

TFY4115 Fysikk

Mekanikk: (kap.ref Young & Freedman)

SI-systemet (kap. 1); Kinematikk (kap. 2+3). (Rekapitulasjon)

Newtons lover (kap. 4+5)

Arbeid og energi (kap. 6+7)

Bevegelsesmengde, kollisjoner (kap. 8)

Rotasjon, spinn (kap. 9+10)

Statisk likevekt (kap. 11)

Svingninger (kap. 14)

Termisk fysikk:

Def. temperatur og varme. 1. hovedsetning. (kap. 17 + 19)

Kinetisk gasteori, tilstandslikninger (kap. 18)

Faseoverganger (smelte, fordampe) (kap.17.6+18.6)

Termodynamikkens 2. lov (kap. 20)

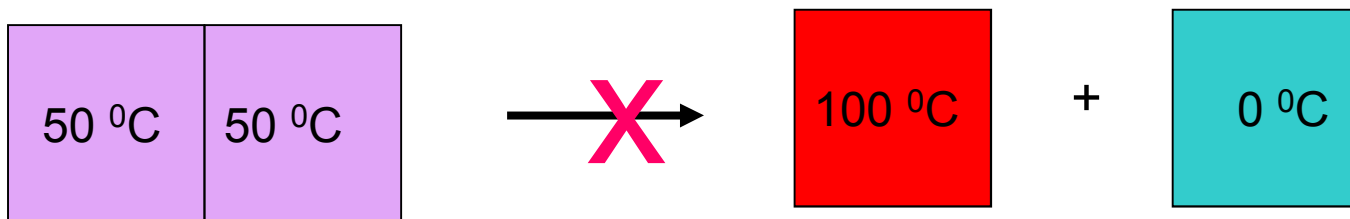
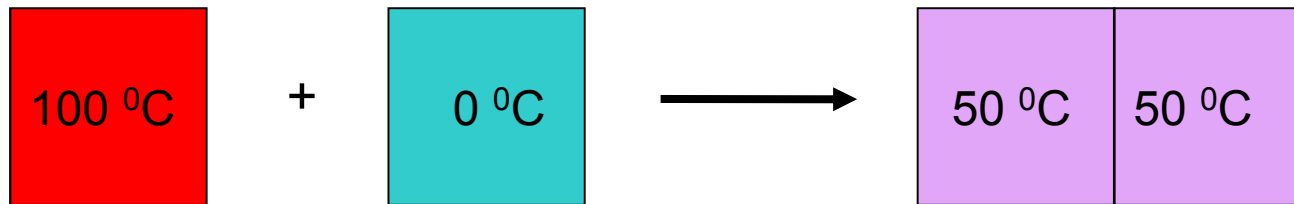
Varmetransport (kap. 17.7+39.5)

Kap 17-20. Termisk fysikk (varmelære, termodynamikk)

- Hva er temperatur og hva er varme?
- Måling av temperatur. Ideell gasslov
- Termisk utvidelse:
 - Fast stoff, væske, gass
- Varmekapasitet, c_p , c_v
- **0., 1. og 2. hovedsetning. Entropi**
- Smelting, koking (faseoverganger)
- Varmetransport:
 - Varmeledning, konveksjon, stråling.

Kap. 17

Introduksjon



Ingen har observert varme strømme fra kaldt til varmt legeme

=>

Termodynamikkens 2. hovedsetning (én formulering)

Termisk fysikk består av:

