

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شیمی فیزیک مواد

تألیف:

دکتر حمید امیدوار

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دکتر میلاد رضائی

تابستان ۱۴۰۱

سرشناسه	: امیدوار، حمید، ۱۳۴۹-
عنوان و نام پدیدآور	: شیمی فیزیک مواد / تألیف حمید امیدوار، میلاد رضائی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۸۰ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۶-۵۸۱-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸: ۱۱۰۰۰ ریال.
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: شیمی فیزیک.
موضوع	: مهندسی مواد.
شناسه افزوده	: رضایی، میلاد، ۱۳۶۵-
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر.
شناسه افزوده	: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). Publishing Center.
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ش ۸ الف / ۲ / ۴۵۳ QD۴۵۳
رده‌بندی دیویی	: ۵۴۱/۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۵۳۱۹۰

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۲/۱۰/۲۳ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: شیمی فیزیک مواد
تألیف	: حمید امیدوار، میلاد رضائی
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ سوم	: تابستان ۱۴۰۱
قیمت	: ۷۵۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۱۰۰
شابک	: ۶-۵۸۱-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸ ISBN : 978-964-463-581-6

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است.

و ان ليس للانسان الا ما سعى

(سوره نجم، آيه ٣٩)

تقديم به پيشگاه حضرت سيدالشهدا (ع)

فهرست مطالب

I.....	تقدیر نامه
II.....	پیشگفتار
۱.....	فصل اول: مفاهیم
۱-۱.....	۱-۱- مقدمه
۲.....	۲-۱- تعاریف و قراردادهای
۵.....	۳-۱- معرفی برخی از واحدهای (یکاهای) مهم
۶.....	۴-۱- معرفی برخی از کمیت‌های سنجش مهم
۹.....	منابع
۱۱.....	فصل دوم: گازها
۱۱.....	۱-۲- گازهای ایده‌آل
۱۳.....	۲-۲- ویژگی‌های گاز ایده‌آل
۱۴.....	۳-۲- مدل سینتیکی (نظریه جنبشی) گازهای ایده‌آل
۱۶.....	۴-۲- تخمین وزن مولکولی گاز
۱۸.....	۵-۲- مخلوط گازها، فشار جزئی، حجم جزئی
۲۰.....	۶-۲- گازهای حقیقی
۲۲.....	۱-۶-۲- اصلاح رابطه گاز ایده‌آل، معادله واندروالس
۲۴.....	۲-۶-۲- محاسبه ضریب انحراف Z برای گاز واندروالس
۲۵.....	۳-۶-۲- دمای بویل
۲۶.....	۴-۶-۲- مایع کردن گازها
۲۷.....	۵-۶-۲- نقطه بحرانی
۲۷.....	۶-۶-۲- محاسبه فشار، حجم و دمای بحرانی برای گاز واندروالس

۲۸	۷-۶-۲- قانون حالت متناظر.....
۲۸	۸-۶-۲- معادله واندروالس و قانون حالات متناظر.....
۲۹	۹-۶-۲- سایر معادلات حالت برای گازها.....
۳۰	۷-۲- مایعات.....
۳۱	۱-۷-۲- ویسکوزیته مایعات.....
۳۲	۲-۷-۲- تئوری نیوتون.....
۳۲	۳-۷-۲- کشش سطحی.....
۳۴	مسائل.....
۳۷	منابع.....
۳۹	فصل سوم: کار و انرژی.....
۳۹	۱-۳- انرژی یک سیستم.....
۴۰	۲-۳- انتقال انرژی.....
۴۱	۱-۲-۳- انرژی گرمایی یا حرارتی.....
۴۱	۲-۲-۳- انتقال حرارت.....
۴۱	۱-۲-۲-۳- هدایت.....
۴۲	۲-۲-۲-۳- جابجایی.....
۴۲	۳-۲-۲-۳- تشعشع.....
۴۲	۴-۲-۲-۳- تعادل گرمایی.....
۴۳	۳-۳- کار.....
۴۳	۱-۳-۳- کار انبساطی.....
۴۵	۴-۳- قانون صفرم ترمودینامیک.....
۴۶	۵-۳- درآمدی بر اصل بقای انرژی.....
۴۶	۱-۵-۳- آزمایش ژول.....
۴۷	۲-۵-۳- کار و رابطه آن با اصل بقای انرژی- آزمایش ژول- تامسون.....
۴۷	۶-۳- قانون اول ترمودینامیک.....
۴۸	۷-۳- تعمیم قانون اول در سیستم باز.....

