2007–09–25

Termodynamik

0. Termisk jämvikt.

1. Energiprincipen.

2. Entropi. $\Delta S \geqslant 0$.

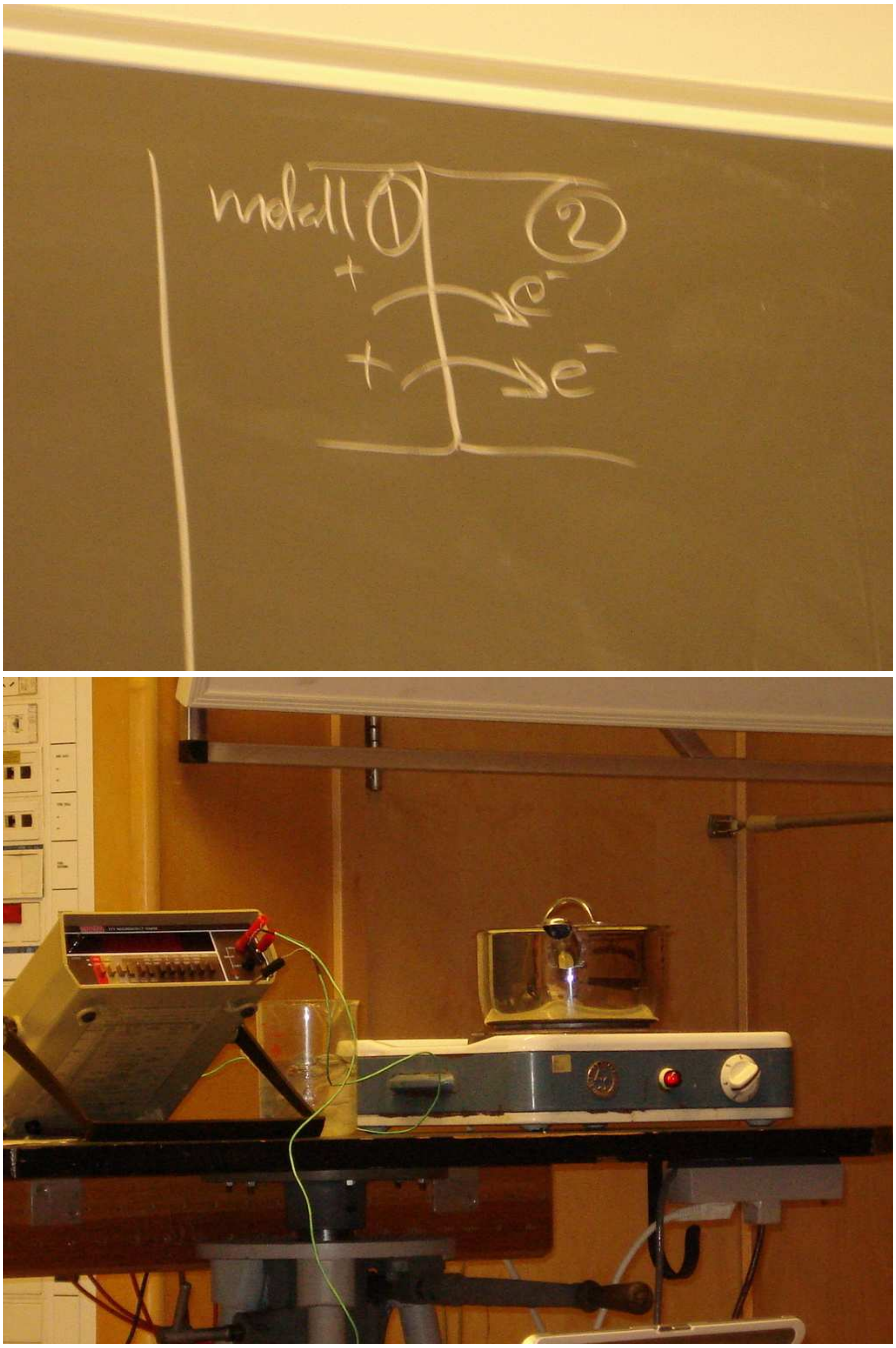
3. Ren kristalin substans: $T = 0 \Rightarrow S = 0$.