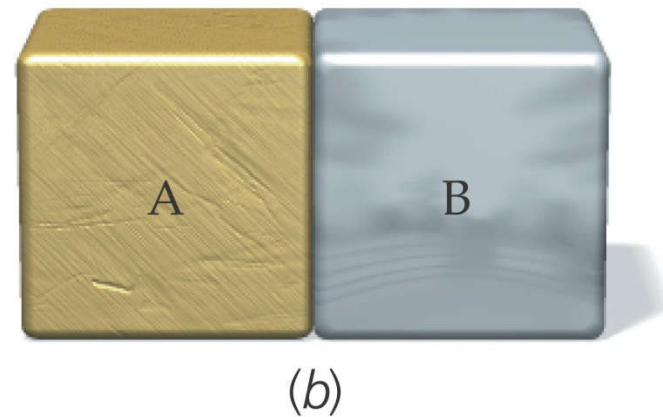
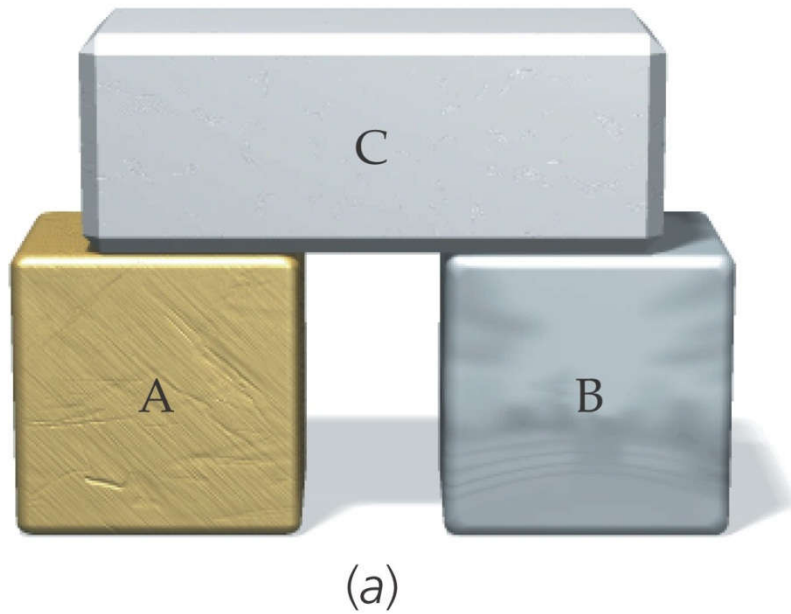
1. Termodynamikk: (=”varmens kraft”)
Makroskopiske likevektslover (”slik vi ser det”)
Temperatur. 1. og 2. hovedsetning
2. Kinetisk gassteori:
Mikroskopisk lover, mekanikkens lover til punkt og prikke. Maxwells hastighetsfordeling.
3. Varmetransport:
Ledning, konveksjon, stråling.

Kap. 17

Introduksjon. Historie

- Daniel Fahrenheit 1724
 - Anders Celsius 1742
 - William Thomson Kelvin 1848
- } Temp.skalaer
- Sadi Carnot
 - James Joule
 - Rudolf Clausius
- } Utviklet termodynamikken på 1800-tallet (1. og 2. lov, varmekraftmaskin)
- Robert Brown 1827
 - Ludwig Boltzmann 1900
 - Albert Einstein 1905
 - Max Planck 1900
- } Kinetisk gassteori, varmestråling mm. rundt 1900

Termodynamikkens 0. hovedsetning



Termisk likevekt:

$$T_A = T_C \text{ og } T_B = T_C$$

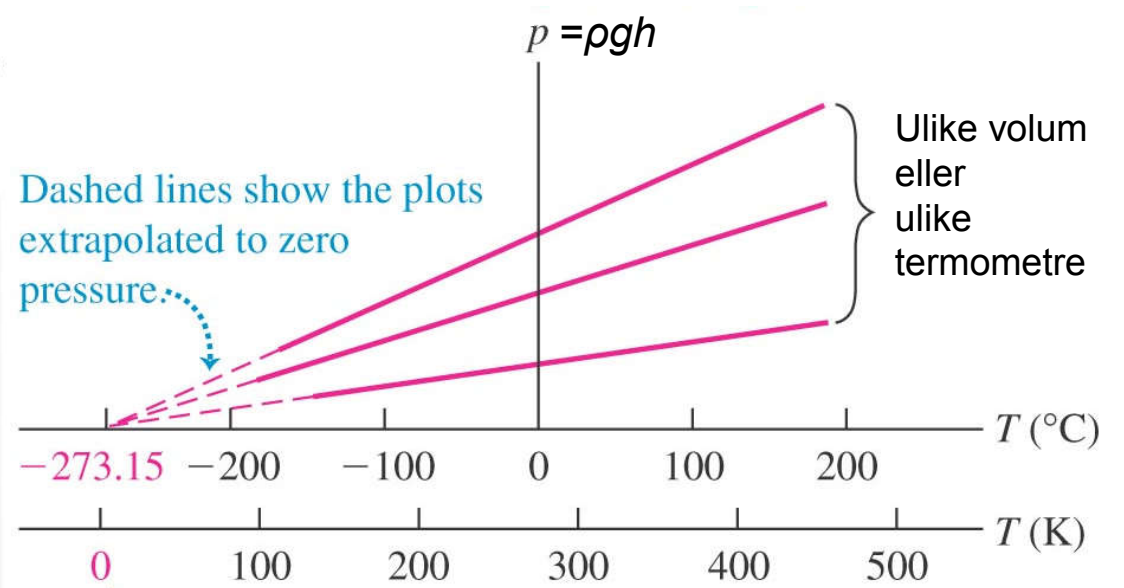
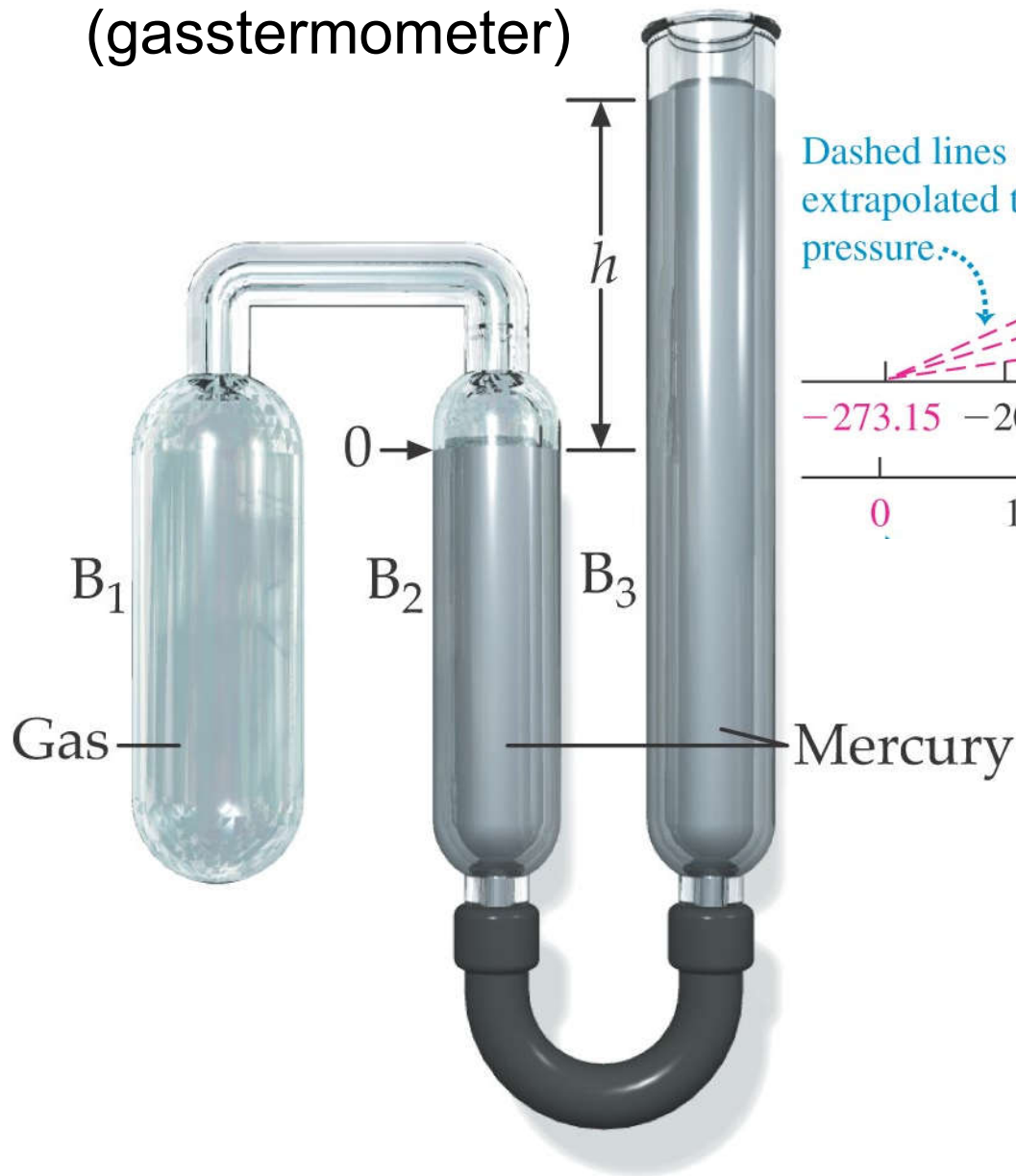
(for eksempel C et termometer)

