

1. Termodinamika, hőmérséklet, hőtágulás, kalorimetria, első főtétel

TD alapjai: Állapot egy(intenzív,extenzív), fundamentális egy(dU), Irreverzibilitás(S), Mikro.értelmezés, Onsager fő+ mellékhatás Hőmérsékleti skálák (empirikus, abszolút, termodinamikai, nemzetközi). Hőmérséklet mérése: mechanikus, elektromos hőtágulás (szilárd, folyadék, idgáz:termikus állagy). Kalorimetria + veszteség \Rightarrow I. főtétel: $L \sim Q, U$, fundamentális egyenlet

Boyle-Mariotte, Gay-Lussac I-II \rightarrow egyesített gáztörvény, termikus állapotegyenlet. Kalorikus állapotegyenlet speciális állapotváltozások (izochor,izobár,izoterm,adiabatikus, politrop): feltétel, ábrázolás, U,H,Q,L kiszámítása Carnot hőerőgép ideális gázzal: ábrázolás, hatásfok/jósági tényező levezetése

2. Második főtétel, főtételek, perpetuum mobilék

II.FT: Kelvin (entrópia, Kelvin-Plank gép \rightarrow Cnot hőerőgép). Clausius (intenzívek, Clausius-gép \Rightarrow Carnot hőszivattyú)

III. FT (Nernst-tétel,entrópia,fajhő): alacsony hőm.elérése. 0.FT (egyensúly): izolált rendszer, hőhalál elmélet

Örökmozgók (0,1,2,3-fajú). Energia: inhomogenitás (pl. 4 transzport), relatív (pl. E_{pot}, E_{kin})

hőerőgépek hatásfoka (irreverzibilis, reverzibilis, Carnot), Carnot hatásfok id.gázzal \Rightarrow termodinamikai skála, Carnot megvalósítás. gázgép: Belsőégésű: Otto/Diesel (4/2 ütem), Otto hatásfok; külsőégésű: Stirling(alfa,béta,gamma); Jet: Brayton(Joule); Gőzturbina Hőszivattyú: Carnot jósági tényezők, Megvalósítás szakaszos- és folyamatos üzemben, kompresszoros- és abszorpció hűtő, Peltier

3. Fundamentális egyenlet, termodinamikai potenciálok

Redukált hőmenny, entrópia \Rightarrow fundamentális egy; Rendszer állapotegyenletéből \Rightarrow intenzívek (parc.derivált), extenzívek (inverz) TD fvek: U,H,F,G definíciók, Gibbs-relációk. Egyensúly feltételei (S,F,G példa) \rightarrow általában. Alkalmazás: fázisegyensúly,affinitás homogén rendszerekre Euler-feltétel, U,H,F,G értéke. Gibbs-Duhem reláció levezetés, felhasználás (CI-CI). Maxwell-relációk

kinetikus gázelmélet: feltételei, p,T,U értelmezése, Maxwell-eloszlás, fajhő, κ , barometrikus magasságfrm, gázok: λ, η klasszikus statisztika: mikroállapot, fázistér, Liouville, TD valószínűség, entrópia, Boltzmann-eloszlás. Levél és Dezső kvantumstatisztika: állapotfv, Schrödinger, Heisenberg, Pauli, kvantum, alagút-eff: Bose-Einstein eloszlás, Plack-sug.

4. Fázisátalakulás, Clausius-Clapeyron

Gay-Lussac: keverés. Joule-Thomson:fojtás, inverziós görbe, levegő cseppfolyósítás. Kompresszibilitási tényező

Van der Waals, -izotermák, **Kritikus tartomány**, Gibbs-féle fázisszabály, **fázisdiagram** (CO_2 , víz,más). pVT tér. Víz: $\rho, Mpemba$ $p_{tg}(T)=?$: Clapeyron, Clausius-Clapeyron levezetése, alakjai, $\lg p-1/T$ diagram ábrázolása

$p_g \Rightarrow p_{tg}$: párolgás/köd, Dalton és Amagat törvények, koncentrációk (törtek, arányok) \rightarrow relative páratartalom. Mollier-diagram

$p_{tg} \Rightarrow p_{össz}$: forrás: zárt- és nyílt rendszerben. CI-CI alkalmazása forráspontra. Forrás kuktában, Himaláján, vákuumban

Fagyasztva szárítás ábrázolása. Szuperkritikus extrakció: CO_2 . Túltelített gőz: Wilson-ködkamra

5. Fajhőből a termodinamikai függvények számítása, mérések, mikrokolorimetria

Fajhő definíciója (kalorimetria, hőkapacitás, munka-hő egyenértékűsége), c_v és c_p általában és ideális gázra

Fajhő és állapotfüggvények (G,S,H,U) kapcsolata, ideális gázok fajhője, állapotfüggvények meghatározása a fajhőből

Fajhő mérése: keveréses (kaloriméter), adiabatikus kaloriméter, mikrokoloriméterek (DTA, DSC), gyakorlati alkalmazás

Állapotegyenletek: id/valódi gáz, folyadék, szilárd; Elsőrendű- és másodrendű fázisátalakulások

