

ترمودینامیک پیشرفته

برای مهندسان

دی ای وینتربون، علی توران

(ویرایش دوم)

مترجمان

مهدی اسمعیل پور

محمد نامداریان

(مدرس دانشکده فنی دارالفنون بجنورد)

علیرضا زارع نژاد اشکذری



انتشارات علوم پویا

سرشناسه	ویتربون، دی. ای Winterbone, D. E
عنوان و نام پدیدآور	ترمودینامیک پیشرفته برای مهندسان/ دی ای ویتربون، علی توران؛ مترجمان مهدی اسمعیل پور، محمد نامداریان، علیرضا زارع نژاد اشکذری.
مشخصات نشر	تهران: علوم پویا، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	۳۱۲ ص.
شابک	978-600-97308-3-4
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Advanced thermodynamics for engineers, 2. ed, 20015. ::
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	ترمودینامیک
موضوع	Thermodynamics
شناسه افزوده	توران، علی
شناسه افزوده	Turan, Ali
شناسه افزوده	اسمعیل پور، مهدی، ۱۳۶۶-، مترجم
شناسه افزوده	زارع نژاد اشکذری، علیرضا، ۱۳۶۰-، مترجم
شناسه افزوده	نامداریان، محمد، ۱۳۶۷-، مترجم
رده بندی کنگره	TJ۲۶۵/۹۳۰۴۱۳
رده بندی دیویی	۶۲۰.۲۲۱
شماره کتابشناسی ملی	۴۶۶۸۰۶۱

✉ nashr.olompuya@gmail.com

انتشارات علوم پویا (عده انجمن زبان دانشگاهی)

نام کتاب	ترمودینامیک پیشرفته برای مهندسان (دی ای ویتربون، علی توران)
مترجمان	مهدی اسمعیل پور، محمد نامداریان، علیرضا زارع نژاد اشکذری
ناشر	علوم پویا
ناشر همکار	امید انقلاب
حروفچینی	انتشارات علوم پویا
حروف نگار و صفحه آرا	سولماز مرادزاد
نوبت چاپ	اول ۱۳۹۶
تیراژ	۱۱۰۰
قیمت	۳۰۰۰۰۰ ریال
چاپ و صحافی	عطا- چاووش
لیتوگرافی	فرانفش
ناظر فنی چاپ	مهدی طورانیان
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۷۳۰۸-۳-۴

مراکز فروش:

دفتر انتشارات و پخش کتاب علوم پویا: میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منبری جاوید)، نبش کوچه نوروز، پلاک ۵۱، واحد ۱
تلفن: ۶۶۹۶۰۷۷۳ و ۶۶۴۱۹۵۶۷ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲

پخش کتاب دانشران: خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منبری جاوید)، نبش خیابان وحید نظری - پلاک ۱۴۲
تلفن: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴

علم گستر سپاهان: ۳۱۱-۲۲۱۹۹۷۸-۹

«با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸، کلیه حقوق و حق چاپ متن، طرح روی جلد و عنوان کتاب برای انتشارات امید انقلاب محفوظ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را، بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت»

سخن ناشر

از سال ۱۳۷۵ تاکنون، انتشارات علوم پویا اقدام به نشر کتاب‌های دانشگاهی در زمینه علوم پایه، فنی و مهندسی نموده است. این انتشارات، برای ارتقای کیفی و کمی آثار منتشر شده، همواره از نظریات استادان فن استفاده نموده است.

ما در گذشته، از مؤلفین و مترجمین تقاضا داریم با ارائه نظریات ارزنده خود درباره کتاب‌های این انتشارات و همچنین پیشنهاد ترجمه و تألیفات جدید ما را یاری دهند.

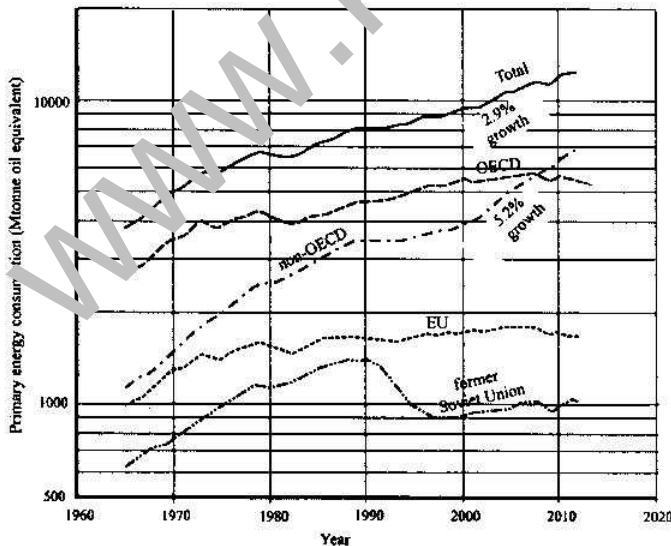
امید آن داریم که با کمک شما عزیزان بتوانیم گامی هر چند کوچک برای میهن اسلامی عزیزمان برداریم.

