به نام خدا

شماره پایان نامه: ....

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی

بررسی جابجایی طبیعی در یک محفظه‌ی مربعی پرشده از نانوسیال با یک مانع در وسط آن تحت میدان مغناطیسی

استاد راهنما:
دکتر افراسیاب رئیسی

استاد مشاور:
دکتر بهزاد قاسمی

پژوهشگر:
مهدی داودیان

شهریور ماه ۱۳۹۱

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه آقای مهدی داودیان جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی با عنوان : بررسی جابجایی طبیعی در یک محفظه‌ی مربعی پرشده از نانوسیال با یک مانع در وسط آن تحت میدان مغناطیسی

در تاریخ ۹۱/۰۷/۲۵ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ..... مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. **استاد راهنمای پایان نامه دکتر افراسیاب رئیسی با مرتبه علمی استادیار** **امضاء**

۲. **استاد مشاور پایان نامه دکتربهزاد قاسمی با مرتبه علمی دانشیار** **امضاء**

۳. **استاد داور پایان نامه دکتر علیرضا شاطری نجف آبادی با مرتبه علمی استادیار** **امضاء**

۴. **استاد داور پایان نامه دکتر افشین احمدی با مرتبه علمی استادیار** **امضاء**

مسؤولیت کلیه عقاید و نظراتی که در این پایان‌نامه آورده شده است به عهده نگارنده بوده و دانشکده فنی و مهندسی هیچ مسئولیتی را در این زمینه تقبل نمی‌نماید.

دکتر بهزاد قاسمی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده فنی و مهندسی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات

و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

از تو می پرسم، ای اهورا

چیست سرمایه رستگاری؟

می رسد پاسخ از آسمان ها:

باشما، صحبت از "من" خطا رفت - دل به مهر پدر آشنا کن

من که باشم؟ بقای شما باد دین خود را به مادر ادا کن

سر به پای پدر می گذارم ای اهورا ای پدر، ای گرانمایه مادر

جان به راه پدر می سپارم من که امروز، در باغ گیتی جان فدای صفای شما باد

یاد جان سوختن های مادر چون درختی همه برگ و بارم با شما از سر و زر چه گویم

لحظه ای از وجودم جدا نیست رنج های گران پدر را هستی من فدای شما باد

پیش پایش چه ریزم؟ که جان را با کدامین زبان پاس دارم

قدر یک موی مادر بها نیست

او خدا نیست، اما وفایش

کمتر از لطف و مهر خدا نیست. . . .

به پاس خوبی های وصف ناپذیر، تقدیم به **پدر و مادر عزیزم**

برادرها و خواهرهای مهربانم که همیشه حامی و پشتیبان من بودند

و همراه همیشگیم مینو صادقی

بر خود واجب می دانم کمال قدر دانی و سپاسگزاری خود را از استاد راهنمای گرامیم، جناب آقای دکتر رئیسی، که صبورانه مشوق بنده بوده اند، ابراز نمایم. همچنین از راهنمایی های مفید و مشفقانه استاد مشاور گرامیم، جناب آقای دکتر قاسمی قدر دانی نموده و برایشان توفیق روز افزون را از خداوند منان خواستارم. از داوران محترم، جناب آقای دکتر شاطری و جناب آقای دکتر احمدی که مشفقانه قلم تصحیح بر نقایص این پژوهش نهاده اند، نیز سپاسگزارم.

چکیده

جابجایی آزاد در محفظه‌ها، مساله‌ای چالش انگیز از موضوعات کاربردی می‌باشد، چراکه محفظه‌های پر شده از سیال، جز اصلی لیست طویلی از مباحث سیستمهای ژئوفیزیکی و مهندسی را تشکیل می‌دهد. انتقال حرارت به صورت جابجایی آزاد درون محفظه‌ها، کاربردهای وسیعی در صنعت و تکنولوژی امروزه دارد. این پدیده بر انتقال گرما از لوله-ها، خطوط انتقال، وسایل الکترونیکی و ماشین‌های الکتریکی، سیستم‌های کابل زیرزمینی، خنک کاری وسایل میکروالکترونیک .... اشاره کرد.

