

شماره درس: ۲۸۰۳۸
نام درس: انتقال حرارت هدایتی

نوع و بیشینه واحد: ۳
همیناز:
اولین نیمسال ارائه:
آخرین ویرایش: دی ماه ۱۴۰۱

نوع درس: نظری
پیشنیاز:
مقطع: تحصیلات تکمیلی
گروه: تبدیل انرژی

اهداف: هدف اصلی درس ارائه مفاهیم اساسی در مبحث انتقال حرارت هدایتی، بدست آوردن معادلات مربوطه و بیان روش‌های مرسوم برای حل معادلات می‌باشد. مسائل مختلفی از جمله هدایت در میکرو و نانوساختارها، محیط‌های چند فازی همراه با تغییر فاز و منبع حرارتی متحرک مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

سرفصل‌ها:

(۱) اصول انتقال حرارت هدایتی

- تعریف انرژی گرمایی (مدهای ارتعاشی، چرخشی و انتقالی)، گرمای نهان و تعریف دما
- انتقال حرارت هدایتی و تفاوت آن با انتقال حرارت جابجایی
- انتقال حرارت در سیالات (مفهوم دیفیوژن و برخورد) و جامدات (امواج شبکه‌ای و الکترون‌های آزاد)
- مواد جدید با ضریب هدایت بالا (گرافن و غیره)
- تئوری جنبشی و هدایت در گازهای ایده‌آل (توزیع ماکسول - بولتزمن، تابع توزیع، طول متوسط آزاد، سرعت میانه، بیشترین احتمال سرعت و غیره)
- نتایج تحلیلی برای ضریب هدایت گازهای ایده‌آل
- تاثیر دما بر هدایت جامدات و مایعات و گازها
- ضریب هدایت بعنوان یک تانسور و هدایت در محیط‌های مرکب و کریستال‌ها (اصول اونسگار، قضیه کلرو و غیره)
- هدایت در نانو سیالات
- میکرو ساختار و مقیاس‌های طول مربوطه

- فوریه و غیر فوریه (فیزیک و مدلسازی، مدل کاتانو- ورنر، مدل فازدوتایی و غیره)

(۲) معادله انتقال حرارت هدایتی

- قانون اول ترمودینامیک، مفهوم تعادل گرمایی موضعی، رابطه قانون اول برای انرژی گرمایی
- مشکل کلی معادله انتقال حرارت هدایتی
- رژیم‌های مختلف انتقال حرارت در مقیاس میکرو
- معادله هدایت حرارتی غیر فوریه
- شباهت معادلات برای هدایت حرارتی با معادلات خواص اسکالر انتقالی (عبوردهی محیط متخلخل، نفوذپذیری دی الکتریک و غیره). هدایت حرارتی در مختصات کارتزین، استوانه‌ای و کروی. معادله هدایت حرارتی در مختصات منحنی الخط عمود برهم.
- انواع شرایط مرزی (خطی و غیر خطی) شامل دیریشله، نیومن، رایین و شرایط مرزی بین سطحی (اهمیت و مسائل مربوطه در صنعت مانند اصطکاک بین دو سطح متحرک)
- هدایت حرارتی در جامدات متحرک
- مواد غیر ایزوتروپیک، گرادبان دما و معادله انتقال حرارت هدایتی
- فرمولاسیون کلوخه‌ای

(۳) جدایش متغیرها

- شرایط جدایی پذیری، معادله هلمولتز و مختصاتی که جدایش امکان پذیر است.
- شرایطی که با داشتن آنها می توان معادلات پایا و وابسته به زمان را از طریق جدایش متغیرها حل نمود.
- روشهای عددی برای محاسبه مقادیر مشخصه
- فرمولاسیون شار
- محیط‌های محدود و نامحدود
- مسائل ناهمگن
- تبدیلات مفید برای تبدیل معادلات به شکل ساده‌تر
- جدایش متغیرها در مختصات استوانه‌ای
- جدایش متغیرها در مختصات کروی

۴) استفاده از قضیه دوهامل

- بیان‌های مختلف قضیه دوهامل
- برخورد با ناپیوستگی‌ها
- استفاده از قضیه دوهامل

۵) استفاده از تبدیل لاپلاس

- تعریف، خواص، عکس، کاربرد در حل معادلات هدایت وابسته به زمان.
- کاربرد برای بیان جواب در زمان‌های کوچک

۶) روش‌های تقریبی تحلیلی

- روش انتگرالی (مفاهیم پایه، کاربرد برای تعریف، خواص، عکس، کاربرد در حل معادلات هدایت وابسته به زمان خطی، مسائل نیمه بی‌نهایت، محیط‌های محدود و غیر خطی وابسته به زمان)
- روش گالرکین
- انتگرال‌گیری جزئی (مسائل پایا و وابسته به زمان)

۷) مسائل تغییر فاز

- فرمولاسیون ریاضی
- حل‌های دقیق
- روش انتگرالی
- روش گام زمانی متغیر
- روش آنتالپی

۸) مسائل با چشمه حرارتی متحرک

- مدل‌سازی ریاضی
- مسائل یک بعدی شبه ساکن با چشمه حرارتی صفحه‌ای
- مسائل دوبعدی شبه ساکن با چشمه حرارتی خطی
- مسائل دوبعدی شبه ساکن با چشمه حرارتی حلقه‌ای

مراجع:

1. D. W. Hahn and M. N. Ozisik, *Heat Conduction*, 2012, 3rd Ed.
2. V. S. Arpaci, *Conduction Heat Transfer*, 1966.
3. L. M. Jiji, *Heat Conduction*, 2003.
4. M. Kaviany, *Heat Transfer Physics*, 2008.
5. H. S. Carslaw and J. C. Jaeger, *Conduction of Heat in Solids*, 1959.
6. U. Grigull and H. Sandner, *Heat Conduction*, 1984.
7. J. M. Hill and J. N. Dewynne, *Heat conduction*, 1987.
8. G. E. Myers, *Analytical methods in conduction heat transfer*, 2nd Ed, 1998.
9. D. Poulikakos, *Conduction Heat Transfer*, Prentice Hall 1994.
10. G. E. Myers, *Analytical methods in Conduction Heat Transfer*, 1987.
11. W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, *Numerical Recipes*, 3rd Edition, 2007.