\Rightarrow Termisk likevekt:

$$T_A = T_B$$

Konstant-volum termometer

(gasstermometer)



Temperaturmålinger/skalaer:

- Galileo Galilei (italiensk) (1564-1642)
- Daniel G. **Fahrenheit** (tysk) (1686-1736)
- Anders **Celsius** (svensk) (1701-1744)
- René-Antoine Ferchault de **Réaumur** (fransk) (1683-1757)
- William JM **Rankine** (skotsk) (1820-1872)
- William Thomson **Kelvin** (Sir William Thomson) (skotsk) (1824-1907)

Varme = Energi som strømmer fra varmt til kaldt legeme

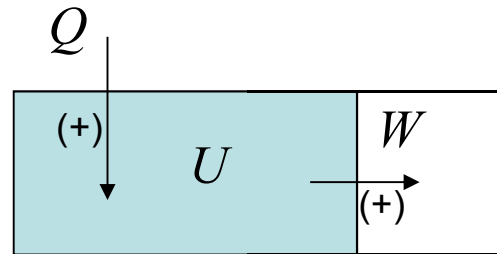
Varme ut \rightarrow tapper legemet for indre energi (U)

--- og temperaturen synker

1. Hovedsetning = Energibevarelse:

- Varme (Q) inn øker indre energi (U)
- Arbeid (W) utført senker indre energi (U)

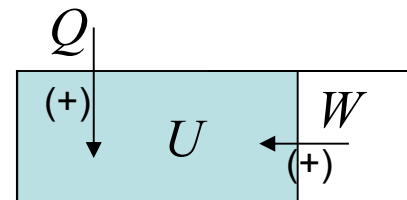
$$\Delta U = Q - W$$



- Kjemikere og noen fysikere bruker motsatt fortegn for W

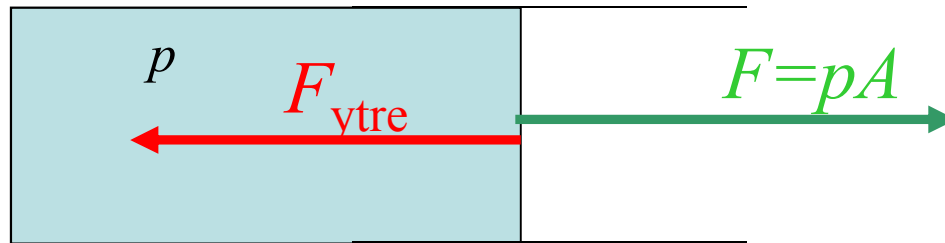
(bl.a. Lillestøl-Hunderi-Lien):

$$\Delta U = Q + W$$



Arbeid ved volumendring:

$$W = p \Delta V \quad \text{der } p = F/A$$



Infinitesimalt: $dW = p dV$

Integrert: $W = \int p dV$

Kraft på stempel fra gasstrykk p $\xrightarrow{F = pA}$

Ytre kraft på stempel $\xleftarrow{F_{\text{ytre}}}$

Ved **langsom bevegelse** er det likevekt og $F_{\text{ytre}} = F$

Tilstandsvariable (-funksjoner):

Målbare størrelser for systemet

Grunnleggende: p V T (andre: m N n U C_V C_p )

Termodynamisk likevekt:

Alle variable konstant over tid og innen hele systemet.

