

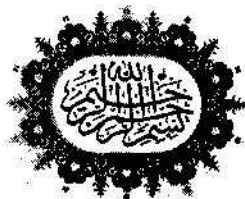
۵۸۱

۵۰۰

۱۵۲

مس

۱



انتقال گرما در مهندسی شیمی

تألیف

دکتر علیرضا ایلخانی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

حسین پیروان

دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

سرشناسه	: ایلخانی، علیرضا، ۱۳۵۵ -
عنوان و نام پدیدآور	: انتقال گرما در مهندسی شیمی / تألیف علیرضا ایلخانی، حسین پیروان.
مشخصات نشر	: قم: آثار نفیس، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۱۵۲ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: ۱۲۰۰۰۰ ریال: 978-600-7964-19-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
پایانیت	: کتابنامه: ص. ۱۲۷ - ۱۵۲.
موضوع	: گرما -- انتقال
شناسه افزوده	: پیروان، حسین، ۱۳۶۴ -
رده بندی کده	: ۱۳۹۵ الف۸ الف۹/QC72۰
رده بندی دیویی	: ۶۰۲۲/۶۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۶۷۰



ISBN- 978-600-7964-19-4

نام کتاب: انتقال گرما در مهندسی شیمی

مؤلف: دکتر علیرضا ایلخانی، حسین پیروان

چاپ اول: ۱۳۹۵

ناشر: انتشارات آثار نفیس

شابک:

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای مؤلف محفوظ می باشد.

آدرس پستی: قم - انتشارات آثار نفیس - صندوق پستی ۳۷۱۶۵/۱۶۵
 مرکز بخش: قم / خیابان ارم / پاساژ قدس / شماره ۱۰۷ / کتابفروشی موسوی.
 انتشارات: ۰۲۵۳۲۹۴۴۰۸۱ مدیر مسئول: ۰۹۱۱۵۸۴۴۰۰۷
 فروشگاه اینترنتی: www.Shopnafis114.com - www.Shopnafis114.ir
 پست الکترونیک: nafis114@gmail.com - nafis_k114@yahoo.com

پیشگفتار

بی‌شک انتقال گرما از جمله مباحث پراهمیت و کاربردی در علوم مهندسی بویژه در علم مهندسی شیمی است و به جرات می‌توان گفت که بدون اشراف کامل بر آن مهندسين و بطور خاص مهندسين شیمی در مسایل روزمره خود با مشکلات فراوانی رو در رو خواهند گردید.

نگاه گذرا به تاریخچه مباحث انتقال گرما موید این نکته است که، با وجود آنکه مهندسين از جمله گیس، وات، کارنو و سایرین خدمات شایانی در معرفی اصول اولیه انتقال گرما داشته‌اند و کمتر مهندس را می‌توان یافت که در زمینه انتقال گرما صاحب نظر و یا تجربه نباشد، اما از نقش تاثیرگذار دانشمندان سایر رشته‌ها بویژه متخصصین علوم پایه و علی‌الخصوص صاحب نظران در رشته شیمی نیز یکبارگی نمی‌توان گذشت و همگیری علم انتقال گرما بعنوان یکی از شاخص‌ترین علوم بین رشته‌ای و تلفیقی در سال قافله برد.

آنچه بیان کردیم انگیزه‌ای برای تدوین کتاب پیش رو می‌باشد، تا ضمن معرفی مطالبی چند در انتقال گرما از دیدگاه شیمیایی، این مطالب با نگاه کاربردی در مهندسی و علی‌الخصوص در علم مهندسی شیمی اشراف بر تفاوتی جهت دانشجویان این رشته‌ها بازگو گردد. امید است این کتاب راهگشای دانشجویان، دانش پژوهان و علاقه‌مندان به فراگیری این رشته‌ها در امور آموزشی و تحقیقاتی ایشان واقع گردد.

