

# Värmetransport

Jun 23, 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, havströmmar
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 [m<sup>2</sup>]
- $L$  = 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:

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

### 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 värmeförförrel
- 

## Resurser

### Wikipedia

- [Heat transfer](#) <sup>↗</sup>
- [Thermal conduction](#) <sup>↗</sup>
- [Stefan–Boltzmann law](#) <sup>↗</sup>

## 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 – TERM02**

**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.

---