Tilstandslikning:

Sammenheng mellom tilst.variable:

$$f(p, T, V) = 0$$

- Eks. ideell gass: $pV - Nk_B T = 0$

eller: id.gass:

- $p = p(T, V) = Nk_B T/V$
- $V = V(T, p) = Nk_B T/p$
- $T = T(V, p) = pV/(Nk_B)$

Tilstandsdiagram

- Eks $p = p(T, V)$

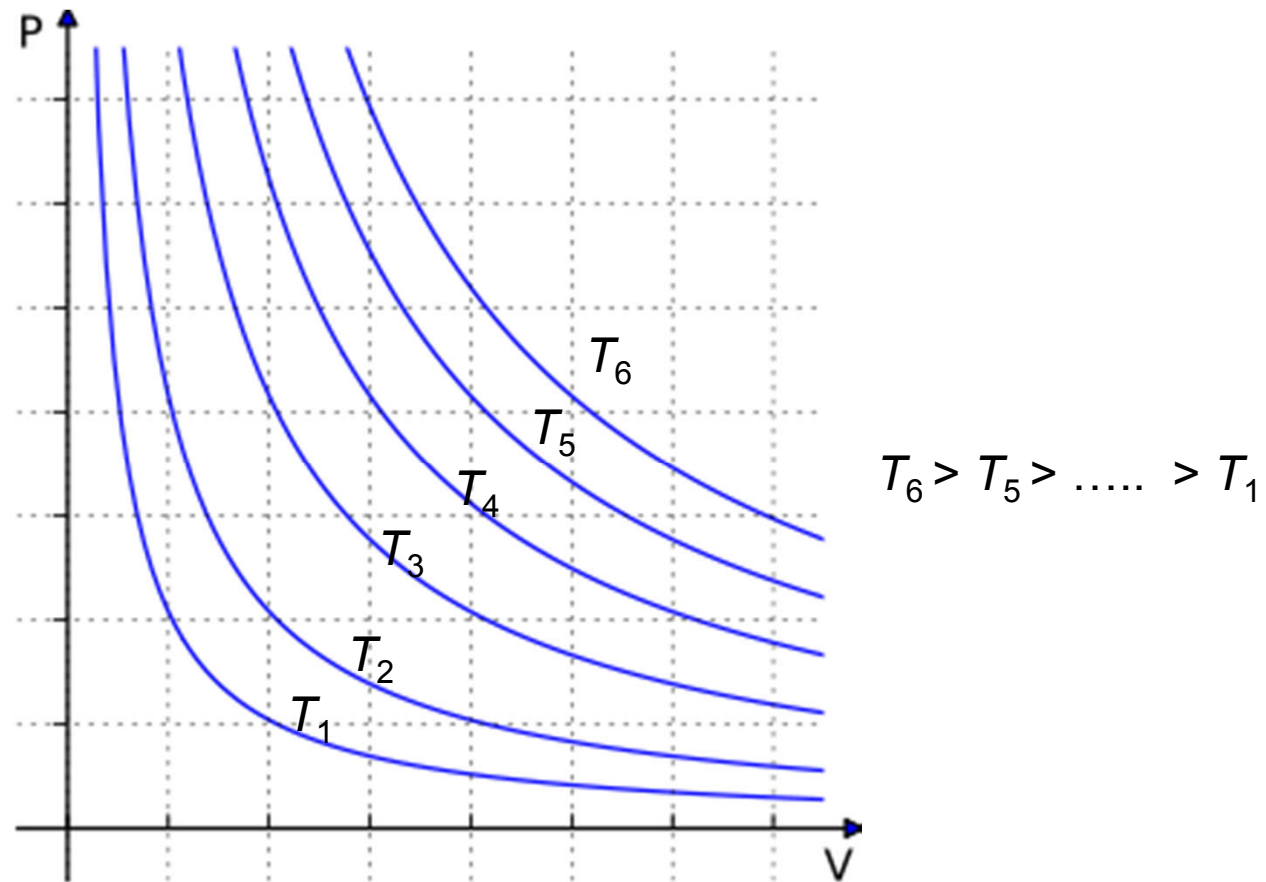


TABLE 20-1

Approximate Values of the Coefficients of Thermal Expansion for Various Substances

