

شیمی فیزیک ۲

(ترمودینامیک مولکولی)

دونالد ا. مک کواری (دانشگاه کالیفرنیا ، دیویس)
جان دی. سیمون (دانشگاه دوک)

مترجم

دکتر سید علی اکبر سالاری

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری



انتشارات حکمت روزآمد

شیمی فیزیک ۲

(ترمودینامیک مولکولی)

مؤلفان: دونالد ا. مک کواری، جان دی. سیمون

مترجم: سید علی اکبر سالاری

ناشر: انتشارات حکمت روزآمد

چاپ اول، ۱۳۹۲

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۵۹۰-۱-۱

ISBN 978-600-93590-1-1

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان

کلیه حقوق برای انتشارات حکمت روزآمد محفوظ است.



انتشارات حکمت روزآمد

مؤلفان	مک کواری، دونالد آلن McQuarrie, Donald Allan
عنوان و نام پندگرو	شیمی فیزیک ۲ (ترمودینامیک مولکولی) / دونالد مک کواری، جان دی. سیمون مترجم
مشخصات نشر	تهران: حکمت روز آمد، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۳۳۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۲۰۰۰۰۰ رول ۱-۱-۹۳۵۹۰-۶۰۰-۹۷۸:
وضعیت فهرست نویسی	آری
پادداشت	کتاب حاضر ترجمه فصلهای ۹ تا ۱۴ کتاب "Molecular thermodynamics, 1999" است.
پادداشت	و لا طبعه .
عنوان دیگر	ترمودینامیک مولکولی.
موضوع	ترمودینامیک
نخستین آفروده	سیمون، جان دگلاس، ۱۹۵۷ - م.
نسخه آفروده	Simon, John D. (John Douglas)
نسخه آفروده	سالاری، علی اکبر، ۱۳۳۷ - م. مترجم
رده بندی کنگره	۱۳۹۱ - ۳۰۳.۲/۴۸۵.۰۲ QA
رده بندی دیویی	۵۴۱/۳۴۹
شماره کتابشناسی ملی	۳۰۳۷۱۳۱

دونالد ا. مک کواری (۲۰۰۹-۱۹۳۷) از دانشمندان معروف آمریکایی در رشته شیمی، گرایش شیمی فیزیک است. در توصیف این محقق و نویسنده توانا همین گفته بس که مؤلف کتابهایی نظیر شیمی عمومی، ترمودینامیک مولکولی، شیمی کوانتومی، ترمودینامیک آماری، مکانیک آماری، شیمی فیزیک با نگرش مولکولی، ریاضیات در شیمی فیزیک، روشهای ریاضی برای دانشمندان و مهندسان، و ... است. این کتابها به چاپهای متعدد رسیده و به زبانهای مختلفی ترجمه شده است. در کشور ما نیز ترجمه ترمودینامیک آماری (مرکز نشر دانشگاهی) آن به چاپ رسیده است.

آنچه پیش روی شماست، ترجمه اثر معروف مک کواری، با عنوان ترمودینامیک مولکولی، می باشد که کتابی پر ارج و آوازه، منبعی غنی از مفاهیم و مورد استقبال خاص و عام است. کتابی است بی همتا که همچون اختری تابناک در عرصه شیمی فیزیک می درخشد. در این مبحث کتابهای زیادی وجود دارند. لیکن کتابی نظیر مک کواری که علاوه بر اسم و رسم، شیرینی هر ذائقه ای باشد، کمیاب است. به جرأت می توان گفت که هنوز کتابی با این سبک و سیاق در شیمی فیزیک به رشته تحریر در نیامده است. ترجمه اش را تقدیم می دارم به تمام طرفداران شیمی، به خصوص دوستداران شیمی فیزیک.

