



انتقال گرمایی جابجایی در نانوسیال

دکتر امین بهر مهر

(عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گیلان و ایران)

مهندس سیامک میرمعصومی

(عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک کشتی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار)

سرشناسه	: بهزادمهر، امین
عنوان و نام پدیدآور	: انتقال گرمای جابجایی در نانوسیال / امین بهزادمهر، سیامک میرمعصومی؛ [به سفارش] دانشگاه سیستان و بلوچستان.
مشخصات نشر	: مشهد: مرنديز، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۰ ص.: مصور، جدول.
شابک	: 978-600-106-252-0
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: نانوسیالات
موضوع	: گرما — انتقال
شناسه افزوده	: میرمعصومی، سیامک،
شناسه افزوده	: دانشگاه سیستان و بلوچستان
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ الف ۹ب/۲۶۰ TJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۴۰۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۰۹۳۵۵۰



دانشگاه مراغه

با همکاری نشر

انتقال گرمای جابجایی در نانو سیس

تألیف:

دکتر امین بهزاد مهر

مهندس سیامک میرمعصومی

چاپ: کامیاب

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۵۵۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۰۶-۲۵۲-۰۰

مشهد، میدان تختی، خیابان آیکوه ۷، دانشسرای ۸، شماره ۹۰

تلفن: ۰۵۱۱-۷۲۷۴۷۶۵ فکس: ۰۵۱۱-۷۲۵۱۳۰۳

www.Marandiz.com

فهرست مطالب

I	فهرست مطالب
VIII	پیشگفتار مولفین

مقدمه

۱	فن آوری نانو
۳	کاربردهای نانو
۳	ریز اختراعات
۴	نانوسیال
۵	مزایای استفاده از نانوسیال
۷	مروری بر تحقیقات صورت گرفته بر روی نانوسیال
۷	پژوهش‌های انجام شده بر روی نحوه تغییرات رسانش آمایز نانوسیال
۱۲	پژوهش‌های انجام شده بر روی تغییرات ضریب انتقال گرمایی جابجایی نانوسیال
۱۴	مدل‌های ارائه شده برای انتقال گرما در نانوسیال‌ها
۱۵	پژوهش‌های انجام گرفته بر روی پایداری ذرات و نیروهای میان ذره‌ای
۱۸	پژوهش‌های انجام گرفته بر روی ویسکوزیته موثر نانوسیال
۲۰	تحقیقات انجام شده در زمینه انتقال گرمای جابجایی نانوسیال

فصل اول

رفتار متقابل نانو ذرات و سیال پایه و بررسی پایداری در نانوسیال‌ها

۲۳	۱-۱- پایداری در نانوسیال
۲۳	۲-۱- تئوری تقابل حوزه‌های انرژی

۲۵	۳-۱- نیروهای موثر وارد بر نانوذرات.....
۲۶	۱-۳-۱- نیروی پسا (درگ).....
۲۶	۲-۳-۱- نیروی برآونی.....
۲۷	۳-۳-۱- نیروی ترموفورز.....
۲۸	۴-۱- مدل ریاضی.....
۳۱	۵-۱- زنگ‌های دیگر در تحلیل پایداری.....
۳۱	۱-۵-۱- تحلیل دو ذره‌ای.....
۳۱	۲-۵-۱- تحلیل سه ذره‌ای.....
۳۱	۳-۵-۱- تحلیل چند ذره‌ای (سه ذره).....
۳۴	۱-۳-۵-۱- روش.....
۳۶	۲-۳-۵-۱- روش دوم.....
۳۸	۳-۳-۵-۱- روش سوم.....
۳۹	۴-۳-۵-۱- روش چهارم.....
۴۱	۵-۳-۵-۱- مقایسه تحلیل‌ها.....
۴۲	۶-۱- جاذب‌های سطحی پلیمری.....
۴۲	۱-۶-۱- پلیمر.....
۴۳	۲-۶-۱- فرآیند جذب سطحی.....
۴۴	۳-۶-۱- تحلیل برخورد ذرات پوشیده شده توسط پلیمرها.....
۴۶	۴-۶-۱- مدل ریاضی پایداری ذرات پوشیده شده توسط پلیمرها.....
۴۸	۵-۶-۱- موانع موجود در کاربرد جاذب‌های سطحی پلیمری.....

