بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کاشان

دانشکده مهندسی

گروه مکانیک

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک

عنوان :

مطالعه عددی انتقال حرارت جابجایی ترکیبی در یک کانال مستطیلی حاوی نانوسیال آب-مس با موانع حرارتی مجزا در دیواره‌ی بالایی و پایینی

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر عباسیان آرانی

به وسیله:

امیرحسین نیرومند

بهمن ماه ۱۳۹۰

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:
پیوست:

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو : امیر حسین نیرومند **شماره دانشجویی**: ۸۸۱۳۵۳۰۰۱۳

رشته : مهندسی مکانیک **دانشکده** : مهندسی

عنوان پایان نامه : مطالعه عددی انتقال حرارت جابجایی ترکیبی در یک کانال مستطیلی حاوی نانو سیال آب- مس با موانع حرارتی مجزا در دیواره ی بالایی و پایینی

تعداد واحد پایان نامه : ۶ واحد **تاریخ دفاع** : ۹۰/۱۱/ ۱۱

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۹۰/۱۱/۱۱ مورد تأیید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره ۱۸٫۷۸ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر علی اکبر عباسیان	استادیار	
۲.متخصص وصاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر قنبر علی شیخ زاده	دانشیار	
۳.متخصص وصاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر حسین خراسانی زاده	استادیار	
٤.ناظر تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر حسین تحقیقی	استادیار	

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه
دکتر ابراهیم نعمتی لای

آدرس: کاشان- بلوار قطب راوندی
کدپستی ۸۷۳۱۷-۵۱۱۶۷
تلفن: ۵۵۵۹۹۳۰-دورنگار: ۵۵۵۹۹۳۰
http: www.kashanu.ac.ir

تـقـدیـم بــه :

پدر و مادر عزیزم که با صبر خودشان

مرا یاری نمودند

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول سالیان گذشته مرا در تحصیل علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده‌اند تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد گرامی و بزرگوار جناب آقای دکتر علی اکبر عباسیان‌آرانی که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان‌نامه تقبل نموده‌اند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

همچنین از تشریک مساعی آقای دکتر قنبرعلی شیخ‌زاده و آقای دکتر حسین خراسانی‌زاده بعنوان داور داخل دانشگاه که این پایان‌نامه را مورد مطالعه قرار داده و در جلسه دفاعیه شرکت نموده‌اند تشکر می‌نمایم.

در پایان از جناب آقای دکتر تحقیقی که بعنوان نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه قبول زحمت نموده‌اند سپاسگزاری می‌نمایم.

چکیده

در این پژوهش جابجایی ترکیبی در یک کانال مستطیلی دارای دو قطعه داغ که در آن نانوسیال آب- مس جریان دارد، با حل عددی به روش حجم محدود و با الگوریتم سیمپلر مورد تحلیل قرار گرفته است. در دیواره‌ی پایینی، قطعات داغ در شرایط دما ثابت قرار دارد. در این پژوهش تاثیر پارامترهای موثر بر نوع جریان شامل عدد رینولدز، عدد ریلی، عدد ریچاردسون و همچنین تاثیر کلیه‌ی پارامترهای هندسی از جمله تغییر فاصله‌ی بین دو قطعه داغ، عرض قطعه داغ، ارتفاع قطعه داغ و همچنین درصد حجمی نانوذرات روی خطوط جریان، خطوط همدما و نرخ انتقال حرارت متوسط مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق جهت کنترل نوع جریان از عدد ریچاردسون و عدد رایلی استفاده شده و دامنه‌ی تغییرات عدد ریچاردسون بین ۰/۱ تا ۱۰ و دامنه‌ی تغییرات عدد رایلی بین 10^3 تا 10^5 مد نظر قرار گرفته است. دامنه‌ی تغییرات کسر حجمی نانوذرات بین ۰ تا ۰/۰۵ می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد با افزایش عدد رینولدز و غالب شدن جابجایی اجباری عدد ناسلت متوسط افزایش می‌یابد. همچنین در کلیه حالات با افزایش فاصله بین قطعات داغ عدد ناسلت متوسط افزایش می‌یابد و این افزایش به ویژه در رینولدزهای پایین یا زمانی که جابجایی طبیعی غالب است بیشتر می‌باشد. افزایش عرض قطعه داغ نیز به طور کلی تاثیر منفی روی افزایش عدد ناسلت خواهد داشت. همچنین بررسی نتایج نشان می دهد که ارتفاع قطعه داغ به ویژه در رینولدزهای پایین یا زمانی که جابجایی طبیعی غالب است تاثیر منفی روی نرخ انتقال حرارت خواهد داشت. اما در رینولدزهای بالا می‌تواند تاثیر مثبتی روی نرخ انتقال حرارت داشته باشد. بررسی خطوط جریان نشان می‌دهد که در جابجایی اجباری کسر حجمی نانوذرات تاثیر ناچیزی روی خطوط جریان دارد و همچنین در تمامی حالات با افزایش کسر حجمی نانوذرات؛ عدد ناسلت متوسط افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: نانوسیال، جابجایی ترکیبی، کانال مستطیلی، قطعات الکترونیکی، روش-های عددی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل۱ مقـدمه ای بر نانو فناوری و کاربردهای آن **۱**

