

کتابخانه اعلام و مصلح

۲۰۷ ۲۷۰ ج

بسم الله الرحمن الرحيم



ترمودینامیک غیر تعادلی برای مهندسان

مترجمان

فرشاد ورامینیان؛ استاد دانشگاه سمنان
هادی پورتالاری؛ دانش آموخته دکتری مهندسی شیمی دانشگاه سمنان
جواد کریمی ثابت؛ دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

نویسندگان

اس جلیستراپ؛ دانشگاه علم و فناوری نروژ
دی بیداکس؛ دانشگاه علم و فناوری نروژ
ای جانسن؛ انجمن مهندسان تازه کار استات اوپل
جی گراس؛ دانشگاه استونیکارت، آلمان

عنوان و نام پدیدآور	ترمودینامیک غیرتعادلی برای مهندسان/نویسندگان اس جلیستراپ؛ مترجمان فرشاد ورامینیان، هادی پورتالاری، جواد کریمی ثابت؛ ویراستار ادبی حسن یعقوبی.
مشخصات نشر	سمنان: دانشگاه سمنان، ۱۳۹۸. مشخصات ظاهری: ۲۶۸ ص.
شابک	978-600-8424-87-1 وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت	Non-equilibrium thermodynamics for engineers عنوان اصلی:.
یادداشت	نویسندگان اس جلیستراپ، دی بیداکس، ای جاتسن، جی گراس.
موضوع	ترمودینامیک غیرتعادلی موضوع: Nonequilibrium Thermodynamics
موضوع	مهندسی شیمی موضوع: engineering Chemical
شناسه افزوده	خلستروپ، سینگه شناسه افزوده: Kjelstrup, Signe
شناسه افزوده	پورتالاری، هادی، ۱۳۶۳- مترجم شناسه افزوده: ورامینیان، فرشاد، ۱۳۴۴- مترجم
شناسه افزوده	کریمی ثابت، جواد، ۱۳۵۲- مترجم شناسه افزوده: دانشگاه سمنان
شناسه افزود	Semnan University رده بندی کنگره: ۳۱۸QC
رده بندی دیویی	۵۳۷ شماره کتابشناسی ملی: ۵۹۷۲۶۶۷



ترمودینامیک غیرتعادلی برای مهندسان

- ❖ مترجمان: فرشاد ورامینیان، هادی پورتالاری، جواد کریمی ثابت
- ❖ ویراستار ادبی: دکتر حسن یعقوبی
- ❖ صفحه آرایی و طرح جلد: اسماعیل محامد
- ❖ نوبت چاپ: اول - پاییز ۱۳۹۸
- ❖ ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان
- ❖ شمارگان: ۲۰۰ جلد
- ❖ قیمت: ۳۸۰/۰۰۰ ریال



شابک:

حق چاپ، محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان است.

مراکز پخش: سمنان، روبه روی پارک سوکان، پردیس شماره ۱، انتشارات دانشگاه سمنان. تلفن: ۰۲۳۳۳۶۵۴۱۴۲ و

وبسایت: www.press.semnan.ac.ir، ۰۲۳۳۱۵۳۲۲۷۰

تهران: میدان انقلاب، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۹، تلفن: ۱۵-۰۲۱۶۶۹۶۶۱۱۴ - انتشارات سیمای دانش

پیشگفتار

موضوع آنتروپی می‌تواند موضوعی مهم‌تر از تولید انرژی (توان) مورد نیاز جهان باشد. مفهوم تولید آنتروپی به جای انرژی مصرفی می‌تواند به ما در تعیین اتلاف‌ها، بازده کار و/یا محدوده فعالیت‌مان کمک کند. این کتاب به معرفی علم ترمودینامیک غیرتعادلی به مهندسان می‌پردازد و چگونگی استفاده از این نظریه را برای مسائل مهندسی، مورد بحث قرار می‌دهد.

این کتاب بر پایهٔ سال‌ها تدریس در دانشگاه علم و فناوری نروژ، تراندهیم^۱ و دانشگاه فنی دلفت^۲ هلند نوشته شده است. نسخه‌های اولیهٔ کتاب حاضر در دوره‌های کوتاه‌مدت در مرکز بین‌المللی ترمودینامیک، مرک استانبول، دانشگاه فنی کالمرز گاتنبورگ^۳، دانشگاه فنی هلسینکی و دانشگاه ایالتی پسیک^۴ مورد استفاده قرار گرفته است.

