

مقدمه‌ای بر ترمودینامیک مهندسی

سیامک کاظم زاده خانی
مهدی کارزار جندی



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی

دانشگاه صنعتی شریف

مقدمه‌ای بر ترمودینامیک مهندسی

تألیف سیامک کاظم‌زاده‌حنانی، مهدی کارزارجدی
ویرایش زبانی و صوری: اشرف سراج
مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چاپ اول: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰

بها: ۶۵۰۰۰ ریال

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-058-8

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۰۵۸-۸

تلفن: ۶۶۰۱۳۱۲۹-۶۶۱۶۲۰۷۰-۶۶۱۶۴۰۷۲

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید ستیری جاوید (اردیبهشت) - ساختمان ۲۵۳ - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفن: ۶۶۴۰۵۱۳۲ - ۶۶۹۶۷۸۹۶ پست الکترونیکی: publication@mehr.sharif.edu

موضوع: ترمودینامیک - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع: ترمودینامیک - مسائل، تمرین‌ها و تیرہ (عالی)
شناسه افزوده: کارزارجدی، مهدی
شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف
رده‌بندی کنگره: QC۲۱۱/۶۲۳م۷
رده‌بندی دیویی: ۱۳۶۱ ۶۲۱/۲۰۲۱
شماره کتابشناسی ملی: ۷۷۶۷۲۹۲

سرشناسه: کانفرانسه‌های، سبک
عنوان و نام پدیدآور: مقدمه‌ای بر ترمودینامیک مهندسی / سیامک کاظم‌زاده‌حنانی، مهدی کارزارجدی
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری: چهارده + ۲۵۶ ص:، محور، جدول، نمودار.
شابک: 978-964-208-058-8
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا.
یادداشت: واژه‌نامه

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

پیشگفتار

هفت

۱	۱	ترمودینامیک و ماشین های ترمودینامیکی
۱	۱.۱	مقدمه
۲	۲.۱	ترمودینامیک مهندسی
۲	۳.۱	تعریف ترمودینامیک
۴	۴.۱	برخی مشاهدات تجربی و مفاهیم روزمره ترمودینامیک
۶	۵.۱	مقدمه ای بر قوانین بقا
۷	۱.۵.۱	قانون بقای جرم
۷	۲.۵.۱	قانون بقای اندازه حرکت
۷	۳.۵.۱	قانون اول و دوم ترمودینامیک
۸	۶.۱	آشنایی با انرژی
۱۰	۷.۱	ماشین های ترمودینامیکی
۱۰	۱.۷.۱	موتورهای گرمایی
۳۴	۲.۷.۱	دیگ های بخار
۴۳	۳.۷.۱	سرماسازی (تبرید)
۵۰	۸.۱	خلاصه
۵۲		مسائل

۵۵	۲ مفاهیم اولیه
۵۵	۱.۲ مقدمه
۵۹	۲.۲ تعریف فشار
۶۶	۳.۲ دما
۶۷	۴.۲ سیستم ترمودینامیکی
۶۹	۵.۲ خاصیت
۷۰	۶.۲ فرایند
۷۱	۷.۲ خواص متمرکز و گسترده
۷۱	۸.۲ تعادل، ترمودینامیکی
۷۲	۹.۲ فرایند غیرتعادلی و تعادلی
۷۲	۱۰.۲ کار
۷۶	۱۱.۲ کار در فرایند شبه تعادلی
۷۷	۱۲.۲ گرما
۷۹	۱۳.۲ گرما و آزمایش نول
۸۰	۱۴.۲ کار و گرما از نظر ترمودینامیکی
۸۲	۱۵.۲ تشابه بین کار و گرما
۸۲	مسائل
۸۷	۳ خواص ماده خالص ساده تراکم پذیر
۸۷	۱.۳ مقدمه
۸۸	۲.۳ ماده خالص
۸۸	۳.۳ ماده خالص ساده تراکم پذیر
۸۹	۴.۳ تعادل فاز بخار و مایع
۹۱	۵.۳ کیفیت
۹۸	۶.۳ درون یابی از جداول
۱۰۰	۷.۳ گاز کامل و گاز واقعی
۱۰۱	۱.۷.۳ گاز کامل
۱۰۲	۲.۷.۳ گاز واقعی
۱۰۸	مسائل
۱۱۱	۴ مقدمه ای بر قوانین ترمودینامیک
۱۱۱	۱.۴ مقدمه
۱۱۲	۲.۴ قانون صفرم ترمودینامیک