۱-۱- نانو فناوری و تاریخچه آن ۲
۱-۲- نانو تکنولوژی از منظرهای متفاوت ۳
۱-۳- نانوسیال ها و کاربردهای آنها ۵
۱-۴- مروری بر خواص نانوسیال: ۶
۱-۴-۱- مقدمه ای بر خواص متفاوت نانوسیالات ۷
۱-۴-۲- مطالعات صورت گرفته و مدلهای ارائه شده درمورد ضریب هدایت حرارتی نانوسیالات ۷
۱-۴-۳- مطالعات صورت گرفته در جهت به دست آوردن ویسکوزیته در نانوسیالات ۱۲
۱-۴-۴- روابط فیزیکی برای تخمین چگالی و ظرفیت گرمایی ویژه ۱۴
۱-۵- روش انجام تحقیق ۱۶
۱-۶- مروری بر فصل های آتی ۱۷
۱-۷- جمع بندی ۱۷

فصل۲ روش های عددی **۱۸**

۲-۱- مقدمه ۱۹
۲-۲- انواع روش های عددی ۲۰
۲-۲-۱- روش اختلاف محدود: ۲۰
۲-۲-۲- روش حجم محدود: ۲۰
۲-۳- روش المان محدود ۲۱
۲-۳-۱- روش های بدون شبکه ۲۱
۲-۴- شکل کلی معادلات دیفرانسیل ۲۲
۲-۵- معادلات انفصال ۲۳
۲-۶- بدست آودن معادلات انفصال ۲۴
۲-۶-۱- شکل تفاضل محدود معادله کلی ۲۴
۲-۶-۲- معادله حاصل از طرح پیوندی ۲۵

۲-۶-۳- حل معادله انفصال ۲۷
۲-۷- حل معادلات حاکم بر جریان ۲۸
۲-۷-۱- شبکه جابجا شده ۲۹
۲-۷-۲- الگوریتم سیمپلر ۳۲
۲-۸- برنامه کامپیوتری ۳۲
۲-۹- جمع بندی ۳۴

فصل۳ معادلات حاکم بر جریان سیال و انتقال حرارت **۳۵**

۳-۱- مقدمه ۳۶
۳-۲- تاریخچه مسئله ۳۶
۳-۳- انگیزه پژوهش ۳۹
۳-۴- توصیف کامل مسئله و شرایط مرزی ۴۱
۳-۴-۱- مسئله اول: جابجایی اجباری و ترکیبی داخل کانال مستطیلی با قطعات داغ مجزا در دیواره پایینی ۴۱
۳-۴-۲- مسئله دوم: جابجایی اجباری در کانال مستطیلی با قطعات داغ متقابل ۴۳
۳-۵- معادلات حاکم ۴۴
۳-۵-۱- محاسبه عدد ناسلت ۴۵
۳-۵-۲- انتخاب روابط نانوسیال ۴۶
۳-۶- تولید شبکه ۴۷
۳-۶-۱- سیستم تولید شبکه جبری ۴۷
۳-۶-۲- استقلال از شبکه ۴۸
۳-۷- اعتبارسازی کد ۴۹
۳-۷-۱- جابجایی ترکیبی داخل یک کانال مستطیلی با یک قطعه داغ ۴۹
۳-۸- جمع بندی ۵۳