از واژه‌ی جابجایی برای توصیف انتقال انرژی بین یک سطح و جریان سیال روی آن استفاده می‌شود، بنابراین واضح است که اساسی ترین نقش در انتقال حرارت جابجایی بر عهده‌ی سیال می‌باشد. سیالاتی همچون آب، روغن‌های معدنی، اتیلین گلیکول و ... که در گذشته نقش مهمی را در انتقال حرارت ایفا می‌کردند، دارای ضریب هدایت نسبتا پایینی بوده و پاسخگوی تکنولوژی مدرن نمی‌باشد. بنابراین نانوسیالات به عنوان گروهی جدید از سیالات که قادر به انتقال حرارت می‌باشد، وارد صنعت شدند. افزودن ذراتی در اندازهای نانومتری که عموما داری ضرایب انتقال حرارتی بالایی هستند، به سیال باعث می‌شود که ضریب هدایت نانو سیال ایجاد شده به مراتب بالاتر از سیال خالص باشد. انتقال حرارت در نانو سیالات به خصوصیات فیزیکی همچون شکل و اندازه‌ی ذرات و همچنین خواص ذرات جامد بستگی دارد. خواص استثنایی نانوسیال‌ها شامل هدایت حرارتی بیشتر نسبت به سوسپانسیون‌های معمولی، رابطه‌ی غیر خطی بین هدایت و غلظت مواد جامد و بستگی شدید هدایت به دما است. این خواص استثنایی، به همراه پایداری، روش تهیه نسبتا آسان و ویسکوزیته یا گرانروی قابل قبول باعث شده تا این سیالات به عنوان یکی از مناسبترین و قویترین انتخاب‌ها در زمینه سیالات خنک کننده مطرح شوند.

مسئله‌ی حاضر به بررسی انتقال حرارت جابجایی آزاد جریان نانوسیال درون یک محفظه‌ی مربع شکل و با درنظر گرفتن یک صفحه‌ی جداکننده‌ی عمودی با طول متغیر در وسط محفظه که ضخامت آن قابل چشم پوشی است، می-پردازد. جهت این بررسی، معادلات بقا جرم، مومنتم و انرژی در حالت دوبعدی آرام بکارگرفته شده است.گسسته سازی معادلات حاکم به روش حجم محدود انجام شده‌است. در تحقیق حاضر موضوع اصلی، بررسی اثر پارامترهای عدد ریلی،تغییر طول صفحه‌ی میانی، عدد هارتمن، گرمایش ژول و تغییر درصد حجمی نانوذرات بر روی خطوط جریان و خطوط همدما می‌باشد.

نتایج در قالب خطوط همدما، خطوط جریان و پروفیل‌های سرعت و دما ارائه شده است. براساس این نتایج، افزایش عدد رایلی موجب بالا رفتن انتقال حرارت محفظه می‌گردد. افزایش طول صفحه‌ی میانی، کاهش جریان و کاهش انتقال حرارت را باعث می‌شود. با تغییر میدان مغناطیسی می‌توان میزان سرعت و انتقال حرارت محفظه را کنترل کرد. گرمایش ژول اثرگذاری کمی در مسئله دارد و با افزایش آن میزان انتقال حرارت دیواره‌ی گرم کاهش پیدا می‌کند. افزودن نانوذرات در اکثر مواقع موجب افزایش انتقال حرارت می‌شود.

کلمات کلیدی: جابجایی آزاد، نانوسیال، محفظه‌ی مربعی، عدد ریلی، میدان مغناطیسی، صفحه‌ی میانی

