

SÜSTEEMID

Süsteemi mõiste määratlus

Süsteemiks (kr *systema* - tervik) ehk **struktuuriga hulgaks** (lad *structura* - ehitus) on selline järjestatud paar $\langle H; S \rangle$, mille) koosnev hulk **H** (**põhihulk**) ja **teiseks elemendiks** on fikseeritud predikaatidest ehk omadustest või seostest koosnev hulk **S** (**signatuur**), kus äsjanimetatud omadused on just vaadeldava hulga **H** elementide mingid omadused ning kõnealused seosed on just vaadeldava hulga **H** elementide vahelised mingid seosed.

- Märkus. Kui süsteemi $\langle H; S \rangle$ signatuur $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ pole “eriti arvukas”, siis kirjutatakse $\langle H; \{S_1, S_2, \dots, S_n\} \rangle$ asemel veidi lihtsamalt $\langle H; S_1, S_2, \dots, S_n \rangle$

esimeseks elemendiks on mingi fikseeritud asjadest (elementidest

Olulised märkused

- Süsteemi mõiste määratluses *ei nõuta*, et mingit hulka **H** struktureerides ehk süsteemiks muutes peaks vaatlema ilmtingimata hulga **H** elementide *kõiki mõeldavaid omadusi*. Samuti *pole kohustust* käsitleda *kõiki mõeldavaid seoseid* hulga **H** elementide vahel
- **NB!** Valides käsitlemiseks mingid *teised omadused* või *teised seosed* (muutes või asendades olemasolevaid), võime saada *mingi teise* süsteemi ehk struktuuri

Süsteemide näited I

- **Näide 1.** Inimeste hulgas on vahel oluline teada, et kes on mees, kes naine ja kes on seejuures omavahel abielus. Tähistades *inimeste hulga* sümboliga H , *omaduse on mees* sümboliga $\♂$, *omaduse on naine* sümboliga $\♀$ ning *seose on abielus* sümboliga $\♣$, võime vaadelda *süsteemi*, mille tähiseks on $\langle H ; \♂ , \♀ , \♣ \rangle$.
- **Näide 2.** Naturaalarvude hulgas on sageli oluline teada, millised arvudest on nullist suuremad ehk positiivsed, millised on teineteisega võrdsed ja mis on mille summa. Tähistades *kõikide naturaalarvude hulga* sümboliga N , *omaduse "on positiivne"* sümboliga pos , *seose "on võrdne"* sümboliga $=$ ning *"liitmise" seose* sümboliga $+$, saame *vaadeldavat süsteemi* tähistada kirjutisega $\langle N ; pos , = , + \rangle$.

Süsteemide näited II

- Süsteemi $\langle \{0,1\}; 1-, \max, \min \rangle$, mille põhihulka kuuluvad ainult kaks elementi: **0** ja **1** ning mille signatuuri kuuluvad ühekohaline “ühest lahutamise” funktsioon **1-** ning kahekohalised funktsioonid **max** ja **min**, nimetame **kaheelemendiliseks Boole'i algebraks**

Süsteemide näited III

- Süsteemi $\langle 2^H ; H-, \cap, \cup \rangle$, mille põhihulgaks on hulga H astmehulk ehk kõikide H -st pärit osahulkade hulk 2^H ning mille signatuuri kuuluvad ühekohaline “ H -st lahutamise” funktsioon $H-$ ja kahekohalised funktsioonid \cap ning \cup , nimetame hulga H osahulkade Boole'i algebraks

Süsteemide näited IV

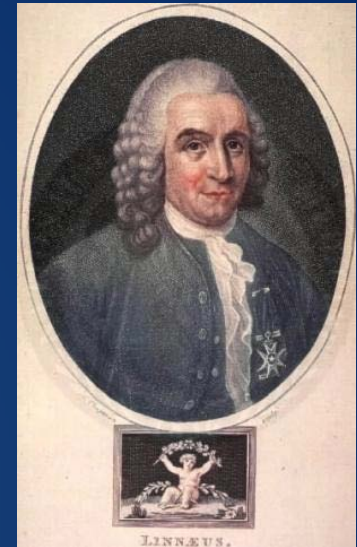
- Süsteemi $\langle \mathbf{N} ; =, +1, +, \bullet \rangle$, mille põhihulgaks on kõikide naturaalarvude hulk \mathbf{N} ning mille signatuuri kuuluvad arvude võrduse seos $=$ ja arvu ühe võrra suurendamise funktsioon $+1$ ja arvude liitmise funktsioon $+$ ja arvude korrutamise funktsioon \bullet , nimetame **naturaalarvude aritmeetikaks**

