

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

11.2.19

۹۵۷۲
۱۳۸۶/۱۱/۱۱
۱۳۸۶/۱۱/۱۱



دانشکده فنی

گروه مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

شبیه سازی عددی جابجایی آزاد برای جریان آرام و تراکم ناپذیر در
داخل محفظه بسته مستطیلی شکل

سیروان محمدی

اساتید راهنما

دکتر نادر پور محمود


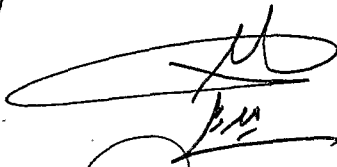



دکتر ایرج میرزایی

پاییز ۸۶

۱۱۰۳۱۶

پایان نامه لیسرا محمدی به تاریخ ۸۶،۹،۶ شماره ۲۹-۲ ف مورد پذیرش هیات محترم

داوران بارتبه عالی و نمره - ۱۸۱ قرار گرفت.

- ۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران:  نادر پورغور
- ۲- استاد مسئول راهنما داور:  م. م. م.
- ۳- داور خارجی:  شرام حسین آری
- ۴- داور داخلی:  س. م. ج.
- ۵- نماینده تحصیلات تکمیلی:  م. س.

حق طبع و نشر محتوی پایان نامه برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

تقدیم به

روح پدرم

و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر:

شکر نامحصور و حمد نامحدود حضرت واجب الوجودی را جلت قدرته که زیور عقل، پیرایه وجود انسان گردانید تا به وسیلت آن در کسب اخلاق حمیده و اوصاف جمیله غایت جهد بذل کرد.

حال که این پایان نامه به پایان رسیده است بر خود لازم می دانم از زحمات بی پایان استادانی که این نگارش مرهون دانش آنان است، سپاسگزاری کنم.

نخست از دکتر نادر پور محمود، استاد راهنمای اول پایان نامه که با بصیرت و مهربانی ایشان مشکلات فرا روی این تحقیق هموار شد. همچنین از دکتر ایرج میرزایی، استاد راهنمای دوم پایان نامه که مرا از راهنمایی‌های خود بهره مند کردند.

جا دارد از اعضای هیأت علمی گروه مکانیک، آقایان دکتر شهرام خلیل آریا، دکتر مهدی پسته ای و دکتر قادر رضا زاده، تشکر کنم و مراتب سپاس و قدردانی خود را ابراز دارم.

در پایان از محبت‌های دوستان گرامی ام آقایان خه بات محمدی، عباس عبدلی، بهروز عزیز زاده، وحید رضا شادفر، مرتضی تقی پور، مهران جهانی، محسن آقابرانی، محمدیار حسینی، محمد ضیایی، آرش فرجادی و عماد دباش زاده صمیمانه تشکر می کنم و برای همگی آنان آرزوی شاد کامی و موفقیت دارم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
I	فهرست مطالب.....
V	فهرست اشکال.....
IX	فهرست جداول.....
X	فهرست علائم و نشانه ها.....
XIII	چکیده.....
۱	فصل اول- مقدمه.....
۴	فصل دوم- کاربردها و کارهای انجام شده.....
۴	۱-۲ مقدمه.....
۵	۲-۲ کاربردها.....
۶	۳-۲ مروری بر کارهای انجام شده.....
۹	فصل سوم- تشریح مساله و ارائه معادلات حاکم.....
۹	۱-۳ مقدمه.....
۱۰	۲-۳ فرضیات ابتدایی و نکات مربوطه.....
۱۰	۳-۳ لایه مرزی سرعت در جابجایی.....
۱۱	۴-۳ لایه مرزی گرمایی.....
۱۲	۵-۳ قوانین بقاء.....
۱۳	۱-۵-۳ اصل بقاء جرم.....
۱۴	۲-۵-۳ اصل بقاء اندازه حرکت (قانون دوم نیوتن).....

