

۱۳۷۸۰۲۵



دانشگاه گیلان

جریان و انتقال حرارت در محیط‌های

متخلخل

(پیرایش چهارم - جلد اول)

تألیف:

دو نالد ای. نالد

آدریان بیژن

مترجمان:

دکتر محمدصادق ولی‌پور

(عضو هیأت علمی دانشگاه سمنان)

سیدمسعود واحدی

محسن خندان

سرشناسه	: نیلد، دونالد A. Nield, Donald A.
عنوان و نام پدیدآور	: جریان و انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل/تالیف دونالد ای. نایلد، آدریان بیژن؛ مترجمان محمدصادق ولی‌پور، سیدمسعود واحدی.
مشخصات نشر	: سمنان: دانشگاه سمنان، انتشارات، ۱۳۹۴-
مشخصات ظاهری	: ج.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ج ۱: ۹-۸۳-۷۰۶۵-۶۰۰-۹۷۸؛ دوره: ۳-۸۵-۷۰۶۵-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Convection in porous media, 4th ed, c ۲۰۱۳.
موضوع	: مواد متخلخل -- خواص حرارتی
موضوع	: مواد متخلخل -- نفوذپذیری موضوع: گرما -- جابه‌جایی
شناسه افزوده	: بزان، آدریان، ۱۹۴۸ - م. شناسه افزوده: Bejan, Adrian
شناسه افزوده	: ولی‌پور، محمدصادق، ۱۳۵۴ - مترجم
شناسه افزوده	: واحدی، سیدمسعود، ۱۳۷۰ - مترجم
شناسه افزوده	: خندان، محسن، ۱۳۶۴ - مترجم شناسه افزوده: دانشگاه سمنان
رده بندی کنگره	: ۹۱۳۹۴ ن ۱/۱ TA۴۱۸
رده بندی دیویی	: ۱۱۶/۶۲۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۴۳۳۳۸



انتشارات دانشگاه سمنان

جریان و انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل

مترجمان: دکتر محمدصادق ولی‌پور - سید مسعود واحدی - محسن خندان

نوبت چاپ: اول - بهار ۱۳۹۵

ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان

شمارگان: ۴۰۰ جلد

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

شابک دوره: ۳-۸۵-۷۰۶۵-۶۰۰-۹۷۸ شابک جلد اول: ۹-۸۳-۷۰۶۵-۶۰۰-۹۷۸

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد.

تلفن انتشارات: ۰۲۳-۳۳۶۵۴۱۴۲ وب سایت: www.press.semnan.ac.ir

فهرست مطالب

فصل اول: مکانیک جریان سیال درون محیط متخلخل	۲۱
۱-۱- مقدمه	۲۱
۲-۱- تخلخل	۲۵
۳-۱- سرعت رسوخ و معادله پیوستگی	۲۶
۴-۱- معادله مومنوم؛ قانون داریسی	۲۷
۱-۴-۱- قانون داریسی؛ تراوایی	۲۷
۲-۴-۱- مدل‌های جبری برای قانون داریسی	۲۹
۳-۴-۱- مدل‌های آماری برای قانون داریسی	۳۰
۵-۱- تعمیم قانون داریسی	۳۱
۱-۵-۱- شتاب و سایر اثرات انرسی	۳۱
۲-۵-۱- درگ مرتبه دوم؛ معادله فچهایمر	۳۵
۳-۵-۱- معادله برینکمان	۴۳
۴-۵-۱- سیال غیریوتنی	۴۸
۶-۱- شرایط مرزی هیدرودینامیکی	۴۹
۷-۱- آثار تغییر تخلخل	۶۰
۸-۱- آشفنگی در محیط‌های متخلخل	۶۳
۹-۱- محیط‌های شکاف دار، محیط‌های تغییر شکل پذیر و ساختارهای متخلخل پیچیده	۶۷
فصل دوم: انتقال حرارت در محیط متخلخل	۷۱
۱-۲- معادله انرژی؛ حالت ساده	۷۱
۲-۲- معادله انرژی؛ تعمیم برای حالت‌های پیچیده‌تر	۷۳
۱-۲-۲- ضریب هدایت حرارتی یک محیط متخلخل	۷۳
۲-۲-۲- آثار تغییرات فشار و استهلاک ویسکوزی	۷۷
۳-۲-۲- عدم وجود تعادل حرارتی محلی	۷۹
۴-۲-۲- پراکندگی حرارتی	۸۵

