

Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 8th edition

by T.L. Bergman, A.S. Lavine, F.P. Incropera, and D.P. Dewitt · Language: DE

Summary by booksummaryai.com — <https://booksummaryai.com/country/de/fundamentals-of-heat-and-mass-transfer-8th-edition-zusammenfassung>

Summary

In 60 Sekunden

Heat moves three ways: conduction, convection, radiation. This book turns each into a rate equation and a resistance, then wires them into thermal circuits you can solve like electrical networks. You march from a plane wall through fins, boundary layers, boiling curves, heat exchangers, and view-factor algebra to mass diffusion. Along the way you learn when lumping works, when turbulence starts, and why insulation can sometimes increase heat loss.

Warum es sich lohnt

If you design anything that gets hot or cold — electronics, buildings, engines, heat exchangers — this is the standard reference. It teaches a discipline: estimate the Biot number before trusting a shortcut, check the Reynolds number before picking a correlation, draw the thermal circuit before computing. Engineers keep it on the shelf for the property tables and the correlations alone. Best for mechanical and chemical engineering students and practicing designers.

Die Kernideen

Wärme fließt durch Widerstände, genau wie Strom

Schlag Kapitel 1 auf, und du bekommst das ganze Spiel in Miniatur in die Hand: eine zusammengesetzte Wand aus Schichten (Ziegel, Dämmung, Putz). Jede Schicht leistet der Wärme anders Widerstand, und statt dich mit gekoppelten Gleichungen herumzuschlagen, zeichnest du einen thermischen Schaltkreis — den Wärmeleitwiderstand $R = L/kA$ und den Konvektionswiderstand $R = 1/hA$ — und liest den Wärmestrom ab wie den Strom durch einen elektrischen Widerstand. Die Raten-Gleichungen kommen zuerst: Fouriers Gesetz $q'' = -k \, dT/dx$ für Wärmeleitung, Newtons Abkühlungsgesetz $q'' = h(T_s - T)$ für Konvektion, wobei h sämtliche Effekte einschließt, die die Konvektion beeinflussen. Dann schließt der erste Hauptsatz den Kreis: Die Rate der Energiespeicherung in einem Kontrollvolumen gleich der Rate des Energieeinstroms minus der Rate des Energieausstroms plus der Rate der Energieerzeugung.

Die elektrische Analogie ist der Generalschlüssel des Buches. Sobald eine Wand, eine Rippe oder eine Ofenhülle zu einem Netzwerk von Widerständen wird, kollabieren komplizierte Mehr-Modus-Probleme zu Serien- und Parallelrechnungen, die du auf einer Serviette erledigen

kannst. Die Überraschung ist, wie viel Physik in h steckt — es ist keine Eigenschaft des Fluids, sondern eine Zusammenfassung von allem, was in der Grenzschicht passiert. Und die Energiebilanz des Kontrollvolumens, $\text{Speicherung} = \text{hinein} - \text{heraus} + \text{Erzeugung}$, ist das Skelett, an das jedes spätere Kapitel seine Gleichungen hängt.

Probier es aus: Skizziere einen thermischen Schaltkreis für die Wand des Raums, in dem du sitzt: Konvektion außen, Wärmeleitung durch jede Schicht, Konvektion innen — und schätze ab, welcher Widerstand dominiert.

Kupfer leitet 15.000-mal besser als Luft

Bei 300 K erzählen die Stoffwerttabellen eine dramatische Geschichte: Reines Kupfer transportiert Wärme bei etwa $400 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ($401 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), Aluminium bei 237, Stahl bei 14,9, Glas bei 1,4 und Luft bei flüsterleisen 0,026. Das Buch erklärt den Mechanismus: Die Wärmeleitfähigkeit entsteht aus Gitterschwingungen (Phononen) und dem Transport freier Elektronen in Metallen.

Die Wahl eines Materials ist oft die direkte Wahl deiner Wärmeübertragungsrate.

Probier es aus: Schlage die k -Werte zweier Materialien in deiner Küche nach — eines Metalltopfs und seines Kunststoffgriffs — und berechne das Widerstandsverhältnis.