۴۹	۷-۱-۷-رسم نمودار پایداری نانو سیال ها.....
۵۳	۸-۱-۸-تحلیل نمودارهای پایداری نانوسیال ها.....
۵۳	۸-۱-۱-بررسی محدوده‌ی پایداری نانوسیال با خواص ثابت و متغیر بر حسب دما.....
۵۳	۸-۱-۲-بررسی اثر تغییر گرادیان دما بر پایداری نانو سیال.....
۵۴	۸-۱-۳-تاثیر نوع ذرات و سیال پایه بر پایداری نانوسیال.....
۵۶	۸-۱-۴-اثر افزودن جاذب های سطحی پلیمری بر پایداری نانوسیال.....
۵۸	۸-۱-۵-اثر H بر پایداری نانوسیال.....

فصل دوم

روش های مطالعه رفتار هیدرودینامیکی و گرمایی نانوسیال

۵۹	۲-۱-۱-روش های تجربی مطالعه بر روی نانوسیال ها.....
۵۹	۲-۱-۱-۱-نحوه ی تهیه نانوسیال ها.....
۶۰	۲-۱-۱-۲-فرآیند دو مرحله ای.....
۶۰	۲-۱-۱-۲-فرآیند تک مرحله ای.....
۶۳	۲-۲-شناخت خواص نانوسیال در روش های تجربی.....
۶۳	۲-۲-۱-تعیین ترکیبات عنصری ذرات نانو.....
۶۳	۲-۲-۲-تعیین اندازه (قطر) ذرات.....
۶۳	۲-۲-۳-بررسی پایداری نانو ذرات درون نانوسیال.....
۶۴	۲-۲-۴-اندازه گیری ویسکوزیته.....
۶۴	۲-۲-۵-اندازه گیری رسانش گرمایی نانوسیال.....
۶۴	۲-۳-روش های عددی.....

۶۴	 ۱-۳-۲- دیدگاه عددی تک‌فازی
۶۶	 ۲-۳-۲- دیدگاه عددی دوفازی،
۶۶	 ۱-۲-۳-۲- مدل دوفازی مخلوط.....
۶۹	 ۲-۲-۳-۲- مدل چند فازی اولرین.....
۷۰	 ۱-۲-۳-۲-۱- معادلات حاکم در روش اولرین.....

فصل سوم

مدل سازی خواص فیزیکی نانوسیال

۷۷	 ۱-۳-۱- مدل سازی خواص ترمال نانوسیال.....
۷۷	 ۲-۳-۱- مدل سازی ظرفیت گرمایی نانوسیال.....
۷۸	 ۳-۳-۱- مروری بر مدل‌های ارائه شده برای ویسکوزیته موثر نانوسیال.....
۸۱	 ۴-۳-۱- مروری بر مدل‌های ارائه شده برای رسانش گرمایی موثر نانوسیال.....
۸۳	 ۵-۳-۱- مدل‌های ارائه شده برای پخش گرمایی موثر نانوسیال.....
۸۳	 ۱-۵-۳- اثر نانولایه‌ای تشکیل شده از سیال در اطراف ذرات بر روی رسانش گرمایی موثر.....
۸۴	 ۲-۵-۳- اثر حرکت برآونی ذرات بر رسانش گرمایی موثر نانوسیال.....
۸۸	 ۳-۵-۳- اثر خوشه‌ای شدن نانوذرات بر رسانش گرمایی موثر نانوسیال.....
۸۹	 ۶-۳-۱- شرح مدل‌سازی رابطه‌ای برای ویسکوزیته موثر نانوسیال.....
۸۹	 ۱-۶-۳- ویسکوزیته ظاهری.....
۹۴	 ۷-۳-۱- بررسی سازگاری نتایج حاصل از رابطه پیشنهادی با مقادیر آزمایشگاهی.....
۹۶	 ۸-۳-۱- تأثیر متغیرهای مختلف بر روی ویسکوزیته موثر نانوسیال.....
۹۸	 ۹-۳-۱- مدل سازی رسانش گرمایی موثر نانوسیال.....