۸۹.....	۲-۲-۵- محیط‌های متخلخل سلولی
۹۰.....	۲-۳- تقریب اوبریک - بوزینسک
۹۱.....	۲-۴- شرایط مرزی حرارتی
۹۲.....	۲-۵- تشابه هیل - شاو
۹۴.....	۲-۶- انتقال حرارت زیستی و رویکردهای دیگر
۹۷.....	فصل سوم: انتقال جرم در محیط متخلخل: جریان‌های چندجزئی و چند فازی ...
۹۷.....	۳-۱- جریان چند جزئی: مفاهیم اساسی
۱۰۰.....	۳-۲- بقای جرم در یک مخلوط
۱۰۳.....	۳-۳- انتقال ترکیبی حرارت و جرم
۱۰۵.....	۳-۴- اثر یک واکنش شیمیایی
۱۰۷.....	۳-۵- جریان چند فازی
۱۱۰.....	۳-۵-۱- بقای جرم
۱۱۱.....	۳-۵-۲- بقای مومنتوم
۱۱۳.....	۳-۵-۳- بقای انرژی
۱۱۶.....	۳-۵-۴- خلاصه؛ تراوایی‌های نسبی
۱۲۰.....	۳-۶- محیط‌های متخلخل غیر اشباع
۱۲۳.....	۳-۷- نفوذ الکتریکی درون محیط‌های متخلخل
۱۲۶.....	۳-۸- نانوسیالات
۱۲۹.....	فصل چهارم: همرفت اجباری
۱۳۰.....	۴-۱- دیوار مسطح با درجه حرارت معین
۱۳۳.....	۴-۲- دیوار مسطح با شار حرارتی ثابت
۱۳۵.....	۴-۳- کره و استوانه؛ لایه‌های مرزی
۱۴۰.....	۴-۴- چشمه‌های نقطه‌ای و خطی؛ دنباله‌های حرارتی
۱۴۲.....	۴-۵- جریان محصور شده
۱۴۵.....	۴-۶- آثار گذرا
۱۴۶.....	۴-۶-۱- آنالیز مقیاسی

۱۴۹.....	۴-۶-۲- دیواره دما ثابت
۱۵۲.....	۴-۶-۳- دیواره با شار حرارتی ثابت
۱۵۳.....	۴-۶-۴- آرایش‌های دیگر
۱۵۵.....	۴-۷- آثار اینرسی و پراکندگی گرمایی؛ جریان خارجی
۱۵۸.....	۴-۸- آثار اصطکاک مرزی و تغییرات تخلخل: جریان خارجی
۱۶۴.....	۴-۹- آثار اصطکاک مرزی، اینرسی، تغییرات تخلخل و پراکندگی گرمایی؛ جریان محصورشده
۱۷۷.....	۴-۱۰- عدم تبادل حرارتی محلی
۱۷۹.....	۴-۱۱- پیکربندی‌های نسبتاً متخلخل
۱۸۴.....	۴-۱۲- کانال‌ها و لوله‌های تقاطع ناهمگن
۱۸۷.....	۴-۱۳- توسعه حرارتی
۱۸۹.....	۴-۱۴- سطوح پوشیده شده از لایه‌های متخلخل
۱۹۴.....	۴-۱۵- محیط‌های متخلخل ساخت یافته
۱۹۹.....	۴-۱۶- سایر آثار و سایر چیدمان‌ها
۱۹۹.....	۴-۱۶-۱- اثر لزجت وابسته به دما
۲۰۱.....	۴-۱۶-۲- جریان‌های نوسانی، جریان‌های مخفی جهت
۲۰۲.....	۴-۱۶-۳- سیالات غیرنیوتنی
۲۰۴.....	۴-۱۶-۴- محیط‌های متخلخل بیدیسپرس
۲۰۷.....	۴-۱۶-۵- دیگر جریان‌ها، دیگر تاثیرات
۲۱۰.....	۴-۱۷- خطوط گرمایی برای مشاهده همرفت
۲۱۳.....	۴-۱۸- شبکه‌های ساختار درختی: مقاومت کمینه در جریان‌های حجم به نقطه
۲۱۴.....	۴-۱۸-۱- مساله بنیادی جریان حجم به نقطه
۲۱۶.....	۴-۱۸-۲- حجم ابتدایی
۲۱۹.....	۴-۱۸-۳- اولین ساختار
۲۲۱.....	۴-۱۸-۴- ساختارهای مرتبه بالاتر
۲۲۴.....	۴-۱۸-۵- تئوری ساختاری تولید هندسه در طبیعت