6. Elegyek

ideális / valódi gázelegy (fugacitás), ideális / valódi oldat (aktivitás) kémiai potenciálja.. Elegyek állapotfüggvényei (G,S,V,H,U)

kétkomponensű elegyek: $\mu-x$ ábrázolás, érintő-metszéses eljárás. Példák elegyekre: Dalton, Amagat

Híg oldat fázisdiagramja, fagyása (NaCl eutektikus pont), forrása, Δp ; Raoult tv. Gőznyomás-, forráspont-görbék, desztilláció

Nem elegyedő folyadékok: vízgőz-desztilláció. Gázok oldhatósága: Henry törvény. Ozmózis nyomás

7. Nedves levegő állapotának leírása, koncentráció jellegű mennyiségek

Kelvin, mol definíció. nedves levegő összetételi aránya: tömeg-, térfogat-, anyagmennyiség-tört, tömegkoncentráció, mólarány
parciális nyomás (Dalton, Amagat), levegő komponensei, víz: túlhevített-, telített-, nedves gőz, jég nedves gőze

nedves levegő entalpiája (gőz, levegő, párolgás) \rightarrow Mollier diagram szerkezete, pszichrométer leolvasása (száraz, nedves hőm)
állapotváltozások (normál és fázisátalakulással): izoterm, -chor, -bár, adiabatikus, fűtés/hűtés, víz/gőz beporlasztás, keverés

8. Mérlegegyenletek

Nemegyensúlyi rsz: celluláris egyensúly felt, intenzívek, extenzívek definíciója. Leírás: erőtvény:transzport v **mérleg**
Általános mérlegegyenlet: egyenlet, produkció példái (pozitív, negatív, 0). konvektív és konduktív áram a radiátoron
Tömegmérleg: kontinuitás feltételei+levezetés. Energiamérleg: Bernoulli feltételei+levez: szárító-, síkvezetés mérlege

1 dimenzióra: komponens-, impulzus-, kinetikai energia-, belső energia és entrópia mérleg

9. Onsager elmélet, hővezetés

TD. erő, -áram, vezetési együttható fogalma, lineáris elmélet, mellékhatások, gradiens, Curie-elv, Onsager-Casimir reciprocitás
főhatások: hővezetés (Fourier), diffúzió (Fick I., Fick II), elektromos áram (\leftrightarrow Ohm), tömegáram (Hagen-Poiseuille),
mellékhatások: együtthatók mátrixa, **alkalmazási példák**

10. Hővezetés, dinamikai modellek

Sík hővezetés: λ , α diffuzivitás, effuzivitás, k . **Hőátviteli ellenállás** soros/párhuzamos esetben, építési előírások
Stacioner: sík-, henger-, gömb eloszlások, alapegyenletek
Instacioner: dimenziótlan változók, Fourier megoldás sík-, henger-, gömb esetekre

a-b.) időben állandó és lineárisan változó hőmérséklet mérése: időállandó, mérés számítható hibája (5.7.hf).
c.) nem szigetelt rendszer egyenletes fűtése (5.6.hf). d.) csőben áramló folyadék lehűlése, $T(x)$ integrálással (5.4.hf).
e.) szinuszosan változó hőm. mérése: hőmérő - RC analógia, diffegyenletek, Fourier transzf \rightarrow csillapítás, fáziskésés

11. Termoelektromos jelenségek

kísérleti tények: Seebeck-, Peltier-, Thomson-, Benediks-hatás, érintkezési potenciál
elméleti modell: entrópia produkció \rightarrow áram (λ , $L_p = \pi$) \rightarrow Seebeck-feszültség, Peltier-hő, Thomson-hő
termoelem alkalmazás: hőmérséklet mérés, hővezetési tényező mérése (hengeres elrendezés, Fitch-módszer). Hőáram-mérő lapok

12. Diffúzió, termodiffúzió. Hőmérsékleti sugárzás

Diffúzió: Fick I.: c -eloszlás membránban. Fick II. (Fourier-féle szeparációs mo): féltér. $D(T)$ hőm.függése gázra/folyadékra.
elméleti modell: mérlegek (m, I, E_k, U, S) \rightarrow σ_S . Onsager \rightarrow Izoterm- diffúzió, termodiffúzió.
Kémiai reakciók: affinitás, sebesség, tömeghatás

Prevost tv (sugárzás eloszlása $\sim T$), Kirchhoff (emisszió, abszorpció, reflexió, transzmisszió, **szórás**): abszolút fekete test
Stephan-Boltzmann ($E(T)$), Wien-féle eltolódási tv ($\lambda_{\max}(T)$), Planck ($I(\lambda)$), színhőmérséklet fogalma, gyakorlati alkalmazások

13. Hűtőkörfolyamatok

Hűtés: Carnot/Linde (pV, ph diagram), ciklus fázisátalakulással (pV, ph, TS diagramon),
Valóságos hűtőkörfolyamat (lg $p-h$ diagramon), abszorpció hűtő; hűtőközegek a gyakorlatban