۱۰۰	 ۱-۹-۳- رسانش گرمایی در نانو لایه سیال
۱۰۲	 ۲-۹-۳- انتقال گرمای جابجایی توسط حرکت برآونی نانو ذرات
۱۰۴	 ۳-۹-۳- محاسبه رسانش گرمایی موثر نانوسیال
۱۰۷	 ۴-۹-۳- محدودیت های مدل ارائه شده
۱۰۸	 ۵-۹-۳- مقایسه نتایج با مقادیر آزمایشگاهی

فصل چهارم

انتقال گرمای جابجایی جریان ورقه ای و پایای نانوسیال درون لوله های افقی

۱۱۳	 ۱-۴- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه ای نانوسیال درون یک لوله ای افقی با شار گرمایی یکنواخت در دیواره (نگرش تک فازي)
۱۱۶	 ۱-۱-۴- اثر کسر حجمی ذرات مایع بر کانتینرهای دمای نانوسیال
۱۱۹	 ۲-۱-۴- اثر کسر حجمی ذرات معلق بر روی پایداری ثانوی
۱۲۲	 ۳-۱-۴- اثر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال گرمای جابجایی نانوسیال
۱۲۳	 ۴-۱-۴- اثر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب اصطکاک سطحی
۱۲۶	 ۲-۴- انتقال گرمای جابجایی اجباری جریان لایه ای نانوسیال درون یک لوله ای افقی هم مرکز با شار گرمایی یکنواخت در دیواره (نگرش تک فازي)
۱۲۷	 ۱-۲-۴- تاثیر کسر حجمی ذرات بر متغیرهای هیدرودینامیکی نانوسیال تک فازي در لوله های هم مرکز افقی
۱۴۰	 ۳-۴- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان ورقه ای نانوسیال با شار گرمایی یکنواخت در دیواره ای یک لوله ای افقی (نگرش دو فازي)
۱۴۱	 ۱-۳-۴- تاثیر کسر حجمی جامد- مایع بر روی دمای نانوسیال آب- اکسید آلومینیوم
۱۴۷	 ۲-۳-۴- تاثیر کسر حجمی جامد- مایع بر روی سرعت های ثانوی درون یک لوله ای افقی
۱۴۹	 ۳-۳-۴- اثر کسر حجمی ذرات بر ضریب انتقال گرمای جابجایی و عدد نوسل نانوسیال درون یک لوله ای افقی

- ۴-۳-۴- تأثیر کسر حجمی ذرات جامد نانو بر افت فشار جریان نانوسیال در طول لوله‌ی افقی..... ۱۵۴
- ۴-۳-۵- نحوه‌ی توزیع فاز دوم و اثر قطر ذرات معلق بر متغیرهای مختلف درون یک لوله‌ی افقی..... ۱۵۷
- ۴-۳-۶- اثر قطر نانوذرات بر روی سرعت‌های ثانوی جریان درون یک لوله‌ی افقی..... ۱۶۲
- ۴-۳-۷- اثر قطر ذرات، بر روی ضریب انتقال گرمای جابجایی نانوسیال درون یک لوله‌ی افقی..... ۱۶۳
- ۴-۳-۸- اثر قطر ذرات بر روی افت فشار جریان نانوسیال در طول لوله‌ی افقی..... ۱۶۵
- ۴-۴- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه‌ای نانوسیال با شار گرمایی غیریکنواخت در دیواره‌ی یک لوله‌ی افقی (نگرش دوفازی)..... ۱۶۶
- ۴-۴- اثر کسر حجمی ذرات بر سرعت‌های ثانوی و دمای بی بعد در اعداد ریچاردسون متفاوت..... ۱۶۹