۱۵	.....۳-۵ اصل بقاء انرژی (قانون اول ترمودینامیک).
۱۶	.....۳-۶ انواع فرمول بندی معادلات تراکم ناپذیر برای جابجایی آزاد
۱۷	.....۳-۶-۱ فرمول بندی براساس متغیرهای اولیه.
۱۷	.....۳-۶-۲ فرمول بندی تابع جریان- چرخش
۲۰	.....۳-۶-۳ نکاتی در مورد فرمول بندیها.
۲۰	.....۳-۶-۳-۱ فرمول بندی براساس متغیرهای اولیه.
۲۰	.....۳-۶-۳-۲ فرمول بندی تابع جریان- چرخش
۲۰	.....۳-۶-۷ معادله پوآسون برای فشار (متغیرهای اولیه).
۲۱	.....۳-۶-۱-۷ معادله پوآسون برای فشار (فرمول بندی چرخش- تابع جریان).
۲۱	.....۳-۸ ضریب انتقال حرارت جابجایی
۲۴	.....۳-۹ ساز و کار جابجایی آزاد در محفظه های بسته.
۲۵	.....۳-۱۰ روابط تجربی جابجایی آزاد در فضاهاى بسته.
۳۱	..... فصل چهارم- روشهای عددی و تعریف مساله
۳۱	.....۴-۱ مقدمه
۳۱	.....۴-۲ روش های پیشگویی عملی و محاسبات تئوری
۳۲	.....۴-۳ امتیازات یک محاسبه تئوری
۳۳	.....۴-۴ نارساییهای محاسبه تئوری
۳۴	.....۴-۵ انتخاب روش پیشگویی
۳۴	.....۴-۶ معرفی CFD به عنوان سومین روش پیشگویی
۳۵	.....۴-۶-۱ شرط کارا بودن یک الگوریتم CFD
۳۶	.....۴-۷ روش های عددی

۳۷	..... ۱-۷-۴ روش تفاضل های محدود
۳۷	..... ۲-۷-۴ روش المانهای محدود
۳۷	..... ۳-۷-۴ روش حجم محدود
۳۸	..... ۸-۴ روش های محاسبه جمله جابجایی معادلات حاکم
۳۸	..... ۱-۸-۴ روش بالا دست مرتبه اول
۳۹	..... ۲-۸-۴ روش بالا دست مرتبه دوم
۴۰	..... ۹-۴ معادلات دیفرانسیل پاره ای خطی و غیر خطی و دستگاه معادلات
۴۱	..... ۱۰-۴ تعریف شرایط اولیه و شرایط مرزی و انواع آن
۴۲	..... ۱۱-۴ تعاریف و یادآوری
۴۲	..... ۱۲-۴ تقریب تفاضل محدود
۴۳	..... ۱-۱۲-۴ بسط سری تیلور
۴۴	..... ۲-۱۲-۴ تفاضل محدود به کمک چند جمله ایها
۴۴	..... ۱۳-۴ انواع فرمول بندی تفاضل محدود
۴۴	..... ۱-۱۳-۴ روش صریح پیش رو نسبت به زمان و تفاضل مرکزی نسبت به مکان
۴۴	..... ۲-۱۳-۴ روش صریح ریچاردسون
۴۵	..... ۳-۱۳-۴ روش صریح دو فورت - فرانکل
۴۵	..... ۴-۱۳-۴ روش ضمنی لاسونن
۴۵	..... ۵-۱۳-۴ روش ضمنی کرانک نیکلسون
۴۶	..... ۱۴-۴ خطی کردن
۴۶	..... ۱-۱۴-۴ روش تأخیری
۴۶	..... ۲-۱۴-۴ روش تکراری
۴۷	..... ۱۵-۴ تحلیل پایداری

