

فهرست مطالب

<p>۳-۳-۲- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، با تولید انرژی در یک کره توپر ۷۲</p> <p>۳-۴- تعیین نرخ انتقال گرما ۷۳</p> <p>۳-۵- مقاومت گرمایی ۷۵</p> <p>۳-۵-۱- دیوار مسطح ۷۵</p> <p>۲-۵-۲- استوانه ۷۶</p> <p>۳-۵-۳- کره ۷۶</p> <p>۳-۶- دیوار مرکب ۷۶</p> <p>۳-۷- عایق بندی ۸۲</p> <p>۳-۸- مقاومت گرمایی تماس ۸۴</p> <p>۳-۹- شعاع بحرانی ۸۶</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد هدایت گرمایی در دیوار مسطح ۸۹</p> <p>پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد هدایت گرمایی در دیوار مسطح ۱۲۱</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد هدایت گرمایی در استوانه ۱۴۱</p> <p>پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد هدایت گرمایی در استوانه ۱۵۳</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد هدایت گرمایی در کره ۱۶۰</p> <p>پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد هدایت گرمایی در کره ۱۶۳</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد شعاع بحرانی ۱۶۵</p> <p>پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد شعاع بحرانی ۱۷۱</p> <p>فصل چهارم: سطوح گسترش یافته (پره‌ها) ۱۷۵</p> <p>۴-۱- مقدمه ۱۷۵</p> <p>۴-۲- توزیع دما در پره‌ها ۱۷۵</p> <p>۴-۲-۱- پره طولانی ۱۷۷</p> <p>۴-۲-۲- نوک پره عایق ۱۷۸</p> <p>۴-۲-۳- انتقال گرمایی جابه‌جایی در نوک پره ۱۷۸</p> <p>۴-۲-۴- دمای نوک پره مشخص ۱۷۸</p> <p>۴-۳- انتقال گرما در پره‌ها ۱۷۹</p> <p>۴-۴- راندمان پره ۱۸۰</p> <p>۴-۵- ضریب تأثیر پره ۱۸۲</p> <p>۴-۶- روش هارپر و براون ۱۸۴</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل چهارم ۱۸۵</p>	<p>فصل اول: مقدمه ۹</p> <p>۱-۱- ترمودینامیک و انتقال گرما ۹</p> <p>۲-۱- مقدمه ۹</p> <p>۳-۱- انتقال گرمای هدایتی ۱۰</p> <p>۱-۳-۱- قانون فوریه ۱۰</p> <p>۱-۳-۲- ضریب هدایت گرمایی ۱۳</p> <p>۴-۱- انتقال گرمای جابه‌جایی ۱۶</p> <p>۵-۱- انتقال گرمای تشعشعی ۱۸</p> <p>۶-۱- نکاتی در مورد روش‌های انتقال گرما ۱۹</p> <p>۷-۱- قانون بقای انرژی ۲۰</p> <p>۱-۷-۱- قانون بقای انرژی برای حجم کنترل ۲۰</p> <p>۲-۷-۱- قانون بقای انرژی برای سطح کنترل ۲۱</p> <p>۸-۱- خواص گرمایی مواد ۲۳</p> <p>۱-۸-۱- ضریب گرمایی حجمی (ρC_p) ۲۳</p> <p>۲-۸-۱- ضریب نفوذ گرمایی α ۲۳</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل اول ۲۵</p> <p>پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل اول ۳۸</p> <p>فصل دوم: معادلات انتقال گرما ۴۵</p> <p>۱-۲- معادله کلی انتقال گرما ۴۵</p> <p>۲-۲- معادله انتقال گرما در مختصات کارترین ۴۶</p> <p>۳-۲- معادله انتقال گرما در مختصات استوانه‌ای ۴۷</p> <p>۲-۴- معادله انتقال گرما در مختصات کروی ۴۸</p> <p>۲-۵- شرایط مرزی و اولیه ۵۰</p> <p>تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل دوم ۵۳</p> <p>پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل دوم ۵۸</p> <p>فصل سوم: انتقال گرمای هدایتی ۶۱</p> <p>۱-۳- دیوار مسطح ۶۱</p> <p>۱-۱-۳- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، بدون تولید انرژی ۶۱</p> <p>۲-۱-۳- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، با تولید انرژی ۶۳</p> <p>۲-۲- استوانه ۶۷</p> <p>۲-۲-۳- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، بدون تولید انرژی در استوانه توخالی ۶۷</p> <p>۲-۲-۳- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، با تولید انرژی در یک استوانه توپر ۶۹</p> <p>۳-۳- کره ۷۱</p> <p>۱-۳-۳- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، بدون تولید انرژی در یک کره توخالی ۷۱</p>
---	---