فصل۴ تحلیل و بررسی نتایج حاصل از حل عددی **۵۴**

۴-۱- مقدمه ۵۵
۴-۲- جابجایی اجباری در یک کانال مستطیلی با دو قطعه داغ ۵۶
۴-۲-۱- بررسی خطوط جریان و دما در رینولدزهای مختلف ۵۶
۴-۲-۲- تاثیر عدد رینولدز بر عدد ناسلت متوسط ۵۸
۴-۲-۳- تاثیر فاصله جدایش ۵۹
۴-۲-۴- تاثیر عرض قطعه داغ ۶۲

۴-۲-۵- تاثیر عرض قطعه داغ و فاصله جدایش ۶۴
۴-۲-۶- تاثیر ارتفاع قطعه داغ ۶۶
۴-۲-۷- تاثیر کسر حجمی نانوذرات ۶۹
۴-۳- جابجایی ترکیبی در کانال مستطیلی با دو قطعه داغ ۷۱
۴-۳-۱- بررسی کانتورهای جریان و دما در حالت های مختلف ۷۱
۴-۳-۲- تاثیر عدد رایلی بر روی عدد ناسلت متوسط ۷۵
۴-۳-۳- تاثیر فاصله جدایش ۷۶
۴-۳-۴- تاثیر عرض قطعه داغ ۸۰
۴-۳-۵- تاثیر عرض قطعه داغ و فاصله جدایش ۸۳
۴-۳-۶- تاثیر ارتفاع قطعه داغ ۸۶
۴-۳-۷- تاثیر کسر حجمی نانوذرات بر روی عدد ناسلت متوسط ۸۹
۴-۳-۸- تاثیر جابجایی طبیعی بر روی سرمایش قطعات داغ ۹۰
۴-۴- جابجایی اجباری در کانال مستطیلی با قطعات داغ در دیواره بالایی و پایینی ۹۲
۴-۴-۱- بررسی خطوط همدما و جریان در رینولدزهای مختلف ۹۲
۴-۴-۲- تاثیر عدد رینولدز بر عدد ناسلت متوسط ۹۴
۴-۴-۳- تاثیر فاصله جدایش ۹۵
۴-۴-۴- تاثیر عرض قطعه داغ ۹۸
۴-۴-۵- تاثیر عرض قطعه داغ و فاصله جدایش ۱۰۰
۴-۴-۶- تاثیر ارتفاع قطعه داغ ۱۰۲
۴-۴-۷- تاثیر کسر حجمی نانوذرات روی عدد ناسلت متوسط ۱۰۵
۴-۵- جمع بندی ۱۰۷
مراجع ۱۰۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱- حجم کنترل اصلی برای بدست آوردن معادله انفصال کلی ۲۵

شکل۲-۲- مکانهای جابهجا شده برای u وv ۲۹

شکل۲-۳- حجم کنترل u و v ۳۰

شکل۳-۱- شماتیک مسئله اول ۴۱

شکل۳-۲- شماتیک مسئله دوم ۴۳

شکل۳-۳- نمونه ای از شبکه بندی کانال با دو قطعه حراتی ۴۸

شکل۳-۴- جابجایی ترکیبی در کانال عمودی با قطعه داغ ۵۰

شکل۳-۵- خطوط همدما و جریان در $Re=1195$ ، $H/L=0.1$ و $Ri=0.1$ بر اساس مرجع [۲۷] ۵۰

شکل۳-۶- خطوط همدما و جریان در $Re=1195$ ، $H/L=0.1$ و $Ri=0.1$ در کار حاضر ۵۱

شکل۳-۷- خطوط همدما و جریان در $Re=37.8$ ، $H/L=0.1$ و $Ra=10^3$ بر اساس مرجع [۲۷] ۵۱