۱۱۲	۳.۴ قانون اول و دوم ترمودینامیک (بحث مقدماتی)
۱۱۹	مسائل

۱۲۱	۵ قانون اول ترمودینامیک و انرژی
۱۲۱	۱.۵ قانون اول ترمودینامیک
۱۲۴	۲.۵ قانون اول ترمودینامیک به صورت تفکیک شده
۱۲۵	۳.۵ قانون اول برای یک سیستم طی یک فرایند
۱۲۵	۴.۵ انرژی داخلی ماده خالص
۱۲۶	۵.۵ تعریف انتالپی
۱۲۶	۱.۵.۵ مفهوم ترمودینامیکی آنتالپی
۱۲۷	۶.۵ گرمای ویژه و اسد جرم گاز کامل
۱۲۸	۷.۵ آزمایش ژول
۱۲۹	۸.۵ تغییرات گرمای ویژه با دما
۱۳۱	۹.۵ رابطه بین C_p و C_v
۱۳۲	۱۰.۵ قانون بقای جرم برای حجم کنترل
۱۳۳	۱۱.۵ گذر جریان یک بعدی یکنواخت در لوله‌ها (دبی جریان)
۱۳۴	۱۲.۵ اصل بقای انرژی (قانون اول ترمودینامیک) برای حجم کنترل
۱۳۷	۱۳.۵ فرایند حالت دائمی - جریان دائمی (SSSF)
۱۳۸	۱۴.۵ فرایند حالت یکنواخت - جریان یکنواخت (USUF)
۱۳۸	مسائل

۱۴۱	۶ قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی
۱۴۱	۱.۶ تعاریف
۱۴۶	۲.۶ بیان قانون دوم ترمودینامیک
۱۴۷	۳.۶ اثبات معادل بودن بیان کلاسیوس و کلون پلانک
۱۴۹	۴.۶ ماشین حرکت دائمی نوع دوم
۱۵۲	۵.۶ فرایند برگشت پذیر
۱۵۷	۶.۶ فرایند برگشت پذیر داخلی
۱۵۷	۷.۶ نامعادله کلاسیوس
۱۶۳	۸.۶ آنتروپی خاصیت سیستم بسته
۱۶۵	۹.۶ تغییرات آنتروپی برای یک فرایند برگشت ناپذیر
۱۶۶	۱۰.۶ اصل افزایش آنتروپی

۱۶۷	۱۱.۶ قابلیت کاردهی
۱۷۲	۱۲.۶ تغییرات آنتروپی جامدات و مایعات
۱۷۲	۱۳.۶ تغییرات آنتروپی گاز کامل
۱۷۳	۱۴.۶ روابط حاکم بر محاسبات فرایند بی درروی برگشت پذیر
۱۷۴	۱۵.۶ محاسبه کار در فرایند بی دررو برای گاز کامل C_p و C_v ثابت
۱۷۵	۱۶.۶ فرایند برگشت پذیر برای گاز کامل
۱۷۶	۱۷.۶ فرایند برگشت پذیر همدمای گاز کامل
۱۷۶	۱۸.۶ تعمیم قانون دوم ترمودینامیک برای حجم کنترل
۱۷۸	۱۹.۶ اصل افزایش آنتروپی برای حجم کنترل
۱۷۹	۲۰.۶ کار در فرایند برگشت پذیر SSSF
۱۸۱	۲۱.۶ چرخه کارنو
۱۸۷	۲۲.۶ دماستج حجم ثابت گازی
۱۸۸	۲۳.۶ نمودار $T-s$
۱۸۸	۲۴.۶ نمایش چرخه کارنو روی نمودار $T-s$
۱۸۹	۲۵.۶ خلاصه
۱۹۴	مسائل

۱۹۹	پیوست
۲۳۳	منابع
۲۳۵	فهرست اسامی خاص (به ترتیب سال)
۲۴۱	واژه نامه انگلیسی - فارسی
۲۴۷	واژه نامه فارسی - انگلیسی
۲۵۳	نمایه

پیشگفتار

طی چهار دهه اخیر کتاب‌های ارزشمندی در زمینه ترمودینامیک و کاربردهای آن به زبان انگلیسی یا فارسی منتشر یا تجدید چاپ شده است. با بررسی اجمالی کتاب‌های موجود پی می‌بریم که شیوه ارائه مطالب آنها شبیه هم است حتی در بسیاری از موارد، ترتیب قرارگیری مطالب در فصول مختلف نیز یکسان است. نکته قابل تأمل دیگر: تغییرات بسیار جزئی و نامحسوس در شیوه ارائه مطالب طی چهار دهه اخیر است. البته گاهی به مطالب جدید علمی و یا فناوری‌های نوین در انتهای فصول اشاره‌ای شده است ولی کتاب‌ها از نظر شکل و قالب ارائه مطالب از یک چارچوب متعلق به اواخر قرن بیستم تبعیت می‌کنند.