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل چهارم . . ۱۹۴

فصل پنجم: انتقال گرمای هدایتی چندبعدی

۱-۵-۱- مقدمه ۱۹۹

۵-۱-۱- روش‌های حل ۱۹۹

۵-۱-۲- ضریب شکل هدایت گرمایی ۲۰۰

۵-۲-۲- روشهای عددی ۲۰۱

۵-۲-۱- روش موازنه انرژی ۲۰۴

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد انتقال گرمای هدایتی چندبعدی ۲۱۰

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد انتقال گرمای هدایتی چندبعدی ۲۱۲

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد روش‌های عددی. ۲۱۴

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد روش‌های عددی ۲۲۲

فصل ششم: هدایت گرمایی ناپایا

۶-۱- روش ظرفیت گرمایی فشرده ۲۲۷

۶-۲- اثرات مکانی ۲۳۵

۶-۳- جسم نیمه بی‌نهایت ۲۳۵

۶-۴- نمودارهای هسلر ۲۳۸

۶-۵- ترموکوپل‌ها ۲۳۸

۶-۶- روشهای تفاضل محدود برای انتقال گرمای ناپایا ۲۴۰

۶-۱-۶- روش صریح ۲۴۱

۶-۲-۶- روش ضمنی ۲۴۱

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل ششم ۲۴۳

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل ششم . . ۲۵۶

فصل هفتم: انتقال گرمای جابه‌جایی

۷-۱- مقدمه ۲۶۵

۷-۲- لایه مرزی سرعت ۲۶۷

۷-۳- لایه مرزی گرمایی ۲۶۹

۷-۴- معادلات لایه مرزی ۲۷۰

۷-۴-۱- لایه مرزی سرعت ۲۷۰

۷-۴-۲- لایه مرزی گرمایی ۲۷۱

۷-۴-۳- شکل بی‌بعد معادلات لایه مرزی ۲۷۲

۷-۵- تشابه رینولدز ۲۷۳

۷-۶- تشابه رینولدز-کلبورن ۲۷۳

۷-۷- جریان روی صفحه تخت ۲۷۵

۷-۷-۱- جریان آرام ۲۷۶

۷-۷-۲- جریان درهم ۲۷۹

۷-۷-۳- شار گرمای یکنواخت در صفحه ۲۸۲

۷-۷-۴- طول ورودی آدیاباتیک ۲۸۲

۷-۷-۵- لایه‌های مرزی مرکب ۲۸۳

۷-۷-۶- روش انتگرالی ون کارمن برای حل معادلات لایه

مرزی ۲۸۳

۷-۸-۱- جریان حول استوانه و کره ۲۸۵

۷-۸-۱-۱- جریان حول استوانه‌ها ۲۸۵

۷-۸-۲- جریان روی کره ۲۸۸

۷-۸-۳- جریان عمود بر مجموعه لوله‌ها ۲۸۹

۷-۹-۱- جریان داخلی ۲۹۰

۷-۹-۱- ناحیه ورودی هیدرودینامیکی ۲۹۰

۷-۹-۲- ناحیه ورودی گرمایی ۲۹۱

۷-۹-۳- خواص ناحیه توسعه‌یافته هیدرودینامیکی ۲۹۳

۷-۹-۴- خواص ناحیه توسعه‌یافته گرمایی ۲۹۳

۷-۹-۵- جریان درهم داخل لوله‌ها ۲۹۸

۷-۹-۶- افت فشار داخل لوله‌ها ۳۰۰

۷-۹-۷- مجاری غیردایره‌ای ۳۰۰

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد انتقال گرمای جابه‌جایی

روی صفحه ۳۰۲

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد انتقال گرمای

جابه‌جایی روی صفحه ۳۲۵

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد تشابه رینولدز

کلبورن. ۳۳۹

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد تشابه رینولدز

کلبورن ۳۴۳

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد جریان روی سطح

استوانه و کره ۳۴۵

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد جریان روی سطح

استوانه و کره ۳۴۸

تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد جریان داخلی ۳۵۰

پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد جریان

داخلی ۳۶۲

فصل هشتم: جابه‌جایی طبیعی

۸-۱- مقدمه ۳۷۰

۸-۲- معادلات حاکم بر انتقال گرمای جابه‌جایی طبیعی ۳۷۱

۸-۳- تعیین توزیع سرعت و توزیع دما ۳۷۱

۸-۴- انتقال گرمای جابه‌جایی طبیعی روی یک صفحه عمودی ۳۷۳

۸-۵- مقایسه جابه‌جایی اجباری و جابه‌جایی طبیعی ۳۷۳

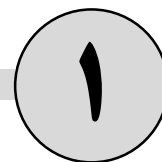