شکل۳-۸- خطوط همدما و جریان در $Re=37.8$ ، $H/L=0.1$ ، $Ra=10^3$ و $Ri=0.1$ در کار حاضر ۵۱

شکل۳-۹- نمودار مقایسه نتایج بین کار حاضر و مرجع [۲۷] در $Ri=5$، $Ra=10^5$، $H/L0.2$ و $x/L=1.45$ ۵۲

شکل۴-۱- تاثیر عدد رینولدز بر خطوط همدما و جریان در $d/w=3$ و $w/H=0.5$ ۵۷

شکل۴-۲- تاثیر عدد رینولدز بر عدد ناسلت متوسط در $d/w=3$ و $w/H=0.5$ الف)سیال خالص ب) نانوسیال ۵۹

شکل۴-۳- تاثیر فاصله جدایش بر خطوط همدما و جریان در $Re=250$ ، $w/H=0.5$ و $h/H=0.25$ ۶۰

شکل۴-۴- تاثیر فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط در $w/H=0.5$ ، $h/H=0.25$ الف) $Re=10$ ، $\phi=0$ ب) $Re=10$ ، $\phi=0$ ج) $Re=250$ ، $\phi=0.05$ د) $Re=250$ ، $\phi=0.05$ ۶۱

شکل۴-۵- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی خطوط همدما و جریان در $Re=250$ ، $d/H=2$ و $h/H=0.2$ ۶۳

شکل۴-۶- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط در $d/w=3$ و $h/H=0.25$ الف) $Re=250$ و $\phi=0$ ب) $Re=250$ و $\phi=0.05$ ۶۴

شکل۴-۷- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی خطوط دما و جریان در $Re=250$ و $d/w=3$ و $h/H=0.25$ ۶۵

شکل۴-۸- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط در $d/w=3$ و$h/H=0.25$ الف) $Re=10$ ، $\phi=0$ ب) $Re=10$ ، $\phi=0.05$ ج) $Re=250$ ، $\phi=0$ د) $Re=250$ ، $\phi=0.05$ ۶۶

شکل۴-۹- تاثیر ارتفاع قطعه داغ بر خطوط همدما و جریان روی خطوط همدما و جریان در $Re=250$ و $w/H=0.5$ ۶۷

شکل۴-۱۰- تاثیر ارتفاع قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط الف)$Re=10$ و $\phi=0$ ب)$Re=10$ و $\phi=0.05$ ج) $Re=250$ ، $\phi=0$ د)$Re=250$ ، $\phi=0.05$..... ۶۸

شکل۴-۱۱- تاثیر کسر حجمی نانوذرات مس روی عدد ناسلت متوسط در $h/H=0.25$ و $w/H=0.5$ الف) $Re=10$ ب) $Re=250$ ۶۹

شکل۴-۱۲- تاثیر عدد رایلی بر خطوط همدما و جریان در ریچاردسون $Ri=0.1$ ، $h/H=0.25$ و $w/H=0.5$ ۷۲

شکل۴-۱۳- تاثیر عدد رایلی بر خطوط همدما و جریان در ریچاردسون $Ri=5$ ، $h/H=0.25$ و$w/H=0.5$ ۷۳

شکل۴-۱۴- تاثیر عدد رینولدز بر خطوط همدما و جریان در $Ra=10^5$ ، $h/H=0.25$ و $w/H=0.5$..... ۷۴

شکل۴-۱۵- تغییرات عدد ناسلت متوسط نسبت به عدد رایلی برای $d/w=3$ و $h/H=0.25$ الف) قطعه اول، سیال خالص ب) قطعه دوم، سیال خالص ج) قطعه اول، نانوسیال با $\phi=0.05$ د) قطعه دوم، نانوسیال با $\phi=0.05$ ۷۵

شکل۴-۱۶- تاثیر فاصله جدایش بر خطوط همدما و جریان در Ri=0.1 ، h/H=0.25 و w/H=0.5 ..... ۷۶