Süsteemiseerimine ja intellekt

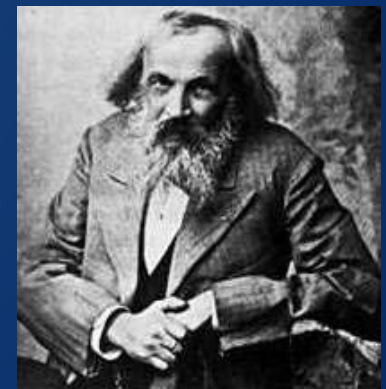
- Mingist elementide kogumist ühe või teise süsteemi jõudmine ehk struktureerimine ehk süstematiseerimine on sageli **eeltöoks** selle nimel, et mingis valdkonnas (ehk teatavate elementide hulgas) teadmiseni jõuda.
- Sageli toimub nimetatud jõudmine selliselt, et **juba teades** mõningaid elemente ning teades veel ühte-teist nende elementide omaduste või elementide vaheliste seoste kohta **saame midagi veel teada**, kas siis teiste, uute või juba vaadeldud elementide, omaduste või seoste kohta.
- Mainitud **eeltöö** võimega intellekti nimetame edaspidi struktureerivaks ehk **süsteemiseerivaks intellektiks**.

Süsteematiseerimine ja intellekt

Karl Linné (1707 – 1778),
elusolendite (sh taimed, linnud,
loomad) ühe süstemaatika rajaja.
Oli Rootsi kuninga ihuarst ja Rootsi
Kuningliku Teaduste Akadeemia
rajaja ning esimene president.



Dmitri I. Mendelejev (1834 – 1907),
geniaalne Vene õpetlane, keemilistest
lihtainetest koosneva
perioodilisussüsteemi looja.



Mitme põhihulgaga süsteemid

- Juhul *kui* süsteemi elementide hulka **H** on **otstarbekas** jaotada selgelt eristatavateks osadeks H_1, H_2, \dots, H_m , *siis* kõneleme, et tegemist on **mitme põhihulgaga süsteemiga** ja seejuures kirjutame $\langle H; S \rangle$ asemele $\langle \{H_1, H_2, \dots, H_m\}; S \rangle$ või “pisut lohakamalt”
 $\langle H_1, H_2, \dots, H_m; S \rangle$

Mitme põhihulgaga süsteemide näited

- **Abielurahvast** ehk kõikide abielus olevate inimeste süsteemi $\langle H; \clubsuit \rangle$, kus **H** on kõikide inimeste hulk, võime soovi korral käsitleda mitme põhihulgaga süsteemina $\langle M, N; \clubsuit \rangle$, kus **M** tähistab kõikide meeste hulka ja **N** tähistab kõikide naiste hulka
- **Hulga H metriseerimiseks** nimetame sellise süsteemi moodustamist, mille elementideks on ühest küljest kõik hulga **H** elemendid ja teisest küljest mittenegatiivsed reaalarvud (ehk hulga R^{0+} elemendid), mida seob meetrika aksioome rahuldav kahekohaline funktsioon δ (ehk kolmekohaline funktsionaalne seos), mis sätib hulga **H** igale kahele elemendile vastavusse täpselt ühe mittenegatiivse reaalarvu (**kauguse**). Seega on **hulga H metriseerimise tulemuseks** süsteem $\langle H, R^{0+}; \delta \rangle$.

Mitme põhihulgaga süsteemide näited II.

Graafid.

- Olgu meil kaks mittelõikuvat hulka K ning P , kus P elementideks on mingi hulga T elementidest moodustatud **järjestamata (järjestatud)** paarid ja olgu F mingi ühene vastavus hulkade K ning P vahel. Sellisel juhul nimetatakse süsteemi $\langle K, P ; F \rangle$ **orienteerimata (orienteeritud) graafiks**, mille **kaarteks** hulga K elemendid, **tippudeks** on hulga T elemendid ja **intsidentsuse seoseks** (ehk kaari ja tipupaare siduvaks seoseks) on vastavus F
- **Märkus.** Meetriliste ruumide ja graafide **üheks oluliseks erinevuseks** on asjaolu, et **meetrika abil seostatakse elementide paariga teatav arv, intsidentsuse abil aga seostatakse kaarega elementide paar**