فهرست

عنوان صفحه

فصل اول- کلیات ۱۱

۱-۱ مقدمه ۱۱

۱-۲ مقدمه ای بر فرآیند انتقال حرارت ۱۱

۱-۳ انتقال حرارت به روش جابجایی ۱۲

۱-۴ کاربرد جابجایی آزاد در صنعت ۱۲

۱-۵ جابجایی آزاد در محفظه ها و کاربردهای آن ۱۳

۱-۶ معرفی نانوسیال و کاربردهای آن ۱۴

۱-۷ پیشینه تحقیق و بررسی منابع ۱۷

۱- ۸ جایگاه پایان نامه و روند بررسی ۱۹

فصل دوم- بیان مسئله، معادلات و شرایط مرزی ۲۱

۲- ۱ بیان مسئله ۲۱

۲-۲ معادلات حاکم ۲۲

۲- ۳ شرایط مرزی ۲۵

فصل سوم- روش حل عددی ۲۷

۳- ۱ گسسته‌سازی معادلات ۲۷

۳- ۱- ۱ جبری کردن جملات جابجایی و پخش ۲۹

۳ -۱-۲ جبری کردن جمله های چشمه و گرادیان فشار ۳۱

۳-۲ شکل کلی معادله‌های جبری ۳۱

۳-۲-۱ معادله‌ی جبری u ۳۲

۳-۲-۲ معادله‌ی جبری v ۳۴

۳-۲-۳ معادله‌ی جبری θ ۳۶

۳-۲-۴ معادله‌ی تصحیح فشار ۳۷
۳-۲-۵ اعمال شرایط مرزی..... ۴۰
۳-۲- ۵-۱ دیواره ی سمت چپ ۴۰
۳-۲-۵-۲ دیواره ی سمت راست ۴۱
۳-۲-۵-۳ دیواره ی پایین ۴۱
۳-۲-۵-۴ دیواره‌ی بالا ۴۲
۳-۲-۵-۵ صفحه‌ی میانی..... ۴۲
۳-۲-۶ معیار همگرایی ۴۲
۳-۲-۷ ضریب رهایی ۴۳
۳-۲ -۸ روش شبکه بندی میدان حل ۴۳
۳-۳ الگوریتم حل معادلات(الگوریتم سیمپل)..... ۴۳
فصل چهارم- بحث و نتایج ۴۵
۴- ۱ مقدمه..... ۴۵
۴- ۲ انتخاب شبکه ی حل ۴۵
۴- ۳ بررسی صحت کد کامپیوتری ۴۶
۴– ۳– ۱جایجایی آزاد سیال هوا در محفظه ی مربعی ۴۶
۴-۳-۲ جابجایی آزاد نانوسیال آب – اکسیدآلومینیوم در محفظه‌ی مربعی..... ۴۷
۴-۴ بحث و نتایج ۵۰
۴ – ۴ – ۱ بررسی اثر قدرت جابجایی(Ra) ۵۰
۴ – ۴ – ۲ بررسی تغییر طول صفحه ی میانی..... ۵۴
۴ – ۴ – ۳ بررسی اثر میدان مغناطیسی(Ha)..... ۶۰
۴ – ۴ – ۴ بررسی اثر پارامتر گرمایش ژول (J) ۶۵
۴ – ۴ – ۵ بررسی اثر درصد حجمی (φ)..... ۷۰
۴ – ۴ – ۵ - ۱ بررسی اثر درصد حجمی (φ) بادرنظرگرفتن گرمایش ژول ۷۰
۴ – ۴ – ۵ -۲ بررسی اثر درصد حجمی (φ) بدون درنظرگرفتن گرمایش ژول..... ۷۴
۴- ۵ جمع بندی و نتیجه گیری ۷۸
۴-۶ پیشنهادها ۷۹

پیوست ۸۰
پیوست (الف) قسمتی از کد کامپیوتری ۸۰
منابع ۸۱

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل‌ها صفحه

شکل (۲- ۱) هندسه ی مسئله ۲۲

شکل (۳–۱) شبکه بندی به روش سیمپل ۲۸

شکل (۳–۲) نقاط اصلی و فرعی شبکه‌ی دو بعدی ۳۰

شکل (۳–۳) شبکه ی حجم کنترل جابجا شده برای u ۳۲

شکل (۳–۴) شبکه ی حجم کنترل جابجا شده برای v ۳۵

شکل (۳-۵)شبکه ی حجم کنترل جابجا شده برای P ۳۸

شکل (۳–۶) سلول اول(سمت چپ) و آخر (سمت راست) در جهت x برای اعمال شرایط مرزی u , θ ۴۰

شکل (۳–۷) سلول اول و پایین(سمت چپ)و آخر و بالا(سمت راست) در جهت y برای اعمال شرایط مرزیvوθ ۴۱

