

# SÜSTEEMIDE VASTUPIIDAVUS

Professor  
Peeter Lorents

# Mida vahel öeldakse ja kirjutatakse

- Mõned bakterid on üllatavalt vastupidavad
- Selle firma autod on üldiselt vastupidavad
- Seda liiki värvid on väga vastupidavad
- Krantsid on millegipärast vastupidavamad võrreldes tõukoertega
- Noorte inimeste närvikava ei pea vastu
- Ukraina peab vastu
- Küll meiegi vastu peame
- ... ..

# Laika, Belka ja Strelka – krantsid, kes aitasid inimese kosmosesse (kirjutas Villu Päärt, 31. jaanuar 2015)

Esimesed kosmonautloomad valiti tavaliste krantside hulgast, kes leiti Moskvast lennundusmeditsiini instituudi hoone ümbert luusimast. Krantse eelistati, sest nende puhul eeldati, et nad saavad iseendaga paremini hakkama – nad on tänavail karmi elukooli läbi teinud.



Haridus- ja teadusminister Kristina Kallas

# noorte inimeste närvikava vastupidavusest

Valitsuse pressikonverentsil 06.07.2023.

„Meil ... noored kõigepealt astuvad gümnaasiumisse sisse ja siis hakkavad praktiliselt poolteist kuud või kaks kuud hiljem tegema põhikooli lõpueksameid. ... .. Noorte inimeste närvikava sellisele protsessile väga hästi vastu ei pea ...“



**Mõned kirjutised (sh üksikud sõnad), millega seostub *vastupidavus* ja millele sageli omistatakse samalaadset või vahel lausa sama tähendust**

- Peab vastu – **talub, ei murdu, ei lagune, ei anna alla, ei alistu ...**
- On vastupidav – **on kindel, on muutumatu, on stabiilne ...**
- Vastupidavus – **taluvus, resistentsus ...**

**Vastupidavusest inglise keeles:**

- resilience
- resistance
- endurance
- hardiness
- sturdiness
- ... ..

# Mõnda liiki olukordadest seoses vastupidavusega

- See, mille vastupidavusest kõneleme, pole ***kokkuleppeliselt*** käsitletav millestki muust koosnevana (nagu näiteks mõni osake füüsikas)
- See, mille vastupidavusest kõneleme, on ***kokkuleppeliselt*** käsitletav millestki muust koosnevana (nagu näiteks mõni aatomituum füüsikas), kuid ***kokkuleppeliselt ei käsitleta*** seejuures asjakohast ***ülesehitust***, ehk seda, millised on nt koostisosade vahelised seosed (näiteks taas – mõni aatomituum, kuid sedapuhku – keemias)
- See, mille vastupidavusest kõneleme, on ***kokkuleppeliselt*** käsitletav millestki muust koosnevana ja omab seejuures teatavat ülesehitust (nagu näiteks mõni kristall mineraloogias)

# Kokkulepe edasise käsitleuse tarbeks

Järgnevas käsitleme vaid niisuguste entiteetide (ehk eestikeeli – olemite) vastupidavust, millel on

- Vähemalt üks koostisosa
- Koostisosadest vähemal ühel peab olema vähemalt üks omadus **või**
- Koostisosadest vähemalt üks peab olema mingis seoses vähemalt ühe koostisosaga, milleks erijuhul võib osutada mainitud koostisosa ise (st ei välistata võimalust olla seotud iseendaga, nagu näiteks arvud seoses, mille nimeks „väiksem või võrdne“)

Pisut-pisut ette rutates võime öelda, et edaspidi tegeleme nn

**süsteemidega – ehk koostisosi ja ülesehitust omavate kooslustega.**

# Täpsustame: mida silmas peetakse, kui kõneldakse *süsteemidest* ehk – koostisosi ja ülesehitust omavatest kooslustest

- **Lepime kokku**, et koostisosade kooslust nimetame edaspidi süsteemi elementide ehk lühidalt - *selementide* koosluseks või kogumiks või hulgaks vms – ehk lühidalt *selementriks* (ingl – *selementry*). Selementer peab sisaldama vähemalt üht selementi, muidu süsteemi lihtsalt pole.
- **Lepime kokku**, selementidest vähemalt ühel peab olema vähemalt üks omadus või vähemalt üks selement peab vähemalt ühe selemendiga olema vähemalt ühes seoses. Äsja nimetatud omadusi ja seoseid nimetame süsteemi tekitamise vahenditeks ehk – süsteemi genereerimise instrumentideks ehk lühidalt – *strugementideks*. Antud süsteemi strugementide hulka nimetame lühidalt *strugementriks* (ingl – *strugementry*). Strugementer peab sisaldama vähemalt üht strugementi (ehk vähemalt üht omadust või vähemalt üht seost), muidu süsteemi pole.