دکتر سید علی اکبر سالاری

گروه آموزشی شیمی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

پیشگفتار مؤلفان

این کتاب مکملی بر کتاب شیمی فیزیک مان تحت عنوان شیمی فیزیک با نگرش مولکولی است. در آن کتاب تاکیدمان بر آموزش شیمی فیزیک روی نگرش مولکولی بود. از اینرو برخلاف اکثر کتب دیگر شیمی فیزیک، بحث ما نخست روی اصول مکانیک کوانتومی و سپس به کارگیری این ایده‌ها در گسترش ترمودینامیک معطوف شده است. در این کتاب همین نگرش، ترمودینامیک مولکولی، را دنبال می‌کنیم. بسیاری از فصول این کتاب مشابه کتاب شیمی فیزیک مذکور بوده اما به چند فصل آن موضوعات جدیدی را افزوده و سه فصل کاملاً جدید به آن الحاق شده است. فصل نخست، ترازهای انرژی اتم‌ها و مولکول‌ها، جدید بوده و به ارائه نتایج مکانیک کوانتومی لازم در فصول دیگر می‌پردازد. تنها به چند نتیجه مکانیک کوانتومی نیاز است. دانشجویان در شیمی عمومی و شیمی آلی می‌آموزند که بر حسب ترازهای انرژی الکترونی گسسته تفکر نمایند. در فصل ۲، بحث ترمودینامیکی خود را پیرامون خواص گازها آغاز می‌کنیم. عامل بولتسمان و توابع تقسیم در فصل ۳ و متعاقب آن در فصل ۴، از نتایج آن جهت محاسبه مقادیر انرژی و ظرفیت‌های گرمایی گازهای ایده‌آل استفاده خواهد شد. توجه داشته باشید که این کار را پیش از معرفی قانون اول ترمودینامیک در فصل ۵ انجام می‌دهیم. این نگرش کارایی خوبی دارد زیرا تنها با خواص مکانیکی (فشار، انرژی و ظرفیت گرمایی) سروکار داشته و دانشجویان در دوره‌های درسی شیمی و فیزیک با آنها مواجه شده‌اند. با این نگرش به سهولت می‌توان بر سه قانون ترمودینامیک و بسیاری روابط ترمودینامیکی دیگر تعبیری مولکولی ارائه داد. یک مثال عینی، تعبیر مولکولی آنتروپی است اما حتی ماهیم کار و گرما، در قانون اول ترمودینامیک نیز بر حسب ترازهای انرژی و جمعیت ترازها از تعبیر فیزیکی و مولکولی با ارزشی بهره‌مند است. در فصول ۵ تا ۸ توابع حالت ترمودینامیکی اصلی به همراه تعبیر مولکولی آنها را ارائه می‌کنیم. در فصل ۹ تعادل‌های فاز در سیستم‌های یک جزیی را بررسی کرده و پتانسیل شیمیایی را معرفی می‌کنیم. دو فصل بعد به محلول‌ها اختصاص دارد: فصل ۱۰ پیرامون محلول‌هایی شامل دو مایع و فصل ۱۱ محلول‌هایی از جامدات حل شده در مایعات را به بحث می‌گذارد. متعاقب فصل ۱۲ پیرامون تعادلات شیمیایی، فصل جدیدی راجع به پیل‌های الکتروشیمیایی اختصاص داده شده است. فصل آخر به معرفی ترمودینامیک غیر تعادلی یا ترمودینامیک برگشت ناپذیر می‌پردازد. این فصل از کتاب منحصر به فرد است زیرا در این مبحث علی‌رغم کاربردهای متعدّدش در زیست فیزیک و زیست‌شناسی، مطالب آموزشی کمتر آشنا مطرح می‌شود.