∘ Energiomvandlingsprocessser

Temperaturmätningar

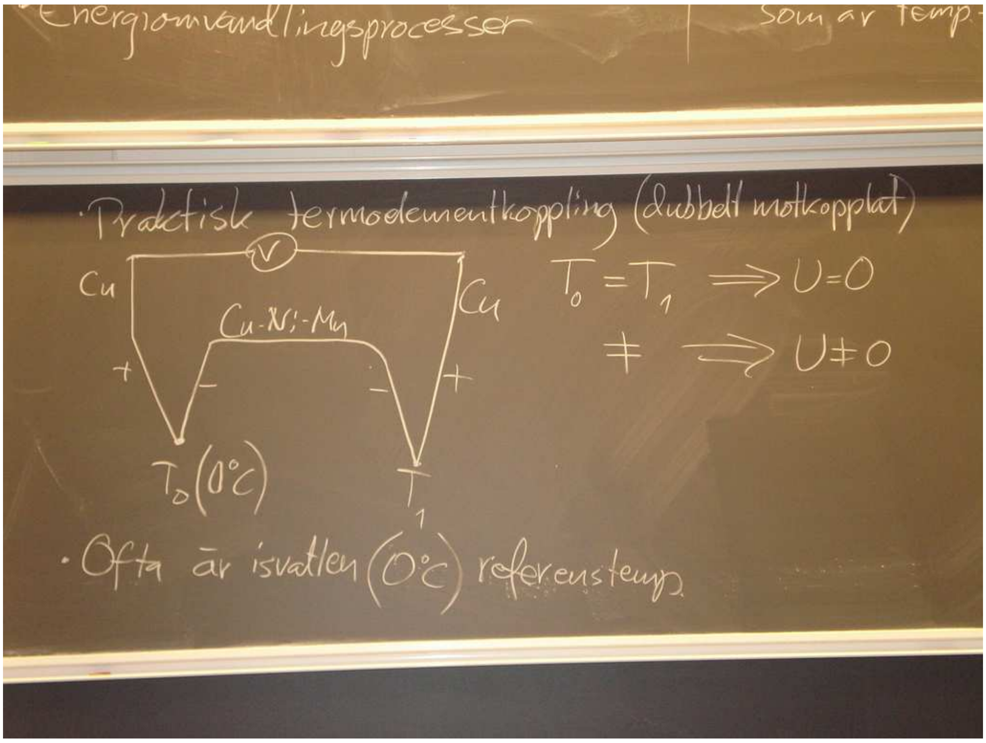
— Termoelementtekniken. (Seebeck-effekten).

Över en kontaktyta mellan två olika metaller uppstår en spänning (emk) som är temperaturberoende ($\sim 10 - 50 \mu\mathrm{V/K}$). ⟨fig1⟩



Figur 1.