۴۹	۳-۸-انتالپی
۵۰	۳-۹- قانون اول در حالت پایا
۵۰	۳-۱۰- قانون اول در سیستم بسته
۵۰	۳-۱۱- ظرفیت گرمایی
۵۱	۳-۱۲- ظرفیت گرمایی مولی
۵۴	۳-۱۳- ظرفیت گرمایی در حجم ثابت
۵۵	۳-۱۴- ظرفیت گرمایی در فشار ثابت
۵۶	۳-۱۵- مستقل بودن انتالپی گاز ایده آل از فشار
۵۶	۳-۱۶- جریان بی دررو از طریق شیر
۵۷	۳-۱۷- اختلاف ظرفیت گرمایی در حجم و فشار ثابت با تغییرات دما
۵۹	۳-۱۸- انرژی داخلی و ظرفیت گرمایی مولکول‌های گاز
۶۳	۳-۱۹- ظرفیت گرمایی در مولکول‌های تک اتمی و دو اتمی
۶۴	۳-۲۰- محاسبه تغییر انتالپی واکنش‌های شیمیایی
۶۵	۳-۲۱- محاسبه انتالپی واکنش در دمایی بیش از دمای استاندارد
۶۸	۳-۲۲- معرفی انواع تحولات در گازهای ایده آل
۷۴	مسائل
۷۸	منابع

۷۹	فصل چهارم: قانون دوم و سوم ترمودینامیک
۸۰	۴-۱- کار بازگشت پذیر و بازگشت ناپذیر
۸۱	۴-۲- قانون دوم ترمودینامیک
۸۲	۴-۲-۱- انتروپی در مقیاس ماکروسکوپی
۸۳	۴-۲-۲- انبساط گاز ایده آل: حالت‌های بازگشت پذیر هم دما و بازگشت ناپذیر بی دررو
۸۴	۴-۲-۳- انرژی مکانیکی تحلیل رفته به علت ماهیت بازگشت ناپذیری تحول
۸۴	۴-۳- تغییر انتروپی در تحول بازگشت پذیر و بازگشت ناپذیر
۸۶	۴-۳-۱- انتروپی گاز ایده آل در فرایند بازگشت پذیر در شرایط تراکم تک دما
۸۷	۴-۳-۲- انتروپی گاز ایده آل در فرایند بازگشت پذیر در شرایط انبساط بی دررو

۳-۳-۴- انتروپی گاز ایده‌آل در فرایند بازگشت‌ناپذیر در شرایط انبساط بی‌دررو.....	۸۷
۴-۳-۴- انتروپی سیستم و محیط در حالت انبساط آزاد در شرایط هم دما.....	۸۸
۵-۳-۴- تاثیر حد بازگشت‌ناپذیری تحول بر مقدار کار انجام شده.....	۸۸
۴-۴- انرژی داخلی، حجم و انتروپی، تلفیق قانون اول و دوم.....	۸۹
۵-۴- انتروپی سیستم در حالت بازگشت‌ناپذیر.....	۹۰
۶-۴- بیان‌های مختلف از قانون دوم.....	۹۲
۷-۴- ارتباط دما و انتروپی در یک ماشین.....	۹۴
۸-۴- تغییر انتروپی ویژه.....	۹۷
۹-۴- قانون سوم ترمودینامیک.....	۹۹
۱۰-۴- قانون ریچاردسون و تروتن.....	۱۰۵
۱۱-۴- تغییر انتروپی گاز کامل.....	۱۰۶
مسائل.....	۱۰۸
منابع.....	۱۱۱

