بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی

گروه آموزشی مکانیک

پایان‌نامه :

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان :

شبیه سازی عددی انتقال حرارت در مبدلهای حرارتی دو لوله‌ای با استفاده از نانو سیالات

استاد راهنما :

دکتر محمد مهدی رشیدی

نگارش :

امیـن حـسینی

۱۶ بهمن ۱۳۹۱

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا همدان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا و یا استاد راهنمای پایان‌نامه و دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز رسمی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر اینصورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس و یا سخنرانی‌ها الزامی است.

مقالات خارجی

……, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات داخلی

……، گروه ……، دانشکده ……، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب امین حسینی تایید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه بوعلی سینا همدان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی : امین حسینی

امضاء

تقدیم به پــدرم ،

که انسان بودن را

لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن و عظمت رسیدن را

برایم معنا کرد ..

تقدیم به مــادرم ،

که به تنهایــی ،

نخستین معنا در نخستین واژه هایم و

نخستین امیدها در نخستین شکست‌هایم بود ..

و تقدیم به همه ی آزاد اندیشانی

که لحظه ای بـُعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند ..

سپاسگزاری

اکنون که به یاری خداوند متعال این پایان‌نامه به اتمام رسیده است برخود لازم می‌دانم از تمام کسانی که به نوعی اینجانب را در انجام پایان‌نامه یاری کرده‌اند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. از زحمات شایان و بی دریغ **استاد ارجمندم جناب آقای دکتر رشیدی** که مرا در تمامی عرصه‌های علمی و زندگی یاری نموده‌اند و از مساعدت و حمایت خویش بهره‌مند ساخته‌اند و بدون حضور ایشان و نکته‌های راه‌گشای ایشان قطعا این پایان‌نامه به سرانجام نمی‌رسید، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از خانواده‌ی عزیزم که با همه‌ی مشکلات و سختی‌ها، همیشه مشوق من برای ادامه‌ی تحصیل بودند و همچنین به خاطر محبت‌های بی دریغشان صمیمانه سپاسگزارم و به تک تکشان می-بالم.

و در پایان لازم است از دیگر دوستان آقایان کاوه مینایی، موسی اسفندیاری، امین مرادی، فیض الله رحیمی، محمد رضا قسمتی، مجتبی علیزاده، شهرام پورآذین و تمامی دوستانی که مرا همراهی کردند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم، هرگز فراموششان نمی‌کنم.

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات پایان نامه تحصیلی

عنوان:

شبیه سازی عددی انتقال حرارت در مبدل حرارتی دو لوله‌ای با استفاده از سیالات نانو

نام نویسنده: امین حسینی

نام استاد/اساتید راهنما: دکتر محمد مهدی رشیدی

نام استاد/اساتید مشاور: -

دانشکده : فنی و مهندسی	**گروه آموزشی: مهندسی مکانیک**	
رشته تحصیلی: مهندسی مکانیک	**گرایش تحصیلی: تبدیل انرژی**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب: ۹۰/۴/۱۳	**تاریخ دفاع: ۹۱/۱۱/۱۶**	**تعداد صفحات: ۱۲۴**

چکیده:

در این پژوهش برای پیش‌بینی عددی پارامترهای مؤثر در جریان و انتقال حرارت سیال نانو، از مدل تک فازی و سه مدل متفاوت دو فازی شامل مدل‌های اویلرین، مخلوط و حجم سیال (VOF) استفاده شده است. مسئله‌های بررسی شده شامل یک مبدل حرارتی با سیال نانو شامل اکسید آلومینیوم و آب در رژیم جریان آرام و به صورت سه بعدی، یک مبدل حرارتی با سیال نانو شامل اکسید تیتانیوم و آب در رژیم جریان آشفته و به صورت تقارن محوری و یک کانال با دیواره‌های موج دار با سیال نانو شامل مس و آب در رژیم جریان آرام می‌باشند. پارامترهای مؤثر شامل ضریب انتقال حرارت جابجایی، ضریب اصطکاک، افت فشار، تنش برشی، توزیع سرعت و دما و غیره مطالعه و پیش‌بینی مدل‌های دو فازی و تک فازی با یکدیگر مقایسه شده است. از نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که با افزایش کسر حجمی ذرات نانو ضریب انتقال حرارت در جریان آرام به شکل قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند. در جریان آرام پیش‌بینی مدل‌های دو فازی نسبت به مدل تک فازی به مراتب به نتایج آزمایشگاهی نزدیک‌تر بوده است. مدل اویلرین نسبت به دو مدل دو فازی دیگر ضریب انتقال حرارت پایین‌تری را پیش‌بینی می‌کند، مخصوصاً در جریان آشفته که تخمین بسیار پایینی را نشان می‌دهد. برای سایر پارامترها مدل‌های دو فازی پیش‌بینی‌های تقریباً مشابهی را ارائه می‌دهند. ضریب اصطکاک پیش‌بینی شده توسط مدل‌های دو فازی مقدار کمتری را نسبت به مدل تک فازی نشان داده است. همچنین با مطالعه توزیع سرعت و دما در هر مسئله، مشخص شد که مدل‌های دو فازی و تک فازی در حوزه‌ی سرعت پیش‌بینی‌های تقریباً یکسانی دارند در حالی که تفاوت این مدل‌ها در حوزه‌ی دما قابل ملاحظه و نسبتاً زیاد است.

واژه‌های کلیدی: سیال نانو، مدل‌های دوفازی و تک فازی، انتقال حرارت، مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای، کانال با دیواره‌ی موجی شکل

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقـدمـــه ۱۱

۱-۲- فناوری نانو ۳

۱-۳- سیال نانو ۴

۱-۴- مروری بر کارهای انجام شده در مورد سیالات نانو ۷

۱-۵- پژوهش حاضر ۱۴

فصل دوم: تعریف مسئله‌ها، شرایط مرزی و معادلات حاکم ۱۷

۲-۱- تعریف مسئله‌ها و شرایط مرزی ۱۹

۲-۲- خواص فیزیکی سیال پایه و ذرات نانو: ۲۱

۲-۳- معادلات حاکم ۲۲

۲-۳-۱- مدل تک فازی ۲۲

۲-۳-۱-۱- خواص فیزیکی سیال نانو برای مدل تک فازی ۲۲

۲-۳-۱-۲- معادلات پیوستگی،اندازه حرکت و انرژی برای مدل تک فازی ۲۳

۲-۳-۲ مدل‌های دو فازی ۲۳

۲-۳-۲-۱ مدل حجم سیال (VOF model) ۲۴

۲-۳-۲-۲- مدل مخلوط(Mixture model) ۲۵

۲-۳-۲-۳ مدل اویلرین (Eulerian model) ۲۸

فصل سوم: تحلیل مسئله‌ها و تایید نتایج آنها ۳۱

۳-۱- شبیه سازی ۳۳

۳-۲- تایید نتایج شبیه سازی ۳۵

۳-۲-۱ مطالعه استقلال شبکه ۳۵

۳-۲-۲- بررسی صحت کد محاسباتی ۳۹

فصل چهارم: نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها..... ۴۷

۴-۱- جریان آرام سیال نانو AL_2O_3/water در مبدل حرارتی دو لوله‌ای (سه بعدی) ۴۹

۴-۱-۱- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت جابجایی ۴۹

۴-۱-۲- توزیع دما و سرعت پیش‌بینی شده توسط هر چهار مدل..... ۵۲

۴-۱-۳- پروفیل سرعت محوری پیش‌بینی شده توسط هر چهار مدل..... ۶۱

۴-۱-۴- تأثیر کسر حجمی بر سرعت محوری پیش‌بینی شده ۶۳

۴-۱-۵- پروفیل دما پیش‌بینی شده توسط هر چهار مدل ۶۶

۴-۱-۶- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر پروفیل دما..... ۶۹

۴-۱-۷- سرعت روی خط مرکزی ۷۲

۴-۱-۸- دما روی خط مرکزی ۷۳

۴-۱-۹- ضریب اصطکاک پیش‌بینی شده توسط چهار مدل..... ۷۵

۴-۱-۱۰- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب اصطکاک..... ۷۷

۴-۲- جریان آشفته سیال نانو TiO_2/water در مبدل حرارتی دو لوله‌ای (تقارن محوری)..... ۷۹

