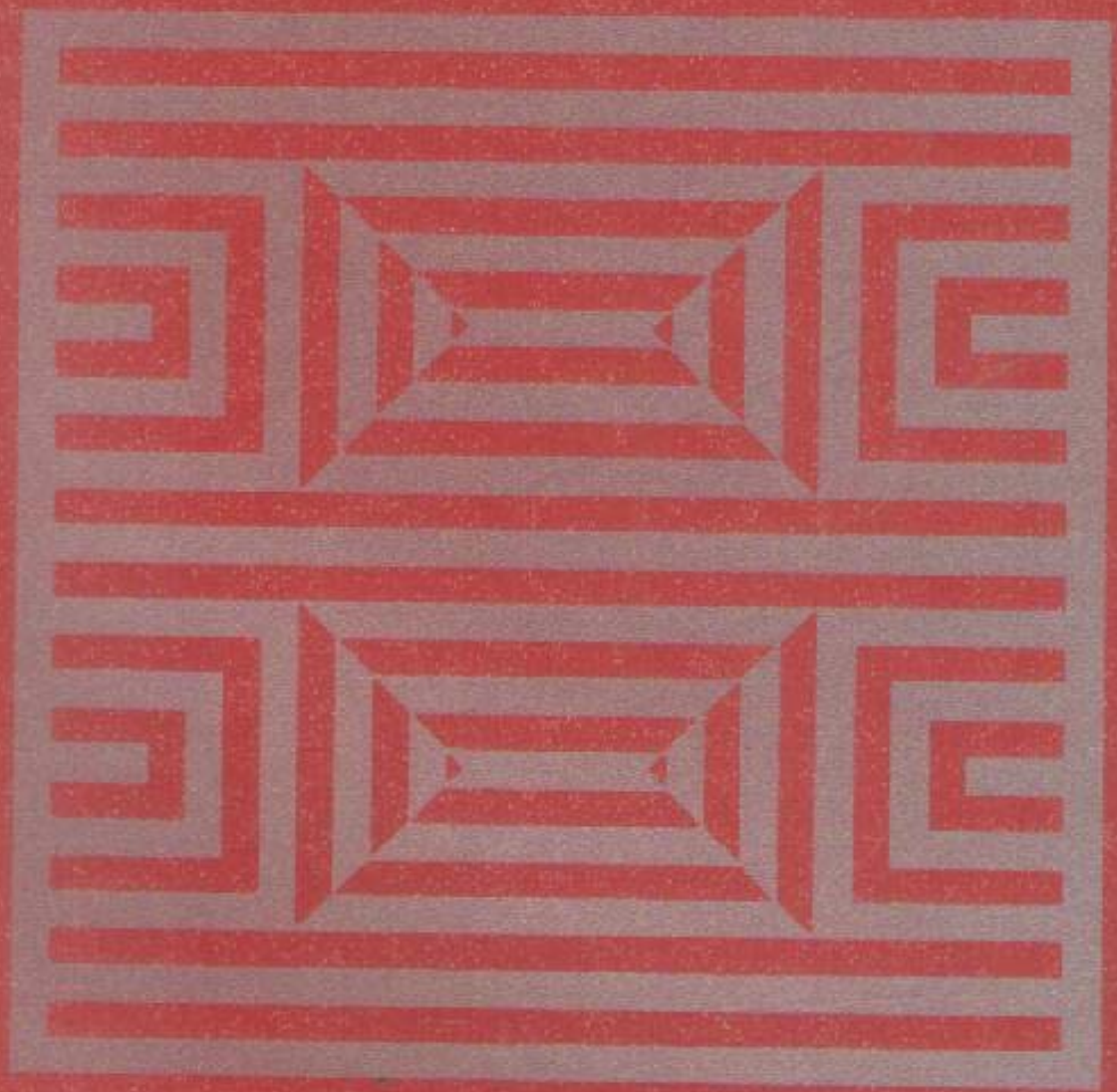
انتقال الحرارة



تأليف

بهالشاندرا . ق. كارليكار

روبرت . م. ذرموند

الدار العربية للنشر والتوزيع

يطلب كتاب حلول المسائل من الناشر

1-4-536-1

1-4-536

انتقال الحرارة

HEAT TRANSFER

Second Edition

تأليف

بهالشاندرا . فى . كارليكار
أستاذ فى الهندسة الميكانيكية
رئيس قسم الهندسة الميكانيكية
معهد روتشستر للتكنولوجيا