شکل (۴-۱) نوسلت متوسط دیواره‌ی گرم و اندازه‌ی جریان ماکزیمم برای طول صفحه‌ی$Hm = 0.50$ ۴۶

شکل (۴–۲) نوسلت دیواره‌ی گرم برای عددریلی $Ra = 103$ ، گرمایش ژول $J = 0.0$ ۴۷

شکل (۴–۳) سرعت عمودی برای عددریلی $Ra = 103$ ، گرمایش ژول $J = 0.0$ ۴۸

شکل (۴–۴) دما برای عددریلی $Ra = 105$ ، گرمایش ژول $J = 0.0$ ۴۹

شکل (۴- ۵) خطوط همدما و خطوط جریان برای ریلی‌های مختلف ۵۲

شکل (۴-۶) پروفیل دما، سرعت عمودی، در راستای محور X و در $Y = 0.5$ برای ریلی‌های مختلف ۵۲

شکل (۴-۷) نوسلت موضعی روی دیواره ی گرم برای ریلی‌های مختلف ۵۴

شکل (۴- ۸) خطوط همدما و خطوط جریان برای طول متغیرصفحه‌ی میانی ۵۶

شکل (۴-۹) پروفیل دما، سرعت عمودی، در راستای محور X و در $Y = 0.5$ برای طول متغیر صفحه‌ی میانی ۵۷

شکل (۴-۱۰) نوسلت موضعی روی دیواره ی گرم برای طول متغیر صفحه‌ی میانی ۵۸

شکل(۴-۱۱) نسبت تغییرات نوسلت متوسط به نوسلت متوسط درحالت$Hm = 0.0$ به تغییر ریلی ۵۹

شکل (۴-۱۲) خطوط همدما و خطوط جریان برای هارتمن‌های مختلف ۶۱

شکل (۴-۱۳) پروفیل دما، سرعت عمودی، در راستای محور X و در $Y = 0.5$ برای هارتمن‌های مختلف ۶۲

شکل (۴-۱۴) نوسلت موضعی روی دیواره ی گرم برای هارتمن‌های مختلف ۶۳

شکل(۴-۱۵) تغییرات نوسلت متوسط نسبت به هارتمن ۶۴

شکل(۴-۱۶) نسبت تغییرات نوسلت متوسط به نوسلت متوسط درحالت$Ha = 0$ به تغییر ریلی در$J = 0.0$ ۶۴

شکل (۴-۱۷) خطوط همدما و خطوط جریان برای گرمایش ژول مختلف ۶۶
شکل(۴-۱۸) مقایسه‌ی خطوط همدما و خطوط جریان برای $J = 0.0$ و $J = 6.0$ ۶۷
شکل (۴-۱۹) پروفیل دما، سرعت عمودی ، در راستای محور X و در $Y = 0.5$ برای گرمایش ژول مختلف ۶۸
شکل (۴-۲۰) نوسلت موضعی روی دیواره ی گرم و دیواره‌ی سرد برای گرمایش ژول مختلف ۶۹
شکل (۴-۲۱) خطوط همدما و خطوط جریان برای درصد حجمی‌های مختلف و با گرمایش ژول ۷۱
شکل(۴-۲۲) مقایسه‌ی خطوط همدما و خطوط جریان برای $\varphi = 0.0$ و $\varphi = 0.07$ ۷۲
شکل (۴-۲۳) پروفیل دما، سرعت عمودی، در راستای محور X و در $Y = 0.5$ برای درصد حجمی‌های مختلف ۷۲
شکل (۴-۲۴) نوسلت موضعی روی دیواره ی گرم برای درصد حجمی‌های مختلف و با گرمایش ژول ۷۳
شکل(۴-۲۵) سرعت عمودی، به ازای درصد حجمی‌های φمختلف و برای ریلی‌های گوناگون ۷۵
شکل(۴-۲۶)نوسلت دیواره‌ی گرم به ازای درصد حجمیهای φمختلف و برای ریلی‌های گوناگون ۷۶
شکل(۴-۲۷) نسبت تغییرات نوسلت متوسط به نوسلت متوسط درحالت $\varphi = 0.01$ به تغییر ریلی ۷۸