Die Wärmediffusionsgleichung, in jedem Koordinatensystem

Kapitel 2 baut die Maschinerie auf: Wende die Energiebilanz auf ein differentielles Kontrollvolumen an, und heraus springt die Wärmediffusionsgleichung in kartesischen Koordinaten, $\nabla^2 T / k + \dot{q} / k = (1/\alpha) T/t$, für ein homogenes, isotropes Material mit konstantem k . Dabei ist $\dot{q}$ die volumetrische Wärmeerzeugung und $\alpha = k/\rho c_p$ die Temperaturleitfähigkeit. Das Kapitel übersetzt dann dieselbe Physik in zylindrische und sphärische Formen, denn Rohre und Kugeln scheren sich nicht um deine kartesische Voreingenommenheit.

Die Temperaturleitfähigkeit ist das Verhältnis von geleiteter zu gespeicherter Wärme.

Probier es aus: Berechne $\alpha = k/\rho c_p$ für Kupfer und für Glas und beobachte, wie viel schneller Temperaturänderungen sich durch das Metall ausbreiten.

Radialer Widerstand und die Dämmung, die nach hinten losgeht

Kapitel 3 beginnt zahm — die ebene Wand ohne Erzeugung, $R = L/k$, der Gesamtwärmeübergangskoeffizient U , Serien- und Parallelverbünde — und wird dann rund. Bei einem Hohlzylinder wird der Widerstand zu $\ln(r_2/r_1)/(2\pi k L)$; bei einer Hohlkugel zu $(1/r_1 - 1/r_2)/(4\pi k)$. Dann die Falle: Bringst du Dämmung an einem Zylinder an, wächst der Wärmeleitwiderstand, aber auch die äußere Fläche wächst, was den Konvektionswiderstand senkt. Unterhalb des kritischen Radius $r_{\text{crit}} = k_{\text{ins}}/h$ erhöht die Dämmung den Wärmetransport tatsächlich. Das Kapitel löst außerdem die Wand mit gleichmäßiger Erzeugung, wo das parabolische Profil $T(x) = \dot{q} L^2 / (2k) (1 - x^2/L^2) + T_s$ auf der Mittellinie seinen Höhepunkt erreicht,

$$T_{\max} = T_s + qL^2/(2k).$$

Widerstand hängt von der Geometrie ab, nicht nur vom Material.

Probier es aus: Schätze für einen elektrischen Draht mit 5 mm Durchmesser r_{crit} mit Gummidaemmung ab und prüfe, ob du darunter liegst.

Rippen: Fläche gegen Widerstand

Ein langer Stab mit Durchmesser D ragt aus einer Basis bei T_b in Luft bei T . Wärme leitet den Stab hinunter, während sie seitlich entweicht, und die Rippen-Gleichung fängt dieses Duell ein. Bei einer unendlich langen Rippe klingt die Lösung exponentiell ab, $\theta/\theta_b = e^{(-mx)}$, mit $m = (hP/kAc)$, und der Wärmestrom ist $q_f = (hPkAc)(T_b - T)$. Da echte Rippen enden, definiert das Buch den Rippenwirkungsgrad η_f und die Rippenwirksamkeit ϵ_f , um zu beurteilen, ob eine Rippe ihr Metall wert ist.

Rippen tauschen zusätzliche Oberfläche gegen die fallende Temperatur an der Spitze.

Probier es aus: Fühle den Temperaturabfall entlang eines Metalllöffels, der in heißer Suppe steht; die Spitze bleibt kühl, weil die Rippenlösung exponentiell abklingt.

Separationsansatz und der Formfaktor als Abkürzung

In Kapitel 4 wird die zweidimensionale Wärmeleitung ernst. Für eine rechteckige Platte mit vorgeschriebenen Randtemperaturen liefert der Separationsansatz eine Temperaturverteilung, geschrieben als unendliche Reihe von Sinusfunktionen — elegant, exakt, mühsam. Dann der Fluchtweg: Für mehrdimensionale Körper reduzieren die Wärmeleitungs-Formfaktoren alles auf $q = Sk(T_1 - T_2)$. Die Tabellen geben S für Standardgeometrien an, etwa für eine isotherme Kugel, die in einem halbusendlichen Medium vergraben ist, $S = 4\pi r$, oder für einen horizontalen isothermen Zylinder der Länge L , der auf dieselbe Weise vergraben ist.

Der Formfaktor schluckt das zweidimensionale Feld in einer einzigen geometrieabhängigen Zahl.

Probier es aus: Schätze den Wärmeverlust eines eingegrabenen Kugeltanks mit $S = 4\pi r$, bevor du irgend etwas anderes nachschlägst.