انشا الله

مؤلفین

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	فصل اول: انتقال حرارت و مکانیزم‌های آن
۳	۱-۱- مقدمه:
۴	۲-۱- مکانیزم‌های انتقال حرارت: (Mechanisms of heat transfer)
۴	۳-۱- انتقال حرارت هدایتی: (Conduction)
۶	۴-۱- ضریب انتقال حرارت هدایتی: (K)
۷	۵-۱- نرخ انتقال حرارت q : (Rate heat)
۸	۶-۱- ضریب انتقال حرارت هدایتی در گازها:
۹	۷-۱- انتقال حرارت جابجایی: (Convection)
۱۱	۸-۱- ضریب انتقال حرارت جابجایی: (h)
۱۱	۹-۱- انواع انتقال حرارت جابجایی:
۱۴	۱۰-۱- انتقال حرارت تشعشعی: (Radiation)
۱۶	۱۱-۱- قانون بقای انرژی: (Conservation)
۱۷	۱۲-۱- ضریب نفوذ گرمایی: (k)
۱۹	فصل دوم: معادلات و روابط بنیادین انتقال حرارت هدایتی
۲۱	۱-۲- انتقال حرارت هدایتی در دیواره مسطح:
۲۲	۲-۲- منبع حرارتی و چاه حرارتی:
۲۲	۳-۲- روش‌های تعیین محل دمای max و min در دیواره مسطح:
۲۳	۴-۲- انتقال حرارت هدایتی در استوانه:
۲۳	۵-۲- انتقال حرارت هدایتی در کره:
۲۵	۶-۲- انتقال حرارت هدایتی در حالت یک بعدی:
۲۵	۷-۲- مقاومت حرارتی R : (Thermal resistance)
۲۸	۸-۲- دیوار مرکب: (wall composition)
۲۹	۹-۲- انتقال حرارت هدایتی در دیواره‌های مرکب:
۲۹	۱۰-۲- مقاومت حرارتی در دیواره مرکب متشکل از دو دیواره مسطح:

- ۲-۱۱- ضریب هدایت حرارتی کل (Kt) برای دیواره‌های مرکب: (متشکل از سه دیواره) ۲۹
- ۲-۱۲- ضریب انتقال حرارت کلی: (U) ۳۰
- ۲-۱۳- عایق‌های حرارتی: (Insulation materials) ۳۰
- ۲-۱۴- شرایط مرزی برای سطح عایق شده: ۳۰
- ۲-۱۵- ویژگی‌های عایق متخلخل مناسب: ۳۰
- ۲-۱۶- نحوه قرارگیری عایق‌های حرارتی در اطراف جسم: ۳۱
- ۲-۱۷- مقاومت حرارتی تماسی: (contact resistance) ۳۱
- ۲-۱۸- روش کاهش مقاومت حرارتی تماسی: ۳۲
- ۲-۱۹- رومای اتصال یافته از سطح: ۳۲
- ۲-۲۰- شعاع بحرانی (rc) ۳۳
- ۲-۲۱- ضخامت عایق: ۳۴
- ۲-۲۲- معادله کلی انتقال حرارت هدایت سه بعدی (3D): ۳۵
- ۲-۲۳- شرایط مرزی مهم در مادل انتقال حرارت: ۳۸
- فصل سوم: سطح‌های گسترش یافتن حرارت آن** ۳۹
- ۳-۱- سطوح گسترش یافته یا پرده‌ها: (fins) ۴۱
- ۳-۲- پرده‌های مستطیلی: (Rectangular fins) ۴۱
- ۳-۳- پرده‌های مثلثی: (Triangular fins) ۴۲
- ۳-۴- پرده‌های مخروطی: (Conical fins) ۴۲
- ۳-۵- توزیع دما در پرده‌ایی با سطح مقطع یکنواخت: ۴۳
- ۳-۶- راندمان پرده: (η_F) ۴۴
- ۳-۷- پرده ایده‌آل: ۴۴
- ۳-۸- ضریب تاثیر پرده: (EF) ۴۴
- ۳-۹- روش هارپر و براون برای محاسبه طول اصلاح شده (Le) پرده‌های غیرعایق: ۴۶
- ۳-۱۰- ضریب شکل S: (Shape factor) ۴۶

فصل چهارم: انتقال حرارت هدایتی در چندین بعد ۴۷

- ۴-۱- گره‌های حرارتی: (Thermal nodes) ۴۹
- ۴-۲- محاسبه دمای یک گره با استفاده از میانگین دمای چهار گره همسایه: ۴۹
- ۴-۳- انواع گره‌های حرارتی: (m, n) ۵۰
- ۴-۴- عدد بایوت: (Bi) ۵۰
- ۴-۶- محاسبه دمای گره حرارتی برای حالت‌های مختلف صفحه عایق شده باشد: ۵۲
- ۴-۷- روش‌های حل معادلات انتقال حرارت هدایتی چند بعدی: ۵۳
- ۴-۸- تعیین ضریب شکل (S) با استفاده از روش ترمیمی: ۵۳

فصل پنجم: انتقال حرارت هدایتی در شرایط ناپایدار ۵۵

- ۵-۱- روش ظرفیت حرارتی فشرده: (Compact heat capacity) ۵۷
- ۵-۲- معادله رزیدو-مابراج، روش ظرفیت حرارتی فشرده: ۵۷
- ۵-۳- ثابت زمانی: (τ) ۵۷
- ۵-۴- طول مشخصه: (L_c) ۵۹
- ۵-۵- عدد فوریه: (Fo) ۵۹
- ۵-۶- جسم نیمه بی‌نهایت: (Semi-infinite body) ۵۹
- ۵-۷- دمای سطح مشترک برای دو جسم نیمه بی‌نهایت: ۶۰
- ۵-۸- دمای سطح مشترک برای دو جسم نیمه بی‌نهایت با خواص فیزیکی یکسان: ۶۰
- ۵-۹- نمودارهای هسلر: (Heisler charts) ۶۰
- ۵-۱۰- ترموکوپل‌ها: (Thermocouples) ۶۱
- ۵-۱۱- روش‌های تفاضل محدود: (Finite difference) ۶۲