Praktisk termoelementkoppling (dubbelt motkopplat). ⟨fig2⟩



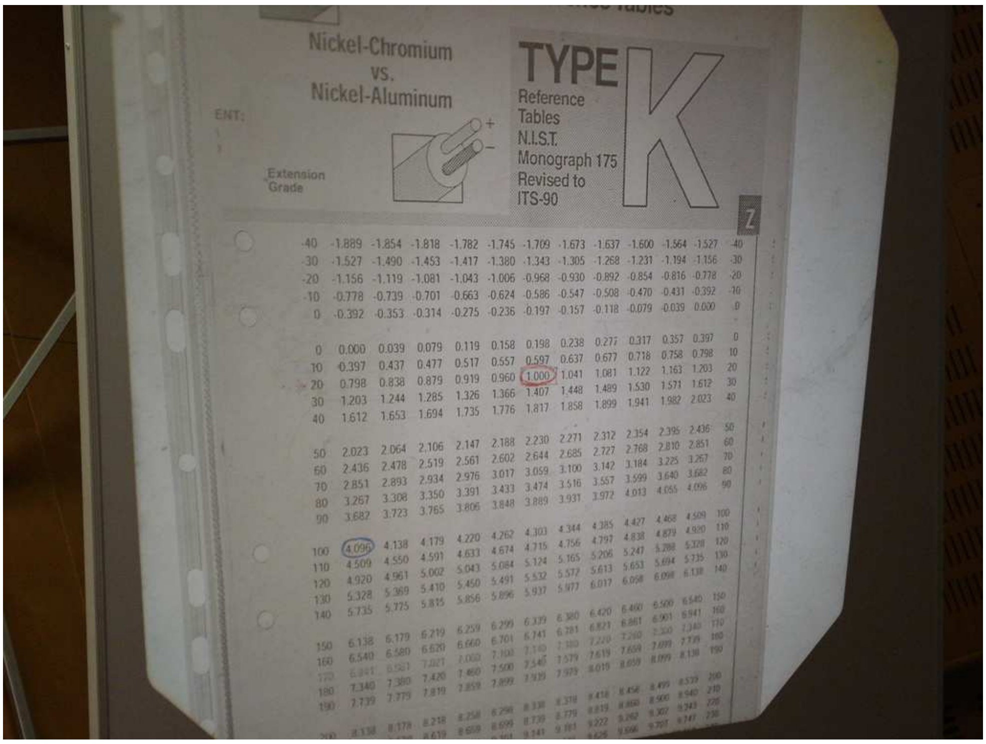
Figur 2.

$T_0 = T_1 \Longrightarrow U = 0.$

$T_0 \neq T_1 \Longrightarrow U \neq 0.$

Ofta är isvatten (0°C) referenstemperatur.

Samtliga uppgifter berör termoelement. Typ K (Chromel-Alumel).