نکته مهم دیگر، ضرورت انتشار کتاب‌های درسی به زبان فارسی است. البته در این زمینه توافق جمعی وجود ندارد و بسیاری معتقدند که ترجمه کتاب‌ها به زبان فارسی یا تألیف آنها موجب کاهش توانایی دانشجویان در تسلط بر زبان‌های بیگانه مانند زبان انگلیسی می‌شود. باید توجه داشت که زبان وسیله ارتباط آدمیان است. انسان‌ها در هر جامعه‌ای برای ارتباط با یکدیگر از کلمات و مفاهیمی استفاده می‌کنند که طی قرون متمادی توسط نسل‌های قبلی ساخته و پرداخته شده و توسعه یافته است. بسیاری از جملات یا کلمات کاملاً معنی‌دار (معنای پنهان یا آشکار) ممکن است برای فرد بیگانه با آن زبان، فرهنگ، و اجتماع معنای دیگری داشته باشند. لذا یک مانع جدی در درک مفاهیم علمی تفاوت‌های فرهنگی و زبانی انسان‌هاست. برای موفقیت در زمینه آموزش و افزایش جذابیت ارائه مطالب لازم است که به صورت مستقیم و غیرمستقیم به جنبه‌های اجتماعی و ریشه‌های فرهنگی مخاطبان توجه کرد. موفقیت بسیاری از استادان هموطن و نامدار در زمینه آموزش و ایجاد انگیزه در یادگیری، علاوه بر سایر توانایی‌های آنان می‌تواند ناشی از توجه به موضوع فوق باشد.

مخاطبان اصلی کتاب حاضر کلیه دانشجویان یا مهندسان رشته‌های مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهندسی برق (قدرت)، و زمینه‌های نوظهور میان‌رشته‌ای مانند سیستم‌های انرژی، بیوسیال، و نظایر آن هستند.

باید توجه داشت که در ابتدای قرن بیست و یک چارچوب‌های فکری دچار تحولات زیادی شده‌اند. امروزه به جای تمرکز دانشجویان به حل یک مسئله خاص با روابط از پیش تعیین شده،

روش‌های مدل‌سازی یا ابتکارات ذهنی برای فرمول‌بندی مسائل مهندسی باید مورد توجه قرار گیرد. دنیای حاضر از حالت نظم سنتی و مطابق عادات قرون گذشته خارج شده است. در میانه آشوب جهان فرامردن، مهندسان را باید برای حل مسائل متکی بر عدم قطعیت آماده کرد. آموزش قرن بیستم براساس نظریه یا جهان‌شناسی نیوتن و دکارت بنا شده بود. این جهان‌شناسی متکی بر خرد و ریز کردن یک مسئله (سیستم) بزرگ و پیچیده به مسائل غیر مرتبط ساده و جدا از هم بود و غالباً به دنبال یافتن راه‌حل‌های قطعی و براساس اصل دوگانگی علت و معلول بود درحالی‌که علم در قرن بیست و یکم و با ظهور فناوری‌های پیچیده دارای ویژگی‌های زیر است.

سیستم‌ها با مسائل در کل و در مجموع معنا دارند. سیستم‌ها غیرخطی هستند و در معرض آشوب‌ناکند. پارامتری که تغییری کوچک در ورودی منجر به تغییرات شدید در خروجی می‌شود. راه‌حل‌ها و جواب‌ها منحصر به فرد نیستند و می‌توانند متعدد و متنوع باشند و حتی در یک سیستم واقعی یا مجازی ممکن است حالت انتزاعی داشته باشد. لذا در به کارگیری روش‌های آموزشی جدید باید به نکات زیر توجه کرد.

