

به نام خدا

سیستم‌های کرایوجنیک

(جلد اول)

مؤلف:

اندال اف. بارون

مترجمین:

دکتر مجتبی بیگلری

حمید رحمانی

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برای انتشارات پژوهشی نوآوران شریف محفوظ است و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و نشر تمام یا بخشی از این اثر را بدون موافقت کتبی ناشر به هر صورت اعم از فتوکپی، پلکپی، جزوه و ... ندارد و متخلفین به موجب بند ۵ ماده ۲ قانون حمایت از ناشرین مصوب مجلس محترم شورای اسلامی تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

(انتشارات پژوهشی نوآوران شریف)

سرشناسه: بارون، رندال اف.

عنوان و نام پدیدآوردندگان: سیستم‌های کرایوجنیک / رندال اف بارون، مترجم مجتبی بیگلری، حمید رحمانی.

مشخصات نشر: تهران: پژوهشی نوآوران شریف، ۱۳۹۷.

مشخصات ظاهری: ۳۰۴ ص.: مصور، جدول.

شابک: 978-600-5953-89-3

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: Cryogenic systems, c1966.

موضوع: دماهای کم -- مهندسی

شناسه افزوده: بی لری، مجتبی، ۱۳۴۴-، مترجم

شناسه افزوده: همان - حمید، ۱۳۵۴-، مترجم

رده‌بندی کنگره: ۹۱۳۹ س۲ب/TP۴۸۲

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۹

شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۶۲۳

تهران- انقلاب- نیابا، جمال - جنوبی- بعد از جمهوری- خیابان چنگیزی- خیابان زرین قدم-

بن پست مهربان- پلاک ۱۰۱-۱۰۱

تلفن: ۰۲۱۶۶۹۱۶۷۹۶-۰۲۱۶۷۱۴۰۶۰۶۰۲۱-۰۹۱۲۳۰۱۷۶۱۶-۰۹۱۰۹۱۹۲۵۷۳



عنوان کتاب: سیستم‌های کرایوجنیک

مترجمین: دکتر مجتبی بیگلری- حمید رحمانی

ناشر: پژوهشی نوآوران شریف

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۷

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

صفحه‌آرایی: سحر ابراهیمی

قیمت: ۴۰۰۰۰۰ ریال

برای کسب اطلاعات بیشتر از این مجموعه به آدرس تلگرامی زیر مراجعه فرمایید.

https://t.me/khf_sharif

کانال‌های تلگرامی بخش فنی و مهندسی:

https://t.me/Engineering_sharif

مقدمه مترجمین	۷
مقدمه	۹

فصل ۱:

۱-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های تبرید فوق عمیق (کرایوجنیک)	۱۱
۱-۲-۱- یخچله	۱۲
۱-۲-۱-۱- کاردهای کنونی مهندسی کرایوجنیک	۱۹
منابع	۲۳

فصل ۲: ویژگی‌های مواد سردساز در دمای پایین

۱-۲- مقاومت تسلیم	۲۶
۲-۲- مقاومت خستگی	۲۸
۳-۲- مقاومت ضربه‌ای	۳۰
۴-۲- سختی و مغتول‌پذیری	۳۱
۵-۲- مدول الاستیک	۳۳
۶-۲- ضریب هدایت گرمایی	۳۵
۷-۲- گرمای ویژه جامدات	۳۸
۸-۲- گرمای ویژه مایعات و گازها	۴۴
۹-۲- ضریب انبساط حرارتی	۴۷
۱۰-۲- هدایت الکتریکی	۴۸
۱۱-۲- ابر رسانایی	۵۴
۱۲-۲- سیالانی غیر از هیدروژن و هلیم	۶۰
۱۳-۲- هیدروژن	۶۳
۱۴-۲- هلیم ۴	۶۷
۱۵-۲- هلیم ۳	۷۳
مسائل	۷۴
منابع	۷۷