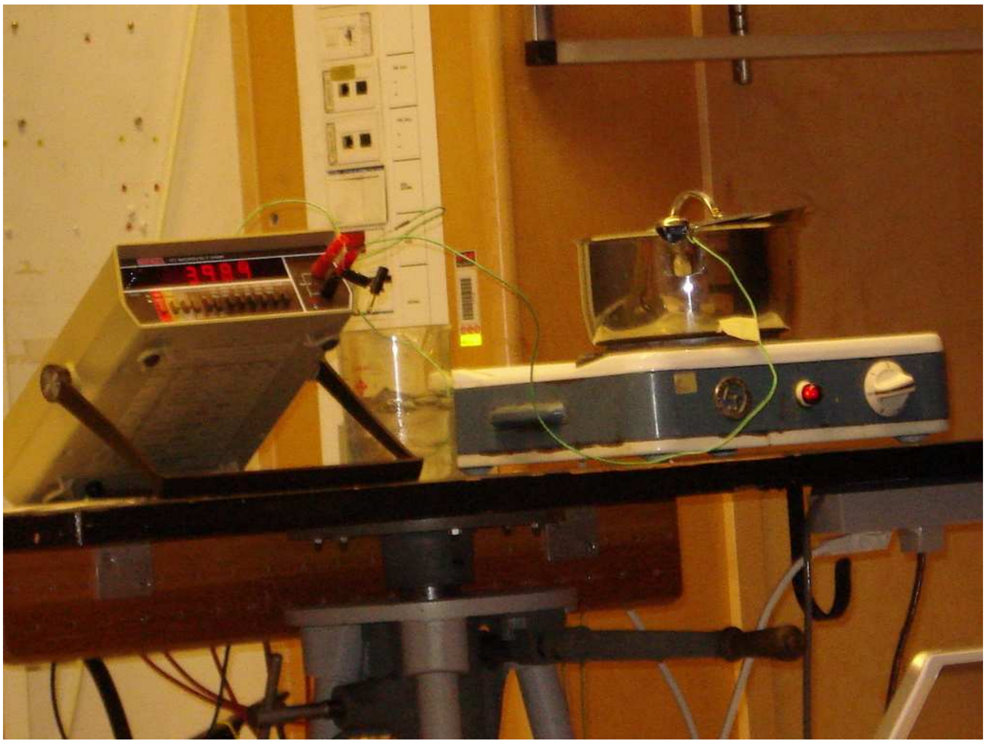

Nickel-Chromium vs. Nickel-Aluminum

TYPE K

Reference Tables N.I.S.T. Monograph 175 Revised to ITS-90

Extension Grade

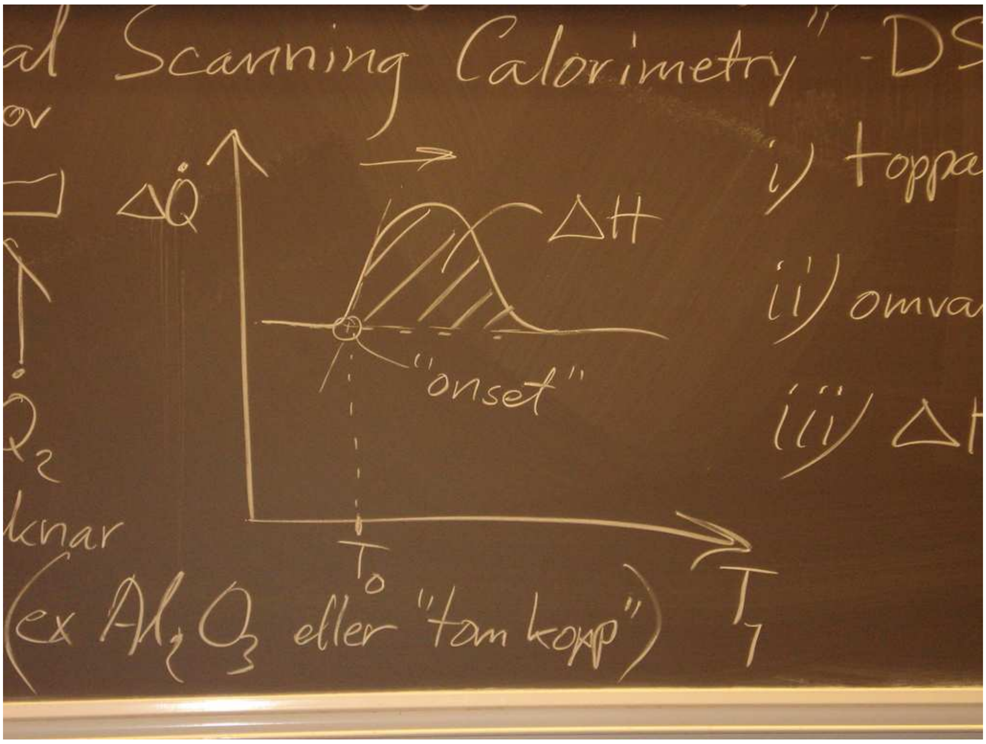
-40	-1.889	-1.854	-1.818	-1.782	-1.745	-1.709	-1.673	-1.637	-1.600	-1.564	-1.527	-40
-30	-1.527	-1.490	-1.453	-1.417	-1.380	-1.343	-1.305	-1.268	-1.231	-1.194	-1.156	-30
-20	-1.156	-1.119	-1.081	-1.043	-1.006	-0.968	-0.930	-0.892	-0.854	-0.816	-0.778	-20
-10	-0.778	-0.739	-0.701	-0.663	-0.624	-0.586	-0.547	-0.508	-0.470	-0.431	-0.392	-10
0	-0.392	-0.353	-0.314	-0.275	-0.236	-0.197	-0.157	-0.118	-0.079	-0.039	0.000	0
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397	0
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798	10
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203	20
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612	30
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	40
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	50
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851	60
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267	70
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	80
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	90
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	100
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920	110
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328	120
130	5.328	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694	5.735	130
140	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.138	140
150	6.138	6.179	6.219	6.259	6.299	6.339	6.380	6.420	6.460	6.500	6.540	150
160	6.540	6.580	6.620	6.660	6.701	6.741	6.781	6.821	6.861	6.901	6.941	160
170	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	170
180	7.340	7.380	7.420	7.460	7.500	7.540	7.579	7.619	7.659	7.699	7.739	180
190	7.739	7.779	7.819	7.859	7.899	7.939	7.979	8.019	8.059	8.099	8.138	190



“Convert Thermocouple Reading” (Labview).