# Oluliselt täpsustatud kokkulepe

Lepime siinkohal kokku, et edaspidi tegeleme valdavalt nn ***ajast olenevate süsteemidega***. Selleks aga tuleb kõigepealt selgitada, et mis on ***aeg***, pigem – ajad.

Lepime kokku nimetada ***ajaks*** niisugust süsteemi, mille üht sorti selemente nimetame ***ajahetkedeks***, teist sorti selemente aga ***hinnanguteks*** ja mille strugementide seas peab kindlasti olema seosed ajahetkede võrdlemiseks (nt nimedega ***mitte varem***, ***võrdsustatud***, ***mitte hiljem***) ning võrreldavate ajahetkede ja nn hinnangute (nt mittenegatiivsete arvude) seostamiseks kolmekaupä nii, et kahele võrreldavale ajahetkele vastaks täpselt üks hinnang (nt sobiv mittenegatiivne arv)

***Ajast oleneva süsteemi*** nime kandva süsteemi korral tuleb kõigepealt määratleda sobiv aeg ja üheselt seostada ajahetkedega käsitletava süsteemi selementri ja strugementri „sisu“.

**Kordame kokkulepet:** (kui pole öeldud teisti, siis) süsteemidena käsitleme vaid ajast olenevaid süsteeme, mis igal ajahetkel on mingis üheselt antud olekus (st mingite üheselt antud selementide ja strugementide hulkadega).

# Millal ilmneb, et süsteem *ei pea vastu*?

Lepime kokku, et *süsteem ei pea vastu*, kui sellest kaob selemente või strugemente. Ehk teisisõnu – *kui kaob süsteemi koostisosi või koostisosade omadusi või koostisosade vahelisi seoseid*.

**Näide 1.** Kahest inimesest koosnev süsteem, mida nimetame (ainult) kaheliikmeliseks perekonnaks, lakkab olemast, kui üks abikaasadest lahkub jäädavalt. Sageli ei pea inimestest koosnev süsteem, nimega perekond, vastu, kui üks abikaasadest pole enam *truu*. Sageli ei pea perekond vastu sellele, kui abikaasasid „ei seo enam miski“.

**Näide 2.** Mobiiltelefon ei pea vastu, kui tema aku temperatuur on liiga kõrge. Aastaringses kasvuhooones kujunenud tehno-ökosüsteem ei pea vastu külmal talveajal, kui kaob seos temperatuurianduri ja soojendusseadme vahel, või kui keegi soojendusseadme „pihta paneb“.

# Mida on selleks vaja, et süsteem vastu ei peaks?

- **Võimalik, et ...** ei midagi! Kuna kuulsa termodünaamika teise seaduse kohaselt: *aja kulgedes on enam ootuspärasem, et süsteemsus kahaneb ja vähem ootuspärasem, süsteemsus kasvab*. Paraku kipuvad ajapikku kaduma olemasolevad selemendid (ehk süsteemi koostisosad), nagu ka strugemendid (ehk selementide omadused ja selementide vahelised seosed). Ja selleks paraku piisab, kui lihtsalt kannatlikult oodata ...

**Näide.** Vaadake, mis on juhtunud hüljatud majadega ...

- **Võimalik, et** kuidagi õnnestub süsteemist eemaldada või sinna lisada selemente, või muuta selementide omadusi või selementide vahelisi seoseid.

**Näide.** Sõdivad riigid (aga on ju needki süsteemid!) püüavad hävitada üksteise sõdureid ja sõjatehnikat, asustada okupeeritud alasid „omadega“ (seda kutsutakse – *asunduskolonialism*, inglise keeles – *settlement colonialism*), püüavad kaotada inimeste võitlustahet, õõnestada usaldust elanikkonna ja valitsuse vahel ... ..

# Süsteemi selementide ja strugementidega mitte-iseenesest toimuv nõuab asjakohaseid mõjureid

**Mõjuriteks** nimetame entiteete mille *tekkimine* **või** *kadumine* on põhjuslikus seoses süsteemi oleku muutusega.

**Põhjuslikus seoses olemine** hõlmab ***korraga kahte seost***:

- mõjuri tekkimise või kadumise *ajaline eelnemine* süsteemi oleku muutusele
- mõjuri tekkimise või kadumise väite ja süsteemi oleku muutust kirjeldavate väidete konjunktsiooni olemine *loogilise järeldamise seoses* (mille korral peab mõjuri tekkimise väide olema *loogiliseks eelduseks* ja süsteemi oleku muutust kirjeldavate väidete konjunktsioon peab olema vastavaks *loogiliseks järelduseks*)

**Märkus.** Väärrib tähelepanu, et ülal kõneldi eelkõige *tekkimisest* või *kadumisest*. Seetõttu pole välistatud, et just mõne mõjuri *olemasolu* on just see, tänu millele süsteem püsib antud olekus.