فصل ۳: سیستم‌های مایع‌سازی گازها

۷۹	۱-۳- پارامترهای عملکرد سیستم
۸۰	۲-۳- سیستم ایده‌آل از دیدگاه ترمودینامیک
۸۴	۳-۳- اثر ژول-تامسون
۸۸	۴-۳- انبساط آدیاباتیک
۹۰	۵-۳- سیستم ساده لінде-همپسون
۹۴	۶-۳- سیستم پیش سرد شده لінде-همپسون
۱۰۱	۷-۳- سیستم دو فشاره لінде
۱۰۵	۸-۳- سیستم آبشاری
۱۰۷	۹-۳- سیستم کارد
۱۱۱	۱۰-۳- سیستم کاپیتزا
۱۱۲	۱۱-۳- سیستم هیال
۱۱۳	۱۲-۳- سیستم‌های مایع‌سازی غیرشامل منبسط کننده‌ها
۱۱۳	۱۳-۳- سیستم‌های مایع‌سازی برای ال آر جی
۱۱۵	۱۴-۳- مقایسه سیستم‌های مایع‌سازی
۱۱۵	۱۵-۳- سیستم لінде-همپسون برای نئون و آرگن
۱۲۱	۱۶-۳- سیستم کلود برای هیدروژن یا نئون
۱۲۱	۱۷-۳- سیستم مایع‌سازی هیدروژن سرد شده با هلیوم
۱۲۳	۱۸-۳- تبدیل اورتو-پارا هیدروژن در مایع‌ساز
۱۲۵	۱۹-۳- سیستم کالینز برای مایع‌ساز هلیوم
۱۲۶	۲۰-۳- سیستم مایع‌سازی هلیوم سایمون
۱۳۲	۲۱-۳- مبدل‌های حرارتی
۱۳۶	۲۲-۳- ضرایب اصطکاک و ضرایب انتقال حرارت
۱۴۲	۲۳-۳- کارایی پره، کارایی سطح و ضریب انتقال حرارت کل
۱۴۶	۲۴-۳- روش کارایی-NTU در آنالیز مبدل حرارتی
۱۵۲	۲۵-۳- تأثیر کارایی مبدل حرارتی بر عملکرد سیستم
۱۵۶	۲۶-۳- کمپرسورها و ماشین‌های انبساط (اکسپنדרها)
۱۶۲	۲۷-۳- تلفات در ماشین‌های واقعی
۱۶۶	۲۸-۳- تأثیر بازدهی اکسپندر و کمپرسور بر عملکرد سیستم
۱۷۰	۲۹-۳- تأثیر انتقال حرارت بر سیستم
۱۷۱	مسائل
۱۸۰	منابع

فصل ۴: سیستم‌های جداسازی و خالص‌سازی

۱-۴- سیستم جداسازی ایده‌آل از نظر ترمودینامیکی	۱۸۱
۲-۴- مشخصات عمومی مخلوط‌ها	۱۸۶
۳-۴- نمودارهای دما- ترکیب	۱۸۸
۴-۴- ضریب توزیع	۱۹۳
۵-۴- نمودارهای آنتالپی- ترکیب	۱۹۵
۶-۴- تخییر یا میعان ساده	۱۹۶
۷-۴- اصول تصفیه	۱۹۸
۸-۴- ماسپات، فلش	۲۰۷
۹-۴- سبب تعداد صفحات تئوری برای ستون‌ها	۲۱۰
۱۰-۴- حداقل تعداد صفحات تئوری	۲۲۰
۱۱-۴- انواع ستون‌ها، تصفیه	۲۲۲
۱۲-۴- سیستم تری-ستون لیند	۲۲۷
۱۳-۴- سیستم دو-ستون لیند	۲۳۳
۱۴-۴- سیستم لینده-فرانکل	۲۳۶
۱۵-۴- سیستم هیلاند	۲۳۸
۱۶-۴- سیستم جداسازی آرگون	۲۴۰
۱۷-۴- سیستم جداسازی نئون	۲۴۴
۱۸-۴- سیستم لینده-برون	۲۴۶
۱۹-۴- سیستم ارلیکوئید	۲۴۹
۲۰-۴- سیستم‌های جداکننده هیدروژن-دوتریم	۲۵۰
۲۱-۴- جداسازی هلیوم از گاز طبیعی	۲۵۴
۲۲-۴- خالص‌سازی سرمایشی	۲۵۶
۲۳-۴- جذب فیزیکی	۲۶۰
مسائل	۲۶۶
منابع	۲۷۲
ضمیمه A: ضرایب تبدیل- واحدهای انگلیسی به واحدهای SI	۲۷۴
ضمیمه B: خواص مایعات اشباع (واحدهای SI)	۲۷۷
ضمیمه C: خواص مایعات اشباع (سیستم انگلیسی)	۲۸۱
ضمیمه D: خواص گازها در یک اتمسفر (سیستم SI)	۲۸۵
ضمیمه E: خواص گازها در یک اتمسفر (سیستم انگلیسی)	۲۸۹
ضمیمه F: نمودارهای ترمودینامیکی برای سیالات کرایوجنیک	۲۹۳