Uppgift 1: Fasomvandlingar — Värmelagring

- Differential Scanning Calorimetry — DSC ⟨fig3⟩



Figur 3.

Referensmaterialet saknar fasomvanldingar (ex. Al_2O_3 eller “tom kopp”)

i) toppar $\hat{=}$ fasomvandlingar (fast-fast, smältning

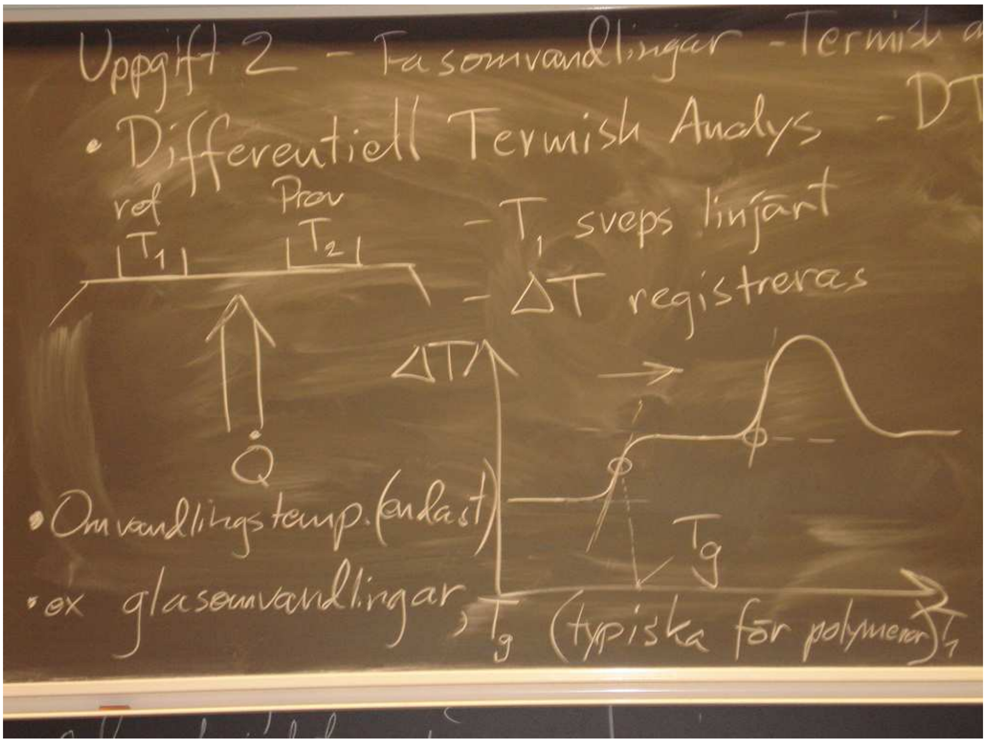
ii) omvanldingstemperatur = “onset”.

iii) ΔH = omvandlingsentalpin.