Graafid

- Graafid määratletakse järgmisel viisil:
 - Fikseeritakse nn tippude hulk T (näiteks mingisse asulasse planeeritavad väljakud)
 - Moodustatakse tippudest koosnevate paaride hulk P (näiteks väljakutest koosnevad paarid, kusjuures mitteorienteeritud graafide korral kasutatakse järjestamata paare, orienteeritud graafide korral aga järjestatud paare)
 - Fikseeritakse nn kaarte hulk K (näiteks väljakute vahele kavandatav ühendusteede hulk). Seejuures $P \cap K = \emptyset$
 - Fikseeritakse funktsioon F , mis seob igale kaarele vastavusse täpselt ühe tippude paari

Graafid (jätk)

- Graafide juures pole nõutud, et kõik paarid peaksid ilmtingimata sattuma vastavusse mingitele kaartele (näiteks pole vaja, et iga kahe väljaku vahele oleks planeeritud just ainult neid kaht väljakut ühenduv tee)
- Seetõttu kehtib küll võrdlus $\text{dom } F=K$, kuid ei pruugi kehtida võrdus $\text{rng } F=P$

Graafid, näited

- **Näide 1.** Sisuliselt on mitteorienteeritud graafiks mingi suguvõsa, mille tippudeks on inimesed, kaarteks aga sugulussidemed
- **Näide 2.** Mitteorienteeritud graafina võib vaadelda lennujaamade ja lennuliinide süsteemi, milles tippudeks on lennujaamad, kaarteks aga kaht lennujaama ühendavad lennuliinid.
- **Näide 3.** Orienteeritud graafid sobivad näiteks olukorras, kus sooviksime kirjeldada selliseid struktuure, milles ühed inimesed annavad käske-korraldusi, mida teised peavad täitma.

Alamsüsteemid

Määratlus. Vaatleme kaht süsteemi $\langle H' ; S' \rangle$ ning $\langle H'' ; S'' \rangle$. Kui osutub, et esimese süsteemi põhihulk H' on osa teise süsteemi põhihulgast H'' ja seejuures **signatuurid ühtivad** ehk $S' = S''$, siis ütleme, et esimene süsteem on teise süsteemi **alamsüsteem**.

- **Näide.** Koosnegu süsteemi $\langle H'' ; S'' \rangle$ põhihulk inimestest ning kuulugu selle signatuuri vaid üks kahekohaline seos – **on sugulane**. Kui nüüd süsteemi $\langle H' ; S' \rangle$ põhihulka H' kuuluvad ainult need inimesed hulgast H'' , kes on juhtumisi **keskealised** ja samas signatuuri S' kuulub ainult eespool mainitud seos – **on sugulane**, siis on süsteemi $\langle H' ; S' \rangle$ näol tegemist **sugulaste süsteemi** $\langle H'' ; S'' \rangle$ **alamsüsteemiga** ehk “keskealiste sugulaste süsteemiga” (kuna osutus, et $H' \subseteq H''$ ning samas $S' = S''$).

Osasüsteemid

Määratlus. Vaatleme kaht süsteemi $\langle H' ; S' \rangle$ ning $\langle H'' ; S'' \rangle$. Kui osutub, et **esimese süsteemi põhihulk H' on osa teise süsteemi põhihulgast H''** ja **esimese süsteemi signatuur S' on osa teise süsteemi signatuurist S''** , siis ütleme, et esimene süsteem on teise süsteemi ***osasüsteem***.

- **Näide 1.** Süsteem $\langle \mathbf{N} ; +, \bullet \rangle$ on osasüsteemiks süsteemis $\langle \mathbf{N} ; =, +, \bullet, +1 \rangle$
- **Näide 2.** Süsteem $\langle \{0,2,4,6,\dots\} ; +, \bullet \rangle$ on osasüsteemiks süsteemis $\langle \mathbf{N} ; =, +, \bullet, +1 \rangle$

Süvasüsteemid

Määratlus. Vaatleme kaht süsteemi $\langle H' ; S' \rangle$ ning $\langle H'' ; S'' \rangle$. Kui osutub, et esimese süsteemi põhihulk H' koosneb teise süsteemi põhihulga H'' mingitest süvaelementidest, siis ütleme, et esimene süsteem on teise süsteemi **süvasüsteem** ehk **süvastruktuur**.

- **Kui** seejuures on oluline täpsustada, et “*kui sügav nimelt?*”, **siis kokkuleppeliselt täpsustame seda vaid juhul, kui leidub selline arv d** , mille korral esineb hulgas H' vähemalt üks hulga H'' süvaelement, mille tase on d ja samas pole hulgas H' ühtegi hulga H'' süvaelementi, mille tase t oleks suurem arvust d . Arvu d nimetamegi sellisel juhul vastavaks **sügavuseks** ehk süvasüsteemi **tasemeks**.

