



LU OPEN MINDED

Fizikas paradigmu spēks un bezspēcība

Vjačeslavs Kaščejevs
asociētais profesors, Ph.D.

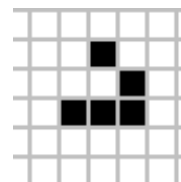
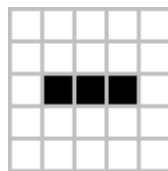
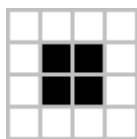
3. lekcija



**LATVIJAS
UNIVERSITATE**
ANNO 1919

No diskusijas pēc 2. lekcijas

- ▶ Determinētu “haotisku” sistēmu nereducējamā sarežģītība
- ▶ Pierādāma kā matemātiskā teorēma noteiktiem diskrētajiem determinētās dinamikas modeļiem – šūnu automātiem



- ▶ John Conway's “Game of Life”

Nereducējamā sarežģītība

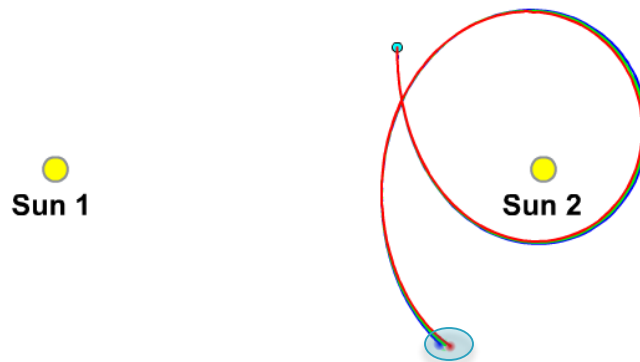
- ▶ Tādi šūnu automāti kā “*Rule 110*” vai “*Game of Life*” ir ekvivalenti universālam datoram (Tjūringa pilnīgi)
- ▶ Tjūringa pilnīgums nozīmē, ka šūnu konfigurācijā var iekodēt patvaļīgu programmu, kas tiks “automātiski” pildīta
- ▶ Datorprogrammas apstāšanās uzdevuma (*halting problem*) neatrisināmība garantē, ka Tjūringa pilnīgajiem modeļiem eksistē konfigurācijas, kuru likteni nevar viennozīmīgi noskaidrot galīgā laikā

Trešās lekcijas plāns

- ▶ Statistiskā fizika kā nejaušības paradigmas ekstremāls piemērs
 - Mehāniskās noteiktības pārpalikums: (daži elementi)
“globālie kustības integrāļi” jeb nezūdamības likumi
 - Enerģija, temperatūra, entropija
- ▶ *Makro* pretstatā *mikro* jeb matērijas “izšķirtspēja”
 - Atomi – matērijas kvanti
 - Disipācija
 - Otrais termodinamikas likums (VISI elementi)
- ▶ Elektromagnētiskais lauks, lauka kvanti
 - Dažas ķecerības par ēteru
 - “Kvantu cenzūra” un Planka starojuma likums

Sākuma nosacījumi...