مشابه کتاب شیمی فیزیک، چند فصل بنام فصل ریاضی اختصاص داده شده تا مروری کوتاه بر مباحث ریاضی به کار رفته در فصول متعاقب آن باشد. پنج فصل ریاضی عبارتند از روشهای عددی، احتمال و آمار، سریها و حدود، مشتق‌های جزیی و توزیع دو جمله‌ای و تقریب استرلینگ. بحث در هر یک از این قسمت‌ها مختصر، مقدماتی و جامع است. پس از مطالعه هر فصل ریاضی و پرداختن به

مسائل آن، دانشجو قادر خواهد بود تا روی موضوع شیمی فیزیکی متعاقب آن تمرکز نموده و با آمادگی بیشتر حریف شیمی فیزیک و ریاضی آن شود. معتقدیم این نوع نگرش تأثیر ژرفی در آموزش این کتاب درسی ایفا خواهد کرد.

یکی از ویژگیهای مهم این کتاب داشتن تقریباً ۱۰ تا ۱۲ مثال حل شده در هر فصل است. به علاوه، هر فصل آن حدوداً شامل ۶۰ مساله بوده که جواب مسائل عددی در پایان کتاب آمده است. برخی مسائل به گسترش مطالب ارائه شده در فصول پرداخته و مباحث جدید پیشرفته تری را معرفی می نماید. این مسائل طوری نوشته شده اند که دانشجو را گام به گام در حل آنها راهنمایی می کند.

امروزه دانشجویان به رایانه بسیار راحت هستند. در سالهای اخیر شاهد آن بوده ایم که تکالیف ارائه شده برای حل توسط دانشجویان به جای قلم و کاغذ با برنامه هایی نظیر *MathCad* و *Mathematica* انجام می شوند. در حال حاضر داده های حاصل از فعالیت های آزمایشگاهی به کمک برنامه هایی نظیر *Lotus*، *Excel* و *Kaleidagraph* به طور گرافیکی رسم شده و با توابع مناسب برازیده می شوند. تقریباً تمام دانشجویان به رایانه های شخصی دسترسی داشته و دوره های نوین علوم فیزیکی می بایست مشوق دانشجویان در به کارگیری این وسیله حیرت انگیز باشند. در نتیجه، تعدادی از مسائل را طوری نوشته ایم که به کارگیری رایانه برای حل آنها لازم است. مثلاً در نخستین فصل ریاضی به معرفی روش نیوتن - رافسون برای حل عددی معادلات جبری درجه بالا و معادلات متعالی پرداخته ایم. ملاحظه می گردد که هیچ دلیلی ندارد محاسبات در درس شیمی فیزیک محدود به حل معادلات درجه دوم و سایر مثال های تصنعی باشد. دانشجویان باید داده ها را به تصویر کشند، عباراتی برای برازش با داده های تجربی بدست آورده و توابعی را ترسیم نمایند که رفتار فیزیکی مساله را توصیف کند. درک مفاهیم فیزیکی به شدت متأثر از خواص داده های واقعی است. این گونه تمرین ها تجرید در بسیاری از تئوری ها را زود و دانشجو را قادر می سازد تا ریاضیات در شیمی فیزیک را طوری درک کند که قادر به توصیف و پیش بینی رفتار فیزیکی سیستم های شیمیایی گردد.

به خاطر داشته باشید که هدف ما آموزش نسل بعدی شیمیدانان است. کسیت ها، یکاها و نمادهای به کار رفته در این کتاب همان هایی است که در مجمع بین المللی شیمی محض و کاربردی (*IUPAC*) سال ۱۹۹۳ تصویب و به چاپ رسیده اند.^۱ تصمیم ما در متابعت از توصیه های *IUPAC* جهت به کارگیری نمادها، یکاها و حالات استاندارد این کتاب ممکن است تا حدودی با آنچه در منابع و سایر کتب قدیمی تر وجود دارد متفاوت بوده و برای برخی استادان نا آشنا باشد. در پاره ای موارد، اغلب خود را متمسک به نمادهای جدید و یکاها نموده اما در واقع پشت سر آن منطقی خاص است و دریافته ایم که نتیجه سعی و تلاش در این راستا ارزشمند است.