شکل۴-۱۷- تاثیر فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط در h/H=0.25 ، w/H=0.5 الف) Ri=0.1 ، ϕ=0 ب) Ri=0.1 ، ϕ=0.05 ج) Ri=5 ، ϕ=0 د) Ri=5 ، ϕ=0.05 ه) Ri=10 ، ϕ=0 و) Ri=10، ϕ=0.05 ..... ۷۸

شکل۴-۱۸- تاثیر فاصله جدایش روی قطعه داغ دوم در h/H=0.25 و w/H=0.5 الف) ϕ=0 ب)ϕ=0.05 ..... ۷۹

شکل۴-۱۹- تاثیر عرض قطعه داغ بر خطوط همدما و جریان در Ri=0.1 ، d/H=2 وh/H=0.25 ..... ۸۰

شکل۴-۲۰- تاثیرعرض قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط برای d/H=2 ، h/H=0.2 الف) Ri=0.1 ، ϕ=0 ب) Ri=0.1 ، ϕ=0.05 ج) Ri=10 ، φ=0.0 د) Ri=10 ، ϕ=0.05 ه) Ri=10 ، φ=0.0 و) Ri=10 ، φ=0.05 ..... ۸۲

شکل۴-۲۱- تاثیر عرض قطعه داغ بر خطوط همدما و جریان در Ri=0.1 ، h/H=0.25 و d/w=3 ..... ۸۳

شکل۴-۲۲- تاثیرعرض قطعه داغ و فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط برای d/w=3 و w/H=0. 5 الف) Ri=0.1 ، ϕ=0 ب) Ri=0.1 ، ϕ=0.05 ج) Ri=5 ، ϕ=0 د) Ri=5 ، ϕ=0.05 ه) Ri=10 و) Ri=10 ، ϕ=0.05 ..... ۸۵

شکل۴-۲۳- تاثیر ارتفاع قطعه داغ بر خطوط همدما و جریان در Ri=0.1 در d/w=3 و w/H=0.5 ..... ۸۷

شکل۴-۲۴- تاثیر ارتفاع قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط برای d/w=3 ، w/H=0. 5 الف) Ri=0.1 ، ϕ=0 ب) Ri=0.1 ، ϕ=0.05 ج) Ri=5 ، ϕ=0 د) Ri=5 ، ϕ=0.05 ه) Ri=10 ، ϕ=0 و) Ri=10 ، ϕ=0.05 ..... ۸۸

شکل۴-۲۵- تاثیر کسر حجمی نانوذرات روی عدد ناسلت متوسط الف) قطعه داغ اول درRi=0.1 ب) قطعه داغ دوم در Ri=0.1 متوسط ج) قطعه داغ اول درRi=5 د) قطعه داغ دوم در Ri=5 ..... ۸۹

شکل۴-۲۶- تاثیر عدد رینولدز بر خطوط همدما و جریان در d/w=3 و w/H=1.0 ..... ۹۳

شکل۴-۲۷- تاثیر عدد رینولدز بر عدد ناسلت متوسط در d/w=3 و w/H=1.0 الف) سیال خالص ب) نانوسیال ۹۵

شکل۴-۲۸- تاثیر فاصله جدایش بر خطوط همدما و جریان در Re=250 و w/H=1.0 ..... ۹۶

شکل۴-۲۹- تاثیر فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط الف) Re=10 ، ϕ=0 ب) Re=10 ، ϕ=0.05 ج) Re=250 ، ϕ=0 د) Re=250 ، ϕ=0.05 ..... ۹۷

شکل۴-۳۰- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی خطوط همدما و جریان در Re=250 و d/H=2 ..... ۹۹

شکل۴-۳۱- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط الف) Re=250 ، ϕ=0 ب) Re=250 ، ϕ=0.05 ..... ۱۰۰

شکل۴-۳۲- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی خطوط همدما و جریان در Re=250 و d/w=3 ..... ۱۰۱

شکل۴-۳۳- تاثیر عرض قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط الف) Re=10 و ϕ=0 ب) Re=10 ، ϕ=0.05 ج) Re=250 ، ϕ=0 د) Re=250 ، ϕ=0.05 ..... ۱۰۲