The 3-Body Gravitational Problem: 2 Fixed Suns and 3 planets



Mass_{Sun 1} = 1

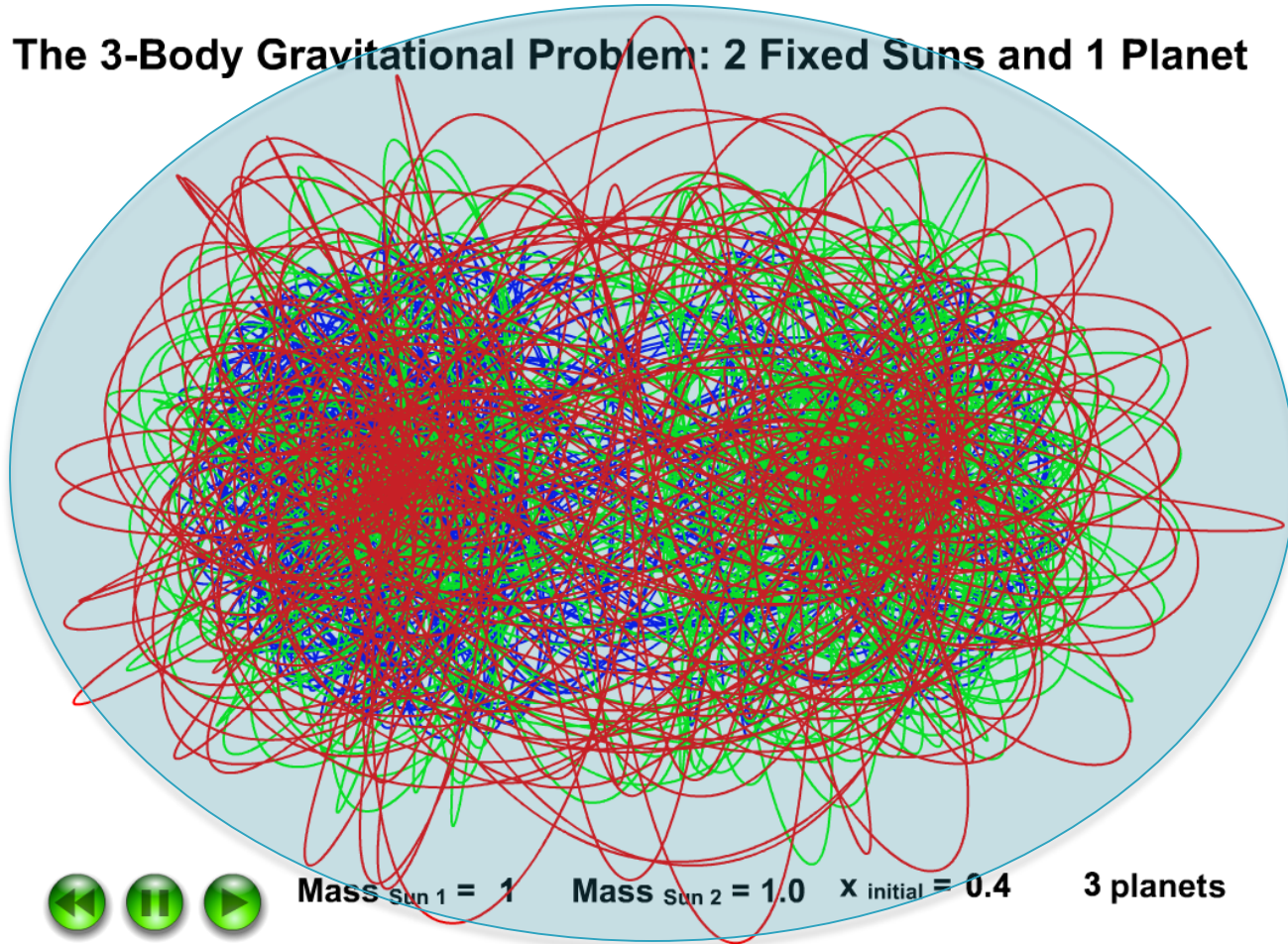
Mass_{Sun 2} = 1.0

$x_{\text{initial}} = 0.4$

3 planets

... tiek aizmirsti. Kas paliek pāri?

The 3-Body Gravitational Problem: 2 Fixed Suns and 1 Planet



Nezūdamības likumi

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh$$



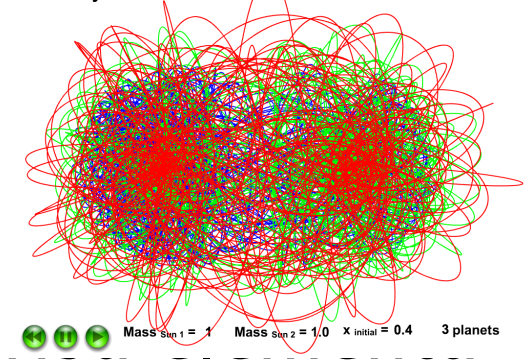
- ▶ Enerģija – matemātisks lielums, kas izsaka noteiktu, precīzi definējamu matērijas īpašību

Cik arī nebūtu
pulkstens, rādītāji
vienmēr trīs!