۴۷	.....۱۶-۴ الگو ریتم های عددی (متغیر های اولیه).
۴۹	.....۱۷-۴ الگو ریتم عددی (فرمول بندی چرخش تابع جریان).
۴۹	.....۱-۱۷-۴ دستگاه معادلات فرمول بندی چرخش تابع جریان.
۵۲	.....۱۸-۴ معادله تابع جریان.....
۵۲	.....۱۹-۴ شرایط مرزی.....
۵۵	.....۲۰-۴ الگوریتم حل عددی.....
۵۵	.....۲۱-۴ میدان محاسباتی و تولید شبکه با سازمان مستطیلی.....
۵۸	..... فصل پنجم - بررسی نتایج بدست آمده
۵۸	..... ۱-۵ مقدمه.....
۵۹	..... ۲-۵ بررسی نتایج فاز اول (تغییرات عدد رایلی).....
۶۰	..... ۳-۵ بررسی نتایج فاز دوم (تغییر دمای بی بعد دیواره ها کناری).....
۶۴	..... ۴-۵ بررسی نتایج در فاز سوم (تغییر ابعاد هندسی محفظه).....
۹۸	..... فصل ششم - نتیجه گیری کلی و پیشنهادات.....
۹۸	..... ۱-۶ مقدمه.....
۹۸	..... ۲-۶ فاز اول (تغییر عدد رایلی).....
۹۹	..... ۳-۶ فاز دوم (تغییر دمای بدون بعد دیواره های کناری).....
۹۹	..... ۴-۶ فاز سوم (تغییر ابعاد هندسی میدان).....
۱۰۰	..... پیشنهادات.....
۱۰۱	..... پیوست.....
۱۱۳	..... مراجع.....

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱	فصل سوم- کلیات.....
۲۵	شکل (۱-۳) سلولهای بنارد تشکیل شده در محفظه بسته.....
۲۷	شکل (۲-۳) جابجایی آزاد در یک حفره مستطیلی.....
۳۱	فصل چهارم- روشهای عددی و تعریف مساله.....
۳۹	شکل (۱-۴) حجم کنترل در فضای یک بعدی.....
۴۰	شکل (۲-۴) المان های مجاور در روش بالادست مرتبه دوم.....
۵۳	شکل (۳-۴) شبکه بندی محفظه بسته مورد نظر.....
۵۸	فصل پنجم- بررسی نتایج بدست آمده.....
۶۶	شکل (۱-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=5000$
۶۶	شکل (۲-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=5000$
۶۷	شکل (۳-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=10000$
۶۷	شکل (۴-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=10000$
۶۸	شکل (۵-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=100000$
۶۸	شکل (۶-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=100000$
۶۹	شکل (۷-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=200000$
۶۹	شکل (۸-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.3, Ra=200000$
۷۰	شکل (۹-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=5000$

- شکل (۱۰-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=5000$ ۷۰
- شکل (۱۱-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=5000$ ۷۱
- شکل (۱۲-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=5000$ ۷۱
- شکل (۱۳-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=5000$ ۷۲
- شکل (۱۴-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=5000$ ۷۲
- شکل (۱۵-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=5000$ ۷۳
- شکل (۱۶-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=5000$ ۷۳
- شکل (۱۷-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=10000$ ۷۴
- شکل (۱۸-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=10000$ ۷۴
- شکل (۱۹-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=10000$ ۷۵
- شکل (۲۰-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=10000$ ۷۵
- شکل (۲۱-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=10000$ ۷۶
- شکل (۲۲-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=10000$ ۷۶
- شکل (۲۳-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=10000$ ۷۷
- شکل (۲۴-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=10000$ ۷۷
- شکل (۲۵-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=100000$ ۷۸
- شکل (۲۶-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=100000$ ۷۸
- شکل (۲۷-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=100000$ ۷۹
- شکل (۲۸-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=100000$ ۷۹
- شکل (۲۹-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=100000$ ۸۰
- شکل (۳۰-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=100000$ ۸۰

- شکل (۳۱-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=100000$ ۸۱
- شکل (۳۲-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=100000$ ۸۱
- شکل (۳۳-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=200000$ ۸۲
- شکل (۳۴-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.2, T_L=0.4, Ra=200000$ ۸۲
- شکل (۳۵-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=200000$ ۸۳
- شکل (۳۶-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.3, Ra=200000$ ۸۳
- شکل (۳۷-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=200000$ ۸۴
- شکل (۳۸-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.3, T_L=0.4, Ra=200000$ ۸۴
- شکل (۳۹-۵) خطوط دما ثابت برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=200000$ ۸۵
- شکل (۴۰-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_R=0.4, T_L=0.4, Ra=200000$ ۸۵
- شکل (۴۱-۵) نمایش برداری سرعت سیال برای $T_L = T_R = 0.4, Ra=200000$ ۸۶
- شکل (۴۲-۵) خطوط دما ثابت برای $T_L = 0.3, T_R = 0.4, Ra=200000$ (نرم افزار) ۸۶
- شکل (۴۳-۵) تغییرات خطوط جریان برای $T_L = 0.3, T_R = 0.4, Ra=200000$ (نرم افزار) ۸۷
- شکل (۴۴-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره پایینی در $T_L = 0.2, Ra=200000$ ۸۸
- $T_R = 0.4$ ۸۸
- شکل (۴۵-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره بالایی در $T_L = 0.2, Ra=200000$ ۸۸
- $T_R = 0.4$ ۸۸
- شکل (۴۶-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره پایینی در $T_R = 0.3, T_L = Ra=200000$ ۸۸
- شکل (۴۷-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره بالایی در $T_R = T_L = 0.3, Ra=200000$ ۸۹
- شکل (۴۸-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره پایینی در $T_L = 0.3, Ra=200000$ ۸۹
- $T_R = 0.4$ ۸۹