۸-۶- تبدیل جریان آرام به جریان درهم در جابه‌جایی طبیعی ۳۷۵

۸-۷- جابه‌جایی طبیعی روی استوانه‌ها ۳۷۶

۸-۸- جابه‌جایی طبیعی داخل محفظه‌های بسته ۳۷۶

۳۷۶	۸-۱-۱- صفحات عمودی
۳۷۶	۸-۲- صفحات افقی
۳۷۸	۹- انتقال گرمای جابه‌جایی اجباری طبیعی توام
۳۸۰	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل هشتم
۳۹۳	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل هشتم
۴۰۱	فصل نهم: جوشش و میعان
۴۰۱	۹-۱- جوشش و میعان
۴۰۱	۹-۲- جوشش
۴۰۱	۹-۲-۱- جوشش استخری
۴۰۶	۹-۳- میعان
۴۰۷	۹-۳-۱- میعان لایه‌ای روی یک صفحه تخت قائم
۴۱۰	۹-۳-۲- میعان لایه‌ای آرام در سیستم‌های شعاعی
۴۱۰	۹-۳-۳- لوله گرمایی
۴۱۱	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل نهم
۴۱۶	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل نهم
۴۱۹	فصل دهم: مبدل‌های گرمایی
۴۱۹	۱۰-۱- مقدمه
۴۲۰	۱۰-۲- رسوب‌گذاری
۴۲۱	۱۰-۳- تحلیل مبدل‌های گرمایی
۴۲۱	۱۰-۳-۱- روش <i>LMTD</i>
۴۲۷	۱۰-۳-۲- روش <i>NTU-ε</i>
۴۲۹	۱۰-۴- مبدل‌های پوسته‌ای و لوله‌ای
۴۳۰	۱۰-۴-۱- معیارهای انتخاب پوسته و یا لوله برای جریان‌ها
۴۳۰	۱۰-۴-۲- بافل‌ها
۴۳۱	۱۰-۴-۳- قطر معادل
۴۳۱	۱۰-۵- مبدل‌های گرمایی فشرده
۴۳۲	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل دهم
۴۴۳	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل دهم
۴۴۹	فصل یازدهم: اعداد بی‌بعد
۴۴۹	۱۱-۱- عدد رینولدز
۴۴۹	۱۱-۲- عدد پراتنل
۴۵۰	۱۱-۳- عدد ناسلت
۴۵۰	۱۱-۴- عدد بيو
۴۵۱	۱۱-۵- عدد فوریه
۴۵۱	۱۱-۶- عدد گرافش
۴۵۱	۱۱-۷- عدد پکلت
۴۵۱	۱۱-۸- عدد رایلی
۴۵۲	۱۱-۹- عدد استانتون
۴۵۲	۱۱-۱۰- عدد اکرت
۴۵۲	۱۱-۱۱- عدد گراتز
۴۵۲	۱۱-۱۲- عدد لویس
۴۵۲	۱۱-۱۳- عدد برینکمن
۴۵۳	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل یازدهم
۴۶۳	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد فصل یازدهم
۴۶۹	فصل دوازدهم: تشعشع
۴۶۹	۱۲-۱- مقدمه
۴۷۱	۱۲-۲- خواص تشعشع
۴۷۱	۱۲-۲-۱- ضریب صدور (ϵ)
۴۷۲	۱۲-۲-۲- ضریب جذب
۴۷۲	۱۲-۲-۳- ضریب انعکاس
۴۷۲	۱۲-۲-۴- ضریب عبور
۴۷۴	۱۲-۳- قانون کیرشهف
۴۷۵	۱۲-۴- قانون توزیع پلانک
۴۷۵	۱۲-۵- قانون استفان بولتزمن
۴۷۶	۱۲-۶- قانون جابه‌جایی وین
۴۷۷	۱۲-۷- تبادل گرمای تشعشعی بین سطوح سیاه
۴۷۸	۱۲-۸- تبادل گرمای تشعشعی بین سطوح خاکستری و دیفیوز در یک محفظه
۴۷۸	۱۲-۸-۱- تبادل خالص گرمای تشعشعی در یک سطح
۴۷۹	۱۲-۸-۲- تبادل خالص گرمای تشعشعی بین دو سطح
۴۸۰	۱۲-۸-۳- تبادل گرمای تشعشعی در محفظه‌های دوسطحی
۴۸۱	۱۲-۹- سپرهای تشعشعی
۴۸۲	۱۲-۱۰- انتقال گرمای تشعشعی در گازها
۴۸۵	۱۲-۱۱- پدیده گلخانه‌ای
۴۸۵	۱۲-۱۲- ضریب شکل
۴۸۵	۱۲-۱۲-۱- قوانین مربوط به تعیین ضریب شکل
۴۸۹	۱۲-۱۲-۲- روش ضربدری
۴۹۱	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد تشعشع
۵۰۷	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد تشعشع
۵۱۸	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد ضریب شکل
۵۲۳	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد ضریب شکل
۵۲۹	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد کوره‌ها
۵۳۲	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد کوره‌ها
۵۳۳	تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد مکانیزم‌های انتقال گرما
۵۳۳	پاسخ تست‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری و آزاد مکانیزم‌های انتقال گرما
۵۴۰	انتقال گرما