Lumped capacitance: wenn ein Körper nur eine Temperatur hat

Wirf ein heißes Bauteil in kühle Luft, und Kapitel 5 stellt die erste Frage: Spielt das Innere eine Rolle? Liegt die Biot-Zahl $Bi = hL_c/k$ unter etwa 0,1, schlägt die Wärmeleitung nach innen die Konvektion nach außen, und der ganze Körper kühlt als eine einzige Temperatur ab, gemäß $\theta/\theta_i = \exp(-Bi \cdot Fo)$, mit $Fo = \alpha t/L_c^2$ als Fourier-Zahl — äquivalent dazu $(T - T_\infty)/(T_i - T_\infty) = \exp(-t/\tau)$ mit der Zeitkonstanten $\tau = (\rho V c)/(h A_s)$. Ist Bi größer, sind innere Gradienten real, und die Heisler-Diagramme — heute oft durch Rechenwerkzeuge ersetzt — liefern grafische Lösungen für die ebene Wand, den unendlichen Zylinder und die Kugel.

Die Biot-Zahl entscheidet, ob dein Problem Algebra ist oder partielle Differentialgleichungen.

Probier es aus: Schätze Bi für einen Brathähnchen ($h = 15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, $L_c = 0,05 \text{ m}$) und entscheide, ob dir die Lumped-Methode anliegen würde.

Grenzschichten: wo Konvektion wirklich passiert

Kapitel 6 zoomt in den dünnen Film hinein, in dem alles passiert. Luft strömt über eine Platte; die Geschwindigkeit steigt von null an der Wand bis $0,99u$ am Rand der Geschwindigkeitsgrenzschicht der Dicke δ , während daneben eine thermische Grenzschicht der Dicke δ_t wächst, ihr Verhältnis bestimmt durch die Prandtl-Zahl $Pr = \nu/\alpha$. Der Konvektionskoeffizient ist an den Temperaturgradienten an der Oberfläche gekoppelt: $h = -k_f (T/y)|_{y=0} / (T_s - T)$. Die Riege der dimensionslosen Figuren tritt auf: Reynolds-Zahl $Re = \rho u L / \mu$, Prandtl-Zahl Pr , Nusselt-Zahl $Nu = hL/k_f$, Grashof-Zahl für Auftrieb, Stanton-Zahl $St = h/(\rho V c_p)$. Bei 300 K hat Luft $Pr = 0,71$, Wasser 5,83, Motorenöl 6.400.

Die Prandtl-Zahl vergleicht den Impulstransport mit der Wärmediffusion.

Probier es aus: Blase langsam auf deine Hand, dann schnell: Du veränderst Re und dünnt die Grenzschicht aus — deshalb fühlt sich schnellere Luft kühler an.

Blasius, Umschlag und die ebene Platte

Für laminare Strömung über eine ebene Platte liefert die Blasius-Lösung die Grenzschichtdicke $\delta = 5x/Re_x$ und den örtlichen Reibungsbeiwert $C_{f,x} = 0,664/Re_x$. Die Wärme folgt: die örtliche Nusselt-Zahl $Nu_x = 0,332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$ für $Pr > 0,6$. Dann stolpert die Strömung — um eine kritische Reynolds-Zahl nahe 5×10^5 — und die Turbulenz schreibt die Regeln neu: $Nu_x = 0,0296 Re_x^{0,8} Pr^{1/3}$. Beachte den Exponenten: Aus 0,5 wird 0,8, und der Wärmeübergang steigt viel schneller mit der Geschwindigkeit.

Der Umschlag bei $Re = 5 \times 10^5$ verändert das Wärmeübergangsgesetz auf beiden Seiten davon.

Probier es aus: Berechne h für Luft bei 5 m/s über eine 1-m-Platte einmal laminar, dann turbulent angenommen, und sieh die Strafe, wenn du das falsche Regime errätst.