۱. آماده کردن فرد برای یادگیری در تمام طول عمر.
۲. تشویق به کار گروهی در درک مطالب و مشارکت در اجرای پروژه‌ها از طریق عینیت بخشی به فرایند خردگرایی انتقادی.
۳. استقلال در یادگیری.

۴. آشنایی با علوم انسانی و مسائل مهم زیست محیطی، زیست‌شناختی، و موضوعات مرتبط با تجارت جهانی و ارتباط مطالب علمی با وضعیت صنعت و اقتصاد کشور.

در ادامه بحث، ابتدا درباره برخی از خصوصیات کتاب که به شکل، قالب، و نحوه ارائه مطالب مربوط می‌شود، توضیح می‌دهیم. سپس به محتوای مطالب و یا ریزدرس می‌پردازیم. در چند سال اخیر، با رشد فناوری رایانه‌ها و با توجه به نفوذ زیاد آن در میان جوامع، تغییراتی در ارائه مطالب کتاب‌های کلاسیک (درسی) مهندسی، هر چند جزئی، به وجود آمده است. برخی از کتاب‌ها لوح فشرده حاوی نرم‌افزارهای محاسباتی دارند و برخی دیگر در قسمت تمرین‌ها به کاربرد رایانه توجه کرده‌اند. اگرچه این تغییرات ستودنی است، کافی نیست و از همه امکانات موجود در دنیای اینترنت هنوز به طور کامل استفاده نشده است.

کتاب حاضر دو ویرایش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری دارد. ویرایش سخت‌افزاری حاوی مطالب اصلی و مبانی اولیه یا قوانین به اصطلاح جهان‌شمول و مورد توافق جامعه جهانی علمی است که مطابق تغییرات علم روز ویرایش و تجدید چاپ خواهد شد. ویرایش نرم‌افزاری شبیه سیستم اطلاعاتی و یکپدیاست. طوری که علاوه بر دسترسی به مطالب نسخه سخت‌افزاری، خواننده می‌تواند در ویرایش مطالب مشارکت کند، تمرینات یا طرح‌های جدید تعریف کند و یا مطالب و دستگاه‌های جدید و اختراعات نو ظهور مرتبط را معرفی کند. به عبارت دیگر، ویرایش نرم‌افزاری به صورت یک کار مشترک و گروهی بین استادان، پژوهشگران، و مهندسان شاغل در صنعت و دانشجویان نوشته خواهد شد و پس از انتشار، نسخه چاپی در اختیار کاربران قرار خواهد گرفت.

سرفصل‌های کتاب

همان‌طور که در مقدمه گفته شد، تغییر در نحوه ارائه مطالب از روش سنتی به روش جدید یک ضرورت است. بسیاری معتقدند که دستگاه‌ها یا ماشین‌های ساخت بشر، ابتدا بدون آگاهی از قوانین به ظاهر جهانی حاکم بر علم ساخته شده‌اند و سپس دانشمندان هنگام تفسیر، توضیح علت، و چگونگی کارکرد این دستگاه‌ها قوانین کلی را کشف کرده‌اند. با توجه به این بحث و در چارچوب نگاه سیستمی و کل‌گرا به موضوعات به نظر می‌رسد که روش‌های مؤثر در یادگیری و آموزش قوانین مهندسی باید بر مبنای میزان آشنایی خواننده با کلیات دستگاه‌ها و ماشین‌های مهندسی و نحوه عملکرد آن‌ها باشد. به عبارت دیگر، به جای آنکه قوانین ترمودینامیک به صورت مجزا و مجرد به خواننده معرفی شوند و وی را دچار سوء تفاهم و یا سوء برداشت کنند - که این قوانین با استدلال‌های ریاضی محض و منطقی اثبات شده‌اند - بلکه بهتر است قوانین ترمودینامیک از درون و بطن دستگاه‌ها و به صورت مشارکت ذهنی و اندرکنش بین معلم (کتاب) و دانشجو (خواننده) به صورت طبیعی نتیجه‌گیری شوند.

با توجه به طرح موضوع بالا، عناوین فصل‌های کتاب شامل مطالب زیر می‌شود.