فصل ششم: انتقال حرارت جابجایی از دیدگاه میکروسکوپی ۶۳

- ۶-۱- ضریب انتقال حرارت جابجایی میانگین: (h) ۶۵
- ۶-۲- ضریب انتقال حرارت جابجایی متوسط $(\bar{h})$ برای کل صفحه: ۶۵

فصل هفتم: اعداد بدون بعد و تشابه رینولدز - کلبورت ۷۵

- ۷۷..... (۱-۷) - اعداد بدون بعد: (Dimensionless Numbers)
- ۷۷..... (۲-۷) - عدد بایو: (Bi)
- ۷۷..... (۳-۷) - عدد فوریه: (Fo)
- ۷۷..... (۴-۷) - عدد اکرات: (Ec)
- ۷۷..... (۵-۷) - عدد پراتل: (Pr)
- ۷۸..... (۶-۷) - عدد استانتون: (St)
- ۷۸..... (۷-۷) - عدد ناسلت: (Nu)
- ۷۹..... (۸-۷) - عدد گراسوف: (Gr)
- ۷۹..... (۹-۷) - عدد رایلی: (Ra)
- ۷۹..... (۱۰-۷) - عدد پکلت: (Pe)
- ۷۹..... (۱۱-۷) - عدد گراتز: (Gz)
- ۷۹..... (۱۲-۷) - عدد لوئیس: (Le)
- ۷۹..... (۱۳-۷) - تشابه رینولدز: (Reynolds analogy)
- ۸۰..... (۱۴-۷) - تشابه رینولدز - کلیورن: (Reynolds - Colburn analogy)
- ۸۰..... (۱۵-۷) - مورد استفاده از تشابه رینولدز - کلیورن:

فصل هشتم: انتقال حرارت جابجایی در داخل لوله ها

- ۸۱..... (۱-۸) - جریان داخلی: (Internal flow)
- ۸۳..... (۲-۸) - ناحیه ورودی حرارتی در لوله ها: (Thermal entrance region)
- ۸۴..... (۳-۸) - توزیع دما در ناحیه توسعه یافته حرارتی:
- ۸۴..... (۴-۸) - ناحیه کاملاً توسعه یافته: (Fully developed region)
- ۸۵..... (۵-۸) - شرط توسعه یافتگی حرارتی در داخل لوله ها:
- ۸۷..... (۶-۸) - معادله توزیع دما برای جریان داخل لوله ها:
- ۸۸..... (۷-۸) - دمای توده سیال: (Tb)

فصل نهم: انتقال حرارت جابجایی طبیعی (آزاد)

۹۱

- ۹۳- (۱-۹) انتقال حرارت با مکانیسم جابجایی آزاد (طبیعی): (Free Convection) ۹۳
- ۹۴- (۲-۹) شرایط مرزی برای انتقال حرارت جابجایی طبیعی: ۹۴
- ۹۴- (۴-۹) ضریب انبساط گرمایی در فشار ثابت: (β) ۹۴
- ۹۴- (۵-۹) عدد ناسلت (Nu) در انتقال حرارت جابجایی طبیعی (آزاد): ۹۴
- ۹۴- (۶-۹) پارامترهای حرارتی در انتقال حرارت جابجایی طبیعی (آزاد) برای حالت آرام روی صفحه: ۹۵
- ۹۵- (۷-۹) مقایسه عدد ناسلت (Nu) در انتقال حرارت جابجایی اجباری و طبیعی (آزاد): ۹۵
- ۹۶- (۸-۹) روش تشخیص نوع مکانیسم‌های انتقال حرارت: ۹۶
- ۹۶- (۹-۹) سلول‌های بنارد: (Benard cells) ۹۶