۲۲۸	۴-۱۹- ساختارهای چندمقیاسی جریان
۲۳۳	۴-۲۰- فاصله‌گذاری بهینه برای صفحات جداشده با ساختارهای متخلخل
۲۳۷	فصل پنجم: همرفت طبیعی خارجی
۲۳۸	۵-۱- صفحه قائم
۲۳۹	۵-۱-۱- دمای دیواره توانی : حل تشابهی
۲۴۳	۵-۱-۲- صفحه قائم با شار جرم جانبی
۲۴۴	۵-۱-۳- حالت گذرا : روش انتگرالی
۲۴۸	۵-۱-۴- تأثیرات لایه‌بندی حرارتی محیط
۲۵۱	۵-۱-۵- لایه‌های مرزی هم‌بسته
۲۵۵	۵-۱-۶- خوری لایه‌مرزی مرتبه بالاتر
۲۵۷	۵-۱-۷- آثار اصطکاک مرزی، اینرسی و پراکندگی حرارتی
۲۶۶	۵-۱-۸- تحقیقات تجربی
۲۶۹	۵-۱-۹- راه‌حل‌های تحلیلی ناپایدار
۲۸۰	۵-۲- صفحه افقی
۲۸۶	۵-۳- صفحه شیب‌دار، گوه
۲۸۹	۵-۴- ناپایداری گردابه
۲۹۳	۵-۵- استوانه افقی
۲۹۳	۵-۱-۵- جریان در عداد ریلی بالا
۲۹۷	۵-۲-۵- جریان در عدد ریلی پایین و متوسط
۲۹۹	۵-۶- کره
۲۹۹	۵-۱-۶- جریان در عدد ریلی بالا
۳۰۱	۵-۲-۶- جریان در عدد ریلی پایین
۳۰۴	۵-۳-۶- جریان در عدد ریلی متوسط
۳۰۴	۵-۷- استوانه عمودی
۳۰۶	۵-۸- مخروط
۳۱۱	۵-۹- سطح دوبعدی یا متقارن محوری دلخواه

- ۳۱۴..... چشمه حرارت خطی افقی..... ۱۰-۵
- ۳۱۴..... جریان در عدد رایلی بالا..... ۱-۱۰-۵
- ۳۲۰..... جریان در اعداد رایلی پایین..... ۲-۱۰-۵
- ۳۲۴..... چشمه حرارتی نقطه‌ای..... ۱۱-۵
- ۳۲۴..... جریان در عدد رایلی بالا..... ۱-۱۱-۵
- ۳۲۷..... جریان در عدد رایلی پایین..... ۲-۱۱-۵
- ۳۳۲..... جریان در عدد رایلی متوسط..... ۳-۱۱-۵
- ۳۳۳..... پیکربندی‌های دیگر..... ۱۲-۵
- ۳۳۳..... ۱-۱۲-۵. پهنای تصویر شده از یک پایه گرم.....
- ۳۳۵..... ۲-۱۲-۵. جریان در نواحی محدود شده توسط دو صفحه.....
- ۳۳۶..... ۳-۱۲-۵. موقعیت‌های دیگر.....
- ۳۳۷..... ۴-۱۲-۵. سطوح پوشیده از مو.....
- ۳۴۱..... مراجع.....