مقدمه



۱ - ۱ - ترمودینامیک و انتقال گرما

ما در علم ترمودینامیک با تبادل گرما و نقش اساسی آن در قوانین اول و دوم آشنا شدیم اما در این علم مکانیزم انتقال گرما و روش‌های محاسبه نرخ انتقال گرما مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. در ترمودینامیک به حالت‌های تعادلی ماده پرداخته می‌شود که لازمه آن عدم وجود گرادیان دما است و این نکته که انتقال گرما ماهیتاً غیرتعادلی است مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. هدف ما در مطالعه علم انتقال گرما تعیین کمی نرخ انتقال گرما برحسب میزان عدم تعادل و توزیع دما در سیستم است.

۱ - ۲ - مقدمه

انتقال گرما به صورت انرژی انتقال یافته از یک سیستم به سیستم دیگر در اثر وجود اختلاف دما بین دو سیستم تعریف می‌گردد. انتقال گرما ناشی از وجود اختلاف دما است، بین دو محیط که دمای یکسانی دارند انتقال گرمایی صورت نمی‌گیرد.

👉 **نکته:** گرادیان دما، نیروی محرکه انتقال گرما است.

👉 **نکته:** نرخ انتقال گرما در یک جهت مشخص به میزان اختلاف دما بر واحد طول بستگی دارد و هر چه اختلاف دما زیادتر باشد نرخ انتقال گرما زیادتر می‌شود.

معادلات انتقال گرما

۲

۲ - ۱ - معادله کلی انتقال گرما

معادله انتقال گرما در حالت کلی به شکل زیر بیان می‌گردد:

$$\rho C \frac{DT}{Dt} = -\nabla \cdot \mathbf{q}'' + \dot{q} \quad (۲ - ۱)$$

هرگاه ضریب هدایت گرمایی k ثابت باشد معادله انتقال گرما به شکل زیر خواهد بود:

$$\rho C \frac{DT}{Dt} = k \nabla^2 T + \dot{q} \quad (۲ - ۲)$$

در معادلات فوق $\frac{DT}{Dt}$ مشتق کلی دما نسبت به زمان و \dot{q} مربوط به تولید انرژی است.

هرگاه جابه‌جایی وجود نداشته باشد داریم:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + \dot{q} \quad (۲ - ۳)$$

هرگاه جابه‌جایی و تولید انرژی وجود نداشته باشد و شرایط پایا هم داشته باشیم معادله انتقال گرما به

شکل زیر ساده می‌شود:

$$\nabla^2 T = 0 \quad (۲ - ۴)$$

انتقال گرمای هدایتی

۳

۳-۱- دیوار مسطح

۳-۱-۱- انتقال گرمای یک بعدی، پایا، بدون تولید انرژی

در این حالت معادله گرما به صورت زیر بیان می شود:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \quad (1-3)$$

اگر ضریب هدایت گرمایی ثابت باشد:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \quad (2-3)$$

جواب عمومی معادله فوق به صورت زیر است:

$$T(x) = c_1 x + c_2 \quad (3-3)$$

که معادله خطی به شیب c_1 و عرض از مبدأ c_2 است.