قدردانی

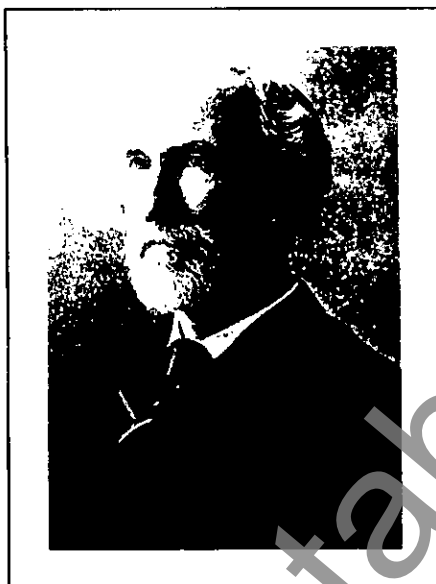
به هنگام نوشتن و تهیه این کتاب افراد بسیاری نقش داشته‌اند. از همکاران خود، پائول باربارا، جیمز تی. هاینز، ورونیکا ویدا، جان کراول، اندی کومل، رابرت کانتیتی، امیت سینها، جان ویر، جان ویلر، کیم بالدريج، جک کایت، بیل تروگلر و جیم الی به خاطر بحث‌های مهیج در مباحثی که می‌بایست در خلال یک دوره درسی شیمی فیزیک نوین گنجانده شود و از دانشجویان خود برای بولدینگ، پیجون کاکگ، رابرت دان، اسکات فلر، سوزان فورست، جف گریتوس، کری هانسون، بولدانگ لی و سویی کسی به خاطر مطالعه دقیق بخشی از نسخه دستنویس و ارائه پیشنهادات مفید کمال تشکر را داریم. به ویژه خود را مدیون افراد زیر می‌دانیم: منتقدین ارشد ادبی کتاب مرو هانسون، جان فردریک، آنه مایرز، جورج هلدز و پتر راک؛ همچنین هیتز کاکس که علاوه بر آن تمام نسخه دستنویس را مطالعه و ضمن ارائه پیشنهادات فراستمندانه خود تمام مشکلات سر راه تهیه حل مسائل را مرتفع نمود؛ کارول مک کواری که ساعت‌ها را در کتابخانه سپری کرد تا به کمک جستجوی اینترنتی داده‌های تجربی و زندگی‌نامه افراد تمام عکس‌های مربوطه مدون شود؛ و کنت پیتزر و جو هوارد بخاطر در اختیار نهادن برخی نکات مهم و اساسی مربوط به زندگی‌نامه افراد. همچنین از سوزانا تادلاک بخاطر مشارکت در کل پروژه، باب ایثلی برای طراحی آنچه که به نظر ما ظاهر کتاب را زیبا ساخته، جین الیس بخاطر سهمش در بسیاری جزئیات مربوط به تهیه کتاب، جان چویی برای تهیه دستی تمام کارهای هنری، آن مک گویر بخاطر آماده چاپ نمودن نسخه دستنویس و از دوست گرامی و خوب خود، ناشر کتاب، بروس آرمبروستر به خاطر تشویق ما در نوشتن کتاب. در نهایت مراتب تشکر خود را به همسرانمان، کارول و دیان، به خاطر همکاری بی‌شائبه هر دوی این شیمیدانان در تمام شئونات ابراز می‌نمایم.