مدیر مسئول انتشارات علوم پویا
مهدی طورانیان

مقدمه (ویرایش دوم)

نزدیک به حدود بیست سال است که ویرایش اول کتاب حاضر را نوشتم و زمانی که الزویر مرا برای نگارش ویرایش دوم دعوت نمود از خودم سؤالاتی پرسیدم. جایگاه ترمودینامیک در تحصیلات مهندسی چیست؟ آیا ویرایش دوم تغییرات اندکی نسبت به نسخه اصلی خواهد داشت؟ آیا بایستی از یک همکار در ویرایش دوم استفاده می‌کردم؟ پاسخ سوال آخر این است که پروفسور علی توران، که بعد از بازنشستگی‌ام بجای من در دانشگاه UMIST تعیین شده بود، موافقت خود را جهت همکاری با من در این زمینه اعلام نمود. پروفسور توران به جایگاه کتاب در تحصیلات مهندسی اشتیاق فراوانی داشت و آن موضوع موجب تقویت روحیه‌ام در طول آماده‌سازی کتاب می‌شد.

سوال اول در مورد جایگاه ترمودینامیک در سیلابس‌های مهندسی بود؛ ما هر دو معتقد بودیم که ترمودینامیک بایستی بخش مهمی از هر دوره درس باشد. مفاهیمش جهت فهم گستره عظیمی از موضوعات حیاتی است. نیاز به فهم قوانین ترمودینامیک در طی ۲۰ سال گذشته با گسترش استفاده از انرژی، افزایش یافته است. روند افزایشی تقاضای جهانی برای انرژی در شکل ۱ نشان داده شده است که رشد ۳ درصدی به ازای هر سال مشاهده می‌شود. اما این روند برای کشورهای غیر عضو اتحادیه اروپا با ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱: افزایش در میزان مصرف انرژی از سال ۱۹۶۵

طبیعتاً اگر کشورهای توسعه یافته عضو اتحادیه اروپا می‌توانستند مصرف انرژی‌شان را کاهش دهند، بسیار سودمند خواهد بود، اما ضروری است که کشورهای در حال توسعه نیز به استفاده از تکنولوژی‌های پربازده جهت رفع نیازهای قانونی‌شان تشویق گردند.

پس از آن اقدام به ویرایش جدید کتاب نمودیم و در این راه از نظراتی که در ویرایش اول به دست انتشارات رسیده بود بهره گرفتیم. ما هر دو معتقد بودیم دیدگاه حاضر که بر پایه ترمودینامیک تعادلی است، باید حفظ شود، اما واضح است که متن اصلی کتاب که سال‌ها پیش آن را برای دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری نوشته‌ام، به ساختار دوره‌های درسی و پیشینه خواننده بستگی زیادی داشت. این موضوع با اضافه کردن مطالبی در ابتدای کتاب که مربوط به ترمودینامیک کلاسیک است انجام شد که اینکار موجب می‌شود خواننده مفهوم تعادل را در فصل اول بهتر درک نماید. همچنین مطالبی کاربردی‌تر در مورد سیکل موتور گرمایی اضافه نمودیم تا خواننده بتواند مطالبی که بعدها در کتاب با آن مواجه است را بهتر تحلیل کند. در پایان، فصل ۱۶ و ۱۷ در مورد اینکه چگونه مفهوم کلاسیک ترمودینامیک مهندسی روی عملکرد موتورهای رفت و برگشتی و توربین‌های گاز اثر می‌گذارد بحث شده است. پروفیسور توران ایده‌های زیادی در مورد ساختار کتاب فراهم نمود که این موضوع با مقایسه و ویرایش اول و دوم مشخص می‌گردد. او همچنین مطالب جدیدی در چند فصل بخصوص در مورد ترمودینامیک زوال محار و پیل‌های سوختی اضافه کرد که موجب ارتقای این ویرایش شده است.