روبرت .م. دزموند
أستاذ الهندسة الميكانيكية
ومدير قسم الطاقة
رابطة باحثى معهد روتشستر للتكنولوجيا
معهد روتشستر للتكنولوجيا

ترجمة

أ.د. أحمد صابر أحمد فهمى
أستاذ متفرغ بكلية الهندسة والتكنولوجيا
بالمطرية – جامعة حلوان

أ.م.د. مصطفى محمد مصطفى سويدان
أستاذ مساعد بكلية الهندسة والتكنولوجيا
بالمطرية – جامعة حلوان

أ.م.د ماجد إبراهيم نجم
أستاذ مساعد بكلية الهندسة
جامعة عين شمس

مراجعة

أ.م.د محسن سالم رضوان
أستاذ مساعد بكلية الهندسة والتكنولوجيا بالمطرية
جامعة حلوان

الدار العربية للنشر والتوزيع

WEST PUBLISHING COMPANY

St. Paul • New York • Los Angeles • San Francisco

المحتويات

الرموز المستخدمة ووحداتها ١٣

الباب الأول : مقدمة لانتقال الحرارة ٣١

١ - ١ مقدمة ٣١

١ - ٢ التوصيل ٣٤

١ - ٣ التناظر بين منظومات التوصيل الحرارى والكهربى والهيدروليكى ٤١

١ - ٤ الجدران المركبة ٤١

١ - ٥ الحمل ٤٦

١ - ٦ الإشعاع ٥٢

١ - ٧ ميزان الطاقة والقانون الأول ٥٧

مسائل ٦٠

المراجع ٦٦

الباب الثانى : التوصيل الحرارى المستقر الأحادى البعد ٦٧

٢ - ١ مقدمة ٦٧

٢ - ٢ التوصيل الحرارى خلال جدار مستو ٦٧

٢ - ٣ التوصيل الحرارى النصف قطرى خلال كرة جوفاء ٧٦

٢ - ٤ التوصيل المستقر النصف قطرى فى أسطوانة طويلة جوفاء ٨٢

٢ - ٥ موجز عن المقاومات الحرارية ٨٨

٢ - ٦ نصف القطر الحرج للعزل ٩٤

٢ - ٧ مشاكل المصدر الحرارى ١٠٢

٢ - ٧ - ١ جدار مستو ١٠٢

٢ - ٧ - ٢ كرة مصمتة ١٠٦

٢ - ٧ - ٣ أسطوانة مصمتة طويلة ١٠٨

٢ - ٨ الموصلية الحرارية المتغيرة ١١٤

٢ - ٩ المعادلة العامة للتوصيل الحرارى الثلاثية البعد ١١٦

٢ – ١٠ منظومات التوصيل والحمل الحرارى – الزعانف ١٢٤
٢ – ١١ الزعنفة المستطيلة ثابتة المقطع العرضى ١٢٥
٢ – ١١ – ١ المعادلات التفاضلية الحاكمة ، وحلها العام ١٢٦
٢ – ١١ – ٢ الحلول النوعية للشروط الحدية المختلفة ١٢٨
٢ – ١١ – ٣ الحرارة المبددة بالزعنفة ١٣٢
٢ – ١٢ انتقال الحرارة من الزعانف المستطيلة ، والمثلثة ، والمخيطية ١٤٣
٢ – ١٢ – ١ كفاءة الزعنفة ١٤٤
مسائل ١٥٣
المراجع ١٧٦

الباب الثالث : التوصيل الحرارى المستقر الثنائى البعد ١٧٧

٣ – ١ مقدمة ١٧٧
٣ – ٢ التحليل البيانى للتوصيل الحرارى الثنائى البعد ١٨٠
٣ – ٢ – ١ تحليل سريان الحرارة خلال شبكة من المربعات المنحنية الأضلاع ١٨٣
٣ – ٣ التناظر الكهربى للتوصيل الثنائى البعد ١٩٦
٣ – ٤ الحل التحليلى للتوصيل الحرارى الثنائى البعد ١٩٧
مسائل ٢٠٨
المراجع ٢١٨