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول‌ها صفحه

جدول (۲ – ۱) خواص ترمو فیزیکی آب و اکسیدآلومینیوم [۱۰]..... ۲۴

جدول (۳ – ۱) پارامترهای معادلات بی بعد شده ۲۹

جدول (۴- ۱) نوسلت متوسط روی دیواره ی گرم برای محفظه ی مربعی با سیال هوا ۴۶

جدول(۴-۲) تابع جریان ماکزیمم به ازای ریلی های مختلف ۵۳

جدول (۴-۳) نوسلت متوسط روی دیواره ی گرم، به ازای ریلی های مختلف ۵۴

جدول(۴-۴) تابع جریان ماکزیمم به ازای طول صفحه‌ی میانی مختلف..... ۵۸

جدول (۴-۵) نوسلت متوسط روی دیواره ی گرم، به ازای طول صفحه‌ی میانی مختلف..... ۵۹

جدول(۴-۶) تابع جریان ماکزیمم به ازای هارتمن‌های مختلف ۶۲

جدول (۴- ۷) نوسلت متوسط روی دیواره ی گرم، به ازای هارتمن‌های مختلف ۶۳

جدول(۴-۸) تابع جریان ماکزیمم به ازای عدد گرمایش ژول مختلف ۶۵

جدول (۴-۹) نوسلت متوسط روی دیواره‌ی گرم و سرد به ازای گرمایش ژول های مختلف ۶۸

جدول(۴- ۱۰) تابع جریان ماکزیمم برای و به ازای درصدحجمی‌های مختلف..... ۷۰

جدول (۴-۱۱) نوسلت متوسط روی دیواره ی گرم، برای به ازای درصدحجمی های مختلف ۷۳

جدول(۴-۱۲) مقدارجریان ماکزیمم، به ازای ریلی‌های متفاوت و تغییرات میزان درصد حجمی ۷۴

جدول(۴-۱۳) مقدارنوسلت متوسط دیواره‌ی گرم، به ازای ریلی‌های متفاوت و تغییرات میزان درصد حجمی..... ۷۷

فهرست نمادها

میدان مغناطیسی

ظرفیت گرمایی ویژه

تصحیح فشار

فشار حدسی

فشار در زمان اولیه

سرعت افقی حدسی

سرعت افقی در زمان اولیه

سرعت عمودی حدسی

سرعت عمودی در زمان اولیه

ارتفاع بدون بعد صفحه

عدد بدون بعد هارتمن

پارامتر گرمایش ژول

ضریل هدایت حرارتی

طول بدون بعد صفحه

عدد نوسلت

فشار

عدد پرانتل

عدد بدون بعد ریلی

ترم چشمه

دمای دیواره

سرعت افقی بدون بعد

سرعت عمودی بدون بعد

فاصله افقی بدون بعد از مبدا مختصات

فاصله عمودی بدون بعد از مبدا مختصات

شتاب جاذبه

سرعت افقی

سرعت عمودی

فاصله افقی از مبدا مختصات

فاصله عمودی از مبدا مختصات

علائم یونانی

ضریب رهایی فشار

نفوذ پذیری

چگالی در زمان اولیه

درصد حجمی نانوسیال

ضریب انبساط گرمایی

دمای بدون بعد

لزجت سینماتیکی

چگالی

ضریب هدایت الکتریکی

لزجت دینامیکی

زیرنویس‌ها

دیواره‌ی گرم

خواص مربوط به نانوذرات

دیواره‌ی سرد

خواص مربوط به سیال

متوسط

خواص مربوط به نانوسیال

مقدمه

در فصل اول مقدمه‌ای بر انتقال حرارت جابجایی آزاد و کاربرد نانوسیال در صنعت بیان شده و پس از آن با مروری بر پژوهش‌های پیشین، جایگاه این طرح بیان گردیده است و در ادامه‌ی فصل اهداف و روند بررسی و نیز جنبه‌ی نوآوری طرح معرفی شده است.

در فصل دوم، هندسه‌ی طرح و فرضیات حاکم بر آن مشخص گردیده، و به معادلات حاکم بر مساله می‌پردازیم.