فهرست مطالب

فصل ۹ / تعادل‌های فازی.....	۱
۱-۹. نمودار فاز، رفتار یک جسم را در سه حالت جامد- مایع- گاز نشان می‌دهد.....	۱
۲-۹. انرژی گیس یک جسم، ارتباط نزدیکی با نمودار فاز آن دارد.....	۹
۳-۹. پتانسیل‌های شیمیایی یک جسم خالص در دو فاز تعادلی برابر است.....	۱۲
۴-۹. معادله کلازیوس- کلاپیرون فشار بخار یک جسم را به صورت تابعی از دما می‌دهد.....	۱۷
۵-۹. پتانسیل شیمیایی را می‌توان از روی تابع تقسیم حساب کرد.....	۲۱
مسائل.....	۲۶
فصل ۱۰ / محلول‌ها I: محلول‌های مایع- مایع.....	۴۱
۱-۱۰. کمیت‌های مولی جزئی از خواص ترمودینامیکی مهم محلول‌ها به شمار می‌روند.....	۴۱
۲-۱۰. معادله گیس- دوهم تغییر پتانسیل شیمیایی یک جزء از محلول را به تغییر پتانسیل شیمیایی جزء دیگر آن ارتباط می‌دهد.....	۴۴
۳-۱۰. در هنگام تعادل، پتانسیل شیمیایی تمام اجزاء واقع در هر فازی که آن جزء شرکت دارد یکسان است.....	۴۷
۴-۱۰. اجزای یک محلول ایده‌آل در هر خلطی از قانون راول پیروی می‌کند.....	۴۸
۵-۱۰. اکثر محلول‌ها ایده‌آل نیستند.....	۵۶
۶-۱۰. معادله گیس- دوهم، فشارهای بخار دو جزء از یک محلول دوتایی فرار را به هم ارتباط می‌دهد.....	۵۹
۷-۱۰. فعالیت، کمیت ترمودینامیکی اصلی در محلول‌های غیرایده‌آل است.....	۶۴
۸-۱۰. فعالیت‌ها باید نسبت به حالت‌های استاندارد محاسبه شوند.....	۶۸
۹-۱۰. برای محلول‌های غیرایده‌آل می‌توان مدل مولکولی ساخت.....	۷۴
مسائل.....	۸۰
فصل ۱۱ / محلول‌ها II: محلول‌های جامد- مایع.....	۹۴
۱-۱۱. در محلول‌های جامد حل شده در مایع، از حالت استاندارد قانون راول برای حلال و از حالت استاندارد قانون هنری برای حل‌شونده استفاده می‌کنیم.....	۹۴
۲-۱۱. فعالیت یک حل‌شونده غیرفرار را می‌توان از روی فشار بخار حلال به دست آورد.....	۹۹
۳-۱۱. خواص کولیگاتیو خواصی از محلولند که تنها به چگالی تعداد ذرات حل‌شونده بستگی دارد.....	۱۰۳
۴-۱۱. برای تعیین جرم‌های مولکولی در پلیمرها می‌توان فشار اسمزی را به کار برد.....	۱۰۶
۵-۱۱. محلول‌های الکترولیت در غلظت‌های نسبتاً کم، غیرایده‌آلند.....	۱۰۹
۶-۱۱. نظریه دبای- هوکل در محلول‌های بسیار رقیق، عبارت دقیقی را برای $\ln \gamma_{\pm}$ ارائه می‌دهد.....	۱۱۵
۷-۱۱. تقریب میانگین کروی، تعمیم نظریه دبای- هوکل در غلظت‌های زیاد است.....	۱۱۹
مسائل.....	۱۲۱
فصل ۱۲ / تعادل شیمیایی.....	۱۳۴