فصل دهم: مکانیسم‌های جوش و میعان ۹۹

- ۱۰۱- (۱-۱۰) جوشش: (Boiling) ۱۰۱
- ۱۰۱- (۲-۱۰) انواع جوشش: (Boiling) ۱۰۱
- ۱۰۲- (۳-۱۰) جوشش استخری: (Boiling Pool) ۱۰۲
- ۱۰۲- (۴-۱۰) جوشش اجباری: (Boiling Force) ۱۰۲
- ۱۰۲- (۵-۱۰) جوشش سرد (Boiling Subcooled) و جوشش شباع (Boiling Saturation): ۱۰۲
- ۱۰۳- (۶-۱۰) انواع جوشش استخری: (Boiling pools) ۱۰۳
- ۱۰۳- (۷-۱۰) جوشش جابجایی آزاد: (Natural convection boiling) ۱۰۳
- ۱۰۴- (۸-۱۰) جوشش هسته‌ای یا حبابی: (Nucleate boiling) ۱۰۴
- ۱۰۵- (۹-۱۰) شار انتقال حرارت بحرانی: (q') ۱۰۵
- ۱۰۵- (۱۰-۱۰) ویژگی‌های شار انتقال حرارت بحرانی: (q') ۱۰۵
- ۱۰۵- (۱۱-۱۰) جوشش انتقالی: (Transition boiling) ۱۰۵
- ۱۰۶- (۱۲-۱۰) جوشش لایه‌ای: (Film boiling) ۱۰۶
- ۱۰۶- (۱۳-۱۰) میعان فیلمی (لایه‌ای) و قطره‌ای: (Film-wise and drop-wise condensation) ۱۰۶
- ۱۰۷- ۱۰۷
- ۱۰۸- (۱۴-۱۰) لایه مرزی برای فیلم مایع ریزان در حالت میعان فیلمی بر روی سطوح عمودی: ۱۰۸

۱۰-۱۵) - لوله گرمایی: (Heat pipe) ۱۰۹

فصل یازدهم: مبدل‌های حرارتی و کاربردهای آن ۱۱۱

۱-۱۱) - مبدل‌های حرارتی: (Heat Exchangers) ۱۱۳

۲-۱۱) - تیغه: (Baffle) ۱۱۴

۳-۱۱) - مبدل‌های حرارتی با سطوح پره دار: (Finned heat exchanger surfaces) ۱۱۵

۴-۱۱) - انواع مبدل‌های حرارتی با سطوح پره‌دار: ۱۱۵

۵-۱۱) - ضریب انتقال گرما: (RF) ۱۱۶

۶-۱۱) - روش‌های تحلیل مبدل‌های حرارتی: ۱۱۶

۷-۱۱) - اختلاف دما در سزان گرما در روش LMTD: (اختلاف دمای متوسط لگاریتمی) ۱۱۷

۸-۱۱) - سیال حداقل (Minimum fluid) ۱۱۸

۹-۱۱) - بازده انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی: (ε) ۱۱۹

۱۰-۱۱) - تعداد واحدهای انتقال (NTU) ۱۲۰

فصل دوازدهم: انتقال حرارت تشعشی از دیدگاه میکروسکوپی ۱۲۳

۱-۱۲) - رنگ‌های مختلف در ناحیه مرئی به ترتیب که منطبق بر موج: ۱۲۵

۲-۱۲) - جسم سیاه: (Black body) ۱۲۶

۳-۱۲) - انواع ضرایب صدور یا نشر: (ε) ۱۲۶

۴-۱۲) - نحوه جذب، عبور و انعکاس انرژی تشعشی در برخورد با یک سطح ۱۲۷

۵-۱۲) - انواع انعکاس: (Reflections) ۱۲۸

۶-۱۲) - دیفیوز: (Diffuse) ۱۲۹

۷-۱۲) - قانون توزیع پلانک: (Planck distribution law) ۱۲۹

۸-۱۲) - قانون جابجایی وین: (Wien's displacement law) ۱۳۰

۹-۱۲) - نرخ انتقال حرارت تشعشی بین سطوح سیاه: (Fiz ضریب شکلی بین دو صفحه آویز) ۱۳۰

۱۰-۱۲) - مقاومت تشعشی: (R) ۱۳۰

- ۱۱-۱۲ - سپرهای تشعشی: (Radiation shields)..... ۱۳۱
- ۱۲-۱۲ - نرخ انتقال حرارت تشعشی با وجود سپرها: (بین دو سپر)..... ۱۳۱
- ۱۳-۱۲ - قانون بیر: (Beer's Law)..... ۱۳۲
- ۱۴-۱۲ - کوره: (Furnace)..... ۱۳۲
- ۱۵-۱۲ - روش‌های افزایش بازده کوره‌ها:..... ۱۳۲
- ۱۶-۱۲ - روش‌های افزایش انتقال حرارت تشعشی در کوره‌هایی که با گاز طبیعی گرم می‌شوند:..... ۱۳۳
- ۱۷-۱۲ - پدیده گلخانه‌ای:..... ۱۳۳
- ۱۲ - ضریب شکلی: (Fij)..... ۱۳۳
- ۱۹-۱۲ - مقاومت معینی تشعشی: (R)..... ۱۳۳
- ۲۱-۱۲ - جسم تابنده ایده‌آل:..... ۱۳۴
- ۲۲-۱۲ - قانون کیپلر:..... ۱۳۴
- ۲۳-۱۲ - روابط کاربردی برای ضریب شکلی (Fij) سطوح:..... ۱۳۴
- منابع و مآخذ:..... ۱۳۷