**Näide.** Gravitatsioonijõu kui mõjuri olemasolu hoiab koos Päikesesüsteemi.

# Mõjuri rakendamine eeldab asjakohaste ressursside olemasolu

Kui mingis süsteemis on või tekib (selle juhtimiseks vajalikus tarkvaras) käsk mingi mõjuri rakendamiseks, siis selle *realiseerumiseks vajalikku* nimetame asjakohaseks **ressursiks**.

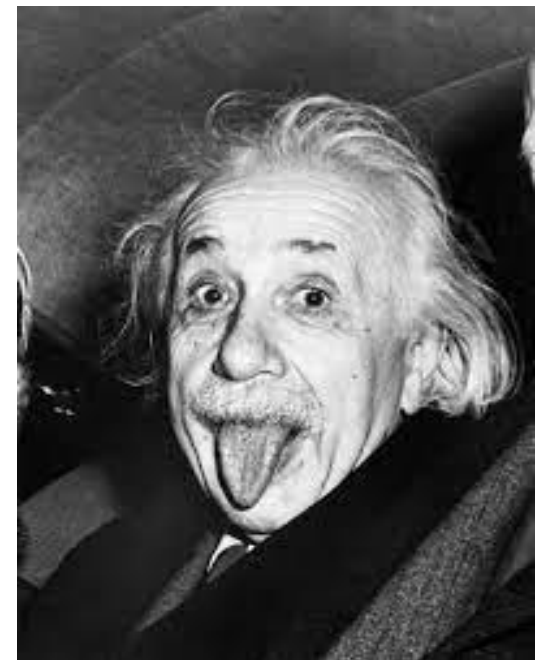
Ressursse võib seejuures olla mitmeid (mida ajaliselt n-ö järjestikku või paralleelselt vaja). Näiteks tulelöökide andmiseks sõjaväljal osutuvad ressursina käsitletavaks relvade olemasolu, laskemoona olemasolu, kvalifitseeritud inimeste olemasolu, eelnevalt saadud usaldusväärse info olemasolu sihtmärkide kohta.

**Märkus.** Sageli võib mõnda ressursi käsitleda mõjurina, või vastupidi – mõnda mõjurit võib käsitleda ressursina. Niisugust asja nimetame **ressursside ja mõjurite dualismiks**. Tüüpiliseks näiteks eelkõneldud dualismi olemasolu kohta on ... **raha, raha, raha!** Või siis *nafta, gaas* ja ...

# Olulised ressursid: aeg ja energia

Energia on omakorda (matemaatiliselt samaväärne) massiga. See on teada paljudele, kellele võib-olla juba koolipõlves tutvustati kuulsat valemit  $E=mc^2$ . Selle valemini jõudis Albert Einstein lähtudes oma 1905. aastal ilmunud tödest, mida sageli nimetatakse: the *annus mirabilis papers* (ladinakeelsetest sõnadest – *annus mirabilis* – imeline aasta, mille vältel Einstein publitseeris neli teadustööd ajakirjas „Annalen der Physik“.

Mõnevõrra vähem on neid, kes teavad võimalust matemaatiliselt tõestada, et *ajahetkede samaväärsuse printsiip on võrdväärne energia jäävuse seadusega*. See tõsiasi toob esile aja ning energia n-ö süvasuguluse.





# Kuidas hinnata vastupidavust?

Üheks võimaluseks – hinnata vastupidavust – on esile tuua asjakohased *mõjurid, ressursid ja vastavad kogused*, mida on vaja, et *muuta süsteemi olekut*.