فصل اول: ترمودینامیک و ماشین‌های ترمودینامیکی

فصل دوم: مفاهیم اولیه

فصل سوم: خواص ماده ساده تراکم‌پذیر

فصل چهارم: مقدمه‌ای بر قوانین ترمودینامیک

فصل پنجم: قانون اول ترمودینامیک و انرژی

فصل ششم: قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی

طرح کلی کتاب

قبل از مطالعه کتاب بهتر است ساختار مطالب آن با جزئیات بیشتری برای خواننده روشن شود. همچنین توصیه‌های عمومی در مورد روش تدریس ترمودینامیک مهندسی با استفاده از ترکیب کتاب‌های مرجع و این کتاب بیان شود. حجم زیادی از فصل اول کتاب به معرفی انواع ماشین‌های ترمودینامیکی و تاریخچه پیدایش (اختراع) و تکامل آنها اختصاص یافته است. در زمینه آموزش مهندسی و روش‌های تعلیم و تربیت^۱ مناسب نظریه‌های مختلفی وجود دارد. مثلاً بسیاری عقیده دارند که بهتر است مهارت و حس و درک مهندسی را ابتدا با گذراندن درس‌های کاربردی مانند کارگاه‌ها، آزمایشگاه‌های ساخت و تولید، و نقشه‌کشی و نقشه‌خوانی در دانشجو ایجاد و ذهن وی را برای طرح پرسش‌های علمی تحریک کرد. در مرحله بعدی می‌توان مطالب نظری مرتبط با تجربیات کاربردی را بهتر آموزش داد. در فصل اول این کتاب سعی شده است فضای مجازی کاربردی برای خواننده ایجاد شود و وی را برای پذیرش علل بیان قوانین و احکام آماده سازد البته نقش استاد (مدرس) نیز در این فصل مهم است. به نظر مؤلفان بهتر است مطالب این فصل به صورت اسلاید

1. pedagogy

ارائه شود و همچنین بازدیدهای علمی برای هفته‌های نخست کلاس برنامه‌ریزی گردد. تمریناتی که در انتهای فصل اول آمده است، کمک زیادی به ایجاد انگیزه در دانشجو خواهد کرد. سعی شده است تمرین‌ها و مسائل در ارتباط مستقیم با فضای مهندسی کشور ایران مطرح شوند.

درک مطالب فصل دوم در ابتدا ممکن است سخت به نظر آید. زیرا درک احکام و مفاهیم اولیه همواره مشکل است و اصولاً آموزش این مطالب با ارائه مثال‌های متنوع کار راحتی نیست. البته به خواننده پیشنهاد می‌کنیم مطالب فصل دوم را با مطالب کتاب‌های مرجع دیگر ترکیب کند. تمرین‌های انتهای فصل می‌تواند برای درک بهتر مطالب نقش مهمی داشته باشد. در فصل دوم و یا به طور کلی در تمام کتاب، تأکید بر ماده ساده تراکم‌پذیر بدون در نظر گرفتن اهمیت میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی و نیروهای کشش سطحی است. البته غفلت از تأثیرات فوق منجر به کاهش جامعیت نظریه‌ها و تئوری‌های بحث شده در این کتاب می‌شود. لیکن برای حفظ تمرکز دانشجو ترجیح دادیم با مفاهیم فیزیکی کمتری در کتابی با عنوان مقدمه‌ای بر ترمودینامیک مهندسی مواجه شویم. در مرحله اول آموزش ترمودینامیک مهندسی بهتر است مطالب به کاربردهای روزمره نزدیک‌تر باشند. البته استادان محترم می‌توانند برای تکمیل مطالب از کتاب‌های کلاسیک مرجع استفاده کنند. لازم به ذکر است که یکی از اهداف تدوین این کتاب، ایجاد علاقه در دانشجویان به گرایش‌های ترمودینامیک سیالات است و تدوین کتابی جامع و پرحجم که جایگزین سایر کتاب‌های ترمودینامیک شود، هدف مؤلفان نیست.

در فصل سوم، خواص ماده ساده تراکم‌پذیر، فازهای مختلف آن و نحوه استفاده از نمودارهای تعادلی و جداول ترمودینامیک بررسی شده است. نگارش این فصل برای پیوستگی مطالب کتاب است و نوآوری خاصی در بیان مطالب این فصل مطرح نشده است. البته به دلیل اهمیت آشنایی با چگونگی استفاده از جداول ترمودینامیکی و نقش اساسی سیال عامل در تحلیل ماشین‌های ترمودینامیکی، مثال‌ها و تمرین‌های بیشتری در این فصل آورده شده است. تجربه مؤلفان در مواجهه با سؤالات دانشجویان، به طور ضمنی در نحوه ارائه مطالب این کتاب مؤثر بوده است.