در فصل سوم شرح مختصری بر محاسبه روابط جبری، و روش مورد استفاده در حل عددی معادلات حاکم، بر مبنای الگوریتم سیمپل داده می شود.

در فصل چهارم ابتدا، با بررسی اثر تعداد نقاط شبکه بر پارامترهای مهم مساله، بعنوان مثال نوسلت متوسط دیواره‌ی گرم و ماکزیمم جریان، شبکه‌ی مناسبی برای حل مسئله‌ی حاضر انتخاب می‌کنیم، سپس عملکرد برنامه‌ی کامپیوتری تهیه شده در مقایسه با نتایج مطالعات قبلی، کنترل می‌گردد. بدین منظور پارامترهای مختلف، از جمله سرعت و دمای وسط دیواره‌های عمودی و در راستای افق محفظه و نوسلت موضعی دیواره‌ی گرم و عدد نوسلت متوسط با مقادیر و نتایج بدست آمده توسط محققین دیگر در چند مسئله جابجایی مختلف، مقایسه و از صحت روند حل برنامه، اطمینان حاصل می‌شود. پس از آن به بررسی مسئله‌ی مورد نظر می‌پردازیم. بدین منظور، تاثیر تغییر پارامترهای مختلف ازجمله عدد ریلی، عدد هارتمن، تغییر طول صفحه‌ی میانی و اثر تولید انرژی و تغییر درصد حجمی نانو ذرات با رسم خطوط هم‌دما و خطوط جریان درون محفظه و نیز بررسی سرعت، دما و میزان انتقال حرارت با رسم پروفیل های لازم، نشان داده می‌شوند. در پایان جمع بندی بر کل بررسی‌های انجام شده صورت گرفته و پیشنهادات لازم بیان می‌شود.

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

در این فصل ابتدا مقدمه‌ای بر فرآیند انتقال حرارت به‌روش جابجایی و کاربردهای آن بیان می‌گردد. سپس شرح مختصری بر نانوسیال و مزایای استفاده از آن در صنعت مطرح می‌شود. در ادامه به برخی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه اشاره می‌شود. پس از آن اهداف و روند بررسی و جنبه‌ی نوآوری در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲ مقدمه ای بر فرآیند انتقال حرارت

علم انتقال گرما یا انتقال حرارت به تحلیل آهنگ انتقال گرما در سیستم می‌پردازد. انتقال انرژی از طریق شارش گرما را نمی‌توان مستقیما اندازه‌گیری کرد ولی این انتقال چون به یک کمیت قابل اندازه‌گیری به نام دما ارتباط دارد، دارای مفهوم فیزیکی است. گرما نوعی انرژی است که به علت اختلاف دما بین دو سیستم، از یکی به دیگری منتقل می‌شود. شرط انتقال حرارت خودبه‌خودی، اختلاف دما است. اگر دو سیستم در حال ارتباط با یکدیگر هم‌دما نباشند، گرما از ناحیه‌ی پردما (گرم) به ناحیه‌ی کم‌دما (سرد) جریان می‌یابد و این جریان تا زمانی ادامه می‌یابدکه دو سیستم هم‌دما شوند. گرما به دلیل وجود گرادیان دمایی شارش می‌یابد، دانستن توزیع دما ضروری است.

مسئله‌ی توزیع دما و شارش گرما در بسیاری از شاخه‌های علوم و مهندسی مطرح است. مثلا در طراحی دیگ‌های بخار، چگالنده‌ها (کندانسورها)، مبدل‌های حرارتی و رادیاتورها تحلیل انتقال گرما برای محاسبه‌ی اندازه‌ی آنها لازم است. انتقال حرارت به سه شیوه‌ی رسانش، جابجایی و تشعشع(تابش) صورت میگیرد، که در اینجا به‌علت اهمیت انتقال حرارت جابجایی در تحقیق حاضر توضیح مختصری دراین رابطه آورده شده است.