۴-۲-۱- مقایسه ضریب انتقال حرارت جابجایی پیش‌بینی شده توسط چهار مدل ۷۹

۴-۲-۲- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت ۸۰

۴-۲-۳- فشار استاتیک..... ۸۳

۴-۲-۴- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر فشار استاتیک..... ۸۴

۴-۲-۵- سرعت روی خط مرکزی ۸۶

۴-۲-۶- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر سرعت روی خط مرکزی ۸۸

۴-۲-۷- تنش برشی دیواره ۹۱

۴-۲-۸- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر تنش برشی دیواره..... ۹۲

۴-۲-۹- توزیع دما در قسمت خروجی لوله و دمای سطح داخلی دیواره ۹۴

۴-۳- جریان آرام سیال نانو Cu/water درون یک کانال با دیواره سینوسی..... ۹۷

۴-۳-۱- میانگین ضریب انتقال حرارت جابجایی در اعداد رینولدز مختلف ۹۷
۴-۳-۲- ضریب انتقال حرارت جابجایی در طول دیواره موج دار ۹۸
۴-۳-۳- ضریب اصطکاک در طول دیواره موج دار ۹۹
۴-۳-۴- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت جابجایی در طول دیواره موج دار ۱۰۱
۴-۳-۵- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب اصطکاک در طول دیواره موج دار..... ۱۰۷
۴-۳-۵- توزیع سرعت و دما..... ۱۱۰
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۱۳
۵-۱- نتیجه‌گیری..... ۱۰۶
۵-۲- پیشنهادها ۱۱۸
مراجع ۱۱۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- هندسه و سیستم مختصات استفاده شده برای لوله‌ی افقی ۱۹

شکل ۲-۲- هندسه‌ی کانال با دیواره موجی شکل ۲۰

شکل ۳-۱- نمونه‌ای از شبکه‌بندی حوزه‌ی حل برای قسمت الف ۳۳

شکل۳-۲- نمونه‌ای از شبکه‌بندی حوزه‌ی حل برای قسمت ب ۳۴

شکل۳-۳- نمونه‌ای از شبکه‌بندی حوزه‌ی حل برای قسمت ج ۳۴

شکل۳-۴- پروفیل سرعت شعاعی به منظور بررسی استقلال شبکه در $Z = 0.2$ و $Z = 0.8$ ۳۶

شکل۳-۵- پروفیل دما به منظور بررسی استقلال شبکه در $Z = 0.2$ و $Z = 0.8$ ۳۷

شکل۳-۶- پروفیل سرعت و دما به منظور بررسی استقلال شبکه ۳۸

شکل۳-۷- ضریب انتقال حرارت به منظور بررسی مستقل بودن شبکه ۳۹

شکل۳-۸- میانگین ضریب انتقال حرارت جابجایی در Re=1000 ..... ۴۱

شکل۳-۹- میانگین ضریب انتقال حرارت جابجایی در Re=1400 ..... ۴۱

شکل۳-۱۰- مقایسه میانگین ضریب انتقال حرارت جابجایی در طول لوله ۴۲

شکل۳-۱۱- مقایسه میانگین افت فشار در طول لوله ۴۳

شکل ۳-۱۲- مقایسه عدد ناسلت سیال نانو در دیواره‌ی موجدار ۴۴

شکل۴-۱- مقایسه ضریب انتقال حرارت جابجایی برایR=1000 ..... ۵۰

شکل۴-۲- مقایسه ضریب انتقال حرارت جابجایی برای Re=1400 ..... ۵۲

شکل ۴-۳- کانتورهای سرعت و دما در صفحه $Z = 0.2$ و $Re = 1000$ ۵۴

شکل ۴-۴- کانتورهای سرعت و دما در صفحه $Z = 0.8$ و $Re = 1000$ ۵۶

شکل ۴-۵- کانتورهای سرعت و دما در صفحه $Z = 0.2$ و $Re = 1400$ ۵۸

شکل ۴-۶- کانتورهای سرعت و دما در صفحه $Z = 0.8$ و $Re = 1400$ ۶۰

شکل۴-۷- پروفیل سرعت محوری پیش‌بینی شده توسط هر چهار مدل در $Re = 1000$ و $\phi = 0.01$ ۶۲