مقدمه مترجمین

کرایوجنیک یا تبرید فوق عمیق شاخه‌ای گسترده و مهم در مهندسی و فیزیک است که به مطالعه نحوه مای دست‌یابی به دماهای پایین‌تر از ۱۵۰- درجه سانتی‌گراد و کاربرد آنها می‌پردازد. از جمله کاربردهای این شاخه از علم می‌توان به مایع‌سازی گازهای دائمی و گاز طبیعی، دست‌یابی به خلا گسترده و فوق بالا، دست‌یابی به پدیده ابررسانایی و ... اشاره کرد. از آنجائی که متاسفانه در این زمینه هیچ کتاب آموزشی در بازار یافت نمی‌شود بر آن شدیم که یکی از کتب‌های جامع و بسیار ارزشمند موجود در این خصوص که همچنان به عنوان مرجع پایه در بیشتر مقالات علمی کرایوجنیک به کار می‌رود به فارسی برگردانیم. متن حاضر که ترجمه فصول اول تا چهارم کتاب سیستم‌های کرایوجنیک نوشته راندال راون است می‌تواند به عنوان یک کتاب درسی در دوره‌های کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی) و مهندسی شیمی مورد استفاده قرار گیرد و هم قابل استفاده در واحدهای صنعتی و پژوهشی است.

با عنایت به وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در کشور ما و بازار مصرف گسترده ال ان جی یا گاز مایع طبیعی در غالب کشورهای صنعتی از جمله چین و ژاپن و عدم حضور کنونی ایران در این بازارها، دست‌یابی به دانش طراحی مجتمع‌های تولید ال ان جی که یکی از مباحث مهم در کرایوجنیک بویژه در دو دهه اخیر است، می‌تواند گامی در جهت غنی‌تر و اثر در این بازارها و استفاده بهتر از این ثروت خداداد با صدور آن به اقصی نقاط جهان باشد.

از آنجائی که برای واژه "کرایوجنیک" معادل فارسی وضع نشده است به ناچار در سراسر متن همین واژه را بکار گرفته‌ایم. از اساتید بزرگوار و دانشجویان عزیز تقاضا داریم نظرات و پیشنهادهای خود در جهت بهبود متن کتاب و یا استفاده از واژه‌های معادل مناسب‌تر را به اینجانبان اطلاع دهند تا انشاء... در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. امید است نشر این کتاب خدمت ناچیزی به میهن اسلامی عزیزمان ایران باشد.