Zylinder, Kugeln und Rohrbündel

Kapitel 7 ist der Katalog der Korrelationen für die Umströmung. Querströmung um einen Zylinder: die Churchill-Bernstein-Korrelation für die mittlere Nusselt-Zahl, gültig für $Re_D Pr > 0,2$. Umströmung einer Kugel: die Whitaker-Korrelation, $Nu_D = 2 + (0,4 Re_D^{1/2} + 0,06 Re_D^{2/3}) Pr^{0,4} (\mu/\mu_s)^{1/4}$, brauchbar für $0,71 < Pr < 380$ und $3,5 < Re_D < 7,6 \times 10^4$. Dann ganze Arrays: Rohrbündel in Querströmung, behandelt mit den Korrelationen von Grimison und Zukauskas samt Korrekturfaktoren für die Zahl der Rohrreihen und dafür, ob das Bündel fluchtend oder versetzt ist.

Jede Korrelation ist ein Vertrag mit ihrem Gültigkeitsbereich.

Probier es aus: Nimm eine Korrelation, die du im Beruf benutzt, und lies ihren angegebenen Gültigkeitsbereich; prüfe, ob deine letzte Anwendung wirklich hineinpasste.

Rohre, Einlaufängen und Dittus-Boelter

In einem Rohr braucht die Strömung Anlaufstrecke. Ausgebildet heißt: Das Geschwindigkeitsprofil ändert sich nicht mehr mit der axialen Position x ; bei laminarer Strömung gelten für die hydrodynamische und thermische Einlaufänge $x_e/d = 0,05 \text{ ReD}$, während die turbulente Strömung nach etwa $x_e/d = 10$ Durchmessern zur Ruhe kommt. Für das turbulente Arbeitstier liefert das Buch Dittus-Boelter: $\text{NuD} = 0,023 \text{ ReD}^{4/5} \text{ Pr}^n$, mit $n = 0,4$ beim Heizen und $n = 0,3$ beim Kühlen, gültig für $0,6 < \text{Pr} < 160$ und $\text{ReD} > 10.000$.

Die Einlaufänge entscheidet, ob dein Rohr ausgebildet ist.

Probier es aus: Berechne für ein 2-cm-Rohr mit Wasser bei $\text{Re} = 2.000$ die laminare Einlaufänge und prüfe, ob dein Wärmeübertrager überhaupt ausgebildet ist.

Auftrieb als Pumpe: freie Konvektion

Kein Ventilator, keine Pumpe — nur eine heiße vertikale Platte, die die Luft neben sich erwärmt, bis der Auftrieb übernimmt. Die Grashof-Zahl $\text{GrL} = g\beta(T_s - T)L^3/\nu^2$ misst die treibende Kraft, und $\text{Ra} = \text{Gr} \cdot \text{Pr}$ legt das Regime fest: für $10^4 < \text{RaL} < 10^9$ lautet die laminare Korrelation $\text{NuL} = 0,59 \text{ RaL}^{1/4}$, während die Churchill-Chu-Korrelation für alle RaL gilt. Das Kapitel kriecht auch in Hohlräume — den Luftspalt einer Zweischeibenverglasung, wo die Nusselt-Zahl bei kleinen Spalten nahe 1 liegt — und zitiert die Globe- und-Dropkin-Korrelation für einen horizontalen Hohlraum zwischen zwei Platten.

Die Rayleigh-Zahl entscheidet in der freien Konvektion über laminar oder turbulent.

Probier es aus: Halte deine Hand ein paar Zentimeter über einen Heizkörper, dann daneben: darüber ist die Auftriebsströmung stark; daneben ist das Regime der vertikalen Platte schwächer.

Die Siedekurve und ihr Abgrund

Dreht man die Hitze unter einem Topf Wasser auf, entfaltet sich die Geschichte auf der Nukiyama-Kurve — Wärmestromdichte über der Übertemperatur $\Delta T_e = T_s - T_{\text{sat}}$. Zuerst natürliche Konvektion, dann Blasensieden, wo Blasen die Oberfläche umwühlen und die Wärmestromdichte steil ansteigt, dann die kritische Wärmestromdichte als Punkt des Abbaus des Blasensiedens, dann die gefährlichen Übergangs- und Filmsiede-Regimes, in denen Dampf die Oberfläche überzieht. Für das Blasensieden in der Pool sorgt die Rohsenow-Korrelation. Auf der anderen Seite des Kapitels erhält die Filmkondensation an einer vertikalen Platte die klassische Nusselt-Theorie, $\text{NuL} = 0,943 [\rho_l g h_{fg} L^3 / (\mu_l k_l (T_{\text{sat}} - T_s))]^{1/4}$, dazu eine Reynolds-Zahl für den Kondensatfilm.