الباب الرابع : التوصيل الحرارى العابر ٢١٩

٤ – ١ مقدمة ٢١٩
٤ – ٢ النظم ذات المقاومة الداخلية المهملة ٢٢١
٤ – ٣ التوصيل الحرارى العابر فى جدران مستوية وأسطوانية وكروية بشروط حمل حدية ٢٣١
٤ – ٣ – ١ الحلول بالخريطة لجدار مستو ٢٣١
٤ – ٣ – ٢ الحل التحليلى لجدار مستو ٢٣٩
٤ – ٣ – ٣ أسطوانة طويلة بنصف قطر r_o ٢٤٠
٤ – ٣ – ٤ كرة مصمتة بنصف قطر r_o ٢٤٠
٤ – ٤ سريان الحرارة العابر فى أجسام شبه لانهائية ٢٤٨
٤ – ٥ منظومات عابرة ثنائية وثلاثية البعد ٢٥٥
٤ – ٦ تكامل الميزان الحرارى ٢٦٥
مسائل ٢٧٤
المراجع ٢٨٣

الباب الخامس : المبادلات الحرارية ٢٨٥
٥ – ١ مقدمة ٢٨٥
٥ – ٢ تصنيف واصطلاحات المبادلات الحرارية ٢٨٥
٥ – ٣ متغيرات الأداء للمبادلات الحرارية ٢٩٠
٥ – ٤ المعامل الإجمالى لانتقال الحرارة "U" ٢٩١
٥ – ٥ عوامل التقذر لأسطح انتقال الحرارة ٢٩٥
٥ – ٦ تحليل المبادل الحرارى ٢٩٦
٥ – ٦ – ١ مبادل حرارى متوازى الانسياب ٢٩٧
٥ – ٦ – ٢ مبادل حرارى متقابل الانسياب ٣٠١
٥ – ٦ – ٣ مبادلات حرارية متعددة المسارات ٣١٠
٥ – ٧ فعالية المبادل الحرارى ٣١٨
٥ – ٧ – ١ فعالية المبادل الحرارى المتوازى الانسياب ٣٢١
٥ – ٧ – ٢ فعالية المبادل الحرارى المتقابل الانسياب ٣٢٣
٥ – ٧ – ٣ فعالية المبادلات الحرارية المتعامدة الانسياب ٣٢٥
٥ – ٨ معامل انتقال الحرارة الإجمالى المتغير ٣٣٨
مسائل ٣٤٧
مراجع ٣٥٤
الباب السادس : الإشعاع الحرارى ٣٥٥
٦ – ١ مقدمة ٣٥٥
٦ – ٢ الحسابات المثالية لانتقال الحرارة بالإشعاع ٣٥٦
٦ – ٢ – ١ قانون ستيفان – بولتزمان ، والجسم الأسود ، وقدرة البث ٣٥٦
٦ – ٢ – ٢ خواص الإشعاع الأساسية ٣٥٩
٦ – ٢ – ٣ عوامل المواجهة للإشعاع وعلاقاتها ٣٦٢
٦ – ٣ انتقال الحرارة الإشعاعى بين سطحين أسودين مكونين لحيز مغلق ٣٧٢
٦ – ٤ انتقال الحرارة الإشعاعى بين أجسام رمادية ٣٧٢
٦ – ٤ – ١ الشبكة الكهربية للتبادل الإشعاعى لحيز مغلق مكون من جسمين رماديين ٣٧٥
٦ – ٤ – ٢ الشبكة الكهربية لثلاثة أجسام رمادية ٣٧٩
٦ – ٥ تبادل الطاقة الإشعاعية بين عدد N من الأسطح الرمادية ٣٨٩
٦ – ٦ حوائل الإشعاع ٣٩١
٦ – ٧ منظومات الإشعاع والحمل ٣٩٥

٦ – ٨ الخصائص المعتمدة على طول الموجة ٣٩٨
٦ – ٨ – ١ خواص الأسطح الحقيقية المعتمدة على طول الموجة ٤٠٥
٦ – ٩ السمات الاتجاهية للإشعاع المنبث ٤١٣
٦ – ١٠ عامل المواجهة للإشعاع ٤١٥
٦ – ١١ الإشعاع فى الغازات ٤١٩
مسائل ٤٣٠
المراجع ٤٤١