از این کتاب می‌توان در تدوین و ارائهٔ برنامه‌های آموزشی در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد، البته پس از گذراندن یک دورهٔ پایه در ترمودینامیک و نیز به‌عنوان یک خودآموز در صنعت استفاده کرد. مطالعهٔ کتاب حاضر، نیاز به دانش ترمودینامیک پایه دارد، مطابق با آنچه در کتاب مقدمه‌ای بر مهندسی شیمی، نوشتهٔ اسمیت، ون‌نس و ایات^۵ یا کتاب مبانی ترمودینامیک مهندسی، نوشتهٔ موران و شاپیرو^۶ ارائه شده است. برای تسهیل در یادگیری مطالب، تمرین‌هایی مطابق با سه جزئی کتاب، همراه با حل آن‌ها در صفحهٔ اصلی سایت دانشگاه علم و فناوری نروژ^۷ در دسترس قرار گرفته‌اند.

۱. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim (NTNU)

۲. Technical University of Delft

۳. Chalmers Technical University, Gothenburg

۴. "Introduction to chemical engineering" by Smith, van Ness and Abbott

۵. "Fundamentals of Engineering Thermodynamics" by Moran and Shapiro

۶. <http://www.chem.ntnu.no/nonequilibrium-thermodynamics/>

همچنین هشت DVD سخنرانی در صفحه الکترونیکی اشاره شده یا در صفحه دانشگاه
فنی دلفت^۱ قابل دسترسی است.

از حمایت مالی انجمن تحقیقات نروژ قدردانی می‌شود. نویسندگان این کتاب از انجمن
مهندسان مبتدی استات اویل^۲ برای تصویر روی جلد طراحی شده توسط مونگستاد^۳ نیز
سپاسگزاری می‌کنند.

نگارندگان از هرگونه نظر یا پیشنهادی برای بهبود ویرایش‌های بعدی کتاب، استقبال
می‌کنند.

تراندهیم و اشتوتگارت، مارس ۲۰۱۰

دیک بیداکس

dick.bedeaux@chem.ntnu.no

ساین کجستراپ

sain.kjelstrup@chem.ntnu.no

جوشیم گراس

gross@itt.uni-stuttgart.de

ایویند جانسن

eijoh@statoil.com

^۱ <http://collegerama.tudelft.nl/mediasite/Catalog/?cid=0cbe1b45-06c6-4d03-a692-92a6dad4711d>

^۲ Statoil ASA

^۳ Mongstad

فهرست مطالب

فصل ۱ هدف	۱
فصل ۲ چرا ترمودینامیک غیر تعادلی؟	۹
۱-۲ معادلات ساده شار	۱۰
۲-۲ معادلات شار در ترمودینامیک غیر تعادلی	۱۲
۳-۲ کار اتلافی در یک واحد صنعتی	۱۶
۴-۲ بازده تانوم دوم	۲۱
۵-۲ مدل‌های ترمودینامیکی سازگار	۲۴
فصل ۳ تولید آنتروپی، فرایندهای انتقال یک-بعدی	۲۷
۱-۳ معادلات توازن	۳۰
۲-۳ تولید آنتروپی	۳۲
۳-۳ مثال‌ها	۳۷
۴-۳ چارچوب مرجع برای شار	۴۵
فصل ۴ معادلات شار و ضرایب انتقال	۴۹
۱-۴ روابط خطی شار-نیرو	۵۰
۲-۴ انتقال حرارت و جرم	۵۳
۳-۴ انتقال حرارت و بار الکتریکی	۶۲
۴-۴ انتقال جرم و بار الکتریکی	۶۷
۱-۴-۴ مدل جنیش	۷۳
۵-۴ انتقال حجم و بار الکتریکی	۷۵
۶-۴ ملاحظات پایانی	۷۸
فصل ۵ نفوذ چند جزئی ناهم‌دما	۷۹
۱-۵ نفوذ هم‌دما	۸۰
۱-۱-۵ قضیه کاربردی پریگوزین	۸۱
۲-۱-۵ نفوذ در چارچوب مرجع حلال	۸۳
۳-۱-۵ معادلات ماکسول-استفان	۸۵
۴-۱-۵ تغییر چارچوب مرجع	۸۸

۹۱	۲-۵ معادلات ماکسول - استفان در حالت عمومی
۹۵	۳-۵ ملاحظات پایانی
۹۷	فصل ۶ سیستم‌های با جریان برشی
۹۸	۱-۶ معادلات توازن
۹۹	۱-۱-۶ موازنه جزئی
۹۹	۲-۱-۶ موازنه مومنتوم
۱۰۰	۳-۱-۶ موازنه انرژی درونی
۱۰۲	۲-۶ تولید آنتروپی
۱۰۷	۱-۶ جریان پایدار درون لوله
۱۰۹	۱-۱-۶ شارحاتی قابل اندازه‌گیری
۱۱۰	۴-۶ راکتور جریان پیوسته
۱۱۱	۵-۶ ملاحظات پایانی
۱۱۳	فصل ۷ واکنش‌های شیمیایی
۱۱۶	۱-۷ تغییر انرژی گیبس و آنتالپی شیمیایی
۱۲۰	۲-۷ مسیر واکنش
۱۲۱	۱-۲-۷ پتانسیل شیمیایی
۱۲۳	۲-۲-۷ تولید آنتروپی
۱۲۴	۳-۷ معادله سرعت با یک مبنای ترمودینامیکی
۱۲۶	۴-۷ قانون کنش جرم
۱۲۸	۵-۷ تولید آنتروپی در حالت میان‌مقیاس
۱۳۰	۶-۷ ملاحظات پایانی
۱۳۱	فصل ۸ کار اتلافی در الکترولیز آلومینیوم
۱۳۲	۱-۸ سلول الکترولیز آلومینیوم
۱۳۴	۲-۸ بازده ترمودینامیکی
۱۳۷	۳-۸ یک مدل ساده‌شده از سلول
۱۳۸	۴-۸ کار اتلافی ناشی از انتقال بار الکتریکی
۱۳۹	۱-۴-۸ توده الکترولیت
۱۳۹	۲-۴-۸ لایه نفوذی در کاتد