فصل پنجم

انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه‌ای و پایای نانوسیال درون لوله‌های مایل

- ۵-۱- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه‌ای نانوسیال درون لوله‌ی مایل با شار گرمایی یکنواخت در دیواره (نگرش تک‌فازی)..... ۱۷۵
- ۵-۱-۱- تأثیر شیب لوله بر روی سرعت محوری بی بعد نانو..... ۱۷۵
- ۵-۲- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه‌ای نانوسیال درون لوله‌ی مایل با شار گرمایی یکنواخت در دیواره (نگرش دوفازی)..... ۱۸۰
- ۵-۲-۱- تأثیر زاویه‌ی لوله نسبت به افق و نیز قطر نانوذرات بر میزان انتقال گرمایی درون یک لوله‌ی مایل..... ۱۸۰
- ۵-۲-۲- تأثیر زاویه‌ی لوله نسبت به افق و نیز قطر نانوذرات بر ضریب انتقال گرمای جابجایی درون یک لوله‌ی مایل..... ۱۸۳
- ۵-۲-۳- تأثیر زاویه‌ی لوله نسبت به افق و نیز قطر نانوذرات بر نحوه‌ی توزیع ذرات در مقطع لوله‌ی مایل..... ۱۸۶
- ۵-۲-۴- اثر قطر و درصد حجمی نانوذرات بر روی افت فشار جریان نانوسیال در طول یک لوله‌ی مایل..... ۱۸۹

فصل ششم

انتقال گرمای جابجایی پایای نانوسیال درون لوله‌های خمیده

۱۹۱	۱-۶- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه‌ای نانوسیال درون یک لوله‌ی افقی خمیده با شار گرمایی یکنواخت در دیواره (نگرش تک‌فازی)
۱۹۴	۱-۶-۱- تاثیر تغییرات گراشف و کسر حجمی ذرات بر سرعت محوری بی‌بعد، سرعت‌های ثانوی و دمای بی‌بعد
۱۹۸	۱-۶-۲-۱- کسر حجمی ذرات و گراشف بر عدد نوسل میانگین نانوسیال
۲۰۰	۱-۶-۲- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان لایه‌ای نانوسیال درون یک لوله‌ی افقی خمیده با شار گرمایی یکنواخت در دیواره (نگرش دو فازی)
۲۰۱	۱-۶-۲-۱- اثر تغییرات کسر حجمی ذرات بر سرعت‌های ثانوی، دمای بی‌بعد و سرعت محوری نانوسیال
۲۰۷	۱-۶-۲-۲- اثر نیروهای گریز از مرکز، شناور و کسر حجمی ذرات در لوله‌ی خمیده، بر نحوه‌ی توزیع ذرات نانو در مقطع لوله
۲۰۹	۱-۶-۳-۲- اثر کسر حجمی ذرات نانو بر انتقال گرمایی جابجایی و نیز ضریب اصطکاک سطحی، درون یک لوله خمیده
۲۱۱	۱-۶-۴-۲- اثر قطر ذرات نانو بر نحوه توزیع آنها در مقطع لوله خمیده
۲۱۴	۱-۶-۳- انتقال گرمای جابجایی ترکیبی جریان آشفته‌ی نانوسیال درون یک لوله‌ی افقی خمیده با دمای ثابت در دیواره (نگرش دو فازی)
۲۱۶	۱-۶-۳-۱- اثر تغییرات گراشف و کسر حجمی ذرات بر سرعت ثانوی و کانتورهای دمای بی‌بعد
۲۱۸	۱-۶-۳-۲- اثر کسر حجمی ذرات بر چگونگی تغییر شدت تلاطم
۲۱۹	۱-۶-۳-۳- کسر حجمی ذرات بر عدد نوسل، ضریب اصطکاک سطحی و تنش برشی
۲۲۱	فهرست علائم و اختصارات
۲۲۹	واژگان علمی
۲۳۷	مراجع