شکل۴-۳۴- تاثیر ارتفاع روی خطوط همدما و جریان در Re=250 و w/H=0.5 ..... ۱۰۴

شکل۴-۳۵- تاثیرارتفاع قطعه داغ بر روی عدد ناسلت متوسط الف)Re=10 و ϕ=0 ب)Re=10 و ϕ=0.05 ج)Re=250 و ϕ=0 د)Re=250 و ϕ=0.05 ..... ۱۰۵

شکل۴-۳۶- تاثیر کسر حجمی نانوذرات مس روی عدد ناسلت متوسط در h/H=0.25 و w/H=0.5 الف) Re=10 ب) Re=250 ..... ۱۰۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱- مقادیر ϕ و Γ برای معادله دیفرانسیلی کلی حاکم بر جریان سیال و انتقال حرارت ۲۳

جدول۳-۱- خواص فیزیکی آب و مس ۴۲

جدول۳-۲- عدد ناسلت متوسط برای شبکه های مختلف ۴۹

جدول۳-۳- مقایسه عدد ناسلت کار حاضر با مرجع[۲۷] ۵۳

جدول۴-۱- تاثیر فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط در $w/H=0.5$ و $h/H=0.25$ ۶۲

جدول۴-۲- تاثیر کسر حجمی نانوذرات مس روی عدد ناسلت متوسط در $h/H=0.25$ و$w/H=0.5$ ۷۰

جدول۴-۳- تاثیر فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط در $h/H=0.25$ و $w/H=0.5$ ۷۷

جدول۴-۴- تاثیر کسر حجمی نانوذرات روی عدد ناسلت متوسط در $Ra=10^4$ ۹۰

جدول۴-۵- تاثیر فاصله جدایش بر روی عدد ناسلت متوسط در $d/w=3$ و $w/H=1.0$ ۹۸

جدول۴-۶- تاثیر کسر حجمی نانوذرات مس روی عدد ناسلت متوسط در $h/H=0.25$ و $w/H=0.5$ ۱۰۶

فهرست علائم اختصاری

ظرفیت گرمایی ویژه $(J/kg\ K)$	C_p
چگالی(kg/m^3)	ρ
ضریب انتقال حرارت جابجایی $(W/m^2\ K)$	h
ضریب هدایت حرارتی $(W/m\ K)$	k
طول کانال مستطیلی(m)	L
ارتفاع کانال مستطیلی(m)	H
عدد ناسلت متوسط	Nu
عرض قطعه داغ	w
ارتفاع قطعه داغ	h
فشار (Pa)	p
فشار بدون بعد، $pL^2/\rho_{nf}\alpha_f^2$	P
عدد پرانتل، ν_f/α_f	Pr
عدد رایلی، $(g\beta_f\Delta TL^3)/(\nu_f\alpha_f)$	Ra
عدد رینولدز، $(\rho_f u_0 H)/\mu_f$	Re
دما (K)	T
دمای مانع داغ (K)	T_h
اختلاف دما، T_h-T_c	ΔT
سرعت در جهت افقی و عمودی(m/s)	u,v
بدون بعد در جهت عمودی و افقی، u/U_0, v/U_0	U, V
مختصات کارتزین (m)	x, y
مختصات بدون بعد کارتزین، x/L, y/L	X, Y
شتاب گرانش (m/s^2)	g

فهرست علائم یونانی

پخش حرارتی(m^2/s)	α
ضریب انبساط حرارتی$(1/K)$	β
ویسکوزیته دینامیکی(kg/ms)	μ
چگالی(kg/m^3)	ρ
دمای بدون بعد،$(T -T_c)/(T_h-T_c)$	θ
کسر حجمی نانوذرات	φ

