

- 1 lukket system i likevekt, E, N og gjen parametre faste
- 2 system i varmekontakt m. omgivelser: $U = \bar{E}$ og N faste $\therefore T = \text{konst}$ (termostat)
- 3 " i varme og partikkelkontakt - " - $U = \bar{E}$ og N " $\therefore T$ og μ konstante
- 4: Liouilles sats $\Rightarrow$ fase sannsynlighet for likevekt $\mathcal{P}(\mathbf{q}) = \rho(E)$.

Ved sammenføring av likn. uavh. delsystemer: $E_{1+2} = E_1 + E_2 + \text{negl } 6(N^{2/3})$
 er energien additiv men fase sannsynlighetenes multiplikativ: $\mathcal{P}_{1+2} = \mathcal{P}_1 \cdot \mathcal{P}_2 +$
 + negl. Allerede dette er: og for seg selv litt at vi må forlange
 den kanoniske fordelingslov oppfylt. Derav kan det vises at
 entropien som funksjonal av ρ over fase rommet Ω ,
 må ha formen $S[\rho] = - \text{konstant} \int \log \rho \cdot \rho d\Omega$:

5. $S_B = k \log \Omega(\Delta E)$. $\Omega(\Delta E) = \Delta E \cdot \frac{d}{dE} \int_0^E (\rho q d\Omega)^+ \quad (\text{til 1. orden i } \Delta E)$
 $\Omega(\Delta E) = \omega(E) \Delta E$. $\omega(E) \sim V^N \cdot E^{\alpha N}$ $\alpha = 6(1)$ $\alpha = \frac{3}{2}$ for id. gas.
 Gibbs: $\int_0^{\frac{E-\bar{E}}{\delta E}} e^{-\frac{E-\bar{E}}{\delta E}} d\Omega = 1 = \int_0^{\frac{E-\bar{E}}{\delta E}} e^{-\frac{E-\bar{E}}{\delta E}} \omega(E) dE = e^{-\frac{\bar{E}-E}{\delta E}} \cdot \omega(\bar{E}) \cdot \delta E$
 $e^{-\frac{\bar{E}-E}{\delta E}} = e^{-S/k} \Rightarrow S_{\text{Gibbs}} = -k \log \omega(\bar{E}) - k \log \delta E$.

Ledene δE og ΔE må være av mindre orden enn E og $\bar{E}$
 som er $\sim N$, $\log \omega(\bar{E})$ og $\log \omega(E)$ er $\sim N$
 Vi begynner en feil $O(\frac{\log N}{N})$ ved å nektigjøre ledene δE og
 ΔE . ("o" = av mindre orden enn) Videre kan den sannsynligste
 energi E' , som vi identifiserer den med E ; det midterste.
 osv., bare differere med et ledd $6(N^{1/2})$ fra $\bar{E}$.

Altet i seg selv betyr i termodynamikkens kontekst uendelig
 som Gibbs.

6. $\bar{v} = \sqrt{3 kT/m}$ $\therefore \bar{v} \sim (\bar{v}^2)^{1/2} \sim \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ (precis: $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$)
 middles molekyl luft $M = 29$.
 $\bar{v} = \left(\frac{8}{\pi} \cdot \frac{8,3 \cdot 273 \cdot 10^{-2}}{29} \right)^{1/2} = 4,7 \cdot 10^4 \text{ cm/s} \therefore \sim 500 \text{ m/s}$.

7. Doppler effekt: $\nu = \nu_0 (1 \pm \frac{v}{c} \cos \theta)$, $\Delta \nu = \pm \nu_0 \frac{v}{c}$
 Maxwell's hastighetsfordeling $\omega(v) \rightarrow \omega(\frac{c}{\nu} \Delta \nu) \frac{d\nu}{dv}$ gir lengdeformen.

Man kan spørre om det er rimeligt at forbinde
Dopplerbredde med $\overline{v}$ ($\overline{v^2}$)^{1/2} eller med v_{rms} i overvejelse:

1) $\overline{v} = \left(\frac{8}{\pi} \frac{kT}{m} \right)^{1/2}$; 2) $(\overline{v^2})^{1/2} = \left(\frac{3kT}{m} \right)^{1/2}$ 3) $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{kT}{m}}$

Da lys er kolinært for et vist vinkelområde synes 1)
at være det rimeligste. Men 2) er det mest konventionelle
og det man bruger i optiske eksperimenter. Da søgen kun diskuteres
hvilke af de to alternative hævdes lidt i beviserne. Jeg vælger

$$(\Delta v/c)_{\text{termisk}} = \frac{v}{c} (\overline{v^2})^{1/2} = \frac{v}{c} \left(\frac{3kT}{mc^2} \right)^{1/2}$$

Dette for hvortil $v_{\text{rms}} = 1/2 \times \text{opspaltningen}$.

