-
Ω	تعداد احتمالات میکروسکوپی	-

ثابت‌ها

نماد	نام	واحد	مقدار
K	ثابت بولتزمن	ژول بر کلوین $\left(\frac{J}{K}\right)$	$\frac{R}{N_a} = 1/38.054 \times 10^{-23}$
N_a	عدد آووگادرو	تعداد اتم یا مولکول بر مول $\left(\frac{1}{mol}\right)$	$6/0.2214 \times 10^{23}$
R	ثابت گازها	ژول بر مول.کلوین $\left(\frac{J}{mol.K}\right)$	8/314
h	ثابت پلانک	ژول در ثانیه (J.s)	$6/626.08 \times 10^{-34}$

فصل اول

خواص گازها

مقدمه

می‌دانیم ساده‌ترین حالت ماده، گاز است. گاز ماده‌ای است که سطح جدایش مشخص ایجاد کرده و حجم آن به شدت تحت تاثیر فشار می‌باشد. مولکول‌ها یا اتم‌های گاز، می‌توانند آزادانه حرکت کنند و پس از برخورد با جداره‌های ظرف، تغییر جهت داده و به حرکت خود ادامه می‌دهند. فشار وارد بر جداره‌های ظرف، ناشی از ضربات مداوم مولکول‌های گاز است. گازها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- (۱) "گازهای ایده‌آل"، که در عمل وجود نداشته و به "گازهای کامل" نیز معروف هستند.
- (۲) "گازهای واقعی یا حقیقی"

مطالعه بر روی گاز درون سیستم انجام می‌شود، هر ماده یا فضای اشغال شده توسط ماده که توسط خط فرضی از محیط اطراف تفکیک شود، "سیستم" نام دارد. سیستم به علاوه محیط، جهان را تشکیل می‌دهند.

مهم‌ترین مفهوم در ترمودینامیک و شیمی فیزیک "حالت" است. حالت مشخص کننده وضعیت سیستم است، از این رو برای بررسی حالت گاز، دو مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی تعریف می‌شود.

الف - مقیاس ماکروسکوپی

همان طور که در بالا گفته شد، مولکول‌های گاز تمام فضای موجود را پر می‌کنند، به عبارتی ماده در حالت گاز مرز ندارد. هم‌چنین حجم گاز به شدت تابع فشار و درجه حرارت است. حالت ماکروسکوپی یک سیستم در حال تعادل را می‌توان با استفاده از تعداد کمی از متغیرهای

ماکروسکوپی مشخص کرد. علاوه بر این اگر متغیرهای ماکروسکوپی ثابت باشند، خواص سیستم هم ثابت می‌ماند.

ب- مقیاس میکروسکوپی

در حالت میکروسکوپی، جرم، سرعت و همه حالات حرکت ذرات گاز بررسی می‌شود. زیرا در مقیاس میکروسکوپی، گازها از ذرات ریزی تشکیل شده‌اند که پیوسته در حال حرکت هستند و انرژی جنبشی آنها تابع دما می‌باشد.

ج- تعاریف اولیه

حجم: عبارت است از فضایی که سیستم اشغال می‌کند.

$$1\text{ m}^3 = 10^3 \text{ lit} = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ cc}$$

فشار: عبارت است از نیرو بر واحد سطح. جدول (۱-۱) برخی واحدهای فشار را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱) واحدهای فشار

$1\text{ atm} = 101325\text{ Pa}$	
$1\text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$	Pa : پاسکال (نیوتن بر متر مربع)
$1\text{ atm} = 760\text{ torr} = 760\text{ mmHg}$	atm : اتمسفر
$1\text{ atm} \approx 1\text{ bar}$	mmHg : میلیمتر جیوه
$1\text{ atm} = 14.696\text{ psi}$	psi : پوند بر اینچ مربع

درجه حرارت: درجه حرارت یک سیستم، ویژگی است که جهت جریان انرژی حرارتی یک سیستم، زمانی که در مجاورت سیستم دیگر باشد، توسط درجه حرارت تعیین می‌شود. انرژی حرارتی همواره از سیستم گرم‌تر به سیستم سردتر جریان می‌یابد. جدول (۲-۱) واحدهای دما را ذکر کرده است.

جدول (۲-۱) واحدهای درجه حرارت

$T(K) = T(^{\circ}C) + 273/15$	$T(K)$: دما بر حسب کلوین
$T(^{\circ}C) = [T(^{\circ}F) - 32] \times \frac{5}{9}$	$T(^{\circ}C)$: دما بر حسب درجه سانتیگراد
$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}R) - 459/67$	$T(^{\circ}F)$: دما بر حسب درجه فارنهایت
	$T(^{\circ}R)$: دما بر حسب درجه رانکین

مقدار ماده (جرم): جرم یک جسم (m) بیانگر مقدار کمی ماده‌ای است که در آن جسم وجود دارد؛ واحد بین‌المللی جرم، کیلوگرم می‌باشد. در علم شیمی مقدار ماده بیشتر به صورت به صورت اتمی و یا مولکولی بیان می‌شود. تعداد اتم‌ها و مولکول‌ها حتی در مقیاس‌های کوچک، بسیار زیاد است، بنابراین از واحد جدیدی بنام مول استفاده می‌شود. در سیستم بین‌المللی یکاها (SI) مقدار ماده بصورت تعداد مول (n) بیان می‌شود که یک مول از هر ماده برابر با 6.023×10^{23} اتم از آن ماده است. جرم یک مول از هر ماده بصورت جرم مولی (M) تعریف می‌شود. بدین ترتیب تعداد مول هر ماده عبارت است از حاصل تقسیم جرم نمونه‌ای از آن ماده (m) تقسیم بر جرم مولی آن.

$$n = \frac{m}{M} \quad (1-1)$$

در ادامه به تشریح پارامترهای مؤثر بر حالت و بررسی اثر پارامترها بر یکدیگر پرداخته می‌شود.

۱-۱ قوانین حاکم بر رفتار گازها

نتیجه مطالعات انجام شده در مورد خواص ماکروسکوپی گازها، به صورت قوانین زیر قابل بیان است:

۱-۱-۱ قانون بویل (بویل-ماریوت)

رابرت بویل^۱ (۱۶۹۱-۱۶۲۷ م) دانشمند ایرلندی برای اولین بار در سال ۱۶۶۲ م، رابطه‌ای بین فشار و حجم مطلق یک گاز را در دمای ثابت برای یک سیستم بسته، بررسی کرد و دریافت که یک گاز با جرم و دمای ثابت، حجم گاز متناسب با عکس فشار است. برای مثال، اگر حجم گاز نصف شود، فشار گاز دو برابر می‌شود.

ادم ماریوت^۲ (۱۶۸۴-۱۶۲۰ م) دانشمند فرانسوی در سال ۱۶۷۹ م، قانون مشابه قانون بویل را مشاهده نمود و به همین دلیل، امروزه این قانون را بنام قانون بویل-ماریوت بیان می‌کنند.

$$V \propto \left(\frac{1}{P}\right)_{T,n} \rightarrow V = \left(\frac{C}{P}\right)_{T,n} \quad (2-1)$$

در رابطه (۲-۱)، C ثابت تناسبی است که به نوع گاز، جرم و درجه حرارت بستگی دارد. از رابطه (۱-۱) و با ثابت بودن دما می‌توان نتیجه گرفت که:

1- Robert Boyle
2- Edme Mariotte