- Stor ΔH vid lämplig temperatur T $\Rightarrow$ Värmelager
- ΔH och T_{fas} kan påverkas (kemiskt/fysikaliskt)

Uppgift 2: Fasomvandlingar — Termisk analys

- Differentiell termisk analys — DTA. ⟨fig4⟩

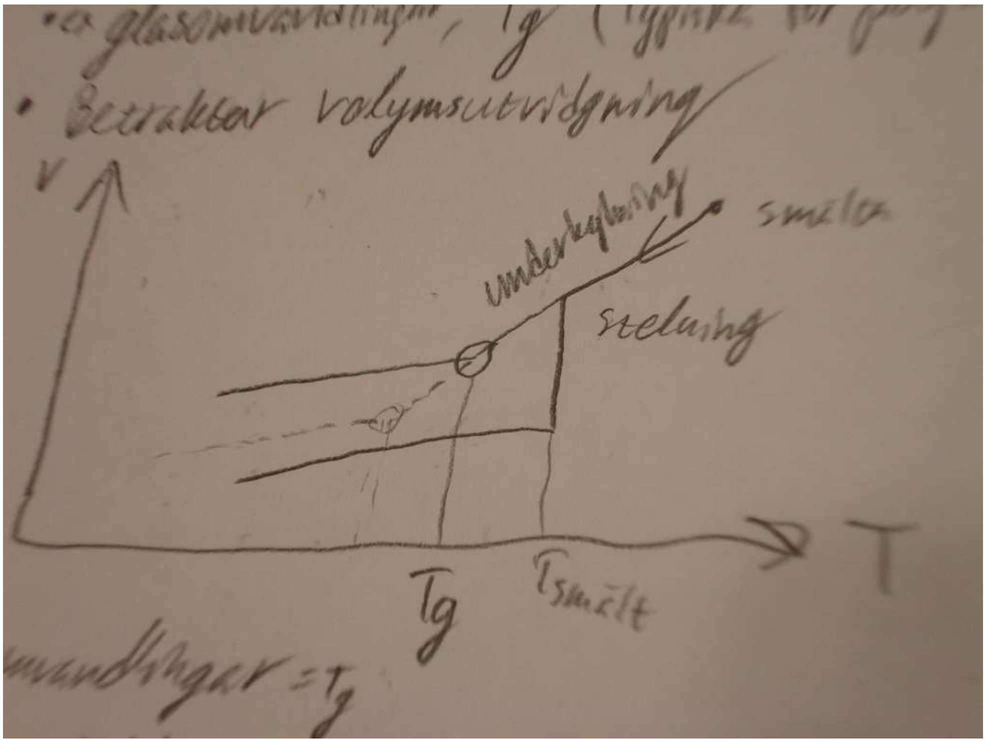


Figur 4.

— T_1 sveps linjärt

— ΔT registreras

- Omvandlingstemperatur (endast).
- Ex. glasomvandlingar, T_g (typiska för polymerer).
- Betraktar volymsutvidgning. ⟨fig5⟩



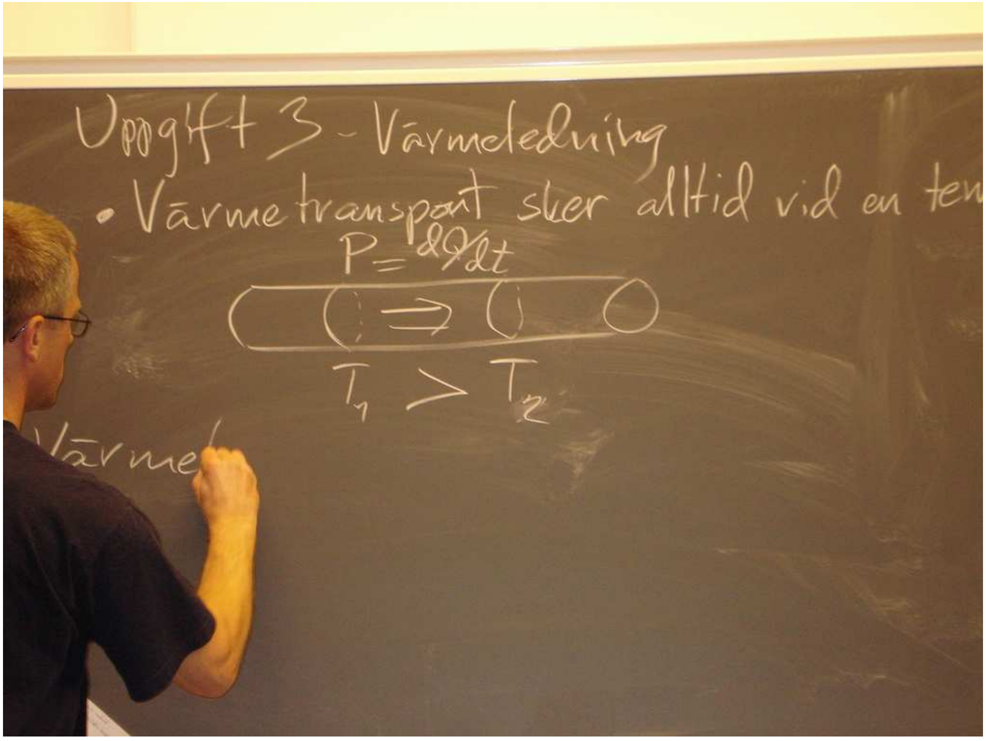
Figur 5.