تمامی این اصلاحات روی ویرایش اول اعمال شده و سبب شد کتاب به ۲۱ فصل تغییر یابد. بسیاری از فصول بر اساس همان ویرایش اول هستند و تغییرات در آنها بسیار کم است جز اندک اصلاحاتی مربوط به خطای نگارشی یا محاسباتی. در فصول دیگر مطالب جدید اضافه شده و یا برخی از مطالب موجود حذف گشته و به فصول مناسب‌تر انتقال داده شده است. نمودارها تغییرات بسیار کمی داشتند. فصل اول اساساً در مورد مفاهیم اولیه ترمودینامیک شامل سیستم‌ها و قانون اول می‌باشد. فصل ۲ در مورد قانون دوم و موتورهای گرمایی است. فصل ۳ در مورد سیکل‌های موتور گرمایی بوده و نشان می‌دهد که تمام موتورهای گرمایی بازدهی متناسب با نسبت دمایی دارند که برای سیکل‌های مختلف متفاوت است. این مطلب می‌تواند در مورد افزایش بازدهی سیکل‌های نیروگاهی مفید باشد. در فصل ۱۶ سیکل‌های موتور رفت و برگشتی واقعی معرفی شده‌اند و نشان داده شده که چرا چنین سیکل‌هایی به بازدهی سیکل‌های ایده‌آل نمی‌رسند. همچنین در فصول ۱۲ و ۱۶ دو برنامه کامپیوتری جهت ترک کامل تر مفاهیم فصل قرار داده شده است. سیکل توربین گاز بصورت جزئی‌تر در فصل ۱۷ بررسی شده است که در آن در فصل ۲ معرفی شده بود. حدود ۹۰ نمودار جدید در متن جدید اضافه شده است که امیدواریم این امر موجب فهم بهتر اول گردد.

در اینجا می‌خواهم از زحمات جان نیکلز و ریچارد پارسون بخاطر تورهایی که گذرانید، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین باید از فیلیپ کاسکی که اصلاحاتی از ویرایش اول را برای من سرستاده بود تشکر کنم. از خرم کافیل، دکتر ماریو فرازی، دکتر کیت اسمیت، یانگ ژیوجوان در آماده‌سازی این ویرایش قدرتی من بسیار از آنهایی که باعث حذف بسیاری از اشتباهات در متن اصلی شدند کمال تشکر را داشته و از خوانندگان محترم به دلیل وجود برخی نقایص جامانده که از چشم مولفین دور مانده بوزش می‌طلبم. همچنین جا دارد در اینجا از صبر و شکیبایی چلسی جانستون در الزویر بخاطر پاسخ به ایمیل‌های متعدد و تأخیر ما در پاسخ به درخواست‌هایشان قدردانی نمایم. در پایان باید از همسر، ورونیکا، تشکر کنم که به من این اجازه را داد که بر روی این کتاب بیشتر از آنچه به او گفته بودم وقت بگذارم. او تقریباً به مدت یکسال با کمبود کمک‌های من در امور خانه کنار آمد، اما من مطمئن هستم حال که این کتاب به اتمام رسیده است، کارهای زیادی برای انجام و جبران برای ایشان خواهم داشت.

دسموند ای. ویترون

مارپل بریج، انگلستان

اکتبر ۲۰۱۴

مقدمه مترجمین

کتاب حاضر از سری کتاب‌های ارزشمند و کمیاب در زمینه ترمودینامیک پیشرفته است که توسط دی‌ای ویتربون و علی‌توران نگاشته شده است. نحوه انتخاب فصل‌ها با توجه به سرفصل مطالب مشخص شده توسط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برای درس ترمودینامیک پیشرفته در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری می‌باشد. با توجه به کاربردی بودن فصل‌های انتخاب شده و مسائل تحلیل شده در آنها، این کتاب می‌تواند به‌عنوان مرجع مناسبی برای مهندسين مکانیک، شیمی و... مورد استفاده قرار گیرد. در ترجمه این کتاب سعی شده است که از نزدیکترین واژه‌ها به مضمون اصلی استفاده شود. اگرچه اها این استحضارند که ترجمه چنین متونی تخصصی مستلزم تسلط به واژگان علمی و فنی مترادف و رسا باشد. نموده آنها خصوصاً نارسا بودن برخی از آنها در زبان فارسی و عدم دستیابی به قرینه‌های گویا و متدب، مشکلات را چند برابر می‌نماید. از سوی دیگر بر فرض پیدا کردن قرینه، ساختار بسیاری از این کتاب به او اطلاق دارد تا بر قواعد فارسی منطبق گردد. از این رو لازم است که اولاً موضوعات مورد نظر با تخصص مؤلف منطبق باشد و ثانیاً در صورتی که واژه‌های موجود نبوده و یا نارسا باشند، با مشورت اهل فن به ساختن آنها مبادرت ورزد. بنابراین، علیرغم تنگناهای موجود سعی شده است که مجموعه از طلب ارازم گردد.