- ۱۲-۱. در صورتی که انرژی گیس نسبت به پیشرفت واکنش مینیمم شود، تعادل شیمیایی حاصل می‌گردد..... ۱۳۴
- ۱۲-۲. ثابت تعادل تنها تابعی از دماست..... ۱۳۸
- ۱۲-۳. از انرژی‌های گیس استاندارد می‌توان برای محاسبه ثابت‌های تعادل استفاده کرد..... ۱۴۱
- ۱۲-۴. در هنگام تعادل، نمودار انرژی گیس یک مخلوط واکنش در مقابل پیشرفت واکنش، مینیمم دارد..... ۱۴۴
- ۱۲-۵. نسبت خارج قسمت یک واکنش به ثابت تعادل آن، جهت پیشرفت آن را تعیین می‌کند..... ۱۴۶
- ۱۲-۶. علامت $\Delta_r G$ و نه $\Delta_r G^\circ$ ، جهت پیشرفت خودبخودی یک واکنش را نشان می‌دهد..... ۱۴۸
- ۱۲-۷. معادله وانت هوف، تغییر ثابت تعادل با دما را نشان می‌دهد..... ۱۴۹
- ۱۲-۸. ثابت‌های تعادل را می‌توان برحسب تابع‌های تقسیم بیان کرد..... ۱۵۳
- ۱۲-۹. تابع‌های تقسیم مولکولی و داده‌های ترمودینامیکی مربوط به آن در جدول‌های مفصلی موجودند..... ۱۵۷
- ۱۲-۱۰. در گازهای حقیقی ثابت‌های تعادل برحسب فوگاسیته‌های جزیی بیان می‌شوند..... ۱۶۴
- ۱۲-۱۱. ثابت‌های تعادل ترمودینامیکی، برحسب فعالیت اجزاء در گیر در آن قابل بیان است..... ۱۶۶
- ۱۲-۱۲. استفاده از فعالیت برای محاسبه انحلال‌پذیری گونه‌های یونی، تفاوت محسوسی را نشان می‌دهد..... ۱۷۰
- مسائل..... ۱۷۳
- فصل ۱۳ / ترمودینامیک پیل‌های الکتروشیمیایی..... ۱۸۸
- ۱۳-۱. جریان الکتریکی در یک پیل الکتروشیمیایی به خاطر انجام واکنش شیمیایی در آن است..... ۱۸۸
- ۱۳-۲. نیم پیل‌ها را می‌توان به انواع گوناگونی طبقه‌بندی نمود..... ۱۹۰
- ۱۳-۳. برای نمایش یک پیل الکتروشیمیایی از دیاگرام پیل استفاده می‌شود..... ۱۹۲
- ۱۳-۴. تغییر انرژی گیس واکنش یک پیل به طور مستقیم به نیروی محرکه الکتریکی آن پیل ارتباط دارد..... ۱۹۵
- ۱۳-۵. E_{mf} استاندارد یک پیل الکتروشیمیایی را با برون‌یابی می‌توان به دست آورد..... ۱۹۷
- ۱۳-۶. مقادیر E° را می‌توان به هر الکترودی نسبت داد..... ۲۰۱
- ۱۳-۷. از پیل‌های الکتروشیمیایی می‌توان برای تعیین ضرائب فعالیت استفاده کرد..... ۲۰۷
- ۱۳-۸. از اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی می‌توان برای تعیین مقدار $\Delta_r H$ و $\Delta_r S$ در واکنش پیل‌ها استفاده کرد..... ۲۱۱
- ۱۳-۹. حاصل ضرب‌های انحلال‌پذیری را می‌توان توسط پیل‌های الکتروشیمیایی تعیین کرد..... ۲۱۳
- ۱۳-۱۰. ثابت‌های تفکیک اسیدهای ضعیف را می‌توان با پیل‌های الکتروشیمیایی تعیین کرد..... ۲۱۵
- ۱۳-۱۱. به هریک از یون‌های موجود در یک محلول می‌توانیم مقادیر ترمودینامیکی متسب کنیم..... ۲۱۹
- ۱۳-۱۲. باتری‌ها و پیل‌های سوختی وسیله‌هایی هستند که به کمک واکنش‌های شیمیایی، جریان الکتریکی تولید می‌کنند..... ۲۲۴
- مسائل..... ۲۲۸