۱-۳ انتقال حرارت به روش جابجایی

از واژه‌ی جابجایی برای توصیف انتقال انرژی بین یک سطح و جریان سیال روی آن استفاده می‌شود، هرچند مکانیزم پخش انرژی (حرکت تصادفی مولکول‌های سیال) سهمی در این انتقال حرارت دارد، ولی بطور کلی سهم اصلی ناشی از حرکت ذرات سیال است. بنابراین واضح است که اساسی ترین نقش در انتقال حرارت جابجایی بر عهده‌ی سیال می‌باشد.

منظور از جابجایی، انتقال گرما بین یک سطح و یک سیال متحرک با دماهای مختلف است. مقدار حرارتی که در جابجایی منتقل می‌شود تابع نوع، خواص ترموفیزیکی (چگالی، لزجت، ضریب هدایت گرمایی و گرمای ویژه)، شرایط و طبیعت حرکت (آزاد یا اجباری بودن سیال) و شکل هندسی سطح است. انتقال گرمای جابجایی از دو مکانیزم تشکیل می‌شود. یکی انتقال انرژی ناشی از حرکت تصادفی مولکول‌ها (پخش) و دیگری انتقال انرژی بر اثر حرکت کپه‌ای (ماکروسکوپیک) سیال می‌باشد. وقتی که جریان توسط وسایل خارجی از قبیل فن و یا پمپ به وجود بیاید جابجایی واداشته داریم. در مقابل در جابجایی آزاد، جریان بر اثر نیروهای شناوری بوجود می‌آید. جابجایی آزاد یا طبیعی ناشی از اعمال نیروی جسمی بر سیال در اثر گرادیان چگالی است. حاصل این پدیده نیروی غوطه‌وری است که جریان‌های جابجایی آزاد را بوجود می‌آورد. در اغلب اوقات، گرادیان چگالی ناشی از گرادیان دما و نیروی جسمی ناشی از میدان جاذبه زمین است. اختلاف چگالی لایه‌های مختلف سیال در اثر تغییر دمای به این صورت توجیه می‌شود که چگالی لایه‌های پایینی سیال در اثر گرم شدن کاهش یافته و پس از آن سیال به طرف بالا حرکت می‌کند. مقدار حرکت سیال تابع جنس سیال، اندازه اختلاف دما و حجم فضایی است که سیال در آن قرار دارد.

چون سرعت‌های جریان جابجایی آزاد عموما کمتر از جابجایی اجباری است، نرخ انتقال حرارت جابجایی آزاد نیز کمتر خواهد بود. در اغلب سیستمهایی که مکانیزم‌های مختلف انتقال گرما را شامل می‌شوند، جابجایی آزاد مقاومت زیادی در مقابل انتقال گرما بوجود می‌آورد و بنابراین نقش مهمی را در طراحی یا تعیین عملکرد سیستم بازی می‌کند. علاوه بر این، هنگامی که کاهش نرخ انتقال گرما و یا کاهش هزینه عملکرد دستگاه مدنظر باشد، جابجایی آزاد بر جابجایی اجباری ترجیح داده می‌شود.

معادلات حاکم بر انتقال اندازه حرکت و انرژی در جابجایی آزاد، همانند جابجایی اجباری، از اصول بقای مربوطه سرچشمه می‌گیرد. علاوه بر این، فرایندهای ویژه مربوط به جابجایی آزاد شبیه جابجایی اجباری است. نیروهای اینرسی، لزجت، و همچنین انتقال انرژی به وسیله ادوکسیون و پخش در اینجا نیز مهم هستند. تفاوت عمده بین دو جریان آن است که نیروهای غوطه‌وری در جابجایی آزاد نقش مهمی را ایفا می‌کنند.

۱-۴ کاربرد جابجایی آزاد در صنعت

جابجایی آزاد کاربردهای فراوانی دارد. این پدیده بر انتقال گرما از لوله‌ها و خطوط انتقال و وسایل الکترونیکی به شدت تاثیر می‌گذارد. جابجایی آزاد نقش مهمی را در انتقال گرما از گرمکن‌های الکتریکی صفحه‌ای یا رادیاتورهای

بخاری به هوای اتاق و همچنین در انتقال گرما از پیچه‌های یک سیستم تبرید به هوا، ایفا می‌کند. حرکتهای جوی و اقیانوسی و فرایندهای انتقال گرمای مربوطه که در علوم زیست محیطی اهمیت دارند نیز به جابجایی آزاد مربوط می‌شوند.