• Glasomvandlingar: T_{g}. Dock ingen ΔH.

• Studera T_{g}: Kryo-konservering — nedkylning av organ. Isbildning förstör organ. Inblandning av alkoholer/glykol/glycerol. $\Rightarrow$ Glasomvandling.

Uppgift 3: Värmeledning

• Värmetransport sker alltid vid en temperatur-gradient. ⟨fig6⟩



Figur 6. $T_1 > T_2$

Värmeledningsekvationen:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\,\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

• Endimensionella problem: halvoändlig stav. Pumpar in värme med en effekt $P(t)$ i ena änden (enda änden).

— Termisk jämvikt:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$$

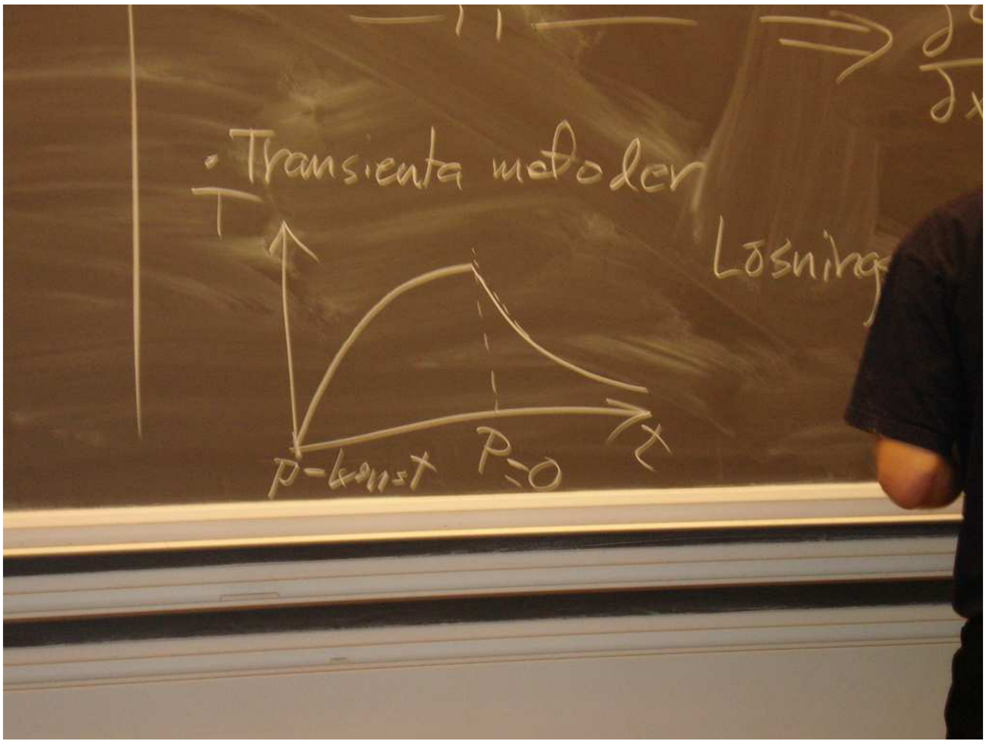
(inga förluster via mantelytan).