$$\therefore \frac{v}{c} \left(\frac{3kT}{mc^2} \right)^{1/2} < \frac{1}{2} \cdot \Delta(1/2)$$

$$T < \frac{mc^2}{3k} \cdot \frac{1}{2^2} [\lambda \Delta(1/2)]^2 \quad \lambda \approx 4 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\Delta(1/2) \sim 0.3 \text{ nm}^{-1}$$

$$= \frac{1.67 \cdot 10^{-24} \cdot 9 \cdot 10^{20}}{3 \cdot 1.39 \cdot 10^{-16}} \cdot \frac{1}{4} [1.2 \cdot 10^{-5}]^2$$

$$= \frac{1.67 \cdot 9 \cdot 1.44}{3 \cdot 1.39 \cdot 4} \cdot 10^{-24+20+16-10}$$

1,3 10²

T ≤ 130° K ∴ Flytende lufttemperaturer (Paschen)

*

8

1 kr. mer. kan vi ikke bruge fase- rummet som operationsfelt.
 Men vi kan vel spørre efter sannsynligheden for å finne
 systemet i en best. "tilstand" Ψ . Bare et ensemble av
 systemer består: $\Psi = |\Psi\rangle$ kan fremstille tilsvarende.
 Den tilsvarende sannsynlighet (E , E -element av $\rho = |\Psi\rangle \langle \Psi|$)
 men jeg forlanger ikke gjengivelsen av dette) er $w(E)$
 Som for må $w_{1+2} = w_1 \cdot w_2$ $E_{1+2} = E_1 + E_2$. Og
 $S = -k \sum_E w \log w$ gjør $S = \max$ m. bibet $\sum w = 1$ og
 $\sum w(E) \cdot E = U$ fast. må

$$w(E) = C \cdot e^{-\beta E}$$

9

Harmonisk oscillator: $E_n = konst + n h\nu$, $n = 0, 1, \dots$
 Hver egenvibrasjon: $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-\beta h\nu n}$ er tilsvarende en tilstand.
 Der er $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2\pi)^3} d^3k = \frac{8\pi V}{c^3} \nu^2 d\nu$ av dem $\in [\nu, \nu + d\nu]$

Sannsynligheten for å finne en av dem (ν) eksisterer
 med n (egte m_n) tilsvarende er $w(n) = C e^{-\beta h\nu \cdot n}$
 hvor $C = 1 / \sum e^{-\beta h\nu \cdot n} = \frac{1}{1 - e^{-\beta h\nu}}$

ved temperaturtilsvarende. ($\beta = 1/kT$)

På vanlig måte finnes de oscillatorer midlere
 energi ($apri = h\nu \otimes$ det midlere bestrålingsfelt)

$\bar{\epsilon} = h\nu / (e^{\beta h\nu} - 1)$ og dens Plancks:

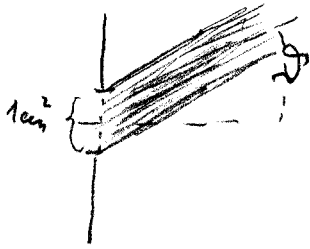
$$dU_\nu = \frac{8\pi V}{c^3} \frac{h\nu^3}{e^{\beta h\nu} - 1} d\nu$$

10

$$\begin{aligned} \frac{U}{V} &= \frac{8\pi}{c^3} \int_0^\infty \frac{h\nu^3}{e^{\beta h\nu} - 1} d\nu = \frac{8\pi}{c^3} \frac{1}{h^3 \beta^4} \int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx \\ &= \frac{8\pi}{(hc)^3} (kT)^4 \cdot \frac{\pi^4}{90} \cdot 6 = \frac{8\pi^5 k^4}{15 h^3 c^3} T^4 \end{aligned}$$

(4)

Ljdgjæstetjen:



Disse strålingene hadde vært spaltet
helt inn i retningen θ så vilde

intensiteten vært $C \cdot \frac{U}{V}$. Men energien

er isotropt fordelt over alle retninger.

altså bare $\frac{C}{4\pi} \frac{U}{V}$ i denne retning.

Per flateenhet $\frac{1}{r^2}$ av flateenheten av et hull

i en flateenhet over: $I = \frac{C}{4\pi} \frac{U}{V} \int_0^\pi \cos \theta \cdot \sin \theta d\theta = \frac{C}{4} \frac{U}{V} = \frac{C}{4} \frac{8\pi^5 k^4}{15 \cdot 43 c^2}$

Herav Stefan konstant: $I = \sigma T^4$

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 \cdot 43 c^2}$$

$$\begin{aligned} \frac{11}{15} \cdot \frac{2\pi^5 k^4}{43 c^2} &= \frac{2}{15} \cdot \pi^5 \frac{(1,39 \cdot 10^{-16})^4}{(6,62 \cdot 3 \cdot 10^{-17})^3} \cdot 3 \cdot 10^{10} \\ &= 5,75 \cdot 10^{-5} \text{ erg/cm}^2 \\ &= 5,75 \cdot 10^{-8} \text{ Watt/cm}^2 \end{aligned}$$

Solens overflatetemperatur $\approx 2730^\circ \text{K}$

$$I = 5,75 \cdot (2,73)^4 \cdot (10^3)^4 \cdot 10^{-8} \approx \underline{\underline{300 \text{ Watt/cm}^2}}$$