به لطف الهی اکنون این تلاش به ثمر رسیده ترجمه حاضر بر اختیار دانش پژوهان قرار می‌گیرد. در این راستا لازم می‌دانیم از تلاش‌های جمیع کثیری از عزیزان که در کلیه مراحل آماده‌سازی کتاب ما را یاری داده‌اند، قدردانی و تشکر کنیم. از خانواده‌های خود که مشوق و یاورمان در این تلاش بوده‌اند و ناشر محترم کتاب که امکانات لازم را به بهترین نحو فراهم ساخته است، تقدیر و تشکر کنیم. بدون همکاری و مشارکت این عزیزان، انجام این مهم در زمانی کوتاه میسر نبود.

فهرست

۱	فصل اول: مقدمه و تعاریف ترمودینامیک
۱-۱	۱-۱ ترمودینامیک
۲	۲-۱ تعاریف
۳	۳-۱ تعادل گرمایی و قانون صفرم
۴	۴-۱ مقیاس های دما
۴	۵-۱ واکنش های بین سیستم و محیط
۱۲	۶-۱ نکات نتیجه گیری
۱۲	۷-۱ مسائل
۱۳	فصل دوم: قانون دوم و تعادل
۱۳	۱-۲ بازده حرارتی
۱۳	۲-۲ موتور حرارتی
۱۴	۳-۲ قانون دوم ترمودینامیک
۱۵	۴-۲ مفهوم موتور حرارتی
۱۵	۵-۲ مقیاس دمای مطلق
۱۵	۶-۲ آنتروپی
۱۷	۷-۲ نمایش موتورهای حرارتی
۱۸	۸-۲ بازگشت پذیری و بازگشت ناپذیری (اولین نتیجه گیری از قانون دوم)
۱۹	۹-۲ تعادل (موازنه)
۲۳	۱۰-۲ انرژی هلمولتز (تابع هلمولتز)
۲۴	۱۱-۲ انرژی گیبس
۲۵	۱۲-۲ انرژی گیبس و فازها
۲۷	۱۳-۲ مثال های از فرم های مختلف تعادل در ترمودینامیک
۲۹	۱۴-۲ نکته های نتیجه گیری
۲۹	۱۵-۲ مسائل
۳۳	فصل سوم: سیکل های موتور و بازدهی آنها
۳۳	۱-۳ موتورهای حرارتی
۴۱	۲-۳ سیکل های استاندارد- هوا
۴۸	۳-۳ دستورالعمل کلی در مورد بازدهی ها
۴۸	۴-۳ موتورهای حرارتی معکوس پذیر
۵۲	۵-۳ نتیجه گیری
۵۲	۶-۳ مسائل
۵۷	فصل چهارم: دسترس و آگزوری
۵۷	۱-۴ کار جابه جایی
۵۸	۲-۴ قابلیت دسترسی
۶۰	۳-۴ مثال ها
۶۵	۴-۴ انرژی در دسترس و غیر دسترس
۶۶	۵-۴ بازگشت ناپذیری
۷۰	۶-۴ نمایش تصویری انرژی در دسترس و بازگشت ناپذیری
۷۱	۷-۴ تراز دسترس پذیری برای سیستم بسته