- شکل (۴۹-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره بالایی در $T_L = 0.3, Ra=200000$ $T_R = 0.4$ ۹۰
- شکل (۵۰-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره پایینی در $T_R = T_L = 0.4, Ra=200000$ ۹۱
- شکل (۵۱-۵) تغییرات عدد ناسلت موضعی بر روی دیواره بالایی در $T_R = T_L = 0.4, Ra=200000$ ۹۱
- شکل (۵۲-۵) خطوط دما ثابت برای $\frac{y^*}{x^*} = 0.25, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۲
- شکل (۵۳-۵) تغییرات خطوط جریان برای $\frac{y^*}{x^*} = 0.25, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۲
- شکل (۵۴-۵) خطوط دما ثابت برای $\frac{y^*}{x^*} = 0.75, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۳
- شکل (۵۵-۵) تغییرات خطوط جریان برای $\frac{y^*}{x^*} = 0.75, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۳
- شکل (۵۶-۵) خطوط دما ثابت برای $\frac{y^*}{x^*} = 1, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۴
- شکل (۵۷-۵) تغییرات خطوط جریان برای $\frac{y^*}{x^*} = 1, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۴
- شکل (۵۸-۵) خطوط دما ثابت برای $\frac{y^*}{x^*} = 1.33, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۵
- شکل (۵۹-۵) تغییرات خطوط جریان برای $\frac{y^*}{x^*} = 1.33, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۵
- شکل (۶۰-۵) خطوط دما ثابت برای $\frac{y^*}{x^*} = 1.66, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۶
- شکل (۶۱-۵) تغییرات خطوط جریان برای $\frac{y^*}{x^*} = 1.66, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۶
- شکل (۶۲-۵) خطوط دما ثابت برای $\frac{y^*}{x^*} = 2, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۷
- شکل (۶۳-۵) تغییرات خطوط جریان برای $\frac{y^*}{x^*} = 2, T_L = T_R = 0.3, Ra=5000$ ۹۷

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۹	فصل سوم- تشریح مساله و ارائه معادلات حاکم
۲۶	جدول (۱-۳) ضرایب C, n و m در فرمول (۳-۳۱).....
۳۰	جدول (۲-۳) مقدار زاویه بحرانی برای محفظه مستطیلی شیب دار در جابجایی آزاد
۵۸	فصل پنجم- بررسی نتایج بدست آمده
۸۷	جدول (۱-۵) مقدار ناسلت متوسط برای محفظه ای با دیوارهای کناری ایزوله در $Ra=200000$

فهرست علایم و نشانه ها

A	.....اندازه سطح تماس میان دیواره و سیال
C_p	.....ظرفیت گرمایی ویژه
D	.....اتساع
h	.....ضریب انتقال حرارت جابجایی
F	.....نیروی وارده بر سیستم
Gr	.....عدد بدون بعد گراشف
K	.....ضریب انتقال حرارت هدایتی
L	.....طول دیواره عمودی محفظه
u	.....سرعت در جهت محور x
v	.....سرعت در جهت محور y
w	.....سرعت در جهت محور z
t	.....زمان
g	.....شتاب ثقل زمین
p	.....فشار سیال
m	.....تعداد تقسیمات در جهت x
n	.....تعداد تقسیمات در جهت y
Nu	.....عدد بدون بعد ناسلت
\overline{Nu}_L	.....متوسط عدد ناسلت بر روی دیواره
Nu_x	.....عدد ناسلت موضعی