زیرنویس

سیال خالص	f
نانو سیال	nf
فاز جامد	s
ذره جامد	p
موثر، معادل	eff
بیشینه	max

فصل اول

مقـــدمه ای بر نانو فناوری و کاربردهای آن

مقدمه ای بر نانوفناوری و کاربردهای آن

۱-۱- نانو فناوری و تاریخچه آن

فناوری نانو یکی از مدرن‌ترین فناوری‌های روز دنیاست که دارای خصوصیاتی منحصر به فرد با کاربردهایی در تمام زمینه‌های علم و فناوری است. همین کاربردهای وسیع فناوری نانو، که ازآن به عنوان ویژگی بین رشته ای بودن[1] فناوری نانو یاد می‌شود، عامل مهمی در فراگیر شدن این پدیده‌ی جدید است. از طرفی توجه روز افزون بشر به این فناوری فقط ناشی از تازگی آن و کنجکاوی بشر برای دانستن آنچه نمی‌داند نیست، بلکه به دلیل قابلیت های ویژه‌ای است که این فناوری پیش روی انسان قرار می‌دهد و دستیابی به آنها جز از این راه ممکن نیست. از سوی دیگر داشتن اطلاعات مختلف درباره‌ی زمینه‌های تحقیقاتی و عملی این فناوری در حیطه‌ی دانش هر فرد باعث پویایی فکر و اندیشه‌ی وی می شود. همان طور که اختراع ماشین بخار، شروع اولین انقلاب صنعتی بود و دانشمندان ساخت ترانزیستورها را آغاز انقلاب دوم صنعتی می‌دانند، هم اکنون باید پذیرفت که جهان در طلیعه انقلاب سوم صنعتی است، چرا که بر خلاف گذشته سه مولفه یعنی فناوری نانو،IT و پروژه ی ژنوم انسانی همزمان با هم شکل دهنده‌ی سومین انقلاب صنعتی هستند. البته روند رو به رشد کنونی نشان می‌دهد که فناوری نانو در حال پیشی گرفتن از رقیبان خود است و می‌خواهد یکه تاز عرصه‌ی انقلاب صنعتی سوم باشد. از نانوتکنولوژی، بیوتکنولوژی و فناوری اطلاع رسانی به عنوان سه قلمرو علمی نام می‌برند که انقلاب سوم صنعتی را شکل می‌دهد. نانوتکنولوژی، کاربردهای گسترده‌ای در محیط پیرامون زندگی انسان دارد و از این رو توسعه آن می‌تواند در بهبود و تسهیل زندگی نقش

[1] cross science

بسزایی ایفا کند. اتم، سنگ بنای بنیادی ماده است و توصیف و تصور جهان در سطح اتم و مولکول دشوار است. این حیطه از علم به قدری عجیب است که بخشی خاص از فیزیک به آن اختصاص یافته شده است که مکانیک کوانتم نام دارد. هدف این علم توصیف رخدادها در سطح اتم است. در مقیاس بسیار کوچک، خواص ماده مانند رنگ، مغناطیس و توانایی انتقال برق نیز به شکل غیرمنتظره تغییر می‌کند. در سال ۱۹۸۱ پژوهشگران شرکت آی بی ام نوعی میکروسکوپ به نام STM ساختند. این دستگاه می‌توانست پستی و بلندی‌ها در مقیاس جهان نانو را نشان دهد. میکروسکوپ STM این امکان را به دانشمندان داد که برای اولین بار اتم‌ها و ملکول‌ها را ببینند. تصاویر این میکروسکوپ به زیبایی و وضوح تصاویر طبیعت، اما در مقیاس تصورناپذیر نانومتر بود.

۱–۲– نانو تکنولوژی از منظرهای متفاوت

یک نانومتر یک هزارم میکرون است و اگر بخواهیم احساس فیزیکی نسبت به آن داشته باشیم، می‌توان گفت که یک نانومتر ۱/۸۰۰۰۰قطر موی انسان می‌باشد. اما این تعریف مقیاس نانو، نمی‌تواند مقایسه درستی باشد، چرا که ضخامت موی انسان با توجه خصوصیات فردی هرانسان از چند ده میکرومتر تا چند صد میکرومتر متغیر می‌باشد. بنابراین نیاز به یک استاندارد برای بیان مفهوم مقیاس نانو وجود دارد. با ایجاد ارتباط میان اندازه اتم‌ها و مقیاس نانو می‌توان یک نانومتر را راحت‌تر تصور کرد. یک نانومتر برابر قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلسیم می‌باشد. درک این موضوع برای افراد معمولی نیز راحت‌تر می‌باشد. علی‌رغم اینکه درک اندازه یک اتم برای افراد غیرعلمی ساده نمی‌باشد، با این حال اندازه دقیق اتم برای فهماندن این مقیاس زیاد اهمیت ندارد. چیزی که با این تشابه مشخص می‌شود، این است که تعریف فناوری نانو با توجه به ماهیت و زمینه های گسترده‌ی فعالیت آن در عین سادگی، بسیار دشوار است. شاید بتوان گفت هنوز تعریف کاملی که تمام خصوصیات این پدیده را بیان کند وجود ندارد. به این دلیل، در اینجا به چند تعریف مفید و کاربردی اشاره می کنیم.