Süvasüsteemide signatuurid

- **Paneme tähele**, et süvasüsteemide korral **ei esitatud**, erinevalt alamsüsteemidest, mingeid nõudeid signatuurile S' (va “iseenesest mõistetav” nõue, et S' sisaldagu vaid hulga H' elementide teatavaid omadusi ja mingeid seoseid hulga H' elementide vahel). Põhjus on selles, et süvatasanditel ilmnevad reeglina hoopis teist laadi omadused ja seosed võrreldes nendega, mis “pinna peal” nähtavad.
- **Näide.** Mingi liitaine molekuli kui süsteemi süvasüsteemiks on näiteks mõne vastava lihtaine aatomi tuum. Seejuures pole raske märgata, et molekulil on ju hoopis teised koostisosad, kui aatomi tuumal ning aatomi tuuma koostisosadel on jälle olulisteks hoopis teist laadi seosed ning omadused võrreldes nendega, mida vaadeldakse molekulis.

Süsteemsuse printsiip (Lorents 1998)

- *kõike, mis **võimalik** ja seejuures ka **mõistlik**, tuleks käsitleda süsteemselt, st võimalikult selgelt ja täpselt esile tuues, millised on vaadeldavad elemendid, nende elementide omadused ning elementide vahelised seosed.*
- Süsteemsuse printsiip on n-ö ilmavaatelisteks või filosoofiliseks aluseks süsteemsele käsitusviisile, süsteemsele lähenemisele ehk lühidalt süsteemsusele, mille vastandiks on süsteemitus, äärmisel juhul – mingi täielik segadus ehk korratus.

SÜSTEEMITUS EHK KORRAPÄRATUS

- Korrapäratus ehk süsteemitus on sama sügavat uurimist ja mõtestamist vajav nähtus kui korrapära ehk süsteemsus, mida kannavad endas kõikvõimalikud süsteemid ja struktuurid.

Süsteemitus avaldub järgmiselt:

- **elementide määratlematus** (ehk teiste sõnadega selguse puudumine selles osas, mis elementidega on meil tegemist) **või**
- **omaduste määratlematus** (ehk selguse puudumine selles osas, millised on vaadeldavate elementide meile huvi pakkuvad omadused) **või**
- **seoste määratlematus** (ehk selguse puudumine selles osas, mil viisil meie tähelepanu pälvinud elemendid üksteisega seotud on)
- Süsteemituse täppisteadusliku käsitluse algust võib seostada füüsikas **soojusnähtuste uurimisega**, mille käigus määratleti sellised asjad nagu osakeste *soojusliikumine* või *korrapäratu* ehk **kaootiline liikumine** (kreekakeelsest sõnast **chaos** – täielik korralagedus ehk segadus või siis pime ja põhjatu sügavik, mis vanakreeka uskumuste kohaselt pidi eksisteerima enne maailma loomist).

Süsteemitus ja soojusliikumine

- Täpsete vaatluste ja katsete tulemused näitasid, et mida agaram on osakeste “ringisibamine”, seda soojem on neist osakestest koosnev kogum. Soojusliikumist uurides ja kirjeldades jõuti 19. sajandi keskpaigas ühe rangelt määratletava ning seejuures hästi mõõdetava suuruseni, milleks on meile kõigile tuttav *temperatuur* ehk veidi täpsemalt – **absoluutne temperatuur**.

Absoluutse temperatuuri kui suuruse, mis on **võrdeline osakeste liikumisest tingitud keskmise energiaga**, defineeris 1848. aastal suur inglise füüsik **William Thomson (1824–1907)**, kes alates aastast 1892 kandis tiitlit: **lord Kelvin**.



Süsteemituse mõõt

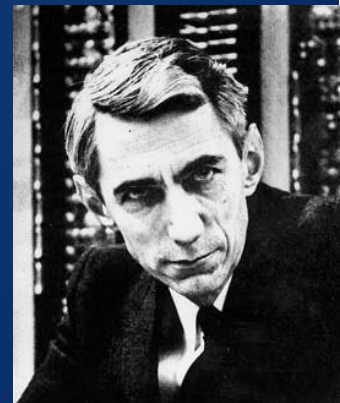
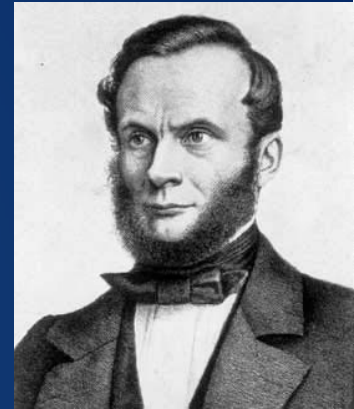
- Soojusliikumise uurimine tõi aga esile veel ühe rangelt määratletava suuruse, milleks on **entroopia** ehk **korrapäratuse ehk segioleku mõõt**.