۱۴۰	۳-۴-۸ سطوح الکتروود
۱۴۰	۴-۴-۸ توده آند و کاند
۱۴۱	۵-۸ کار اتلافی در نتیجه مصرف کربن اضافی
۱۴۲	۶-۸ کار اتلافی ناشی از انتقال حرارت از میان دیواره‌ها
۱۴۲	۶-۸ هدایت حرارتی از عرض دیواره‌ها
۱۴۴	۶-۸ تابش سطحی و جابه‌جایی حرارتی
۱۴۴	۷-۸ طرحی برای کار اتلافی
۱۴۶	۸-۸ ملاحظات پایانی
۱۴۹	فصل ۹ حالت کمینه تولید آنتروپی و نظریه کنترل بهینه
۱۵۰	۱-۹ اتبساط هم‌دمای یک گاز ایده‌آل
۱۵۲	۱-۱-۹ کار اتبساط
۱۵۳	۲-۱-۹ تولید آنتروپی
۱۵۴	۳-۱-۹ ایده بهینه‌ساز
۱۵۹	۲-۹ نظریه کنترل بهینه
۱۶۴	۳-۹ تبادل حرارت
۱۶۶	۱-۳-۹ تولید آنتروپی
۱۶۹	۲-۳-۹ تولید کار توسط یک تبادل‌کننده
۱۷۱	۳-۳-۹ نظریه کنترل بهینه و فرایند تبادل حرارت
۱۷۶	۴-۹ ملاحظات پایانی
۱۷۷	فصل ۱۰ حالت کمینه تولید آنتروپی در واحدهای فرایند منتخب
۱۷۸	۱-۱۰ رآکتور با جریان قالبی
۱۷۹	۱-۱-۱۰ تولید آنتروپی
۱۸۳	۲-۱-۱۰ نظریه کنترل بهینه و رآکتورهای جریان قالبی
۱۸۵	۳-۱-۱۰ یک بزرگراه در فضای حالت
۱۹۱	۴-۱-۱۰ طراحی رآکتور
۱۹۲	۲-۱۰ ستون‌های تقطیر
۱۹۶	۱-۲-۱۰ تولید آنتروپی
۲۰۴	۲-۲-۱۰ طراحی ستون
۲۰۵	۳-۱۰ ملاحظات پایانی

پیوست الف	۲۰۷
الف-۱ معادلات توازن برای جرم، بار الکتریکی، اندازه حرکت و انرژی	۲۰۷
الف-۱-۱ موازنه جرم	۲۰۸
الف-۱-۲ موازنه اندازه حرکت	۲۱۱
الف-۱-۳ موازنه انرژی کلی	۲۱۴
الف-۱-۴ موازنه انرژی جنبشی	۲۱۵
الف-۱-۵ موازنه انرژی پتانسیل	۲۱۵
الف-۱-۶ موازنه انرژی میدان الکتریکی	۲۱۵
الف-۱-۷ موازنه انرژی درونی	۲۱۶
الف-۱-۷ موازنه آنتروپی	۲۱۷
الف-۲ خواندن ترمودینامیکی مولی جزئی	۲۱۹
الف-۳ پتانسیل شیمیایی و حالت‌های مرجع آن	۲۲۲
الف-۳-۱ معادلات پایه به عنوان یک مینا	۲۲۳
الف-۳-۲ انرژی گیبس اضافه به عنوان یک مینا	۲۲۴
الف-۳-۳ قانون هنری به عنوان یک مینا	۲۲۶
الف-۴ نیروهای محرکه و ثابت‌های تعادل	۲۲۶
الف-۴-۱ حالت مرجع گاز ایده‌آل	۲۲۸
الف-۴-۲ حالت مرجع مایع خالص	۲۲۹
منابع	۲۳۱
فهرست علائم و نشانه‌ها	۲۴۳
واژه‌نامه	۲۴۹
نمایه	۲۵۳