Teisisõnu:

*Milliseid mõjureid, ressursse ja millises koguses on vaja, et muuta süsteemi selementrit või strugementrit (või mõlemat)*

Või siis järgnevas sõnastuses:

*Milliseid mõjureid, ressursse ja millises koguses on vaja, et kaotada, lisada või muuta süsteemi koostisosi, või nende omadusi, või nendevahelisi seoseid*

# Vastupidavuse „tahkudest“

Vastupidavust käsitledes on otstarbekas selgelt esile tuua, et

- *milliste süsteemide vastupidavust käsitletakse*
- *milliseid mõjureid seejuures vaadeldakse*
- *millised on vaadeldavate mõjurite rakendamiseks vajalikud ressursid*
- *millised on vajalike ressursside asjakohased kogused*
- *... ..*

**Näide.** Kõneldes nutikella vastupidavusest võiks varem või hiljem lisaks tõdemusele, et „no küll on vastupidav!“, kõnelda sellestki, et millist rõhku, temperatuuri, elektromagnetvälja tugevust, mehhaanilisi mõjutusi jne, jne – see kell tegelikult talub ...



# Miks jäi taluvuse „tahkude loend lõpetamata“ ?

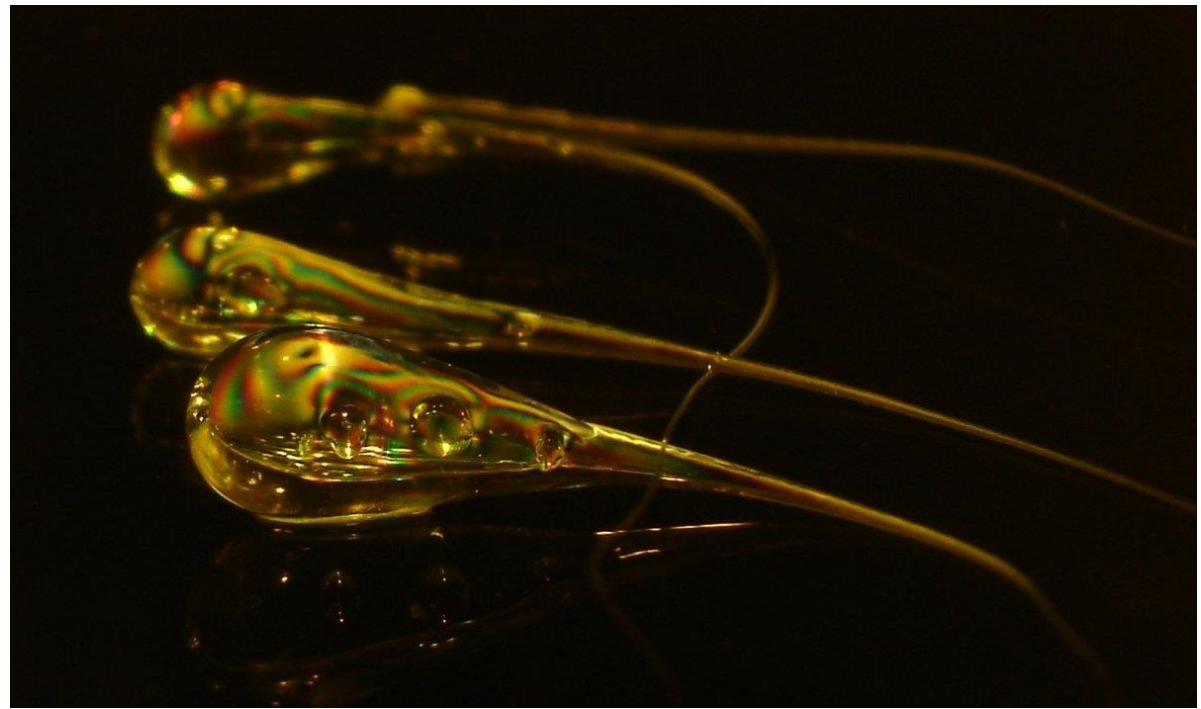
Vahel juhtub, et heal küsimusel pole head vastust. Nii ka nüüd.

Täpsemalt – asi selles, et alates konkreetse süsteemi olemusest ja seda olemust määravatest asjadest – ehk *immanentsetest asjadest* – on sageli „kohe alguses“ ***üsna võimatu kõike olulisi külgi esile tuua***. Isegi siis, kui tundub, et tegemist on lihtsakoelise asjaga ning tundub ka selge olevat, et mis nimelt ja kuidas selle süsteemi selementrit ja strugementrit muuta saaks (ehk milliseid koostisosi, koostisosade omadusi ja nendevahelisi seoseid saaks ära kaotada või lisada või millegi muuga asendada).

Seejuures võib vahel osutada, et ***sama liiki*** (nt mehhaaniline) mõju – süsteemi ühes osas – „*ei tee midagi*“, kuid vaadeldava – süsteemi teises osas – kutsub esile süsteemi „*totaalse lagunemise*“!