سطوح گسترش یافته (پره‌ها)

۴

۴-۱- مقدمه

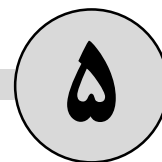
با توجه به قانون سرمایش نیوتن بعد از این که T_s و T_∞ از طریق ملاحظات طراحی تعیین گردید دو روش برای افزایش انتقال گرما وجود دارد: یکی افزایش ضریب جابه‌جایی گرمایی و دیگری افزایش سطح انتقال حرارت. افزایش h از طریق ایجاد جریان جابه‌جایی اجباری با به کار بردن فن یا پمپ امکان‌پذیر است که ممکن است عملی یا کافی نباشد. افزایش سطح انتقال گرما از طریق اتصال سطوح اضافی به نام پره یا فین به سطوح است.

۴-۲- توزیع دما در پره‌ها

در این جا فرض می‌کنیم شرایط انتقال گرمای پایا برقرار بوده و تولید انرژی نداشته باشیم و همچنین ضریب جابه‌جایی روی کل سطح پره ثابت و یکنواخت است. با اعمال موازنه انرژی روی یک پره به معادله زیر می‌رسیم که شکل کلی معادله انرژی برای یک سطح گسترش یافته یک بعدی است:

$$\frac{dT}{dx} + \left(\frac{1}{A_c} \frac{dA_c}{dx} \right) \frac{dT}{dx} - \left(\frac{1}{A_c} \frac{h}{k} \frac{dA_s}{dx} \right) (T - T_\infty) = 0 \quad (1-4)$$

انتقال گرمای هدایتی چندبعدي



۵-۱- مقدمه

در فصل ۳ انتقال گرمای هدایتی در یک بعد را مورد بررسی قرار دادیم. اگر بخواهیم انتقال گرمای هدایتی را در چندین بعد مطالعه کنیم باید از معادلاتی که در فصل ۲ بیان شد استفاده کنیم. در حالت‌های دو بعدی و سه بعدی حل این معادلات بجز در حالات ساده، مشکل و بعضاً غیرممکن است.

۵-۱-۱- روش‌های حل

۱- روش‌های تحلیلی: در این روش معادلات حاکم بر انتقال گرما با استفاده از روش‌های تحلیلی ریاضی مانند تبدیل لاپلاس، جداسازی متغیرها، ترکیب متغیرها حل می‌شوند البته روش تحلیلی در همه حالات قابل استفاده نیست.

۲- روش‌های عددی: معادلات انتقال گرما را که حل آن‌ها با روش تحلیلی مشکل یا غیرممکن است می‌توان با استفاده از روش‌های عددی مانند تفاضل محدود، المان محدود، حجم محدود و... حل نمود.

۳- روش ترسیمی: روش‌های ترسیمی یک تخمین اولیه از حل مسئله را در اختیار ما قرار می‌دهد. روش ترسیمی را می‌توان برای مسایل دوبعدی که دارای مرزهای آدیاباتیک و یا دما ثابت هستند مورد استفاده قرار داد.

هدایت گرمایی ناپایا

۶

در مباحثی که تاکنون داشتیم از تابعیت زمانی انتقال گرما صرف نظر کردیم ولی در عمل بسیاری از مسائل انتقال گرما به زمان بستگی دارد. مسائل انتقال گرمایی ناپایا معمولاً زمانی مطرح می شود که شرایط مرزی سیستم تغییر پیدا می کند. هرگاه محیط یک جسم جامد به طور ناگهانی تغییر کند مدت زمانی لازم است تا به حالت پایا برسد در طی این مدت زمان انتقال گرما به صورت ناپایا است. معادله انتقال گرما برای حالت ناپایا بودن تولید انرژی به صورت زیر است:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (۶-۱)$$