شکل۴-۸- پروفیل سرعت محوری پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها در $\mathrm{Re}=1400$ و $\phi=0.01$ ۶۳
شکل۴-۹- تأثیر کسر حجمی ذرات بر سرعت محوری در صفحه Z=0.2 و Re=1000 ..... ۶۴
شکل۴- ۱۰- تأثیر کسر حجمی ذرات بر سرعت محوری در صفحه Z=0.8 و Re=1000 ..... ۶۵
شکل۴-۱۱- پروفیل دما پیش‌بینی شده توسط هر چهار مدل در $\mathrm{Re}=1000$ و $\phi=0.01$ ۶۷
شکل۴-۱۲- پروفیل دما پیش‌بینی شده توسط هر چهار مدل در $\mathrm{Re}=1400$ و $\phi=0.01$ ۶۸
شکل۴- ۱۳- تأثیر کسر حجمی ذرات بر پروفیل دما در صفحه Z=0.2 و Re=1000 ..... ۷۰
شکل۴- ۱۴- تأثیر کسر حجمی ذرات بر پروفیل دما در صفحه Z=0.8 و Re=1400 ..... ۷۱
شکل۴-۱۵- پروفیل سرعت روی خط مرکزی لوله $\phi=0.01$ ۷۳
شکل۴-۱۶- پروفیل دما روی خط مرکزی لوله $\phi=0.01$ ۷۵
شکل۴-۱۷- ضریب اصطکاک پیش‌بینی شده برای کسر حجمی $\phi=0.01$ ۷۶
شکل۴- ۱۸- تأثیر کسر حجمی ذرات بر ضریب اصطکاک در Re=1000 ..... ۷۸
شکل۴-۱۹- ضریب اصطکاک پیش‌بینی شده برای کسر حجمی $\phi=0.01$ ۸۰
شکل ۴-۲۰- تأثیر کسر حجمی ذرات بر ضریب انتقال حرارت در $\mathrm{Re}=4731$ ۸۱
شکل۴-۲۱- افت فشار برای کسر حجمی $\phi=0.01$ ۸۳
شکل۴- ۲۲- تأثیر کسر حجمی ذرات بر فشار استاتیک در Re=4731 ..... ۸۴
شکل۴-۲۳- سرعت روی خط مرکزی برای کسر حجمی $\phi=0.01$ ۸۷
شکل۴- ۲۴- تأثیر کسر حجمی ذرات بر سرعت روی خط مرکزی در $\mathrm{Re}=4731$ ۸۹
شکل۴-۲۵- تنش برشی دیواره برای کسر حجمی $\phi=0.01$ ۹۲
شکل۴-۲۶- تأثیر کسر حجمی ذرات بر تنش برشی دیواره در $\mathrm{Re}=4731$ ۹۳
شکل۴-۲۷- کانتور دما در قسمت خروجی لوله و در $\phi=0.006$ ۹۵
شکل۴-۲۸- دمای سطح داخلی دیواره برای کسر حجمی $\phi=0.01$ ۹۶
شکل ۴-۲۹- ضریب انتقال حرارت جابجایی در کسر حجمی $\phi=0.01$ ۹۷
شکل۴-۳۰- ضریب انتقال حرارت $\phi=0.1$ ۹۹
شکل۴-۳۱- ضریب اصطکاک $\phi=0.1$ ۱۰۰