مقدمه‌ای بر چاپ چهارم:

مقالات در زمینه جریان و انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل همچنان با حجم بالای ۲۵۰ مقاله در سال در حال انتشار هستند که نشان دهنده اهمیت این مسئله است. پذیرش اولین، دومین و سومین ویرایش کتاب مشوقی شد تا بتوانیم این مسئله را در ویرایش چهارم در عین حفظ ساختار اساسی و بنده اصلی ویرایش سوم لحاظ کنیم. ما در انتخاب منابع سعی نکردیم موارد جامع را انتخاب کنیم، با این وجود تقریباً ۱۷۵۰ عنوان از مقالاتی که به ادبیات کار ما ارجاع داده بودند^۱ را وارد چاپ جدید کتاب کردیم. در ادامه تلاش شد تا ایده‌های توسعه و کاربردهای مهمی را بیشتر مورد توجه قرار دهیم. دریافتیم که امکان گنجاندن مطالب جدید در قالب سرفصل‌های موجود وجود دارد. با این حال قسمت‌های جدیدی در مورد نانوسیالات، تجزیه کربن اکسید، حالات واکنشی که در حوزه زمین شناسی بوجود می‌آیند را وارد ویرایش جدید کردیم. بار دیگر در این کتاب، به جز اشاره‌ای مختصر، همرفت در محیط‌های غیراشباع فراتر از موضوعات این کتاب است. همچنین از ارائه مباحثی در زمینه هیدرولوژی که تحت این کتاب قابل بیان بود، خودداری نمودیم. از بسیاری از افراد که نسخه‌هایی از سرفصل‌های کتاب‌های خود که در آنها مباحث مختلف پژوهشی را بررسی نموده‌اند و قبل از انتشار در اختیار ما قرار داده سپاس گزاریم. سایر همکاری که به ارتقای شناخت ما در مورد موضوع مورد مطالعه به طرق فراوانی که قادر به بیان آنها نیستیم، بارز نموده‌اند متشکریم. از تمامی کارمندان خود، دانشگاه اوکلند و دانشگاه دوک^۲ برای کمک‌های مداومشان سپاس گزاریم.

بار دیگر با تکیه بر تخصص و پشتکار لیندا هیس و دیورا فریز نسخه دست‌نویس خود را به نسخه الکترونیکی موجود تبدیل نمودیم.

دونالد. ای. نایلد^۲

آدریان بیژن^۳

اوکلند، نیوزلند

دورهام، آمریکا

^۱ Duke

^۲ Donald A. Nield

^۳ Adrian Bejan

مقالات در زمینه جریان و انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل با شدتی در حال انتشار است که هم اکنون به بیش از ۲۰۰ مقاله در سال رسیده است. اهمیت مداوم این موضوع و نیز اقبال فراوان به چاپ‌های اول و دوم این کتاب ما را برای گردآوری مبسوط‌تر چاپ سوم مشتاق گرداند. مطالب بنیادی و بیشتر منابع چاپ دوم حفظ شده است و با وجود بیش از ۱۴۰۰ مرجع جدید در انتخاب آنها تا حدودی گزینشی عمل نموده‌ایم و مجدداً تلاش ما بر آن بوده که موضوعات مفهومی و کاربردهای مهندسی جدید را برجسته نماییم.

ما دریافتیم که می‌توان موضوعات جدید فراوانی در قالب سرفصل‌های موجود در کتاب گنجاند. هر چند بخش‌های جدید پیرامون محیط‌های متخلخل بیدیسپرس^۱، عدم تعادل گرمایی محلی، نفوذ الکتریکی^۲، ناهمگنی عرضی در کانال‌ها، توسعه گرمایی همرفت اجباری، آثار لزجت وابسته به زمان، پایداری جریان چندمقیاسی ساختاری، فاصله‌گذاری بهینه بین صفحات جداشده توسط مایعات، متخلخل، همرفت زیستی^۳ و کنترل همرفت با استفاده از ارتعاشات عمودی داریم. بار دیگر دریافتیم که بجز اشاره‌ای مختصر، همرفت در محیط‌های غیراشباع فراتر از موضوعات این کتاب است. همچنین از ارائه مباحثی در زمینه هیدرولوژی که تحت این کتاب قابل بیان بود، خودداری نمودیم.

از بسیاری از افراد که نسخه‌هایی از سرفصل‌های کتاب‌ها را خود که در آنها مباحث مختلف پژوهشی را بررسی نموده‌اند را قبل از انتشار در اختیار ما قرار داده سپاس گزاریم. سایر همکارانی که به ارتقای شناخت ما در مورد موضوع مورد مطالعه به طرق فراوانی که قادر به بیان آنها نیستیم، یاری نموده‌اند متشکریم. از تمامی کارمندان خوب، دانشگاه اوکلند و دانشگاه دوک برای کمک‌های مداومشان سپاس گزاریم. بار دیگر با تکیه بر تخصص و پشتکار لیندا هیس و دبورا فریز نسخه دست‌نویس خود را به نسخه الکترونیکی موجود تبدیل نمودیم.