Die kritische Wärmestromdichte markiert den Abbaupunkt des Blasensiedens.

Probier es aus: Beobachte einen Topf auf dem Herd: Der Übergang von sanften Blasen zu kräftigem Blasensieden ist dein Weg entlang der Siedekurve in Richtung CHF.

LMTD und Effektivitäts-NTU: Auslegen und Nachrechnen von Wärmeübertragern

Zwei Fluide, eine Metallwand, endloser industrieller Dienst. Kapitel 11 sortiert Wärmeübertrager in Gleichstrom, Gegenstrom und Kreuzstrom und bietet dann zwei Rechner an. Die LMTD-Methode definiert $\Delta T_{lm} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$ für die Gleich- und Gegenstromfälle, mit einem Korrekturfaktor F für mehrdurchige und Kreuzstrom-Bauarten. Die Effektivitäts-NTU-Methode dreht es um: $\epsilon = q/q_{max}$ und $NTU = UA/C_{min}$, mit Effektivitätsbeziehungen für Gleichstrom-, Gegenstrom- und Rohrbündel-Geometrien. Und weil reale Oberflächen verschmutzen, tabelliert das Buch Verschmutzungsfaktoren — zusätzlicher Widerstand durch Ablagerungen — für verschiedene Fluide.

LMTD legt einen Wärmeübertrager aus, wenn beide Austrittstemperaturen bekannt sind; Effektivitäts-NTU sagt die Leistung voraus, wenn sie es nicht sind.

Probier es aus: Skizziere für den Kühler deines Autos, ob Kühlmittel und Luft überwiegend parallel oder quer zueinander strömen und wo der Wärmewiderstand sitzt.

Schwarze Körper, graue Flächen und die Temperatur des Himmels

Die Strahlung bekommt ihr eigenes Kapitel und ihre eigene Physik. Der schwarze Körper emittiert gemäß der Planck'schen Spektralverteilung, zusammengefasst durch das Wiensche Verschiebungsgesetz $\lambda_{max} T = 2897,8 \mu m \cdot K$ und das Stefan-Boltzmann-Gesetz $E = \sigma T^4$. Reale Oberflächen bleiben dahinter zurück, gekennzeichnet durch die spektrale und die hemisphärische Emissivität ϵ_λ und ϵ ; eine graue Fläche hält ϵ wellenlängenunabhängig, und das Kirchhoffsche Gesetz verknüpft Absorption und Emission: $\alpha_\lambda = \epsilon_\lambda$ im thermodynamischen Gleichgewicht. Dann kommt die Atmosphäre ins Spiel: die Solarkonstante $S = 1367 \text{ W/m}^2$, eine effektive Himmelstemperatur T_{sky} zur Modellierung der atmosphärischen Strahlung und Flachkollektoren, deren Absorptionsvermögen darüber entscheidet, wie viel Sonne sie behalten.

Das Kirchhoffsche Gesetz verknüpft Absorption und Emission bei jeder Wellenlänge.

Probier es aus: Vergleiche in einer klaren Nacht, wie kalt sich ein Metallgeländer gegenüber Gras anfühlt — der Strahlungsaustausch mit einer kalten effektiven Himmelstemperatur bei der Arbeit.

Sichtfaktoren und das Strahlungsnetzwerk

Zwei Flächen blicken einander an; der Sichtfaktor F_{ij} ist der Anteil der von i ausgehenden Strahlung, der auf j trifft. Kapitel 13 baut die Algebra auf: die Reziprozitätsbeziehung $A_i F_{ij} = A_j F_{ji}$, die Summationsregel und Kniffe wie das Kreuzschnurverfahren für zweidimensionale Geometrien. Bei schwarzen Flächen folgen die Radiositäten dem Austausch; bei diffus-grauen Flächen in einer Umhüllung definiert Oppenheims Netzwerkmethod einen Oberflächenwiderstand $(1 - \epsilon_i) / (\epsilon_i A_i)$ und einen Raumwiderstand $1 / (A_i F_{ij})$, und du löst Strahlung wie einen Stromkreis. Die Zweiflächen-Umhüllung ergibt sich daraus: $q_{12} = \sigma(T_1^4 - T_2^4) / [(1 - \epsilon_1) / (\epsilon_1 A_1) + 1 / (A_1 F_{12}) + (1 - \epsilon_2) / (\epsilon_2 A_2)]$, und ein Strahlungsschild drückt den

Nettoübertragungswert drastisch.