# Prints Ruperti pisarad

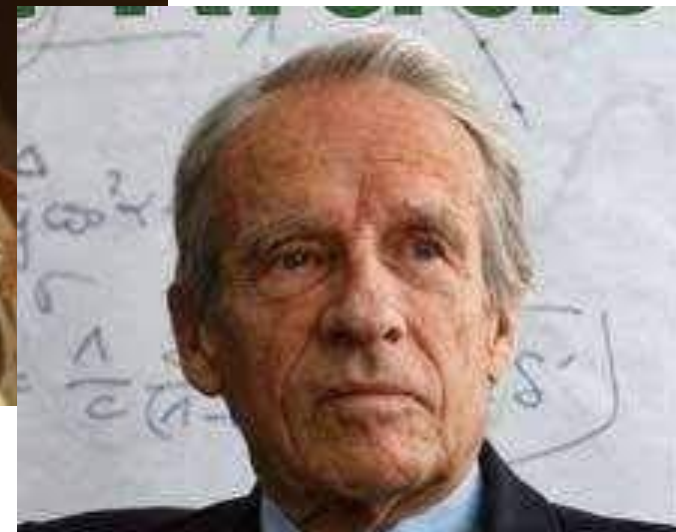
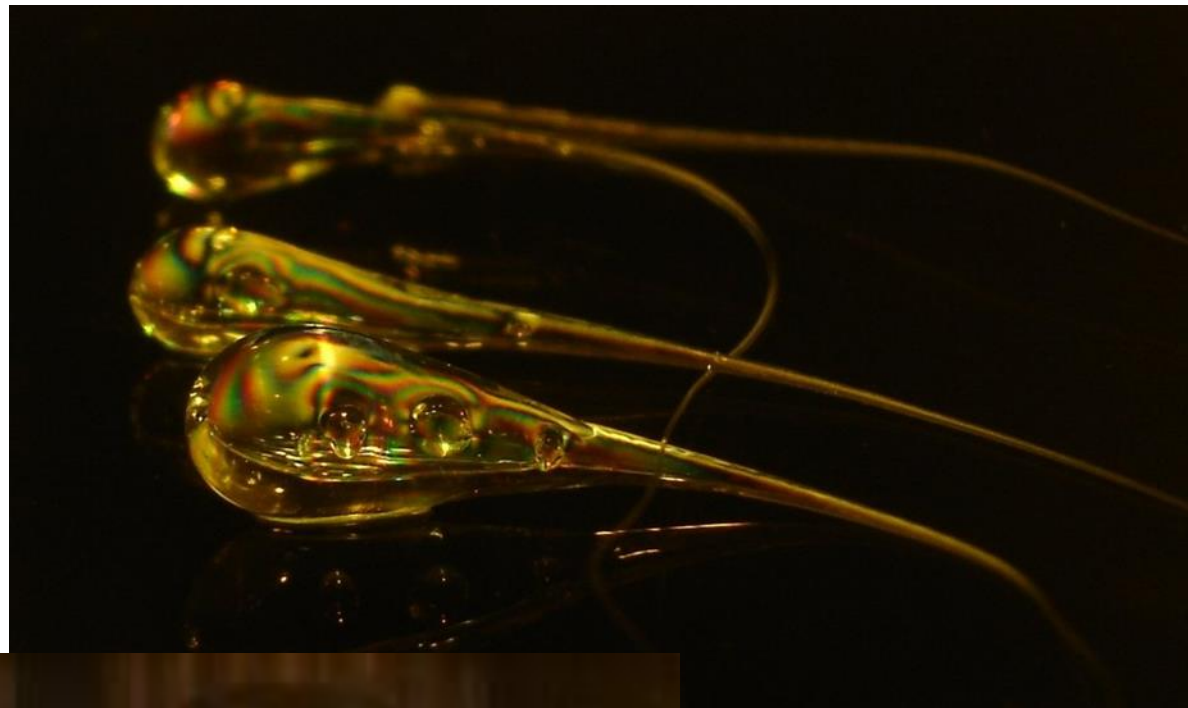
prints Rupert, Cumberlandi  
hertsog (1619–1682),  
(riigimees, sõjamees,  
teadlane) oli algusaastatel  
selle asutuse kantsler



# Prints Ruperti pisarad

Prints Rupert, Cumberlandi hertsog (1619–1682), (riigimees, sõjamees, teadlane) oli Royal Society algusaastatel selle kantsler.

Hillar Aben (sündinud 03.12.1929). Väljapaistev Eesti õpetlane. Esitas aastal 2010 (!) ettekande, milles Prints Ruperti saladus selgines.



**Tänan kuulamast!**