فصل پنجم: ترمودینامیک آماری..... ۱۱۳

۱-۱- انتروپی از دید میکروسکوپی.....	۱۱۳
۱-۱-۵- قضیه مهم در ترمودینامیک آماری.....	۱۱۷
۲-۱-۵- حالت تعادل از دیدگاه مکانیک آماری.....	۱۱۷
۲-۵- احتمال.....	۱۱۹
۱-۲-۵- احتمال ترمودینامیکی.....	۱۲۰
۲-۲-۵- احتمال ریاضی.....	۱۲۰
۳-۲-۵- رابطه بولتزمن.....	۱۲۱
۴-۲-۵- توزیع بولتزمن.....	۱۲۵
۵-۲-۵- تاثیر دما در توزیع انرژی.....	۱۲۴
۶-۲-۵- رابطه تابع پارشی و انرژی آزاد هلمهولتز.....	۱۲۴
۳-۵- انتروپی اختلاط.....	۱۲۵
۱-۳-۵- انتروپی اختلاط بر مبنای ترمودینامیک کلاسیک در گاز ایده‌آل.....	۱۲۶

۱۲۷	۵-۳-۲- انتروپی وضعیتی.....
۱۲۸	۵-۳-۳- فرایند بازگشت پذیر یا محتمل.....
۱۲۸	۵-۴- قانون سوم ترمودینامیک از دیدگاه انتروپی آماری.....
۱۲۹	۵-۵- انتروپی اختلاط پلیمرها.....
۱۳۳	مسائل.....
۱۳۵	منابع.....

۱۳۷	فصل ششم: تعادل و توابع کمکی.....
۱۳۷	۶-۱- مفهوم تعادل.....
۱۳۷	۶-۱-۱- تعادل ترمودینامیکی.....
۱۳۸	۶-۱-۲- مفهوم پتانسیل شیمیایی اجزاء.....
۱۳۹	۶-۲- انتروپی به عنوان معیار تعادل.....
۱۳۹	۶-۳- انرژی آزاد.....
۱۴۰	۶-۳-۱- تابع انرژی آزاد هلمهولتز.....
۱۴۰	۶-۳-۲- تابع انرژی آزاد گیبس.....
۱۴۱	۶-۳-۳- محاسبه تغییرات انرژی آزاد گیبس و اکشن شیمیایی.....
۱۴۱	۶-۳-۴- تغییرات انرژی آزاد گیبس در شرایط استاندارد در دمای $298K$
۱۴۱	۶-۳-۵- تغییرات انرژی آزاد گیبس در شرایط استاندارد.....
۱۴۱	۶-۳-۶- محاسبه تغییرات انرژی آزاد گیبس برای تحولات دارای تغییر فاز.....
۱۴۲	۶-۳-۷- تفاوت حالت استاندارد و مرجع.....
۱۴۳	۶-۴- انرژی آزاد گیبس بعنوان معیار تعادل و کار بازگشت پذیر.....
۱۴۴	۶-۵- تعادل در سیستم‌های یک جزئی.....
۱۴۶	۶-۶- روابط بین توابع ترمودینامیک.....
۱۴۶	۶-۶-۱- یادآوری روابط ریاضی مورد استفاده در توابع ترمودینامیکی.....
۱۴۷	۶-۶-۲- بدست آوردن روابط ماکسول از روی توابع گیبس.....
۱۴۹	۶-۶-۳- اثر فشار بر انرژی آزاد گیبس.....
۱۴۹	۶-۶-۴- انرژی آزاد استاندارد.....

۱۵۰.....	۶-۴-۵- رابطه انرژی آزاد و فشار در جامدات تراکم ناپذیر.....
۱۵۰.....	۶-۴-۶- معادله گیس- هلمهولتز.....
۱۵۱.....	۶-۴-۷- انرژی آزاد گیس به صورت تابعی از دما.....
۱۵۱.....	۶-۵- فیوگاسیته.....
۱۵۲.....	۶-۶- ثابت تعادل.....
۱۵۳.....	۶-۶-۱- رابطه ثابت تعادل با فشار جزئی.....
۱۵۴.....	۶-۶-۲- تاثیر دما بر ثابت تعادل (رابطه وانتهوف).....
۱۵۴.....	۶-۷- اکتیویته.....
۱۵۵.....	مسائل.....
۱۵۹.....	منابع.....
۱۶۱.....	نمایه.....
۱۶۷.....	واژه نامه.....

