

Värmetransport

Apr 28, 2026, 4 min read

#fysik

#termodynamik

#värmeöverföring

Kapitel: 17.1–17.4 · Kurs: F0004T Förkunskaper: Integraler

1. Tre mekanismer för värmeöverföring

Mekanism	Beskrivning	Kräver medium?	Exempel
Ledning	Molekyler överför energi via kollisioner	Ja	Spisplatta → kastrull
Konvektion	Varm materia förflyttar sig fysiskt	Ja (fluid)	Fjärrvärme, havsströmmar
Strålning	Elektromagnetiska vågor	Nej	Solen, eld, kroppsvärme

2. Värmeledning

2.1 Fouriers lag

Definition: Värmeflöde vid ledning

Värmeflödet (energi per sekund) genom ett material:

$$H = \frac{Q}{\Delta t} = kA \frac{T_H - T_L}{L} = -kA \frac{dT}{dx}$$

där:

- H = värmeflöde [W]
- k = värmeledningsförmåga [W/(m·K)] – materialegenskap
- A = tvärsnittsarea [m²]
- L = materialets tjocklek [m]
- $T_H - T_L$ = temperaturdifferens [K]

Värmeflödet är proportionellt mot temperaturdifferensen och arean, och omvänt proportionellt mot tjockleken.

2.2 Termisk resistans

Definition: Termisk resistans

Analogt med elektrisk resistans definieras termisk resistans:

$$R = \frac{L}{k} \quad \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

Värmeflödet skrivs då:

$$H = \frac{A}{R} (T_H - T_L)$$

Jämför med Ohms lag: $I = V/R$. Temperaturdifferens driver värmeflöde precis som spänning driver ström.

2.3 Seriekoppling

För lager i serie (t.ex. vägg med isolering):

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Intuition: Flaskhals vid seriekoppling

Vid seriekoppling begränsar det lager med högst R (lägst k) hela flödet. Stål leder värme mycket bättre än glas — kombineras de i serie är det glaset som begränsar. Lösa problem med termisk resistans är ofta enklare än att använda grundformeln direkt.

 [Exempel: Dubbelglasruta >](#)

3. Konvektion

3.1 Grundläggande egenskaper

Konvektion innebär att varm materia *fysiskt förflyttas* och tar med sig energi.

Två typer:

- **Påtvingad konvektion:** Pump, fläkt, hjärtat — en extern mekanism driver flödet.
- **Naturlig (egna) konvektion:** Varm luft stiger (lägre densitet), kall sjunker — densitetsskillnader driver flödet.

Kvalitativa samband: Värmeöverföringen är:

- Proportionell mot kontaktarean.
- Större vid stor temperaturdifferens.
- Mer effektiv vid påtvingad konvektion.

Konvektion är matematiskt komplex att beräkna exakt och behandlas kvalitativt i kursen.

4. Strålning

4.1 Stefan-Boltzmanns lag

Definition: Strålning

Alla fysikaliska kroppar med temperatur $T > 0$ sänder ut elektromagnetisk strålning. Värmeflödet ut från en kropp ges av:

$$H = Ae\sigma T^4$$

där:

- $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – Stefan-Boltzmanns konstant
- $e =$ emissivitet ($0 \leq e \leq 1$)
- $T =$ absolut temperatur i Kelvin (ej Celsius!)

Emissivitet e Vad det innebär

$e = 1$ Svart kropp – perfekt strålare och absorbator

$e = 0$ Perfekt reflektor

4.2 Nettostrålning

En kropp tar också emot strålning från omgivningen. Nettoflödet ut:

$$H_{\text{netto}} = Ae\sigma(T^4 - T_{\text{omg}}^4)$$

Temperatur i Kelvin!

Stefan-Boltzmanns lag kräver *absolut temperatur* i Kelvin. Att använda Celsius är ett vanligt fel som ger helt fel svar.

Intuition: T^4 är dramatiskt

Strålningen ökar med *fjärde potensen* av temperaturen. Dubbla den absoluta temperaturen \rightarrow 16 gånger mer strålning. Det förklarar varför strålning dominerar vid

höga temperaturer (t.ex. solen, ugnar) medan ledning och konvektion dominerar vid lägre temperaturer.

Läsning

- [17.6 Mechanisms of Heat Transfer](#)

Se även

- [Ideala gaser](#) — temperatur och energiinnehåll i gaser
 - [Termodynamikens första lag](#) — energibalansen för värmeförfärelse
-

Resurser

Wikipedia

- [Heat transfer](#)
- [Thermal conduction](#)
- [Stefan–Boltzmann law](#)

Fördjupning

- University Physics with Modern Physics (Freedman & Young) kap 17
 - Fysika upplaga 5, kap 17
-

Föreläsningsanteckningar

Från föreläsning: 2025-11-28, F0004T Föreläsare: Erik Elfgren

2025-11-28 - TERMO2

Tre mekanismer (kap 17)

1. Ledning: $H = \frac{Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{(T_H - T_L)}{L} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$ $k =$
värmeledningsförmåga [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

Termisk resistans: $R = \frac{L}{k}$, seriekoppling: $R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots$

Flaskhalsen: vid seriekoppling begränsar materialet med högst R hela flödet. Lösa med termisk resistans är ofta enklare.

2. Konvektion:

- Påtvingad: pump, fläkt, hjärtat
- Egen: vind, havsström (densitetsskillnad) Proportionell mot area, grösse $\Delta T \rightarrow$ mer effektiv; påtvingad > naturlig.

3. Strålning: $H = A \cdot e \cdot \sigma \cdot T^4$, $H_{netto} = A \cdot e \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_{omgivning}^4)$ $\sigma =$
 $5,6704 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$, $e =$ emissivitet ($0 \leq e \leq 1$), temperatur i kelvin!

Strålning dominerar vid mycket höga temperaturer.