پیشگفتار مولفین

سپاس و ستایش خداوند بلند مرتبه را که به لطف و کرم بی‌کران او توفیق تالیف کتاب انتقال گرما جابجایی در نانوسیال حاصل شد.

کتابی که پیش رو دارید نتیجه تلاش و ثمره سال‌ها مطالعه و تحقیق در زمینه انتقال گرمای جابجایی نانوسیال‌ها در آزمایشگاه تحقیقاتی نانوسیال دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد. مولفان در این کتاب کوشیده‌اند که ضمن اشاره به ویژگی‌های منحصر به فرد نانوسیال‌ها، به بحث پایداری آنها که از مهمترین چالش‌های پیش رو برای کاربردی کردن این سیال در صنعت می‌باشد نیز بپردازند. این کتاب بر اساس تجربیاتی یافته‌ای تحقیقاتی در این خصوص به رشته تحریر در آمده است و امیدواریم که مرجع مناسبی برای مهندسين، محققين و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که در این زمینه تحقیق می‌کنند باشد.

بدین منظور ابتدا در مقدمه به تعریف این فن‌آوری و ارائه مطالعاتی که در این خصوص در ادبیات فن مستند شده است پرداخته می‌شود. در فصل اول، پایداری که یکی از چالش‌های اساسی پیش روی استفاده از نانوسیال‌ها در صنعت می‌باشد، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. با ارائه روابط حاکم و حل آنها شرایط مورد نیاز از گرمای هیدرودینامیکی که در آن نانوسیال، پایدار می‌ماند تعیین می‌شوند و منحنی‌های پایداری مربوط ارائه می‌گردد. روش‌های مختلف مطالعه رفتار نانوسیال، اعم از روش‌های تجربی و محاسباتی، در فصل دوم به بحث قرار می‌گیرند. در ابتدای این فصل به روش‌های تجربی برای انجام این مطالعات اشاره گردیده و سپس به موضوع مدل سازی‌های ریاضی و نحوه حل آنها با دو نگرش تک‌فازی و دوفازی پرداخته می‌شود.

خواص فیزیکی نانوسیال عامل تعیین کننده‌ای در رفتار حرارتی و هیدرودینامیکی آن می‌باشند، از این رو در فصل سوم به مدل‌های موجود در ادبیات فن برای مدل این خواص پرداخته می‌شود و علاوه بر معرفی این مدل‌ها، دو مدل دیگر که در آزمایشگاه تحقیقاتی نانوسیال دانشگاه سیستان و بلوچستان توسعه یافته‌اند بطور کامل تشریح می‌شوند. سپس در فصل چهارم به مطالعه رفتار حرارتی و هیدرودینامیکی جریان یک نانوسیال درون لوله‌های افقی پرداخته می‌شود. لازم بذکر است که در این مدل محاسباتی تک‌فازی و دوفازی در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این مطالعات مشابه‌ای نیز برای لوله‌های مایل و لوله‌های خمیده در فصل‌های پنجم و ششم مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

در پایان لازم می‌دانیم که مراتب سپاس و تشکر خود را از تمامی دانشجویان، محققین و کارشناسان آزمایشگاه تحقیقاتی نانوسیال دانشگاه، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان و بویژه سرکار خانم مهندس سحر درویش ابراز داشته و از خانواده‌های گرمای خود که با تحمل و شکیبایی بسیار، انجام این مهم را مقدور ساخته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم.

سیامک میرمعصومی

امین بهزاد مهر

دی ماه ۱۳۹۱