مفاهیم

۱-۱- مقدمه

شیمی فیزیک علمی تجربی محسوب می‌شود. تجربی بودن این علم از آنجا ناشی می‌گردد که مبنای طرح و ارائه فرضیات بر اساس آزمایش و مشاهدات تجربی است. با جمع‌بندی این مشاهدات می‌توان به فرموله کردن فرضیات و نهایتاً انجام تغییرات و اصلاحات لازم روی آن‌ها پرداخت. در واقع تمامی این فعالیت‌ها، صرفاً به ایجاد توصیف مناسب‌تر، دقیق‌تر و صحیح‌تر از پدیده‌ها منجر می‌شوند.

از دیدگاهی شیمی فیزیک شاخه‌ای از علم شیمی است که در آن از اصول و قوانین شیمی در جهت تشریح و تفسیر خواص فیزیکی و شیمیایی مواد استفاده می‌شود؛ پس از این نقطه‌نظر، شیمی فیزیک لازمه توسعه و گسترش روش‌های مدرن در تعیین ساختار و خواص مواد است. در رویکردی دیگر، شیمی فیزیک استفاده از قوانین فیزیک است که رفتار و خواص سیستم‌های شیمیایی را کنترل و هدایت می‌کند. در نگرشی کامل‌تر، شیمی فیزیک بخش‌هایی از علم فیزیک و تمامی قسمت‌های علم شیمی و نیز جنبه‌های کاربردی آن‌ها را دربر می‌گیرد. در چنین نگرشی شیمی فیزیک مبحثی است که اغلب دانشجویان برای اولین بار این فرصت را می‌یابند تا آنچه در ریاضی، فیزیک و شیمی را خوانده‌اند در یک چارچوب واحد مورد استفاده قرار دهند.

به هر حال در یک نگاه کلی تر، آنچه که به عنوان توصیف کمی از دیدگاه ماکروسکوپی بر مبنای مطالعه اتمی - مولکولی انجام می‌شود، شیمی فیزیک نام دارد. برای دستیابی به چنین توصیفی لازم است مشاهدات پدیده‌های ماکروسکوپی به صورت سیستماتیک و طبقه‌بندی شده انجام گیرد.

همچنین باید مطالعات در زمینه اتم‌ها و مولکول‌ها در سطح بالاتری انجام پذیرد، همچنانکه در مکانیک کوانتوم این امر صورت می‌گیرد. در نهایت این دو دیدگاه باید در کنار هم مکمل یکدیگر باشند تا درک درستی از شیمی فیزیک صورت پذیرد.

به نظر می‌رسد واژه شیمی فیزیک برای اولین بار توسط میخائیل لومونوسوف در سال ۱۷۵۲ میلادی در حین ایراد سخنرانی در دانشگاه پترزبورگ بکار برده شد. با این وجود اصول و مبانی آنچه که امروز به عنوان شیمی فیزیک شناخته می‌شود، در مقاله‌ای که گییس در ۱۸۷۶ میلادی در مورد تعادل اجزاء ناهمگن (مبنای قوانینی نظیر انرژی گییس، پتانسیل شیمیایی، قانون فازی گییس) منتشر نمود، موجود است. اولین مجله‌ای که به صورت تخصصی اقدام به چاپ مقالات شیمی فیزیک نمود یک مجله آلمانی بود که توسط اُستوالد و وانت‌هوف در سال ۱۸۸۷ میلادی تاسیس گشت.

اگر بتوان مهندسی مواد را در کلیت به سه بخش شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی تقسیم بندی نمود (هرچند ایجاد مرز و حد معین بین شاخه‌های متعدد علم مواد ممکن است دشوار باشد)، می‌توان گفت در مباحثی نظیر استخراج فلزات، الکتروشیمی و خوردگی و غیره کاربرد شیمی فیزیک بیشتر به چشم می‌خورد.