فناوری نانو بررسی مواد در ابعاد اتمی یا مولکولی و یا بررسی مواد در مقیاس یک میلیاردیوم آن می‌باشد. این ساده‌ترین و عامیانه‌ترین تعریفی است که می توان از نانوتکنولوژی

ارائه داد. می‌دانیم که یک نانومتر ۱۰ به توان منفی ۹ یا یک میلیاردیوم متر است. این عدد یک هشتاد هزارم قطر موی انسان و یا ۱۰ برابر قطر یک اتم هیدروژن است. آلبرت فرانکس یکی از پیشگامان توسعه‌ی کاربردهای صنعتی نانوتکنولوژی معتقد است: فناوری نانو بخشی از علم و فناوری است که ابعاد کوچک‌ترین ارقام با معنی در محدوده ۰.۱ تا ۱۰۰ نانومتر در آن نقش اساسی ایفا می‌کنند.

با توجه به این تعریف نانوتکنولوژی، توصیف همه جانبه ی فعالیت ها و تلاش هایی است که با دست بردن در اساسی‌ترین جزء ماده (اتم)، باعث می‌شود تا به خواص خارق‌العاده‌ای از آن دست یابیم چرا که اگر مواد به کوچک‌ترین ابعادشان (اتم‌ها یا مولکول‌ها) شکسته شوند می-توانیم خصوصیات بنیادیشان را تغییر دهیم و آن‌ها را به ماده‌ای تبدیل کنیم که در حالت عادی تهیه و تولید آن‌ها به هیچ عنوان امکان پذیر نیست. حال با این توضیح مفهوم تعریف اول نیز مشخص‌تر می شود به این معنی که هر فعالیتی در مقیاس نانو را نمی‌توان نانوتکنولوژی نامید، بلکه نانوتکنولوژی به آن دسته از فعالیت‌هایی اطلاق می شود که با دست بردن در نحوه‌ی چینش اتم‌ها در مقیاس نانو مرتبط هستند. فناوری نانو دانشی است که به دنبال دستیابی به روش‌ها و فنون و مواد و ابزارهای مورد نیاز فناوری نانو است تا بتواند چنین تحولاتی را در مواد مختلف ایجاد کند به عبارت بهتر نانوتکنولوژی نگرشی جدید به انواع رشته‌های علمی است و تمام عرصه های مختلف علم و فناوری را در بر می‌گیرد. تعاریف کلی دیگری نیز درباره نانو تکنولوژی وجود دارد که به اختصار به آنها اشاره می‌گردد:

هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و به خصوص ساخت قطعات و لوازم میکروسکوپی (مانند روبات‌های میکروسکپی)[1].

دستکاری تک‌تک اتم‌ها و مولکول‌ها، بدین منظور که بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد[2]. توسعه و استفاده از ادوات و قطعاتی که اندازه آنها تنها چند نانومتر است. تحقیق بر روی قطعات و ادوات بسیار کوچک که خواصشان به خواص الکترونیکی این قطعات وابسته است و خواص الکتریکی آنها احتمالاً متأثر از حرکت تعداد معدودی الکترون در طی عملکرد قطعه می‌باشد. این ادوات، سریع‌تر از ادوات بزرگتر عمل می‌کنند. مسأله قابل

[1] Merriam-Webster's Collegiate Dictionary
[2] Engines of Creation Glossary