مجتبی بیگلری

حمید رحمانی

اسفند ۱۳۹۵

مقدمه

از زمان حباب اولین نسخه از این متن، رشته کرایوجنیک رشد و توسعه سریعی داشته است. اگرچه تا سال‌های گسترده‌ای توسط ناسا در زمینه تحقیقات فضایی و استفاده گسترده از این رشته صورت گرفته است، دهه ۱۹۶۰ به اوج خود رسیده است، استفاده از کرایوجنیک در حوزه‌های گوناگون علمی و مهندسی نیز به شدت مورد توجه بوده است. دهه ۱۹۷۰ را می‌توان دهه تنوع سازی مهندسی و این رشته دانست. بحران انرژی به صورت دردناکی در این دهه توجه جهانیان را به خود جلب نمود. مهندسی کرایوجنیک با توسعه سریع خود در زمینه فناوری LNG (گاز طبیعی مایع شده) و کاربرد ابررسانایی در تبدیل انرژی (مغناطی‌های قویونی، MHD ماشین‌های دوار برآگ)، اسخه ناسبی برای نیازهای فنی و مهندسی بود. در دهه ۱۹۸۰ نیز تحقیقاتی در پلاسماهای سرد و درجه بالا در سیستم‌های آنالیزی برای ایجاد منابع انرژی موثرتر ادامه یافت. در سال‌های ۷۰ و ۸۰، سوخت هیدروژن مایع برای برخی از وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گرفت و برخی بر این باور بودند در صورتی که منابع نفت خام تمام شود، می‌توانیم اتومبیل‌های خود را در سال ۲۰۰۰ به سمت کرایوجنیک به حرکت در آوریم و سوخت برای حمل و نقل را از این طریق تامین کنیم.

در سال ۱۹۷۵ اولین کنفرانس بین المللی مواد کرایوجنیک در دانده کرئین، شهر کینگستون ایالت اونتاریو همراه با کنفرانس مهندسی کرایوجنیک که بیستمین سالگرد این جشن بود برگزار گردید. علاقه به توسعه و کاربرد مواد بدست آمده از طریق کرایوجنیک در دهه ۱۹۸۰ محور بحث این کنفرانس بود، کنفرانس‌های دیگری نیز به ایجاد مواد ابررسانا برگزار گردید.

انجمن کرایوجنیک اولین یکصدمین سال تشکیل خود را در سال ۱۹۷۷ به برگزاری کنفرانس مهندسی تحت عنوان "کرایوجنیک: یک قرن پیشرفت- چالشی برای آینده" برگزار نمود. در این کنفرانس صد سالگی برای اولین بار به تولید اکسیژن مایع توسط کالیته و پیکته در یک قرن پیش پرداخته شد. سیکل‌های جدید کرایوجنیک در طول دهه ۷۰ و ۸۰ نیز برای دماهای بین نیتروژن مایع و هلیوم مایع مورد تحقیق و توسعه قرار گرفت.

یخچال رقیق‌سازی به عنوان یک یخچال عملی برای میزان دمای میلی کلوین مورد پذیرش واقع شد.

چاپ حال حاضر سیستم‌های کرایوجنیک شامل مواد جدیدی همچون ابر رساناها، تکنولوژی LNG، طراحی سیستم پالایش، یخچال‌ها و ابزار سازی است.

بعثت پذیرش جهانی سیستم SI که در سال ۱۹۶۸ بنیان‌گذاری شد، این سیستم در این چاپ جدید مورد استفاده قرار گرفته است، به هر حال سیستم انگلیسی تبدیلی به موازات سیستم قبلی برای کسانی که با سیستم اندازه‌گیری فوت و BTUs ها به جای متر و ژول راحت‌تر هستند مورد استفاده قرار گرفته است.

در اینجا با دار، که از دکتر کلاوس تیمرهاوس از دانشگاه کلرادو، دکتر رالف اسکورلک از دانشگاه ساوت‌هامپتون و دکتر رالف لانگ ورس از شرکت تولید کننده محصولات هوایی و شیمیایی، بخاطر کمال و پیشنهادهایشان قدردانی شود. تشکر قلبی من از همسر شیرلی است بخاطر حمایت‌های مستمر و دلگرم کننده‌اش در طول ساعات بسیار طولانی که برای تهیه و آماده کردن این نسخه بخت گذاشتم.

روستون، لوئیزیانا

ژانویه ۱۹۸۵