یک سیستم را می‌توان از دو سطح مورد بررسی قرار داد؛ سطح میکروسکوپی (خرد) و سطح ماکروسکوپی (کلان). از جنبه میکروسکوپی، شناسایی و داشتن آگاهی در مورد ذرات (اتم‌ها و مولکول‌ها) و رفتار و خواص آن‌ها الزامی است و این در حالی است که در دیدگاه ماکروسکوپی، خواص کلی و عمومی سیستم جدا از رفتار تک تک ذرات مورد نظر هستند.

از سوی دیگر، شیمی فیزیک را می‌توان دارای چهار زیرمجموعه زیر دانست: ترمودینامیک که ارتباطات درونی خواص تعادلی سیستم‌ها و تغییرات آن‌ها را بررسی می‌کند؛ شیمی کوانتومی که به قوانین حاکم بر اتم‌ها و مولکول‌ها (متفاوت از قوانین مکانیک کلاسیک) می‌پردازد؛ مکانیک آماری که پل ارتباطی بین خواص ماکروسکوپی و خواص میکروسکوپی یک سیستم است و سینتیک که سرعت انجام گیری واکنش‌ها شامل واکنش‌های شیمیایی و مکانیزم این واکنش‌ها در آن توصیف می‌شود.

در این کتاب به مطالعه شیمی فیزیک بر مبنای ترمودینامیک پرداخته می‌شود. ترمودینامیک یک کلمه مرکب یونانی به معنای حرارت و حرکت (قدرت) است. این علم مشتمل بر مطالعه حرارت، کار، انرژی و تغییرات آن‌ها و نیز نحوه اثرگذاری آن‌ها بر حالت و وضعیت سیستم است. بطور کلی در ترمودینامیک خواص ماکروسکوپی و تعادلی سیستم بر مبنای متغیرهای اصلی دما، فشار و حجم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲- تعاریف و قراردادهای

سیستم و محیط

هر بخشی از جهان که مورد مطالعه قرار می‌گیرد، سیستم نام دارد. بنابراین سایر قسمت‌های جهان

که در سیستم مورد مطالعه نمی باشند، محیط هستند. در یک سیستم بسته امکان تبادل جرم و ماده با محیط وجود ندارد. همچنین در یک سیستم بی دررو امکان تبادل حرارت با محیط وجود ندارد. نهایتاً اینکه سیستم ایزوله (منزوی) سیستمی است که هم‌زمان و توانم بی دررو و بسته باشد.

تبادل و سیستم متعادل

پیش از پرداختن به مفهوم دقیق تعادل (فصل ششم)، لازم است تعریفی کلی از سیستم متعادل ارائه دهیم. در حالت کلی یک سیستم وقتی دارای تعادل است که اولاً با گذشت زمان خواص ماکروسکوپی آن تغییری نکند و ثانیاً اگر این سیستم از محیط ایزوله شود (منزوی شد)، خواص ماکروسکوپی آن بدون تغییر باقی بماند. هرچند به نظر می‌رسد شرط اول برای تعادل در بسیاری از حالات متعادل بودن یک سیستم را تضمین نماید اما جهت روشن شدن شرط دوم به مثال شکل (۱-۱) توجه نمائید. اگر میله‌ای بین دو منبع سرد و گرم قرار داشته باشد پس از گذشت زمان کافی یک گرادیان دمایی در طول میله ایجاد می‌شود. بطور طبیعی با فاصله گرفتن از منبع گرمتر دما افت پیدا می‌کند تا در انتهای دیگر که در مجاورت منبع سرد قرار دارد به حداقل مقدار خود برسد. تحت چنین شرایطی با گذشت زمان، دیگر در مقیاس ماکروسکوپی تغییری در گرادیان دمایی مشاهده نخواهد شد. اما اگر سیستم را تنها همین میله فرض نمائیم و اگر آن را از سایر اجزاء اطرافش جدا و ایزوله کنیم، دیگر این گرادیان دمایی پایدار نخواهد بود بلکه با گذشت زمان سراسر میله هم‌دما خواهد شد. بنابراین لازمه در نظر گرفتن شرط دوم برای بررسی تعادل بودن یک سیستم کاملاً مشخص می‌شود.