فصل چهارم یکی از فصول مهم این کتاب است و به منظور آشناکردن خواننده با قوانین ترمودینامیک و آماده‌سازی وی برای درک مفاهیم انرژی و آنتروپی تدوین شده است. نحوه ارائه مطالب این فصل تفاوت زیادی با سایر کتب موجود ترمودینامیک دارد. اجرای پروژه‌ها و تمرین‌های این فصل و نقش استاد و برگزاری بازدیدهایی از نیروگاه‌ها، مریز، نیروگاه بخار، برای درک مطالب این فصل ضروری است.

با وجود شباهت زیاد مطالب فصول پنجم و ششم با کتاب‌های مرجع، مؤلفان با استفاده از تجربیات آموزشی خود مطالب این فصل‌ها را با توضیحات تکمیلی و شیوه جدید تقسیم‌بندی ارائه کرده‌اند. تمرینات انتهای فصل‌های ۵ و ۶ از نظر تنوع قابل مقایسه با کتاب‌های کلاسیک و مرجع درس ترمودینامیک نیست و بسیار محدودتر است. لذا، توصیه می‌شود که کتب کلاسیک و تمرینات حل شده یا حل نشده این کتاب‌ها مورد توجه قرار گیرد. البته مؤلفان می‌توانستند تمرینات مشابه کتاب‌های درسی دیگر در این کتاب ارائه کنند ولی این کار موجب کاهش اصالت مطالب ارائه شده، دنباله‌روی از دیگران و بازتولید کارهای انجام شده قبلی می‌شد.

به دانشجویان اکیداً توصیه می‌کنیم که با مراجعه به کتاب‌های مرجع معتبر و با حل تمرین‌ها مهارت خود را در حل مسائل متنوع ترمودینامیک افزایش دهند. به اعتقاد مؤلفان یکی از کلیدهای درک ترمودینامیک، حل مسائل متنوع و انجام پروژه‌های کاربردی است.

در انتهای کتاب، در پیوست، جداول متعددی ارائه شده است. جداول ترمودینامیکی آب، آمونیاک، و میرد $R-134a$ ، $R-22$ از مراجع دیگر عیناً نقل شده است. ضمناً جداول گرمای ویژه برخی از گازهای کامل، ثابت‌های بحرانی و نمودارهای تعمیم‌یافته ضریب تراکم‌پذیری نیز آورده شده است. امیدواریم که جداول و نمودارهای پیوست برای حل مسائل و تمرین‌های انتهای هر فصل کافی باشد. با وجود این، همان‌طور که بارها تأکید کردیم کتاب حاضر از هر جهت کامل نیست و به همراه آن باید کتاب‌های معتبر مرجع مورد استفاده قرار گیرد.

کتابنامه‌ای مشتمل بر عناوین چندین کتاب مرجع در زمینه ترمودینامیک مهندسی (کلاسیک) و ترمودینامیک آماری تنظیم شده است. برخی از زمره معتبرترین کتاب‌های درسی در ایران و ایالات متحده آمریکا است. کتاب‌های دیگری برای افراد علاقه‌مند به فراگیری عمیق‌تر مطالب معرفی شده‌اند.

در فصل اول کتاب اسامی مخترعان و دانشمندان متعددی که در پایه‌ریزی و پیشرفت علم ترمودینامیک و ساخت ماشین‌های ترمودینامیکی تأثیر داشته‌اند ذکر شده است. لذا در انتهای کتاب شرح مختصری از دستاوردهای آنان با استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه اینترنتی ویکیپدیا ارائه شده است.

واژه‌نامه انتهای کتاب به دو منظور تنظیم شده است. نخست سعی شده برای کسانی که با موضوعات این کتاب غریبه هستند معادل فارسی واژه‌های کلیدی ترمودینامیک بیان شود. برای برخی از واژه‌ها معادل فارسی مورد قبول جامعه دانشگاهی هنوز معرفی نشده است. مثلاً کمپرسور، توربین، پولی تروپیک از جمله واژه‌هایی هستند که معادل فارسی ندارند. کمپرسور، توربین، پمپ، موتور، ماشین، پیستون، و سیلندر در زبان فارسی جاری شده‌اند و چندان غریبه نیستند ولی برای واژه‌هایی نظیر پولی تروپیک ارائه معادل‌های فارسی توسط فرهنگستان‌های علوم و زبان و ادب فارسی ضروری به نظر می‌رسد.