Entroopia mõiste täpse määratluse ja sellega seotud valemi esitas aastal 1865 kuulus saksa füüsik

Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822 –1888).

- **Osutus**, et aastal 1865 soojusnähtuste uurimise käigus formuleeritud entroopia mõiste ja vastav valem oli oma sisult samaväärne sellega, milleni jõudis aastal 1948 informatsiooniteooria looja, ameerika matemaatik ja insener

Claude Elwood Shannon (1916 – 2001).



Termodünaamika teine printsiip

- Termodünaamika II printsiibi esimene teadaolev formuleering on pärit soojusmasinates toimuvate protsesside olemust uurinud noore prantsuse füüsiku ja sõjaväeinseneri Nicolas **Leonard Sadi Carnot** (1796 – 1832) aastal 1824 ilmunud tööst.

Seejärel

- pärast asjakohaste matemaatiliste vahendite rakendamist
- sai kõnealune printsiip endale uued formuleeringud (aastal 1850 R. Clausiuse, aastal 1851 W. Thomsoni ja hiljem teistegi tuntud teadlaste töödes),



Termodünaamika II printsiibi mõned formuleeringud

- *soojus ei saa iseenesest üle minna jahedamalt kehalt kuumemale (R. Clausius 1850)*
- *iga isoleeritud kogumi entroopia püüab saavutada maksimumi (R. Clausius 1865)*
- *loodus püüab üle minna vähem tõenäolistelt olekutelt tõenäolisematele olekutele (L. Boltzmann 1872)*
- *korrastamatusel on tendents iseenesest kasvada, korrastatusel on tendents iseenesest kahaneda. (Lorents 1998)*

Mõned olulised järeldused termodünaamika teisest printsiibist:

- *Süsteemide lagunemisel on tendents toimuda iseenesest, süsteemide kujunemisel on tendents mitte toimuda iseenesest. Seega –*
- *kui tahate, et mingi süsteem laguneks, siis üldjoontes piisab sellest, kui passite niisama, midagi tegemata*
- *kui aga tahate süsteemi luua, siis peate end pingutama.*
- *Absoluutset, kõikehaaravat ja püsivat korda pole olemas. Seega pole niisugune asi ka saavutatav (ning innukalt möirgavate ülemuste ja vanemate käsud “kõik absoluutselt korda teha” on pehmelt öeldes mõttetus).*
- *Veatuid ning tõrgeteta töötavaid süsteeme võib esineda – tõrkeid ja vigu peab esinema.*

Termodünaamika teise printsiibiga

seotud ilmingute näited:

- suuremad ja väiksemad vead raamatutes, mida loete või kirjutate
- “probleemid” autodes, rikked teistes masinates ja seadmetes, mida kasutate
- ehitus- ja projekteerimisvead majades, milles elate
- moonutused telepildis ja kahinad-krõbinad heliseadmetes
- vead ning “möödalaskmised” igasugustes kavades, skeemides, plaanides, projektides
- eksimused liiklusvahendite ja paraku ka suurte ning ütlemata tähtsate organisatsioonide juhtimisel
- “apsakad” ürituste korraldamisel

Termodünaamika teise printsiibiga seotud ilmingute näited ICT alalt:

- sidesüsteemide ja andmeedastusega seotud häired (kogenud sideinsenerid armastavad aeg ajalt ikka öelda, et **signaal võib olla – müra peab olema**)
- tõrked arvutite riistvaras
- tüütud ja tignedaks ajavad “jamad” arvutite tarkvara süsteemides.
- Arvutite programmeerimise tehnoloogia ning teooria

kujunemise algusaastail formuleeris

Moskva Riikliku Ülikooli professor

Mihhail Romanovitš Šura-Bura (sünd 1918 – 200?)

kuulsad seadused, millest kolmas on

sõnastatud järgmiselt:

Šura-Bura kolmas seadus:

pole olemas keerulisi ja seejuures veel veatuid programme.