دونالد. ای. نایلد

اوکلند، نیوزلند

آدریان بیژن

دورهام، امریکا

¹ Bidisperse porous media

² Electrodifffusion

³ Bioconvection

مقدمه‌ای بر چاپ دوم:

مقالات در زمینه جریان و انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل با چنان رشدی در حال انتشار است که هم اکنون به بیش از ۲۰۰ مقاله در سال رسیده است. اهمیت مداوم این موضوع و نیز اقبال فراوان به چاپ اول این کتاب ما را برای گردآوری مبسوط‌تر چاپ دوم مشتاق گردانند. با توجه به محدودیت فضای نگارش در انتخاب مراجع، گزینشی عمل نموده‌ایم هرچند بیشتر از ۶۰۰ مرجع جدید در این چاپ گنجانده شده است و مجدداً تلاش ما بر آن بوده که موضوعات مفهومی و کاربردهای مهندسی جدید را برجسته نماییم.

در مطالب مبدائی دریافتیم که فصل‌های ۲ و ۳ به اندکی تغییرات نیازمندند. بنابراین بخش جدید ۲-۶ درباره روش‌های دیگر موضوع سرفصل گنجانده شد. ولی شناخت بهبودیافته ما از مدل‌سازی اساسی جریان درون یک محیط متغیر منجر به ایجاد تغییراتی در فصل گردید که آنها را درون بخش‌های دبل گنجانده‌ایم. به علاوه بخش‌های جدیدی درباره توربولانس در محیط‌های متخلخل و یک بخش درباره محیط‌های شکاف دار، محیط‌های شکل‌پذیر و ساختارهای پیچیده متخلخل اضافه گردیده است.

در فصل ۴ که همرفت اجباری را شامل می‌شود، بخش‌های مهم‌تر و جدیدتری درباره مبدل‌های حرارتی فشرده، خطوط گرمایی مورد استفاده در عینی‌سازی همرفت و شبکه‌های ساختاری درختی برای کمینه کردن مقاومت "حجرات شبکه‌ای" جریان‌ها در محیط‌های متخلخل ناهمگن اضافه نموده‌ایم.

در فصل ۵ (همرفت طبیعی خارجی) تعداد قابل توجهی موضوع جدید به بخش‌های موجود اضافه گردیده است. در فصول ۶ و ۷ که پیرامون همرفت طبیعی داخلی است، توضیحاتی پیرامون آثار یک میدان مغناطیسی دوار گنجانده‌ایم و بخش‌های جدیدی درباره گرمایش تناوبی و چشمه‌های در نواحی محدود یا نقطه‌ای محدودشده نیز موجود است. آخرین مورد یادشده تشعشعات قابل توجه زباله‌های هسته‌ای و معضل دفع آنها است. در فصل ۸ که همرفت ترکیبی را در بر می‌گیرد، بخش‌های جدیدی وجود ندارد اما در یک زیر بخش جدید، تئوری یکپارچگی^۱ که برای شرایط لایه‌مرزی بسط داده شده را معرفی کرده و آن را برجسته می‌کنیم. در فصل ۹ که پیرامون همرفت نفوذ دوگانه (انتقال حرارت و جرم) است بخش

¹ Unified theory

جدیدی درباره همرفت ایجاد شده توسط شیب گرادیان وجود دارد. موضوعی که پوشش گسترده‌تری از آن در بخش مربوط به فصل ۷ داده شده است.

در فصل ۱۰ که به همرفت همراه با تغییر فاز می‌پردازد، یک زیربخش جدید درباره استحکام بخشی آلیاژهای دوتایی گنجانده‌ایم، موضوعی که در دهه‌های اخیر رونق گرفته است. همچنین یک بخش جدید درباره فضاهایی که با سیال و الیافی که توسط یک ماده تغییر فاز دهنده پوشش داده شده است، قرار داده‌ایم. در چاپ اول تنها اندکی جریان دوفازی را - به رغم اهمیت آن در گرمایش و سایر موضوعات - مورد بحث قرار داده‌ایم. درباره این موضوع بحثی کلی گنجانده شده است که آنرا در انتهای فصل ۱۱ (جنبه‌های ژئوفیزیکی) بررسی کرده‌ایم. بار دیگر تصمیم گرفتیم که جز توضیحاتی مختصر، جابجایی در محیط‌های غیراشباع که فراتر از حوزه این کتاب است را در نظر نگیریم.