Pr	..... عدد بدون بعد پراتل
Ra	..... عدد بدون بعد رایلی
Re	..... عدد بدون بعد رینولدز
T	..... دما
q	..... مقدار حرارت منتقل شده در واحد زمان

علائم یونانی

α	..... ضریب پخش گرما
δ	..... ضخامت لایه مرزی
δ_T	..... ضخامت لایه مرزی حرارتی
ν	..... لزجت کینماتیکی
ρ	..... چگالی
β	..... ضریب انبساط حرارتی حجمی
ω	..... چرخش
ψ	..... تابع جریان
τ	..... زاویه انحراف محفظه نسبت به خط افقی
ξ	..... تراکم پذیری مصنوعی سیال
η	..... نسبت اندازه المانها $\frac{\Delta x}{\Delta y}$

زیرنویسها

∞ مقدار خارج از لایه مرزی
w	..... مقدار مربوط به دیواره گرم
c	..... مقدار مربوط به دیواره سرد

k	..... مرتبه تکرار در الگوریتم حل
i	..... اندیس تکرار
L	..... مقدار مربوط به دیواره سمت چپ محفظه
R	..... مقدار مربوط به دیواره سمت راست محفظه
*	..... مقدار بی بعد

چکیده

در این تحقیق جریان جابجایی آزاد برای سیالی لزج، تراکم ناپذیر و دایم در یک محفظه بسته مستطیلی شکل دو بعدی در محدوده جریانهای آرام به صورت عددی شبیه سازی شده است. با فرض ثابت بودن دمای دیواره ها و خصوصیات ترمودینامیکی سیال، متناسب با دمای میانگین محفظه، مشخصات جریان از قبیل توزیع سرعت، دما، خطوط جریان و عدد بی بعد ناسلت بر روی دیواره ها، برای اعداد رایلی در محدوده $5 \cdot 10^3 \leq Ra \leq 2 \cdot 10^5$ محاسبه و نشان داده شده است.

در این تحقیق با استفاده از روش تفاضل محدود معادلات حاکم به دست آمده از فرمول بندی تابع جریان-چرخش¹ منفصل می شوند. سپس بر اساس ابعاد میدان حل و همچنین شرایط مرزی دیوارها و محدوده مشخص جریان، ویژگیهای میدان حل تشریح می گردد. از جمله نکات قابل توجه در این تحقیق نحوه شکل گیری سیال در نقاط خاصی از میدان (از جمله در قسمتهای کناری محفظه) می باشد که با استفاده از این روش در حد بسیار خوبی قابل تحقیق و بررسی می باشند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که با افزایش عدد رایلی نرخ انتقال حرارت و نیز سرعت جریان در قسمت مرکزی میدان افزایش می یابد که این افزایش سرعت و عدم پایداری جریان در محدوده خاصی از عدد رایلی باعث تغییر ویژگی جریان آرام خواهد بود. در این تحقیق محدوده جریان آرام شبیه سازی عددی شده است. مقایسه نتایج عددی به دست آمده در این تحقیق برای توزیع دما و سرعت و خطوط جریان بی بعد در داخل محفظه بسته با نتایج تجربی موجود توافق بسیار خوبی را نشان می دهد

کلمات کلیدی: جابجایی آزاد- جریان آرام- روش تابع جریان-چرخش - عدد ناسلت

¹ . Stream function-Vorticity Method

فصل اول

مقدمه

محاسبه شدت های انتقال انرژی و جرم درمرز مشترک فازها در یک سیستم سیال از مهمترین وظایفی است که یک مهندس با آن روبرو است. در بیشتر موارد با پدیده انتقال در فصل مشترک یک سیستم جامد- سیال سروکار داریم که در آن ممکن است سیال نسبت به سطح جامد و ساکن ، حرکت داشته باشد. با این حال کاربردهای مهمی در فصل مشترک سیستم های گاز- مایع نیز وجود دارد.