Varmeutvidelses-
koeffisienten:

Væsker
og
gasser

	Air	3.67×10^{-3}
	Acetone	1.5×10^{-3}
	Alcohol	1.1×10^{-3}
	Water (20°C)	0.207×10^{-3}
	Mercury	0.18×10^{-3}

3-dim (volum) :
 $\Delta V/V = \beta \Delta T$

β/K^{-1}

Faste
stoff

	Ice	51×10^{-6}
	Aluminum	24×10^{-6}
	Brass	19×10^{-6}
	Copper	17×10^{-6}
	Steel	11×10^{-6}
	Glass (ordinary)	9×10^{-6}
	Graphite	7.9×10^{-6}
	Glass (Pyrex)	3.2×10^{-6}
	Diamond	1.2×10^{-6}
	Invar	1×10^{-6}

1-dim (lineært) :
 $\Delta l / l = \alpha \Delta T$

α/K^{-1}

evt. $\beta = 3 \alpha$

Solslyng NSB



Meråkerbanen
2014

Vinter: - 40 °C
Sommer: +56 °C

$$\Delta T = 100 \text{ K}$$

$$\Delta l = \alpha / \Delta T = 10 \text{ cm}$$

for $l = 100 \text{ m}$ skinne



Sverige



Dovrebanen,
Kvam 25.7.13

Varmekapasitet C = Varme opptatt per temp.stigning og per mol:

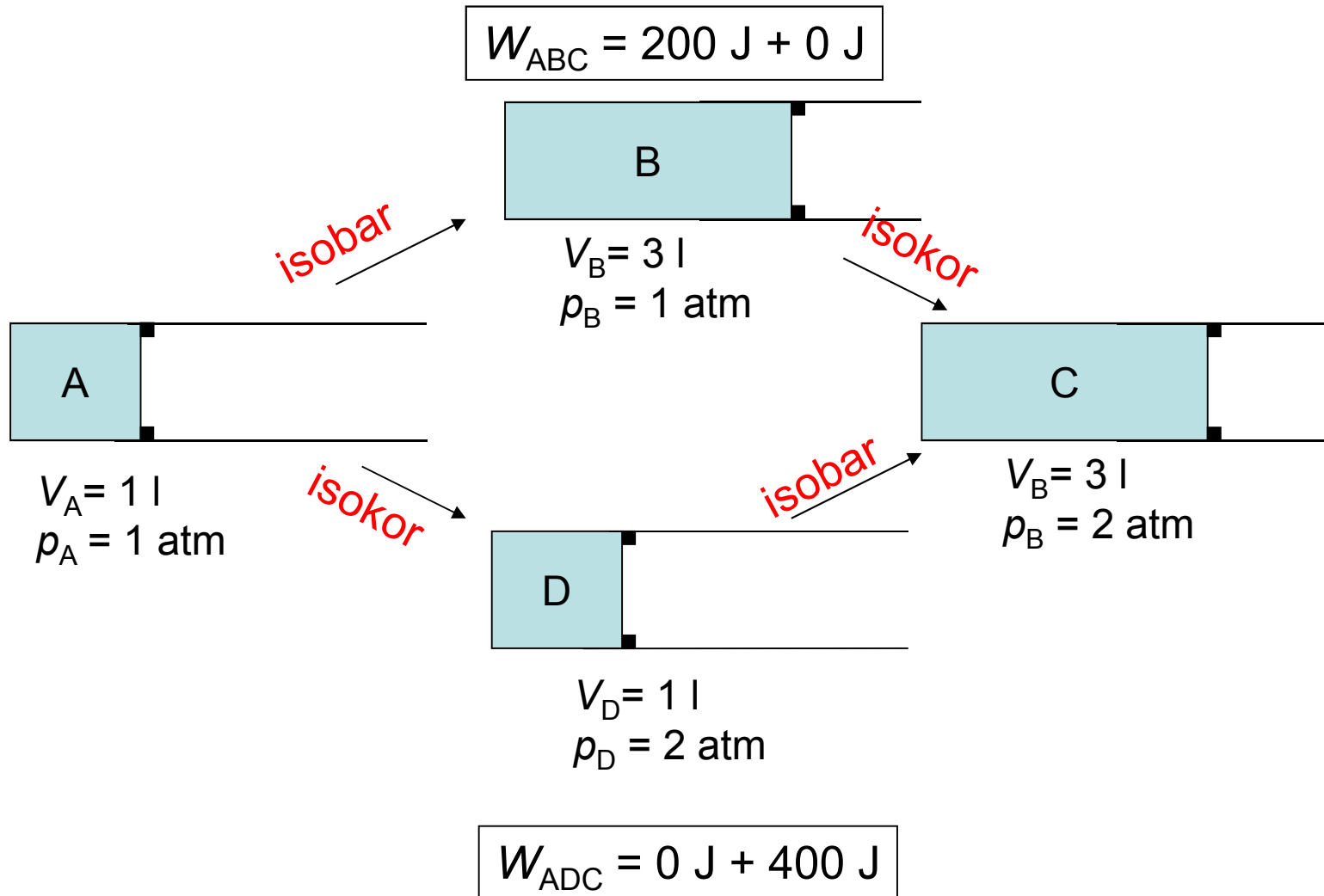
$$\Rightarrow Q = C n \Delta T = C' m \Delta T$$