الباب السابع : خلفية عن انسياب الموائع لانتقال الحرارة بالحمل ٤٤٣

٧ – ١ مقدمة ٤٤٣
٧ – ٢ اللزوجة ٤٤٤
٧ – ٣ الانسياب الرقائقى والمضطرب ٤٤٦
٧ – ٤ الانسياب داخل الأنابيب الدائرية ٤٤٨
٧ – ٤ – ١ الانسياب الرقائقى فى الأنابيب ٤٥٢
٧ – ٤ – ٢ الانسياب المضطرب فى الأنابيب ٤٦٠
٧ – ٥ الانسياب على لوح مستو ٤٦٤
٧ – ٥ – ١ التحليل التكاملى للطبقة الجدارية الرقائقية ٤٦٥
٧ – ٥ – ٢ التحليل التفاضلى للطبقة الجدارية الرقائقية ٤٧٧
٧ – ٥ – ٣ حل معادلات الطبقة الجدارية الرقائقية ٤٨٣
٧ – ٥ – ٤ الطبقة الجدارية المضطربة على لوح مستو ٤٨٥
٧ – ٦ الانسياب المتعامد على أسطوانة وكرة ٤٩٢
٧ – ٧ الانسياب المتعامد على رصات الأنابيب ٤٩٥
مسائل ٤٩٩
المراجع ٥٠٥

الباب الثامن : الحمل القسرى ٥٠٧

٨ – ١ مقدمة ٥٠٧
٨ – ٢ معامل انتقال الحرارة بالحمل ٥٠٨
٨ – ٢ – ١ رقم نسلت ٥٠٩
٨ – ٣ انتقال الحرارة للانسياب الرقائقى فى أنابيب دائرية ٥١١
٨ – ٣ – ١ درجة حرارة مجموع المائع ٥١٢
٨ – ٣ – ٢ التوزيع التام التطور للشكل الجانبى لدرجة الحرارة ٥١٣
٨ – ٣ – ٣ المعادلة التفاضلية الحاكمة وحلها ٥١٤
٨ – ٣ – ٤ رقم نسلت لمنطقة المدخل لأنبوب مستدير ٥٢٨

٨ – ٤ انتقال الحرارة للانسياب المضطرب فى الأنابيب المستديرة ٥٣٧
٨ – ٥ التحليل البعدى ٥٤٦
٨ – ٦ الحمل من لوح مستو – الانسياب الرقائقى فى الطبقة الجدارية الحرارية ٥٥٣
٨ – ٦ – ١ التحليل التكاملى للطبقة الجدارية الحرارية ٥٥٤
٨ – ٦ – ٢ التحليل التفاضلى للطبقة الجدارية الحرارية ٥٦٥
٨ – ٧ احتكاك المائع وانتقال الحرارة – تناظر كولبيرن ٥٧٩
٨ – ٨ معاملات انتقال الحرارة للانسياب المضطرب على لوح مستو درجة حرارته منتظمة ٥٨٠
٨ – ٩ انتقال الحرارة بانتقال السائل فى المعادن السائلة – الانسياب على لوح مستو ٥٨٣
٨ – ١٠ علاقات الارتباط التصميمية لانتقال الحرارة بالحمل القسرى ٥٨٦
٨ – ١٠ – ١ الانسياب خلال الأنابيب ٥٨٧
٨ – ١٠ – ٢ الانسياب على الألواح المستوية ٥٩٤
٨ – ١٠ – ٣ الانسياب المتعامد على أنبوب ٦٠٠
٨ – ١٠ – ٤ الانسياب المتعامد على رصات الأنابيب ٦٠٣
٨ – ١١ انتقال الكتلة نتيجة الانتشار فى الحمل القسرى ٦١٥
مسائل ٦٢٢
المراجع ٦٤٠