شکل ۱-۱: سیستم پایدار و متعادل

تعادل انواع مختلفی دارد که برخی از آن به عنوان شروط تعادل یاد می‌کنند؛ یک جسم صلب هنگامی در تعادل مکانیکی است که برآیند نیروها و گشتاورهای وارد بر آن صفر باشد. تحت این شرایط شتاب خطی و چرخشی وارد بر این سیستم صفر است و یا به عبارت دیگر جسم با سرعت خطی یا چرخشی ثابت حرکت می‌نماید. اگر متغیرهای ماکروسکوپی حرارتی قابل مشاهده با گذشت زمان دستخوش تغییر نگردند، تعادل حرارتی ایجاد شده است. این امر منتج به آن می‌شود که یک دما و فشار مشخص در کل سیستم برقرار باشد. در یک فرآیند شیمیایی شرایط تعادلی وضعیتی است که فعالیت شیمیایی مواد اولیه و محصولات با تغییر زمان ثابت بماند. معمولاً این وضعیت نتیجه حالتی است که در آن نرخ رفت و برگشت یک واکنش شیمیایی یکسان باشد. در چنین وضعیتی تغییری در

غلظت مواد اولیه و محصولات واکنش از دیدگاه ماکروسکوپی ایجاد نمی‌گردد. در نهایت، تعادل ترمودینامیکی در سیستمی وجود دارد که در آن سیستم هر سه تعادل فوق برقرار باشد.

خواص ترمودینامیکی

خواص ترمودینامیکی خواصی هستند که شرایط ماکروسکوپی سیستم را معین می‌کنند. این خواص بر دو قسم هستند؛ خواص مقداری (جرمی) و خواص غیرمقداری (غیرجرمی). اندازه و مقدار خواص مقداری مانند حجم و جرم وابسته به میزان ماده است، اما خواص غیرمقداری همانند جرم حجمی (چگالی) به مقدار ماده بستگی ندارند.

اگر خواص غیرمقداری یک سیستم در تمامی نقاط و جهات یکسان و برابر باشد، این سیستم همگن (همگن) است. به چنین سیستمی یک سیستم تک فازی اطلاق می‌شود؛ در این خصوص محلول آب و نمک و یا آب و الکل مثال‌های ملموسی هستند. اگر خواص غیرمقداری یک سیستم در تمامی نقاط و جهات متفاوت و نابرابر باشد، این سیستم هتروژن (ناهمگن) است. سیستم‌های هتروژن چند فازی هستند مانند مخلوط آب و روغن.

متغیرهای ترمودینامیکی

در ترمودینامیک حالت و وضعیت یک سیستم توسط متغیرهای حالت ماکروسکوپی نظیر حجم، دما، فشار و تعداد مول‌های اجزاء شیمیایی تشکیل دهنده سیستم تعیین می‌گردد. قوانین ترمودینامیک بر مبنای مفاهیمی نظیر انرژی درونی و انتروپی قرار دارند که این مفاهیم خود توابعی از متغیرهای حالت محسوب می‌شوند. توابع حالت عبارتند از خواص ترمودینامیکی سیستم در حالت تعادل که دارای مقادیری مشخص هستند.

برای تعیین حالت ترمودینامیکی سیستم باید خواص ترمودینامیکی کلیدی آن سیستم مشخص باشد. این خواص کلیدی عبارتند از: دما، فشار و حجم. تحقیقات نشان می‌دهد برای یک سیستم تکفاز شامل مقدار معینی از مواد غیرقابل واکنش، معین بودن ۲ خاصیت کلیدی، حالت ترمودینامیکی سیستم را معلوم می‌کند.