دونالد. ای. نایلد مجله از دهرهام مهندسی مکانیک و مواد دانشگاه دوک در زمانی که جهت تحقیق و مطالعه خارج از دانشگاه رکلند بوده و از هر دوی آن موسسات برای فراهم آوردن حمایت‌های مالی قدردانی می‌نماید.

از پیشنهاد‌های گراهام ویر^۱ و راجر یانگ^۲ باره یک پیش‌نویس از بخش ۹-۱۱ و موضوعی که ما نیاز به فراگیری بیشتر داشتیم قدردانی می‌نماییم. همچنین از افراد بیشماری که پیش‌نویس مقالات خود قبل از انتشار را در اختیار ما قرار دادند متشکریم. از سایر همکاران که درک ما از موضوع این کتاب را به طرق فراوانی به از یاز آنها عاجزیم، بهبود بخشیدند تشکر می‌کنیم.

بار دیگر با تکیه بر تخصص و پشتکار لیندا هیس، نسخه دست‌نویس خود را به نسخه الکترونیکی تبدیل نموده‌ایم؛ و بار دیگر از تمام کارکنان کتابخانه مهندسی دانشگاه دوک که تحقیق ما در مورد مطالعات انجام‌شده را به تجربه‌ای لذت‌بخش بدل نمودند تشکر می‌نماییم.

دونالد. ای. نایلد

آدریان بیژن

اوکلند، نیوزلند

دورهام، امریکا

^۱ Graham Wier

^۲ Roger Young

مقدمه‌ای بر چاپ اول:

در این کتاب ما بر آن بوده‌ایم که مقدمه‌ای مخاطب‌پسند درباره موضوع جابجایی در محیط‌های متخلخل ارائه دهیم. فرض کرده‌ایم که خواننده با اصول مکانیک سیال و انتقال حرارت آشنا بوده است، هرچند که این کتاب جامع است اما تنها ریاضیات کلاسیک معمول به کار گرفته شده است. امیدواریم که کتاب به‌عنوان یک مرور (به‌عنوان مرجع) و یک تحقیق آموزشی (مناسب به‌عنوان یک کتاب مرجع برای دروس مقاطع عالی و یا سمینار) مفید باشد.

این کتاب چشم‌اندازی از حجم انبوه تحقیقات صورت گرفته در دو دهه اخیر را ارائه می‌دهد. امروزه این موضوع رشد چشمگیری داشته که به علت توجه جهانی به مسائلی از قبیل خودکفایی انرژی و آلودگی محیط‌زیست است. زمینه‌های استفاده شامل عایق‌کاری ساختمان‌ها، ذخیره و بازیابی انرژی، مایع‌های زمین‌گرمایی، دفع زباله‌های هسته‌ای، مهندسی راکتورهای شیمیایی و ذخیره مواد گرمایمانند زغال‌سنگ و حبوبات است. کاربردهای ژئوفیزیکی شامل جریان آب‌های زیرزمینی در اطراف رسوخ داغ تا پایدارسازی برف در برابر بهمن می‌گردد.

ما معتقدیم که این کتاب به موقع ارائه گردیده زیرا این موضوع اکنون رشد پیدا کرده و کامل شده بطوریکه مجموعه‌ای از مفاهیم است که تجدیدنظر اساسی درمورد آنها بعید به نظر می‌رسد. همانگونه که خواننده درخواهد یافت، هم اکنون روابط برای شرایط انتقال حرارت و پارامترهای جریان برای حالت اشباع به خوبی برای مقاصد طراحی مهندسی شناخته شده هستند. اساس تئوری‌های مزبور توسط آزمایش اعتباربخشی شده است. در همین حال مشکلات برجسته‌ای برای حالت محیط‌های غیراشباع و جریان چندفازی در محیط‌های ناهمگن وجود دارد که مرتبط با موضوعاتی همچون رطوبت زدایی مصالح متخلخل و افزایش بازیافت نفت است.