کاربرد دیگر واژه‌نامه تسهیل و تسریع در یافتن مطالب مربوط به هر واژه در متن کتاب است. در نمایه برای هر واژه‌ای صفحه یا صفحات مربوط در متن کتاب ارائه شده است. تلاش شده که شماره صفحه مربوط به مهم‌ترین قسمت باشد، با این حال به دلیل علاقه به انتشار سریع‌تر ویرایش نخست به نظر می‌رسد وقت کافی مبذول نشده است و فهرست واژه‌ها مانند سایر قسمت‌های کتاب پس از دریافت نظرها و انتقادهای خوانندگان باید تکمیل و تصحیح گردد. گفتنی است که در برخی از موارد معادل فارسی واژه بلافاصله در زیرنویس آمده تا خواننده با کوشش کمتری مطالب را درک نماید. به طور خلاصه می‌توان گفت در کتاب حاضر سعی شده است در خواننده علاقه به ترمودینامیک ایجاد شود و جایگاه واقعی و شایسته این شاخه از علم در طراحی ماشین‌های ترمودینامیکی روشن شود.

لازم است یادآوری کنیم که این کتاب هرگز به تنهایی برای تدریس کلاسیک ترمودینامیک و به ویژه برای آمادگی برای شرکت در آزمون‌های سراسری تدوین نشده است. از استادان محترم درس ترمودینامیک تقاضا می‌کنیم که این کتاب را با معلومات و تجربیات خود ترکیب کنند و دانشجویان را به مطالعه کتاب‌های مرجع ترمودینامیک، به ویژه کتاب‌های به زبان انگلیسی تشویق کنند.

البته بسیاری از مفاهیم پایه ترمودینامیک، حتی پس از مطالعه این کتاب، ممکن است مبهم باقی بماند ولی همان‌طور که بارها در فصول مختلف این کتاب خاطرنشان شده است، درک ماهیت، جوهر و علت غایی پدیده‌ها موضوع علم نیست و به فلسفه و مباحث متافیزیک مربوط می‌شود. می‌گویند سقراط وقتی در معبد دلفی^۱ از اوراکل^۲ (خدای دانایی) پرسید چه کسی در آتن از همه داناتر است، پاسخ شنید که سقراط داناترین فرد است و این در حالی بود که سقراط به ناتوانی خود در درک کامل هستی و نیستی واقف بود.

به قول هاینه^۳ شاعر آلمانی:

«ما همچنان سؤال می‌کنیم و سؤال می‌کنیم

تا آن دم که مشتی خاک سرد برای همیشه دهانمان را پر کند

اما خدایا... این پاسخ است؟»^۴

بی‌فایده نیست اگر در مورد بی‌گونگی تألیف این کتاب و عوامل مؤثر در پدید آمدن اثر و انگیزه‌های شخصی مؤلفان آن توضیحات ارائه شود. مؤلف اول کتاب ۲۰ سال سابقه تدریس دروس ترمودینامیک^۱ و ترمودینامیک^۲ را دارد و مخاطبان وی طیف وسیعی از دانشجویان علاقه‌مند و با استعداد های متفاوت را دربرمی‌گیرد. در سال‌های نخستین تدریس تحت شرایط محیطی و فرهنگ آموزشی حاکم بر آن دوران تعیین یک کتاب مرجع به زبان انگلیسی و تدریس این کتاب به صورت «تقلیدی» و بدون اعمال نقد علمی بر آن یکی از بهترین روش‌های آموزشی تلقی می‌گردید، زیرا پیروی از تجربیات کشورهای پیشرفته در زمینه علم و فناوری خلاف عادت مرسوم نبود. پس از مدتی، به‌خصوص در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ شمسی بسیاری از کتب کلاسیک و شناخته شده بین‌المللی در زمینه‌های ترمودینامیک، مکانیک سیالات، و انتقال حرارت توسط همکاران گرانمایه به صورت ترجمه و یا ناشرین محترم به صورت افست در اختیار عموم دانشجویان قرار گرفت، لیکن نکته تعجب‌آور استقبال عمومی بسیار کم دانشجویان برای تهیه کتاب‌های مذکور بود. به نظر می‌رسد که نسل جدید دانشجویان بنابر عللی که از حوصله این متن خارج است نه تنها علاقه یا توانایی مطالعه کتاب‌های مرجع به زبان اصلی را ندارند بلکه تمایل چندانی به ایجاد کتابخانه شخصی در منزل خود از کتاب‌های مرجع رشته خود، به هر زبانی که باشند، از خود نشان نمی‌دهند. بسیاری از دانشجویان صرفاً برای استفاده از صورت تمرینات در جستجوی کتاب مرجع درس می‌روند. نکته جالب اینکه اخیراً دستیاران آموزشی (TA) صورت تمرینات را به‌طور کامل