۷۹	۸-۴ نراز دسترس‌پذیری برای سیستم‌های باز
۸۱	۹-۴ آگرژی
۸۷	۱۰-۴ تغییرات انرژی جریان برای یک گاز کامل
۸۸	۱۱-۴ نتیجه‌گیری
۸۹	۱۲-۴ مسائل
۹۳	فصل پنجم: بازده واقعی نیروگاه
۹۳	۱-۵ تأثیر خواص سوخت بر راندمان حرارتی
۹۴	۲-۵ راندمان گویا
۹۸	۳-۵ چرخه رانکین
۱۰۰	۴-۵ مثال‌ها
۱۱۰	۵-۵ اظهارات یاتی
۱۱۰	۶-۵ مسائل
۱۱۳	فصل ششم: زمان محدود
۱۱۳	۱-۶ ملاحظات کلی
۱۱۶	۲-۶ بازدهی در ماکزیمم
۱۲۱	۳-۶ بازدهی چرخه ترکیبی مورس-ی
۱۲۵	۴-۶ موقعیت کاربردی
۱۲۶	۵-۶ مثال‌های پیچیده‌تر استفاده از T
۱۲۹	۶-۶ اظهارات نتیجه شده
۱۳۰	۷-۶ مسائل
۱۳۵	فصل هفتم: روابط عمومی ترمودینامیک: برای سیستم‌های اجزایی با سیستم‌های ترکیب ثابت
۱۳۵	۱-۷ روابط ماکسول
۱۳۸	۲-۷ کاربردهای روابط ترمودینامیک
۱۴۲	۳-۷ روابط Tds
۱۴۵	۴-۷ روابط بین ظرفیت‌های گرمایی ویژه
۱۴۹	۵-۷ معادله کلازیوس - کلاپیرون
۱۵۲	۶-۷ نکته‌های استنتاجی
۱۵۲	۷-۷ مسائل
۱۵۵	فصل هشتم: معادلات حالت
۱۵۵	۱-۸ قانون گاز ایده‌آل
۱۵۷	۲-۸ معادله حالت واندروالس
۱۵۹	۳-۸ قانون حالت‌های متناظر
۱۶۳	۴-۸ ایزوترم‌ها یا ایزوبارها در نواحی دوفازی
۱۶۵	۵-۸ اهم نتایج
۱۶۵	۶-۸ مسائل
۱۶۹	فصل نهم: خواص ترمودینامیکی گازهای ایده‌آل و مخلوط گاز ایده‌آل با ترکیب ثابت
۱۷۰	۱-۹ وزن‌های مولکولی
۱۷۰	۲-۹ معادلات حالت برای گازهای ایده‌آل
۱۷۵	۳-۹ جداول $u(T)$ و $h(T)$ برای T
۱۸۳	۴-۹ مخلوط‌های گازهای ایده‌آل
۱۸۷	۵-۹ آنتروپی مخلوط‌ها

۱۸۹	۶-۹ نظرات پایانی
۱۸۹	۷-۹ مسائل
۱۹۵	فصل دهم: ترمودینامیک احتراق
۱۹۷	۱-۱۰ شیمی ساده
۲۰۰	۲-۱۰ احتراق سوخت‌های هیدروکربنی ساده
۲۰۲	۳-۱۰ گرمای تشکیل و گرمای واکنش
۲۰۲	۴-۱۰ کاربرد معادله انرژی برای فرآیند احتراق - یک روش ماکروسکوپی
۲۰۷	۵-۱۰ فرآیندهای احتراق
۲۱۰	۶-۱۰ مثال‌ها
۲۱۹	۷-۱۰ نتیجه‌گیری
۲۲۰	۸-۱۰ مسائل
۲۲۳	فصل یازدهم: شیمی احتراق
۲۲۳	۱-۱۱ انرژی پیوند و گرمای ساختار
۲۲۵	۲-۱۱ انرژی ساختار
۲۳۱	۳-۱۱ آنتالپی واکنش
۲۳۱	۴-۱۱ نتیجه‌گیری‌ها
۲۳۳	فصل دوازدهم: تعادل شیمیایی و ترمودینامیک
۲۳۳	۱-۱۲ انرژی گیس
۲۳۵	۲-۱۲ پتانسیل شیمیایی، μ
۲۳۶	۳-۱۲ استوکیومتری
۲۳۷	۴-۱۲ تفکیک
۲۴۰	۵-۱۲ محاسبه تعادل شیمیایی و قانون فعالیت جرم
۲۴۳	۶-۱۲ تغییر انرژی گیس با ترکیب‌بندی
۲۴۶	۷-۱۲ نمونه‌های مهم K_p
۲۵۲	۸-۱۲ رابطه $Van't Hoff$ بین تعادل ثابت و گرمای واکنش
۲۵۴	۹-۱۲ تاثیر فشار و درجه حرارت روی درجه تفکیک
۲۵۶	۱۰-۱۲ محاسبات تفکیک برای ارزیابی نیتریک اسید
۲۵۸	۱۱-۱۲ مشکلات تفکیک با دو یا بیشتر درجه تفکیک
۲۷۱	۱۲-۱۲ نتایجی که بیان شده
۲۷۱	۱۳-۱۲ مسائل
۲۷۹	فصل سیزدهم: اثر تجزیه بر پارامترهای احتراق
۲۸۰	۱-۱۳ محاسبه احتراق هم با جداسازی و هم بدون آن
۲۸۰	۲-۱۳ واکنش‌های اصلی (پایه)
۲۸۱	۳-۱۳ اثر جداسازی بر روی فشار پیک
۲۸۲	۴-۱۳ اثر جداسازی بر روی اوج دما
۲۸۳	۵-۱۳ اثر جداسازی بر روی ترکیب محصولات
۲۸۶	۶-۱۳ اثر سوخت بر روی ترکیب محصولات
۲۸۶	۷-۱۳ تشکیل اکسیدها از نیتروژن
۲۸۹	۸-۱۳ نتیجه‌گیری
۲۹۱	فهرست مراجع