اگر سیال در همه نقاط سیستم در حال سکون باشد مسأله به صورت هدایت حرارتی که در آن گرادیانهای غلظت عمود بر فصل مشترک هستند، ساده می گردد. لیکن اگر سیال حرکت داشته باشد انرژی و جرم به وسیله گرادیانهای مربوطه و نیز به وسیله حرکت خود سیال انتقال می یابد که این فرآیند پیچیده انتقال را جابجایی¹ می نامند. بنابراین ویژگی اساسی یک فرآیند انتقال حرارت جابجایی یا یک فرآیند انتقال جرم جابجایی عبارت است از انتقال انرژی و جرم از یک سطح و یا به طرف سطح که به وسیله « هدایت توده های سیال و نیز حرکت کلی سیال » صورت می گیرد.

در معادلات دیفرانسیل موجود از جملات « جابجایی » در مقابل جملات « پخش² » استفاده خواهد شد که اشاره به آن قسمت از فرآیند انتقال دارد که مربوط به حرکت سیال به تنهایی است . هر گاه در یک فرآیند جابجایی ، حرکت

¹. Convection

². Diffusion

سیال از یک وسیله خارجی به وجود آمده باشد (مانند پمپ، دمنده وزش باد و غیره) آن را «جابجایی اجباری»^۱ می نامند و در صورتیکه حرکت سیال از میدان نیروهای خارجی مانند میدان ثقل زمین، که برگرادیان های جرم مخصوص (ρ) اثر می کنند، ناشی گردد آن را جابجایی آزاد^۲ می نامیم.

تبادل انرژی گرمایی میان یک دیوار و یک سیال با مقاومت شدیدی در لایه مرزی، بر روی سطوح، روبه رو است و اگر گرما از این لایه بگذرد به تندی به ناحیه مرکزی سیال انتقال می یابد و پخش می شود. برای بررسی چند و چون جریان گرما در این شرایط لازم است ویژگی های لایه مرزی از نظر ضخامت و نوع حرکت سیال معین باشد که این خود موضوع مفصلی در دانش مکانیک سیالات است. در جابجایی اجباری اگر ویژگی های فیزیکی سیال تابع دما نباشد مکانیک لایه مرزی نیز تابع دما نخواهد بود و از قوانین مربوط به حرکت سیال مشخص خواهد شد. اما درحقیقت خواص فیزیکی سیال عمدتاً تابعی از دما هستند و با به شمار آوردن آن بررسی های لازم در انتقال گرما پیچیده تر خواهد شد. از این رو بیشتر خواص فیزیکی سیال را به صورت ایده آل، ثابت می گیرند و در نتیجه معادلات جامعی به دست می آیند که می توان در مورد بیشتر سیالات از آنها بهره گرفت. درحالی که با خواص متغیر، معادله های به دست آمده برای سیالی خاص خواهد بود و در شرایط محدودی از آنها بهره گیری می شود. ویژگی های سیال را هنگامی می توان ثابت گرفت که تغییرات دما در سیال کم باشد یا خواص فیزیکی آن تغییر چندانی نکند ولی اگر خواص فیزیکی با تغییر دما به شدت دگرگون شود یا تغییرات دمای سیال زیاد باشد بهره گیری از این روش با خطای زیاد همراه است و باید مکانیک سیالات و انتقال انرژی را با در نظر گرفتن این تغییرات بررسی کرد. مثلاً لزجت روغن موتور به شدت به دما وابسته است و باید رابطه خواص فیزیکی با دما را در نظر گرفت.

بیشتر مسأله های جابجایی درحالت پایدار می باشد ولی باید توجه داشت که اگر حرکت سیال و یا شرایط فیزیکی سطح با زمان تغییر کند پدیده ناپایدار است و تغییرات نسبت به زمان را نیز باید در آن به شمار آورد. بیشتر مطالعات در دانش انتقال گرما به پیدا کردن ضریب جابجایی می انجامد، زیرا با داشتن آن به سادگی می توان مقدار گرمای منتقل شده را پیدا کرد. ضریب جابجایی، مقداری است متغیر زیرا حرکت سیال در نقطه های گوناگون سطح متفاوت است از این رو ضریب h تابعی از مکان بر روی هر شکل خواهد بود.

^۱. Force Convection

^۲. Free Convection