شکل ۴-۳۲- روند تغییرات ضریب انتقال حرارت در طول دیواره سینوسی و در اعداد رینولدز پایین ۱۰۱
شکل۴-۳۳- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت برای مدل تک فازی..... ۱۰۲
شکل۴-۳۴- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت برای مدل مخلوط ۱۰۳
شکل۴-۳۵- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت برای مدل VOF ۱۰۴
شکل۴-۳۶- تأثیر کسر حجمی ذرات نانو بر ضریب انتقال حرارت برای مدل Eulerian..... ۱۰۵
شکل ۴-۳۷- روند تغییرات ضریب انتقال حرارت نسبت به کسر حجمی ذرات نانو برای مدل‌های دو فازی در لوله‌ی افقی ۱۰۶
شکل۴- ۳۸- تأثیر کسر حجمی ذرات بر ضریب اصطکاک در Re=250..... ۱۰۸
شکل۴- ۳۹- تأثیر کسر حجمی ذرات بر ضریب اصطکاک در Re=600..... ۱۰۹
شکل ۴- ۴۰- کانتور سرعت در طول دیواره سینوسی $\mathrm{Re} = 250$ و $\phi = 0.1$ ۱۱۰
شکل ۴-۴۱- توزیع دما در طول دیواره سینوسی $\mathrm{Re} = 250$ و $\phi = 0.1$ ۱۱۱

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- ضریب هدایت حرارتی برخی مواد ۵

جدول ۲-۱- خواص فیزیکی آب و ذرات نانو در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۲۱

جدول۳-۱- طول توسعه یافته برای سیال پایه در عدد رینولدزهای مختلف..... ۴۴

جدول۴-۱- میانگین ضریب انتقال حرارت در کسر حجمی‌های مختلف نانو ذرات در Re = 4731... ۸۲

جدول ۴-۲- میانگین فشار استاتیک در کسر حجمی‌های مختلف ذرات نانو در Re = 4731..... ۸۵

جدول۴-۳- سرعت روی خط مرکزی در کسر حجمی‌های مختلف در Re = 4731 ..... ۹۰

فهرست علایم اختصاری

شرح	حرف لاتین
ظرفیت گرمایی	C_p
ضریب اصطکاک	C_f
دینامیک سیالات محاسباتی	CFD
قطر لوله	D
قطر مولکولی سیال پایه	d_f
قطر ذرات نانو	d_p
شتاب گرانشی	g
ارتفاع کانال	H
ضریب انتقال حرارت جابجایی	h
ضریب هدایت حرارتی	k
طول	L
عدد ناسلت	Nu
فشار	P
عدد پرانتل	Pr
شعاع لوله	R

جهت شعاعی	r
عدد رینولدز	Re
دما	T
مولفه افقی سرعت	u
بردار سرعت	V
مولفه عمودی سرعت	v
شار حرارتی بر دیواره	q_w
سرعت محوری	w
جهت محوری x	X
جهت محوری y	Y
جهت محوری z	Z

نشانه **علایم یونانی**

ضریب انبساط حجمی	β
کسر حجمی ذرات نانو	ϕ
لزجت دینامیکی	μ
لزجت سینماتیکی	ϑ
چگالی	ρ

تنش برشی	τ

زیر نویس

نشانه	علامت
رانش	dr
مؤثر	eff
سیال پایه	bf
ورودی	in
مخلوط	m
سیال نانو	nf
دیواره	W

فصل اول :

مقـدمــه

۱-۲- فناوری نانو

فناوری نانو[1] واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه‌ی کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. نانو یک پیشوند علمی به معنای یک میلیاردم است و اندازه‌ی یک نانومتر معادل ۴ برابر قطر مولکول آب می‌باشد. اولین بار در سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن[2]، متخصص کوانتوم و برنده جایزه نوبل طی یک سخنرانی با عنوان "فضای بسیاری در سطوح پایین وجود دارد" ایده‌ی استفاده از توانایی نانو را مطرح ساخت. او با اشاره به تفاوتهای مهمی که خواص مواد در مقیاس نانومتری با خواص مواد توده ای دارد بر اهمیت استفاده از قابلیت های نانو تأکید داشت. جمله‌ی معروفی که از او نقل شده بیانگر این اهمیت است: "به لحاظ نظری هر ساختار مولکولی پایداری که قوانین فیزیک و شیمی را نقض نکند قابل پیاده‌سازی است." واژه‌ی فناوری نانو اولین بار در سال ۱۹۷۴ توسط نوریو تاینگوچی[3] استاد دانشگاه علوم توکیو بر زبانها جاری شد. حوزه‌ی فناوری نانو در محدوده‌ی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است[۱].