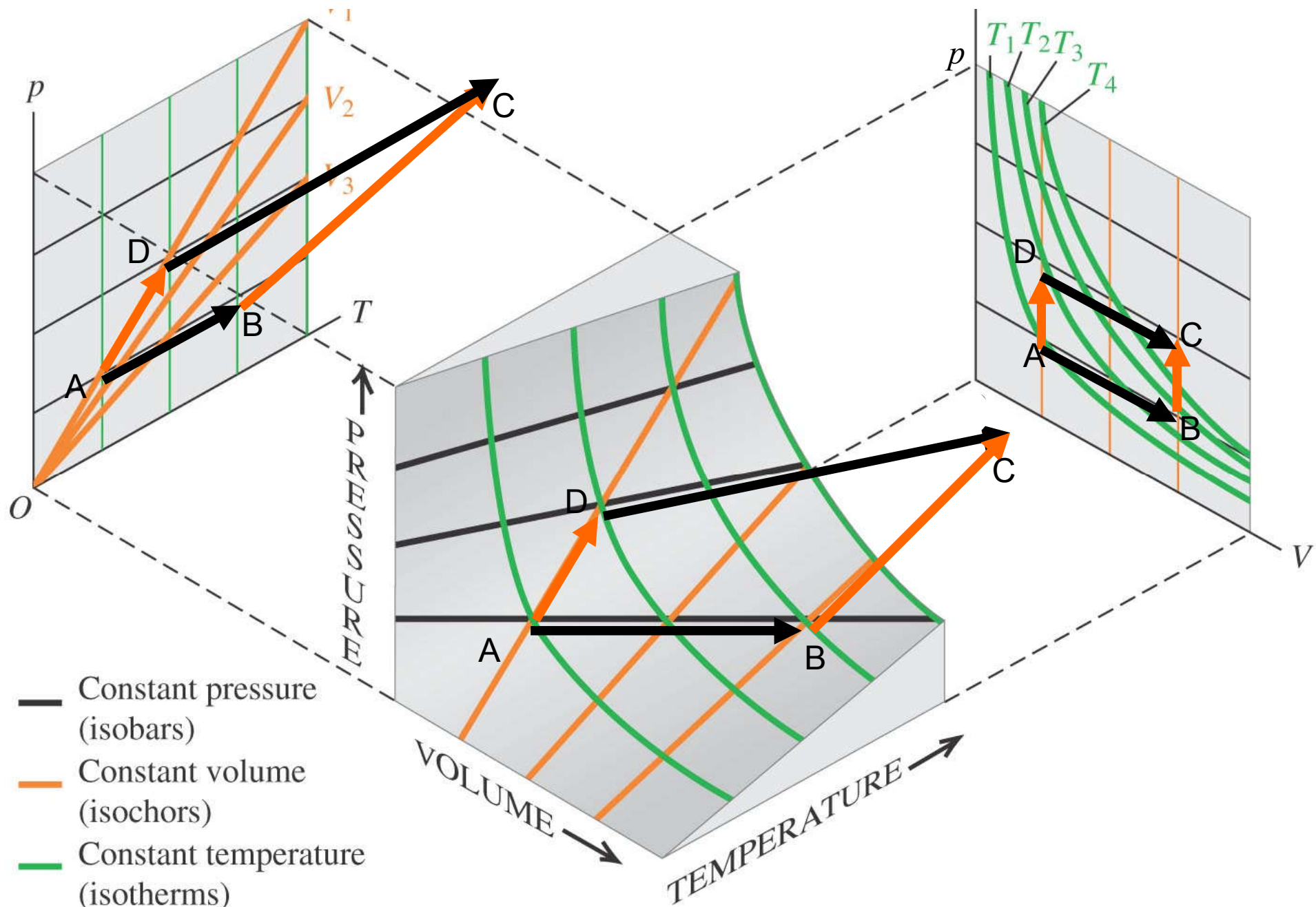
TABLE 18-1

Specific Heats and Molar Specific Heats of Some Solids and Liquids

Substance	C' c , kJ/kg·K	c , kcal/kg·K or Btu/lb·F°	C c' , J/mol·K
Aluminum	0.900	0.215	24.3
Bismuth	0.123	0.0294	25.7
Copper	0.386	0.0923	24.5
Glass	0.840	0.20	—
Gold	0.126	0.0301	25.6
Ice (−10°C)	2.05	0.49	36.9
Lead	0.128	0.0305	26.4
Silver	0.233	0.0558	24.9
Tungsten	0.134	0.0321	24.8
Zinc	0.387	0.0925	25.2
Alcohol (ethyl)	2.4	0.58	111
Mercury	0.140	0.033	28.3
Water	4.18	1.00	75.2

Eks.1. Q , W og ΔU for isobarer og iskorer

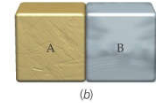
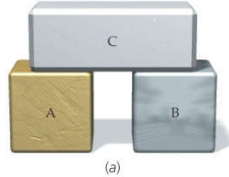




Oppsummering varmelære så langt:

0. Hovedsetning = Termisk likevekt:

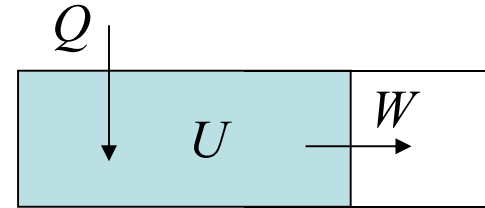
$$T_A = T_C \text{ og } T_B = T_C \rightarrow T_A = T_B$$



1. Hovedsetning = Energibevarelse:

$$\Delta U = Q - W$$

(endring indre energi) = (varme inn) – (arbeid utført)



$W = \int p \, dV$ avhengig vegen: Ikke tilstandsfunksjon.

Isokor: $W = 0$; Isobar: $W = p \Delta V$; Isoterm: $W = nRT \ln V_2/V_1$

Q beregnes fra 1.H: $Q = \Delta U + W$, eller

Isokor: $Q_V = n C_V \Delta T$; Isobar: $Q_p = n C_p \Delta T$; Ikke tilst.funksjon

2. Hovedsetning = Mulige prosesser:

Varme kan ikke strømme fra kaldt til varmt legeme. Mer seinere.