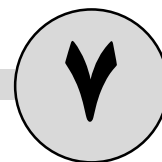
همان طور که مشاهده می کنید T تابع زمان و مکان است:

$$T = T(x, y, z, t)$$

۶-۱- روش ظرفیت گرمایی فشرده

در این روش فرض می شود که دمای جسم در هر لحظه از فرآیند ناپایا از لحاظ مکانی یکنواخت است یعنی دمای جسم با زمان تغییر می کند ولی در کل جسم در هر زمانی یکنواخت می ماند. براساس این روش گرادیان دما در داخل جسم ناچیز است. اگر یک گلوله فلزی را در نظر بگیریم که از یک کوره بیرون آورده شده است طبق این روش، دمای این توپ با زمان متغیر است ولی در هر زمان معین با

انتقال گرمای جابه‌جایی



۷-۱ - مقدمه

در فصل اول مقدماتی در مورد انتقال گرمای جابه‌جایی بیان گردید در این فصل می‌خواهیم انتقال گرمای جابه‌جایی را کامل‌تر بررسی کنیم.

انتقال گرمای جابه‌جایی در حضور حرکت سیال صورت می‌گیرد و در غیاب حرکت سیال توسط هدایت انجام می‌شود و هر قدر سرعت سیال بیشتر باشد نرخ انتقال گرما بیشتر خواهد بود.

👉 **نکته:** انتقال گرمای جابه‌جایی فقط در گازها و مایعات صورت می‌گیرد چون مولکول‌های آنها توانایی حرکت و جابه‌جایی را دارند. شار انتقال گرمای جابه‌جایی موضعی را می‌توانیم با استفاده از قانون سرمایش نیوتن به صورت زیر به دست آوریم:

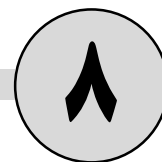
$$q_{conv}'' = h(T_w - T_\infty) \quad (۷-۱)$$

و نرخ انتقال گرمای کلی هم عبارت است از:

$$q = \bar{h} A(T_w - T_\infty) \quad (۷-۲)$$

در معادلات فوق h ضریب جابه‌جایی موضعی و \bar{h} ضریب جابه‌جایی میانگین است. ضریب جابه‌جایی گرمایی به خواص سیال از قبیل ρ, k, μ, C_p و سرعت سیال و همچنین هندسه

جابه‌جایی طبیعی



۸-۱- مقدمه

جابه‌جایی گرمایی که در فصول قبل مورد بررسی قرار گرفت جابه‌جایی اجباری بود، یعنی حرکت سیال توسط عوامل خارجی مانند پمپ یا فن روی یک سطح یا داخل لوله صورت می‌گیرد. در جابه‌جایی طبیعی حرکت سیال ناشی از عوامل طبیعی مانند نیروی شناوری است. ضریب‌های انتقال گرما در جابه‌جایی طبیعی کوچک‌تر از جابه‌جایی اجباری است چون سرعت سیال در جابه‌جایی طبیعی خیلی کمتر از جابه‌جایی اجباری است. در جابه‌جایی طبیعی جابه‌جایی جریان در داخل سیال صورت می‌گیرد و علت این جابه‌جایی‌ها اثر نیروی جسمی بر سیال و ایجاد گرادیان چگالی و در نتیجه به وجود آمدن نیروی شناوری است. گرادیان چگالی از گرادیان دما ناشی می‌شود و نیروی جسمی حاصل گرانش است.

مثال) شرط اساسی برای انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی آزاد چیست؟ (مهندسی هسته‌ای ۸۱)

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| ۱) تراکم‌پذیری سیال | ۲) وجود میدان جاذبه |
| ۳) تراکم‌پذیری سیال | ۴) وجود سرعت صفر در توده سیال |
- حل) گزینه (۲) صحیح است.

جوشش و میعان

۹

۹-۱- جوشش و میعان

جوشش و میعان از فرایندهای جابه‌جایی هستند که با تغییر فاز یک سیال توأم‌اند. این فرایندها در سطح مشترک جامد-مایع اتفاق می‌افتد. هرگاه بخار اشباع در تماس با سطحی در دمای پایین‌تر قرار گیرد میعان اتفاق می‌افتد. هرگاه تبخیر در سطح مشترک جامد-مایع اتفاق افتد به آن جوشش می‌گویند و موقعی رخ می‌دهد که دمای سطح از دمای اشباع مربوط به فشار مایع بیشتر باشد.

نکته: در انتقال گرمای جابه‌جایی اختلاف دما عامل اساسی انتقال گرما است اما در جوشش و میعان، مکانیزم انجام فرایند جوشش و میعان عامل اساسی است.