— Om staven avger värme längsmed sin yta:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = A\,T$$

(förluster!)

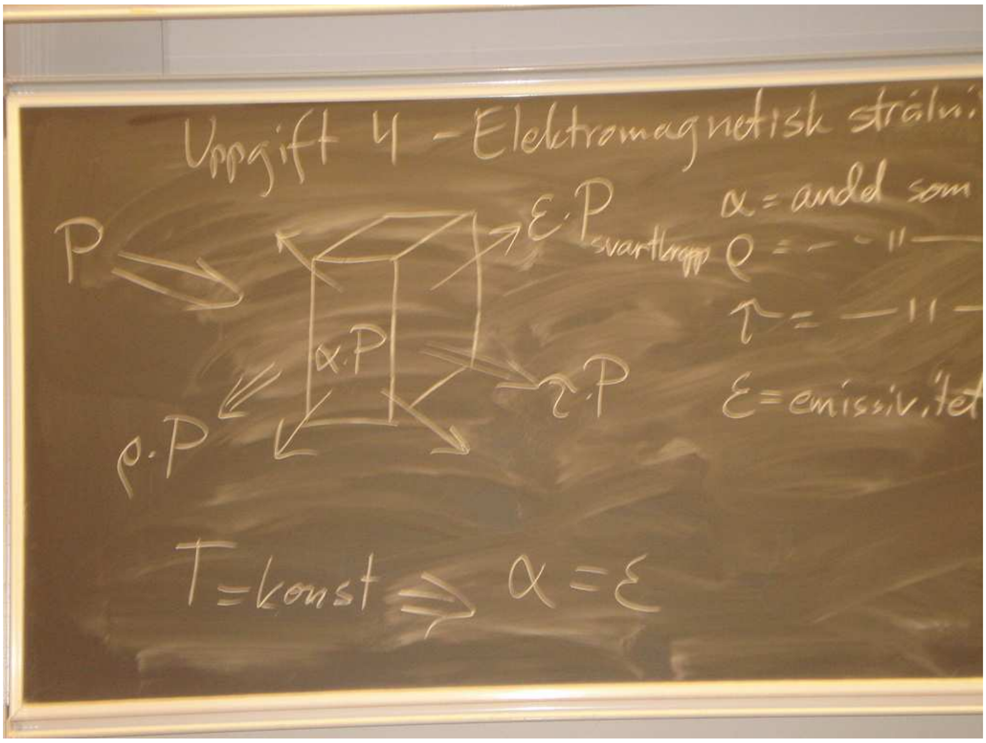
— Transienta metoder: ⟨fig7⟩



Figur 7.

Lösningsform: $T = A + B\,\mathrm{e}^{-Ct}$

Uppgift 4: Elektromagnetisk strålning



Figur 8.

$$\alpha+\rho+\tau=1 \quad \text{där} \quad \begin{cases} \alpha &= \text{andel som absorberas} \\ \rho &= \text{andel som reflekteras} \\ \tau &= \text{andel som transmitteras} \\ \varepsilon &= \text{emissivitet} \end{cases}$$

$T=\text{konstant} \Rightarrow \alpha=\varepsilon$.

- Spektralt selektiva ytor (solfångarytor): $\alpha(\lambda_1)\neq\varepsilon(\lambda_2)$. Dock gäller $\int_0^\infty \alpha \mathrm{d}\lambda=\int_0^\infty \varepsilon\, \mathrm{d}\lambda$.
- Solstrålning (svartkropp – 6000°C): $\lambda\approx 0,3-2\,\mu\text{m}$.

svartkropp på 200°C: $\lambda\approx 2-20\,\mu\text{m}$.

Solfångare $\alpha|_{\lambda\approx 0,3-2\mu\text{m}}\approx 1$, $\varepsilon|_{\lambda\approx 2-20\mu\text{m}}=0$.