Die Zweiflächen-Umhüllung reduziert sich auf drei Widerstände in Serie: Oberfläche, Raum, Oberfläche.

Probier es aus: Wickle eine heiße Getränketasse in glänzende Folie: Du erhöhst ihren Oberflächenwiderstand $(1-\epsilon)/\epsilon A$ und verlangsamt den Strahlungsverlust.

Stoffübertragung: der Zwilling der Wärmeleitungsgleichung

Das letzte Kapitel tauscht Temperatur gegen Konzentration und spielt das ganze Buch noch einmal durch. Das Ficksche Diffusionsgesetz für ein binäres Gemisch setzt den Stoffstrom proportional zum Konzentrationsgradienten, $j''_A = -DAB \, dC_A/dx$ (oder in molarer Form), wobei DAB der binäre Diffusionskoeffizient in m^2/s ist. Die Artenerhaltungsgleichung spiegelt die Wärmeleitungsgleichung in stationärer und instationärer Form wider, gelöst für Diffusion durch eine ebene Wand und eine Membran. Die Analogien bekommen Namen: Die Sherwood-Zahl $Sh = hm \, L/DAB$ spielt die Rolle der Nußelt-Zahl, die Schmidt-Zahl $Sc = \nu/DAB$ die der Prandtl-Zahl, und die Verdunstung von Wasser in Luft wird zu einem durchgerechneten Fall.

Die Werkzeuge der Wärmeübertragung lassen sich über ein Wörterbuch von Substitutionen auf die Stoffübertragung übertragen.

Probier es aus: Beobachte, wie eine Pfütze an einem windigen Tag schneller verdunstet — du erhöhst den Stoffübertragungskoeffizienten hm , das Geschenk der Sh -Zahl.

Die Anhänge: Tabellen, die den Platz im Regal rechtfertigen

Hinter der Theorie steht die Maschinerie. Anhang A tabelliert thermophysikalische Stoffwerte: metallische Festkörper wie Aluminium, Kupfer und Eisen; nichtmetallische Festkörper wie Ziegel, Glas und Holz; gängige Flüssigkeiten; und Gase bei Atmosphärendruck — jeweils mit Dichte, spezifischer Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit und Viskosität bei verschiedenen Temperaturen. Anhang B liefert die Mathematik, auf die sich die Lösungen stützen: die Fehlerfunktion und ihr Komplement, Besselfunktionen für Probleme in Zylinderkoordinaten und die Wurzeln transzendenter Gleichungen, die in Reihenlösungen für instationäre Wärmeleitung auftauchen.

Die Stoffwerttabellen und mathematischen Funktionen sind die Maschinerie hinter den Kapiteln.

Probier es aus: Setze ein Lesezeichen bei der Stoffwerttabelle für das Material, mit dem du am häufigsten arbeitest; du wirst sie öfter benutzen als jede Gleichung im Buch.

Die besten Zitate

- " $q = -k \, dT/dx$ " - Fouriersches Wärmeleitgesetz, wie in Kapitel 1 angegeben
- " $q = h(T_s - T)$ " - Newtonsches Abkühlungsgesetz, wie in Kapitel 1 angegeben
- " $\theta/\theta_b = e^{(-mx)}$ " - Rippenlösung, wie in Kapitel 3 angegeben

- " $\alpha_\lambda = \epsilon_\lambda$ " - Kirchhoffsches Strahlungsgesetz, wie in Kapitel 12 angegeben

Kritik

The book is a reference first and a narrative second: derivations are compressed, and many results arrive as correlations to accept rather than stories to follow. Its treatment leans on classical graphical methods — the Heisler charts are presented even as the text concedes computational tools have largely replaced them. Radiation properties and convection correlations are scattered across validity ranges that demand careful checking. Readers wanting modern CFD, microscale heat transfer, or electronics-cooling case studies will need supplements. And the sheer density of symbols can overwhelm a first pass without a course structure.

In einem Satz

Every heat transfer problem is a circuit of resistances — conduction, convection, radiation — and once you draw it, the solution is arithmetic.

Für wen sich das Buch eignet

Mechanical and chemical engineering students taking heat transfer, and practicing engineers who size exchangers, insulation, or cooling systems. Also ideal for anyone preparing for the FE/PE exams who wants the correlations and property tables in one place.