Inngangur að varma- og safneðlisfræði

Vefsíða: https://notendur.hi.is/vidar/Nam/VIS/index.html

Bók: Concepts in Thermal Physics
S.J. Blundell og K.M. Blundell, Oxford uni. press

Gróf áætlun á vefsíðu

Samtímis $\boxed{\text{Aflfræði}} \longleftrightarrow \boxed{\text{Skammtafræði}}$

$\boxed{\text{Varma- og safneðlisfræði}}$

Byrjum með stór sígild söfn einda, sameinda, ...

Fjöllum um víxlverkandi kerfi:

→ Varma- og eindageymar í tengslum við „lítil kerfi", jafnvægi

Stærsta kerfi með ~ $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ eindir . . . .

Varmafræðilegt meðalgildi

Stærð vex → flækt mynstur → notum varmafræðilegar mælistærðir t.d. → þrýsting P . . . . . .

berum saman við þekkt reynslu lögmál, eins og t.d.
fyrir Kjörgas

$$\boxed{pV = Nk_BT}$$

Engin víxlverkun atóma, með hverfandi stærð

Lesa sjálf um varma (kafla 2), en munum eftir
varmarýmd fyrir gas t.d.

stærðir

$$C_V = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V$$

$$C_p = \left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p$$

$$\boxed{\text{Varmafrøði tengir varmafrøðilegar molistøðir saman í stórsæju kerfi}}$$

$$\boxed{\text{Munum sjá að Safnfrøðisfrøðin mun loyfa okkur að reikna støddirnar beint með tølfrøðilegum aðferðum út frá undirliggjandi smásæjum eindum kerfisins}}$$

Notum einfalda líkindafrøði, meðaltøl

$$\sum_i P_i = 1 \qquad \int P(x)\,dx = 1$$

$$\langle x \rangle = \sum_i x_i P_i \qquad \langle x \rangle = \int dx\, x\, P(x)$$

$$\langle f(x) \rangle = \sum_i f(x_i) P_i \qquad \langle f(x) \rangle = \int dx\, f(x)\, P(x)$$

og Staðalfrávik

$$\sigma_x = \sqrt{\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle}$$

Ef óháðar breytur

$$\langle uv \rangle = \langle u \rangle \langle v \rangle$$

Tvíliðadreifing kemur oft fyrir

Tilraun með tveimur niðurstöðum (óháðum)

A með líkindum p

B —||— $1-p$

Líkindadreifing n-tilrauna er þá fyrir k-summu A

$$P(n,k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

allar mögulegar umraðanir

vegna tvíliðasetningarinnar

$$(x+y)^n = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} x^k y^{n-k}$$

$$\begin{cases} x = p \\ y = 1-p \\ x+y = 1 \end{cases}$$

fæst að

$$\sum_{k=1}^{n} p(n,k) = 1$$

óháðar tilraunir

$$\rightarrow \begin{cases} \langle k \rangle = np \\ \sigma_k^2 = \langle k^2 \rangle - \langle k \rangle^2 = np(1-p) \end{cases}$$

$\rightarrow$ hlutfallslegt staðalfrávik minnkar með vaxandi n

$$\frac{\sigma_k}{\langle k \rangle} = \sqrt{\frac{(1-p)}{np}} \sim \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Hitastig og vogi Boltzmanns (safneðlisfræði)

Tvö stór sa kerfi snertast → varmi flæðir frá því heitara til þess kaldara, nema orka sé til kostað

Ef enginn varmi flæðir eru þau í varmajafnvægi
↔ við sama hitastig

$$\boxed{\text{Thermalization} \leftrightarrow \text{?}}$$

0.-lögmálið

> Tvö kerfi, sitthvort í varmajafnvægi við það þriðja eru einnig í varmajafnvægi

Stór- og smásæ ástönd

Dæmi: Kassi með 100 peningum

Stórsæ ástönd				Smásæ ástönd
⋮				
1:	50 Kr.	50	$\longleftrightarrow$	$\binom{100}{50} \sim 10^{29}$
2:	53 Kr	47	$\longleftrightarrow$	$\binom{100}{53} \sim 8 \cdot 10^{28}$
3:	90 Kr	10	$\longleftrightarrow$	$\binom{100}{90} \sim 2 \cdot 10^{13}$
4:	100 Kr	0	$\longleftrightarrow$	$\binom{100}{100} = 1$

ekki öll jafn líkleg

öll jafn líkleg

$\boxed{\text{Stórsætt ástand með flest smásæ ástönd er líklegast}}$

Tvö kerfi sem leyfa varma flutning milli sín

$$E = E_1 + E_2$$

* Heildarkerfið er með $\Omega_1(E_1)\cdot\Omega_2(E_2)$ smásæ ástönd, öll jafn líkleg
* Kerfið skipti stöðugt um smásætt ástand
* Á nógu löngum tíma ferðast kerfið um allt smásæja ástandarúmið og eyða jafn löngum tíma á hverju þeirra

↑ Ergotic hypothesis

Líklegasta stærsta ástandið hefur flest smásæ ástönd

$$\hookrightarrow \quad \frac{d}{dE_1}\left\{\Omega_1(E_1)\Omega_2(E_2)\right\} = 0$$

E_1 og E_2 eru háðar breytur því $E = E_1 + E_2$ fasti

$$\rightarrow \quad \Omega_2(E_2)\frac{d\Omega_1(E_1)}{dE_1} + \Omega_1(E_1)\frac{d\Omega_2(E_2)}{dE_2}\frac{dE_2}{dE_1} = 0$$

$$\rightarrow \quad dE_1 = -dE_2 \quad \rightarrow \quad \frac{dE_2}{dE_1} = -1$$

$$\rightarrow \quad \frac{1}{\Omega_1}\frac{d\Omega_1}{dE_1} - \frac{1}{\Omega_2}\frac{d\Omega_2}{dE_2} = 0$$

Jafngildir því að

$$\frac{d\ln\Omega_1}{dE_1} = \frac{d\ln\Omega_2}{dE_2}$$

stærð eingöngu háð breytum í 1 er jöfn samskonar stærð í 2

11

líklegasta stærsaja ástandið leiðir til þess að frekari orka flæðir ekki milli 1 og 2

þau eru í jafnvægi og stigreiningin á hitastigi

$$\boxed{\frac{1}{k_B T} = \frac{d\ln\Omega}{dE}}$$

tölfræðileg stigr.

fellur að stigreiningunni frá varmafræði

Höfum $T_1 = T_2 = T$ $\qquad \frac{1}{k_B T} = \beta$

$k_B = 1.3807 \cdot 10^{-23}\ J/K$

Við höfum ekki fjallað enn um óreiðu S

$\left(\frac{\partial S}{\partial E}\right)_{NV} = \frac{1}{T}$, en Planck notaði hitastöðurnar hér til að skrifa

$$\boxed{S = k_B \ln\Omega}$$

$k_B = 8.617 \cdot 10^{-5}\ \frac{eV}{K}$

Ekkert S_0 ....