Nezūdamības likumi

- ▶ “Globālo” lielumu nezūdamības (nemainīguma laikā) likumi izriet kā teorēmas no fundamentālām hipotēzēm par ...
 - laika homogenitāti
(fizika tāda pati vakar, šodien un rīt) $\Rightarrow$ **enerģija**
 - telpas homogenitāti (nav “īpašu” vietu) $\Rightarrow$ **impulss**
 - telpas izotropiju (visi virzieni vienlīdzīgi)
 $\Rightarrow$ **impulsa moments**
- ▶ Šīs saiknes ar laika un telpas simetrijām diktē “nezūdošo” lielumu matemātisko formu

Statistiskais līdzsvars

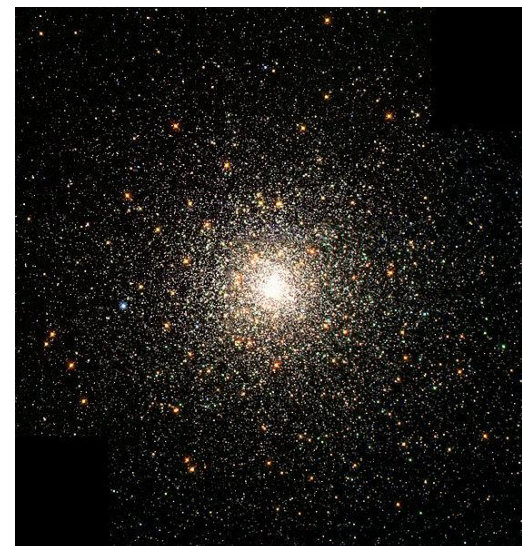
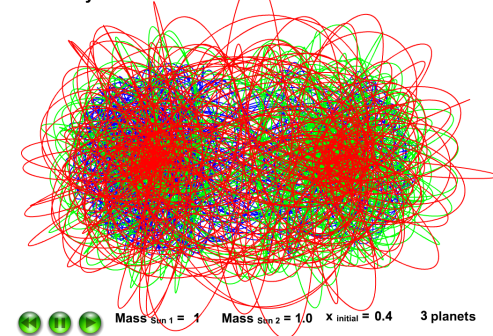


- ▶ Cik haotiska arī nebūtu kustība, kopējā enerģija paliek nemainīga laikā
- ▶ Pēc pietiekami ilga laika nenoteiktības neizbēgamais pieaugums “izdzēš” visu sākotnējo informāciju, izņemot saglabāšanās likumu (simetriju) diktētu lielumu vērtības
- ▶ Daži globāli lielumi + maksimāli nenoteikts varbūtību sadalījums = statistiskā fizika (termodinamiskajā līdzsvarā)

Statistiskā fizika

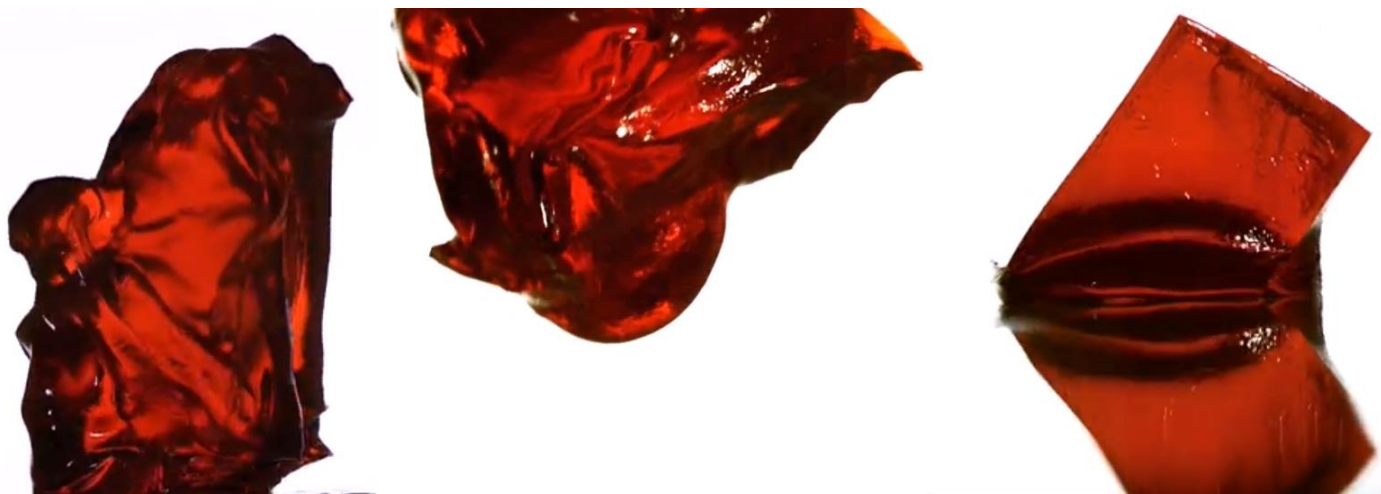
- ▶ Dažu planētu (“daļiņu”) sistēmas statistiskās teorijas pamatlielumi:
 - Vidējā enerģija uz vienu daļiņu = **temperatūra**
 - Varbūtību sadalījuma “izplūduma pakāpe” = **entropija**
- ▶ Reālās gravitācijas gadījumā var piemērot lodveida zvaigžņu kopām (*globular clusters*)
 - Paradoksālas īpašības gravitācijas tāldarbīgā rakstura dēļ