حجم بالای مطالب موجود گستره قابل بحث این کتاب را محدود ساخته است. این امر ما را بر آن داشته که بحث درباره جابجایی در محیط‌های غیراشباع و نیز مدل‌سازی مخازن زمین‌گرمایی^۱ را حذف نماییم هرچند مراجع برای مروری بر این موضوعات ارائه شده است.

^۱ Geothermal reservoirs

همچنین از درج صدها مقاله دیگر که شامل برخی از مقالات انجام شده توسط خود ما نیز می‌گردید، چشم‌پوشی کردیم. ما بر گزارش‌های تحقیقات تجربی که اندک بوده (در برخی از حوزه‌ها هنوز دچار فقدان هستند) تاکید نموده‌ایم. برخی مطالب شامل تحقیقات خوب اخیر که جایگزین شده‌اند و برخی مطالعات عددی شامل هندسه‌های پیچیده در نظر گرفته نشده‌اند. همچنین مقالاتی شامل آثار اضافی دوران و میدان مغناطیسی در نظر گرفته نشده‌اند. از آنجا که تحقیق تجربی و یا کاربرد قابل توجهی از این حالات تاکنون ارائه نشده است از بابت کامل نبودن این کتاب متاسفیم اما بر این باوریم که کتاب حاضر تصویری خوب از سطح کنونی مطالعات در این زمینه ارائه می‌نماید.

سه فصل ابتدایی پیش‌زمینه‌ای برای مطالعه بقیه فصول کتاب است. هسته اصلی همرفت حرارتی در فصول ۴ تا ۸ گنجانده شده‌اند. هدف اصلی ما برای جداسازی مطالب بنیادی از مطالب کاربردی عملی بوده و این فصول بر اساس هندسه و شکل گرمایش سازمان دهی شده‌اند. فصل ۹ در ارتباط انتقال حرارت هم‌بسته و انتقال جرم هم‌بسته. فصل ۱۰ به بررسی انتقال حرارت کوپل شده با تغییر فاز می‌پردازد. موضوعات ژئوفیزیکی که شامل فرآیندهای فیزیکی اضافی بوده و منجر به ارائه مطالعات تئوری گردیده در فصل ۱۱ بررسی می‌شوند.

این کتاب توسط دونالد. ای. نایلد در دپارتمان مهندسی مکانیک و مواد دانشگاه دوک و در زمانی که برای تحقیق و مطالعه خارج از دانشگاه ارتقا داده، نگارش شده است. حمایت مالی از این فرصت مطالعاتی توسط دانشگاه اوکلند، دانشگاه دوک و برنامه همکاری پژوهشی نیوزیلند- ایالات متحده آمریکا فراهم شده است. از دین ایرل^۱، رابول^۲ و پروفیسور رابرت ام. هاجم^۳ (هر دو از دانشگاه دوک) که در عملی شدن پروژه این کتاب ما را یاری نموده‌اند سپاسگزاریم.

لینداهیس تمام کارهای تبدیل نوشته‌های دست‌نویس ما به نسخه الکترونیکی با کیفیت کنونی را بر عهده داشته است، که آن را با دقت بالا و صبر فراوان در تمام لحظاتی که ما نظرات خود را عوض نموده و پیش‌نویس‌هایمان را اصلاح نمودیم، به انجام رسانده است. در مراحل مختلف تهیه نسخه چاپی و شکل لینداهیس، کتی ویکرز^۳، جونگ اس. لیم^۴، جوز

¹ Dean Earl H. Dowell

² Robert M. Hochmuth

³ Kathy Vickers

⁴ Jong S. Lim

لیم^۱ و لاورنس هاول^۲ ما را یاری نمودند. اریک اسمیت^۳ و تیم وی در کتابخانه مهندسی دانشگاه دوک با همکاری خود مراحل تحقیق ما را تسهیل نمودند. ما از همه برای تمامی کمک‌هایی که به ما رساندند سپاسگزاریم.

دونالد. ای. نایلد

آدریان بیژن

اوکلند، نیوزلند

دورهام، امریکا

www.ketab.ir

¹ Jose L. Lage

² Laurens Howle

³ Eric smith