الباب التاسع : الحمل الطبيعى ٦٤٣
٩ – ١ مقدمة ٦٤٣
٩ – ٢ تجربة لتعيين معامل انتقال الحرارة للحمل الطبيعى ٦٤٤
٩ – ٣ الحمل الطبيعى من جدار رأسى ٦٤٦
٩ – ٣ – ١ الطريقة التكاملية للحمل الطبيعى من جدار رأسى ٦٤٨
٩ – ٣ – ٢ الصياغة التفاضلية للحمل الطبيعى من جدار رأسى ٦٥٧
٩ – ٤ دراسات مقياس التداخل فى الحمل الطبيعى ٦٦٣
٩ – ٥ علاقات الارتباط التصميمية للحمل الطبيعى ٦٦٦
٩ – ٥ – ١ لوح مستو رأسى ٦٦٦
٩ – ٥ – ٢ لوح مستو أفقى ٦٧٣
٩ – ٥ – ٣ الأسطح المائلة ٦٧٥
٩ – ٥ – ٤ القوالب المستطيلة ٦٧٥
٩ – ٥ – ٥ الأسطوانات الرأسية ٦٧٨
٩ – ٥ – ٦ الأسطوانات الأفقية ٦٧٩

٩ – ٥ – ٧ الكرة ٦٨٤
٩ – ٦ العلاقات الترابطية للفراغات المغلقة ٦٨٤
٩ – ٦ – ١ الفراغات الرأسية ٦٨٤
٩ – ٦ – ٢ الفراغات الأفقية ٦٨٦
٩ – ٦ – ٣ الفراغات المائلة ٦٨٧
٩ – ٦ – ٤ الفراغ الحلقى بين كرتين متمركزتين ٦٨٩
٩ – ٧ الحمل الطبيعى تحت تأثير فيض حرارى منتظم ٦٩١
٩ – ٨ الحمل الطبيعى والقسرى المختلط ٦٩٣
مسائل ٦٩٥
المراجع ٧٠٨

الباب العاشر : انتقال الحرارة مع تغير الطور ٧١٣
١٠ – ١ مقدمة ٧١٣
١٠ – ٢ انتقال الحرارة بالتكثيف ٧١٤
١٠ – ٢ – ١ التكثيف الغشائى ٧١٤
١٠ – ٢ – ٢ التكثيف بالقطرات ٧٢٣
١٠ – ٣ انتقال الحرارة بالغليان ٧٢٦
١٠ – ٤ الأنبوب الحرارى ٧٣٨
مسائل ٧٣٩
المراجع ٧٤٠

الباب الحادى عشر : الطرق العددية للتوصيل الحرارى ٧٤٣
١١ – ١ مقدمة ٧٤٣
١١ – ٢ الصياغة الأحادية البعد ٧٤٥
١١ – ٢ – ١ توزيع درجة الحرارة ٧٤٧
١١ – ٢ – ٢ معدل سريان الحرارة ٧٥٥
١١ – ٣ الصياغة الممتدة الأحادية البعد ٧٦٣
١١ – ٣ – ١ الثخانة المتغيرة ٧٦٣
١١ – ٣ – ٢ المعامل المتغير لانتقال الحرارة بالحمل ٧٦٦
١١ – ٣ – ٣ الموصلية الحرارية المتغيرة ٧٦٧
١١ – ٤ المنظومات المستقرة الثنائية البعد ٧٧٤
١١ – ٤ – ١ تمثيل الشروط الحدية عند ركن كوع ٧٨٩
١١ – ٤ – ٢ حدود منحنية ٧٩١
١١ – ٥ المنظومات المستقرة الثلاثية البعد ٧٩٧

١١ – ٦ معادلات الفرق من المعادلة التفاضلية للطاقة ٧٩٨
١١ – ٧ المنظومات غير المستقرة ٨٠٠
١١ – ٧ – ١ المنظومة الأحادية البعد ٨٠١
١١ – ٧ – ٢ معيار الاستقرار ٨٠٤
١١ – ٧ – ٣ الصياغة الضمنية ٨١٢
١١ – ٧ – ٤ المنظومات العابرة الثنائية والثلاثية البعد ٨١٣
مسائل ٨١٧
المراجع ٨٢٩
ملاحـــق ٨٣٣
إجابات المسائل المختارة ٨٦٣
قائمة المصطلحات العلمية ٨٧٥