فصل ۱۴ / ترمودینامیک غیر تعادلی.....	۲۴۲
۱-۱۴. در یک فرایند خود بخود ، همواره آنتروپی تولید می شود.....	۲۴۳
۲-۱۴. ضمن شارش ماده از ناحیه با پتانسیل شیمیایی بالاتر به ناحیه با پتانسیل شیمیایی پایین تر همواره آنتروپی افزایش می یابد.....	۲۴۵
۳-۱۴. بسیاری از روابط شار- نیرو خطی اند.....	۲۴۸
۴-۱۴. روابط متقابل انزاگر بیان می کند که $L_{ij} = L_{ji}$	۲۵۲
۵-۱۴. کمیت های الکتروسیتیکی گوناگون توسط روابط متقابل انزاگر به هم مرتبطند.....	۲۵۳
۶-۱۴. روابط متقابل انزاگر بر پایه اصل موازنه تفصیلی بنا شده است.....	۲۵۸
۷-۱۴. در سیستم های باردار با فازهای متفاوت، پتانسیل های الکتروشیمیایی ، نقش پتانسیل های شیمیایی را ایفا می کنند.....	۲۶۴
۸-۱۴. مقدار پتانسیل اتصال یک مایع به اعداد انتقالی بستگی دارد.....	۲۶۶
۹-۱۴. معادله هندرسون تقریب خوبی برای پتانسیل اتصال مایع ارائه می دهد.....	۲۷۲
۱۰-۱۴. روابط شار- نیرو در سیستم های پیوسته ، به جای تفاضل ، شامل گرادیان کمیت های ترمودینامیکی است.....	۲۷۸
۱۱-۱۴. حالت پایا ، حالتی با مینیمم آنتروپی تولیدی است.....	۲۸۳
۱۲-۱۴. نامساوی گلانس دورف- پریگوجین در سیستم هایی به کار می رود که در آنها لزوماً روابط شار- نیرو خطی نیست.....	۲۸۷
مسائل.....	۲۹۱
پاسخ به مسائل عددی.....	۳۰۳
واژه نامه انگلیسی به فارسی.....	۳۱۳



جوسیا ویلارد گیبس^۱ در ۱۱ فوریه ۱۸۳۹ در نیوهاون، کانکتیکات، متولد و در ۱۹۰۳ درگذشت. در ۱۸۶۳ موفق به دریافت Ph.D در مهندسی از دانشگاه ییل در ایالات متحده گردید و دومین دکترای خود را در علوم از همانجا کسب کرد. وی سال‌ها را بدون حقوق در ییل گذراند و مابقی عمر خود را آنجا سپری کرد. در ۱۸۷۸، گیبس یک رشته مقاله‌های مفصل و نوین در ترمودینامیک تحت عنوان «درباره تعادل اجسام ناهمگن» در مجله‌ای ناشناس^۲ چاپ کرد. در این مقاله‌ها، گیبس علاوه بر مفهوم پتانسیل شیمیایی، آنچه امروزه تحت نام قاعده فاز شناخته می‌شود یعنی $F = C + 2 - p$ را معرفی نمود که در آن، تعداد اجزاء (C) و تعداد فازها (p) در یک سیستم به تعداد درجه‌های آزادی (F)، تعداد متغیرهایی نظیر دما و فشار که به طور مستقل می‌تواند تغییر نماید) آن مرتبط می‌شود. ولی به خاطر سبک و سیاق دشوار نوشتاری مقاله و گمنام بودن مجله، مقاله فوق آن طور که می‌بایست مورد توجه قرار نگرفت. خوشبختانه گیبس، یک سری کپی از آن را به تنی چند از دانشمندان برجسته اروپایی ارسال نمود. ماکسول و واندروالس فوراً اهمیت این کارها را خاطرنشان کرده و آن را در اروپا معرفی نمودند. در نتیجه، گیبس آن طور که شایسته او بود شناخته شد و در ۱۸۸۰ دانشگاه ییل به وی کرسی توأم با حقوق را اعطا کرد. گیبس، فردی متواضع و محجوب بود و تا پایان عمر کنار خانواده‌اش در نیوهاون ماند.

1- Josiah Willard Gibbs

2- Transactions of the Connecticut Academy of Sciences