1. Delphi

2. Oracle

3. Heine

۴. فرناندو سوتر، پرسش‌های زندگی، ترجمه عباس مخبر، تهران، طرح نو، ۱۳۸۴.

در خانه‌برگ یا تارنمای اینترنتی خود قرار می‌دهند و دانشجویان از تهیه کتاب بی‌نیاز می‌شوند. بی‌توجهی دانشجویان به تهیه کتاب مرجع هنگامی آشکار می‌شود که در زمان برگزاری آزمون به دلیل نیاز به جداول کتاب، دانشجویان انواع کتاب، تألیفی باشد یا ترجمه، ویرایش ۲۰ سال گذشته باشد یا جدید، به همراه خود به جلسه آزمون می‌آورند. برخی اوقات کتاب‌ها به علت دست‌به‌دست شدن توسط چند نسل به ورق پاره‌های یک جزوه شباهت دارند.

در اوایل دهه ۸۰ مؤلف اول متوجه شد که دانشجویان علاقه شدیدی به جزوه‌برداری در حین ارائه درس دارند لذا تصمیم گرفته شد که جزوه‌های درسی از حالت دست‌نوشته به صورت حروفچینی شده درآید و به صورت فایل PDF در اینترنت قرار داده شود. برخلاف انتظار، این جزوات با استقبال زیادی مواجه شد. وقتی در سال‌های بعد بنا به عللی دسترسی به فایل‌ها قطع شد، بسیاری از دانشجویان برای تهیه جزوه به مؤلفان مراجعه کردند. به دلایل مختلف تصمیم گرفته شد فایل‌ها از اینترنت حذف شوند. اولاً جزوات بسیار خلاصه بودند و خطر اینکه دانشجو به طور سطحی با مطالب آشنا شود و مطالب عمیق مورد غفلت قرار گیرد، وجود داشت. ثانیاً جزوات حاوی اشتباهات، حروفچینی و گاهی مفهومی متعددی بود و طی سال‌ها به همان صورت اشتباه مورد استفاده قرار می‌گرفت. مؤسسه دانشجویان و خوانندگان اشتباهات جزوه را نادیده می‌گرفتند و مؤلفان با بازبینی تصاویری جزوات از اشتباهات آگاه می‌شدند. لذا تصمیم بر این شد که جزوات به صورت یک کتاب مقدماتی ترمودینامیک انتشار یابد. طبیعی است در هنگام تألیف کتاب شیوه ارائه مطالب دستخوش تغییر شد که به گونه‌ای آن در صفحات قبل توضیح داده شده است. در تألیف این کتاب افراد یا نهادهای متعددی مشارکت داشته و یا به طور مستقیم و غیرمستقیم تأثیرگذار بودند از جمله می‌توان مراتب قدرانی را نام برد:

۱. معلمان و استادان دوره‌های مختلف تحصیلی مؤلفان،
۲. دانشجویان دوره‌های مختلف دانشگاه‌های ایران،
۳. استادان گروه و قطب علمی تبدیل انرژی دانشگاه صنعتی شریف،
۴. استادان و همکاران دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

ابراز نمود.

لازم است که به طور جداگانه از همکاری و مشارکت مؤسسه علمی انتشارات دانشگاه صنعتی شریف سپاسگزاری و قدردانی شود. به خصوص ویراستار محترم کتاب، سرکار خانم سراج که نقش به سزایی در ویرایش صوری و زبانی این کتاب ایفا نموده‌اند. همچنین از همکاری سایر کارمندان مؤسسه انتشارات که به نحوی در تولید شکل‌ها، حروفچینی فرمول‌ها و جداول، و صفحه‌آرایی تلاش نموده‌اند، قدردانی می‌شود و از صبر و حوصله آنان در تصحیح و تجدید حروفچینی و سایر امور اجرایی تشکر می‌گردد.

سیامک کاظم‌زاده حنانی
مهدی کارزار جدی