۹-۲- جوشش

هرگاه مایعی در مجاورت سطح جامدی باشد که دمای این سطح از دمای اشباع مایع بیشتر است، می‌جوشد نرخ انتقال گرما به میزان اختلاف دمای بین سطح و دمای اشباع مایع بستگی دارد و داریم:

$$q''_s = h(T_s - T_{sat}) = h \Delta T_e \quad (9-1)$$

۹-۲-۱- جوشش استخری

در جوشش استخری سیال ساکن است و حرکت در مجاورت سطح جامد توسط جابه‌جایی طبیعی و اغتشاشات مربوط به رشد و جدایی حباب‌ها صورت می‌گیرد.

مبدل‌های گرمایی

۱۰

۱-۱۰- مقدمه

مبدل‌های گرمایی، تجهیزاتی هستند که جریان انرژی گرمایی را بین دو یا چند سیال که در دماهای مختلف هستند فراهم می‌کنند.

مبدل‌های گرمایی براساس معیارهای مختلفی از قبیل فرآیند انتقال، هندسه ساختار، آرایش و... طبقه‌بندی می‌شوند که برای مطالعه این موارد می‌توانید به کتاب‌های درسی مراجعه نمایید. انتقال گرما در یک مبدل گرمایی معمولاً به صورت انتقال گرمای جابه‌جایی در هر سیال و هدایت از طریق دیواره جداکننده در سیال است.

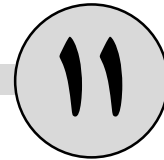
یکی از ساده‌ترین مبدل‌های گرمایی، مبدل‌های گرمایی دو لوله‌ای است که شامل دو لوله هم‌محور است که یک سیال در داخل لوله و دیگری بین دو لوله حرکت می‌کند. در این مبدل‌ها سه نوع آرایش جریان داریم:

جریان همسو (موازی): سیال گرم و سیال سرد از یک طرف مبدل وارد شده و از طرف دیگر خارج می‌شوند.

جریان غیرهمسو (مخالف): سیال گرم و سیال سرد از دو سمت جداگانه وارد مبدل می‌شوند.

جریان عمود برهم (متقاطع): سیال سرد و گرم عمود برهم حرکت می‌کنند.

اعداد بی بعد



تعدادی از اعداد بی بعد مهم که در تحلیل مسائل انتقال گرما دارای اهمیت بالایی هستند در این فصل معرفی می گردند.

۱-۱- عدد رینولدز

عدد رینولدز به صورت زیر تعریف می شود:

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu} = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی لزجت}} \quad (1-11)$$

از عدد رینولدز در تعیین رژیم جریان (آرام یا درهم بودن) استفاده می شود. این عدد بی بعد در محاسبات انتقال گرما هم کاربرد فراوان دارد.

۱-۲- عدد پرانتل

عدد پرانتل به صورت زیر تعریف می شود:

$$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k} = \frac{\text{پخش مومتم}}{\text{پخش انرژی}} \quad (2-11)$$

ضخامت نسبی لایه های مرزی سرعت و گرما با عدد پرانتل توصیف می گردد.

۱۲-۱- مقدمه

در فصول قبل دو نوع انتقال گرما یعنی هدایت و جابه‌جایی را مورد بررسی قرار دادیم. در این فصل در مورد تشعشع بحث می‌کنیم. انتقال گرمای تشعشعی از دو نظر با دو روش قبلی تفاوت دارد: اول این‌که در این روش برای انتقال گرما نیازی به محیط مادی نیست و این عمل در خلاء هم صورت بگیرد. دوم این‌که انتقال گرمای هدایتی و جابه‌جایی در جهت کاهش دما صورت می‌گیرد در حالی که انتقال گرمای تشعشعی می‌تواند بین دو جسم که توسط یک محیط سرد از یکدیگر جدا شده‌اند هم صورت بگیرد.

تئوری‌های مختلفی برای تشعشع، ارائه شده است. یک تئوری، تشعشع را به انتشار بسته‌های انرژی به نام فوتون یا کوانتا مرتبط می‌داند. در تئوری دیگری تشعشع به صورت انتشار امواج الکترومغناطیسی در نظر گرفته می‌شود.

امواج الکترومغناطیسی دارای دو مشخصه طول موج (λ) و فرکانس (ν) هستند که توسط معادله زیر به هم ارتباط پیدا می‌کنند:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (1-12)$$