انتقال حرارت به صورت جابجایی آزاد درون محفظه‌هایی با اشکال مرکب به صورت منظم و یا بی قاعده کاربرد وسیعی در صنعت و تکنولوژی امروزه دارد. از جمله‌ی این کابردها می‌توان به کاربرد در ماشین‌های الکتریکی، سیستم‌های کابل زیرزمینی، خنک کاری وسایل میکروالکترونیک و .... اشاره کرد.

در طبیعت جابجایی مولکول‌ها، دراثر گرمای ناشی از خورشید و تاثیر آن بر روی زمین و آب مشاهده می‌شود و این اصلی ترین صورت سیستم آب و هوایی می‌باشد، همچنیین این انتقال‌ها در جریان‌های اقیانوسی و نیز در جریان هوای گرم روی آتش و همچنین شکل گیری بادهای اقیانوسی دیده می‌شود.

۱-۵ جابجایی آزاد در محفظه ها و کاربردهای آن

جابجایی آزاد در محفظه‌ها، مساله‌ای چالش انگیز از موضوعات کاربردی می‌باشد، چراکه محفظه‌های پر شده از سیال، جز اصلی لیست طویلی از مباحث سیستمهای ژئوفیزیکی و مهندسی را تشکیل می‌دهد. درحقیقت، تلاش-های تحقیقاتی در این زمینه بخصوص ابعاد محفظه‌ها، موضوع اختصاصی مطالعات در چنددهه اخیر بوده‌است.

مؤلفه جابجایی آزاد در یک محفظه، بسته به هندسه و شیب محفظه، مقادیر متنوعی دارد. با بررسی موارد کاربردهای مهندسی، این پدیده در محفظه‌ها را می‌توان به دو گروه بزرگ تقسیم بندی نمود:

۱- محفظه‌های عمودی و شیبدار که از یک وجه جانبی گرم می‌شوند

۲- محفظه های افقی که از وجه زیرین گرم می‌شوند

تفاوت اصلی بین این دو گروه اینست که در محفظه‌هایی که از وجه جانبی گرم می‌شوند، به محض اینکه اختلاف دمای بسیار کوچکی در محفظه اعمال شود، پدیده جابجایی رخ می‌دهد. در حالیکه، در محفظه‌هایی که از وجه زیرین گرم می‌شوند، قبل از اینکه اولین علائم حرکت سیال مشاهده شود، بایستی اختلاف دمای اعمال شده به مقدار بحرانی خود برسد. کاربردهای ذکر شده گروه اول، کلکتورهای خورشیدی، عایقکاری دیواره‌های دو جداره، چرخش هوا در اتاق‌های یک ساختمان و سیستم‌های سرمایش ماشین آلات الکتریکی دوار صنعتی می‌باشد. به عنوان مثالی‌کاربردی از گروه دوم، می‌توان به عملکرد ایزوله‌های حرارتی و انتقال حرارت در فضای اتاقک زیر شیروانی یک سقف، اشاره کرد. علاوه بر اینکه مطالعه هر دو گروه نیز می‌تواند در فهم جابجایی آزاد در اتمسفر، در آب و در هسته‌ی مذاب زمین، مؤثر باشد.

کاربردهای معاصر و فعلی در مهندسی ایزوله‌های حرارتی، تکنولوژی خورشیدی، سیال چرخشی در ماشین آلات و مدیریت انرژی در طراحی معماری، مرتبط با گروه اول می‌باشد. این دسته از محفظه‌ها که از وجه جانبی گرم می-شوند، موضوع جدیدتری در تحقیقات انتقال حرارت آزاد، می‌باشد. از طرف دیگر، جابجایی آزاد در لایه‌های سیالی که از زیر گرم می‌شود، موضوع قدیمی تری می‌باشد.

انتقال حرارت و پروسه‌ی جابجایی، با تغییر شیب محفظه برای دو گروه ذکر شده، بطور قابل توجهی تغییر می‌کند. نسبت مساحت محفظه نیز نقش مهمی را در ایجاد نمودن پروسه انتقال حرارت و جابجایی در محفظه، ایفا می-