دگرگونی (تحول)

هرگاه خواص ترمودینامیکی سیستمی معین در دو موقعیت مشخص، متفاوت از هم باشند، سیستم دچار تحول شده است. چگونگی انجام این تحول مسیر تحول نامیده می‌شود. به عنوان مثال، واکنش اکسید آهن (Fe_2O_3) با کربن (C) و تبدیل آن به آهن و دی‌اکسید کربن یک تحول محسوب می‌شود که طی آن دو واکنش‌کننده به دو فراورده تبدیل شده‌اند. این دگرگونی، یک دگرگونی شیمیایی محسوب می‌شود و این در حالی است که ذوب شدن فلزات (یا انجماد آن‌ها)، یک دگرگونی فیزیکی است.

۱-۳- معرفی برخی از واحدهای (یکاهای) مهم

واحدهای سیستم بین‌المللی (SI) نسخه جدیدی از سیستم متریک محسوب می‌شود. در این سیستم هفت واحد بنیادی شامل طول، جرم، مقدار ماده، زمان، جریان الکتریکی، دمای ترمودینامیکی و شدت نور به عنوان مبنا قرار می‌گیرند و سایر واحدها از روی آن‌ها به دست می‌آیند.

طول: متر واحد طول در سیستم SI می‌باشد. از جمله مهمترین واحدهای دیگری که برای سنجش طول بکار می‌روند عبارتند از: اینچ ($0/0254$ متر)، پا ($0/3048$ متر) و آنگستروم (10^{-10} متر).

جرم: در سیستم SI واحد جرم کیلوگرم است. پوند از واحدهای دیگر متداول برای سنجش جرم است که هر پوند معادل با $0/4536$ کیلوگرم است. از واحدهای سنجش جرم که هنوز در مورد سنگ‌های قیمتی و فلزات گرانبها بسیار کاربرد دارند به ترتیب قیراط ($0/2$ گرم) و اونس ($0/02835$ کیلوگرم) می‌باشند.

مقدار ماده: واحد دیگری که به خصوص در سیستم‌های شیمیایی مرسوم است مول می‌باشد. یک مول شامل $6/022 \times 10^{23}$ (عدد آووگادرو) ذره (مولکول و یا اتم) از یک ماده است.

زمان: واحد زمان در SI ثانیه است که غالباً در همه زمینه‌ها واحد متداول همین واحد می‌باشد.

جریان الکتریکی: آمپر واحد جریان الکتریکی در SI می‌باشد.

دما: مهمترین کمیت مورد سنجش در ترمودینامیک محسوب می‌گردد. در SI واحد دما کلوین است. درجه سانتیگراد یا سلسیوس واحد دیگری است که در اغلب کتاب‌های علمی قدیمی و نیز در کاربردهای روزمره بکار می‌رود. یک درجه کلوین با یک درجه سانتیگراد برابر است. مقیاس دمایی فارنهایت مقیاسی است که هنوز در بسیاری از کشورهای انگلیسی زبان بکار می‌رود. در این مقیاس نقطه ذوب یخ 32 درجه فارنهایت و نقطه جوش آب 212 درجه فارنهایت در نظر گرفته می‌شود.

سایر کمیت‌ها به کمک این واحدهای بنیادی مشخص می‌شوند که البته غالباً نام اختصاری نیز یافته‌اند. نیرو در سیستم SI دارای واحد نیوتن است که یک نیوتن مطابق تعریف نیروی لازم جهت شتاب دادن جرم یک کیلوگرمی با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه است. مترمکعب واحد حجم در SI می‌باشد. هر گالن امریکا برابر با $0/0038$ مترمکعب است. واحد فشار در SI پاسکال است. یک پاسکال فشاری است که توسط یک نیروی یک نیوتنی بر یک مترمربع از سطح اعمال می‌شود. اتمسفر یکی از مرسوم‌ترین واحدهای اندازه‌گیری فشار است که در بسیاری از متون علمی از آن استفاده می‌شود. یک اتمسفر برابر با 101325 پاسکال است. همچنین میلیمتر جیوه (تور) از دیگر واحدهای فشار است. هر 760 میلیمتر جیوه یک اتمسفر است. توجه شود که واحد بار نیز جزء واحدهای سنجش فشار محسوب می‌شود. یک بار دقیقاً برابر با $100,000$ پاسکال است. بنابراین یک اتمسفر از یک بار بیشتر است.