بسیاری از محققان، صنعت‌گران و دولتها استفاده از فناوری نانو را مهمترین عامل حرکت به سمت انقلاب صنعتی در قرن حاضر می‌دانند. بهره‌گیری از خواص مواد در مقیاس نانو، نوید بخش فواید و منافعی می‌باشد که موجبات تحولات اساسی در زندگی انسان را فراهم می‌نماید. صرفه‌جویی در مصرف انرژی، صرفه‌جویی اقتصادی، صرفه‌جویی در زمان، بازده بیشتر، افزایش کیفیت و استاندارد-های زندگی، ایجاد زندگی سالم، کاهش وابستگی‌های اقتصادی به سایر تکنولوژی‌های پیشرفته و افزایش درآمدهای ملی از جمله فوایدی است که با استفاده از فناوری نانو می‌توان به سمت آنها حرکت کرد. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد از جمله، خواص مغناطیسی، ظرفیت بار، دمای ذوب و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب شیمیایی بوجود می‌آید. استفاده از این ویژگی به تکنولوژی‌های جدیدی با کارآیی بالاتر منتهی می‌شود. از آنجاییکه هر چیزی که پیرامون ما قرار دارد از اتمها ساخته شده است و می‌توانیم اتم‌ها را به نوعی، کوچک‌ترین واحد

1-Nano technology
2- Richard Feynman
3 -Norio Taniguchi

سازنده‌ی مواد بنامیم، اساس فناوری نانو، کار در سطح مولکولی و اتم به اتم برای ایجاد ساختارهای بزرگ می‌باشد. فرض اصلی در فناوری نانو این است که تقریباً همه‌ی ساختارهای با ثبات شیمیایی را که از نظر فیزیکی رد نمی‌شوند، می‌توان تولید کرد. طبیعت میلیون‌ها سال است که این نقش را با ظرافت کامل انجام می‌دهد و مصالح ساختمانی را با دقت اتمی در کنار یکدیگر قرار می‌دهد تا ساختاری را بوجود آورد. فناوری نانو گامی دیگر در راستای توسعه‌ی ابزاری انسان برای تسلط بیشتر بر طبیعت است.

۱-۳- سیال نانو

نیاز به افزایش انتقال حرارت روز به روز بیشتر می‌شود، از این رو این افزایش ضریب انتقال حرارت در بسیاری از کاربردهای سرمایشی و گرمایشی، مخصوصاً در ابعاد کوچک، اخیراً پر اهمیت شده است. تغییر در هندسه‌ی جریان، تغییر شرایط مرزی و افزایش هدایت حرارتی سیال از معمولی-ترین روشها برای افزایش انتقال حرارت می‌باشد. بزرگ شدن سطح سبب افزایش هزینه‌ها و اندازه دستگاه‌ها می‌شود. گرچه در طراحی مبدل‌های حرارتی به منظور افزایش گرمای مبادله شده از روش افزایش سطح استفاده می‌شود، اما در بسیاری از لوازم گرمایشی و تهویه مطبوع به منظور کاهش انرژی مصرفی (حفظ ذخایر انرژی) یا کوچک بودن تجهیزات مورد استفاده (حفظ ذخایر مواد و سرمایه اولیه) سعی می‌شود از طریق بزرگ کردن ضریب انتقال حرارت جابجایی میزان حرارت منتقل شده را افزایش دارد. از سوی دیگر به خاطر محدودیتهایی که در تغییر شرایط مرزی وجود دارد، بهترین گزینه از سوی محققان، به منظور افزایش انتقال حرارت، افزایش هدایت حرارتی سیال می-باشد. سیالات معمولی که در انتقال حرارت مورد استفاده می‌گیرند، نسبت به فلزات دارای هدایت حرارتی به مراتب پایین‌تری هستند. جدول ۱-۱ ضریب هدایت حرارتی برخی از این مواد را نشان می-دهد. بنابراین یک راه برای افزایش هدایت حرارتی سیالات مورد استفاده در انتقال حرارت، اضافه کردن ذرات فلزی در این سیالات می‌باشد.