The 3-Body Gravitational Problem: 2 Fixed Stars and 1 Planet



“Makro” pretstatā “mikro”

- ▶ Makro līmenī matērijai piemīt nepārtrauktība

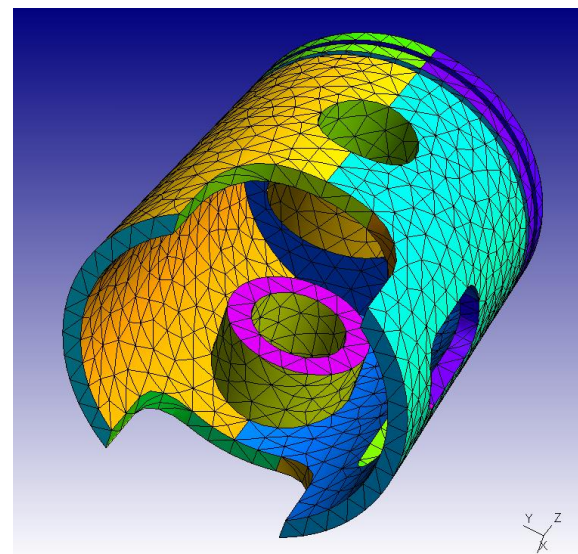
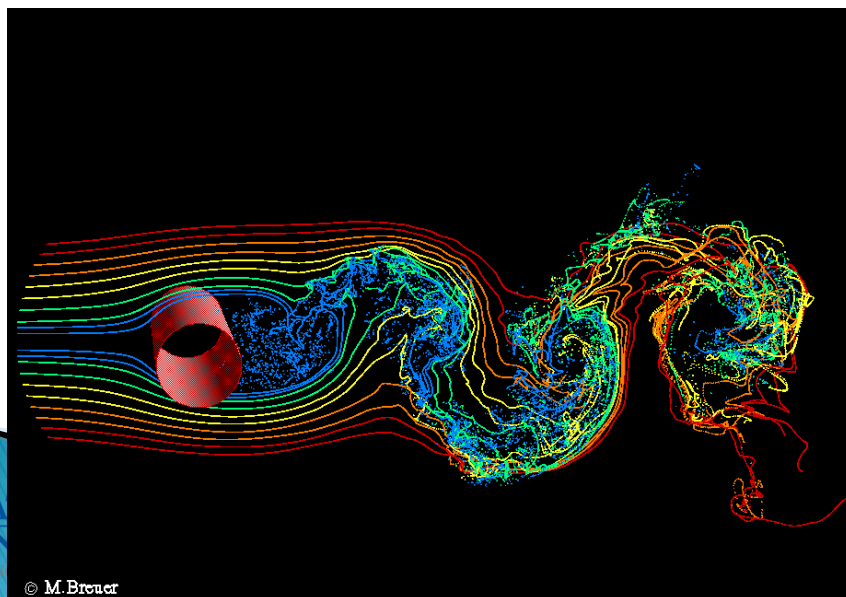


- ▶ Kas ir tie “elementi”, kas pakļaujas likumiem?



“Makro” pretstatā “mikro”

- ▶ Datorsimulāciju ceļš:
 - sadalām objektu daudzos gabaliņos (elementos)
 - zinot spēkus (piemēram, elastības), var risināt daudzelementu Ņūtona vienādojumus
- ▶ Daudz smalku un praksē svarīgu scenāriju starp pilnu paredzamību un haosu



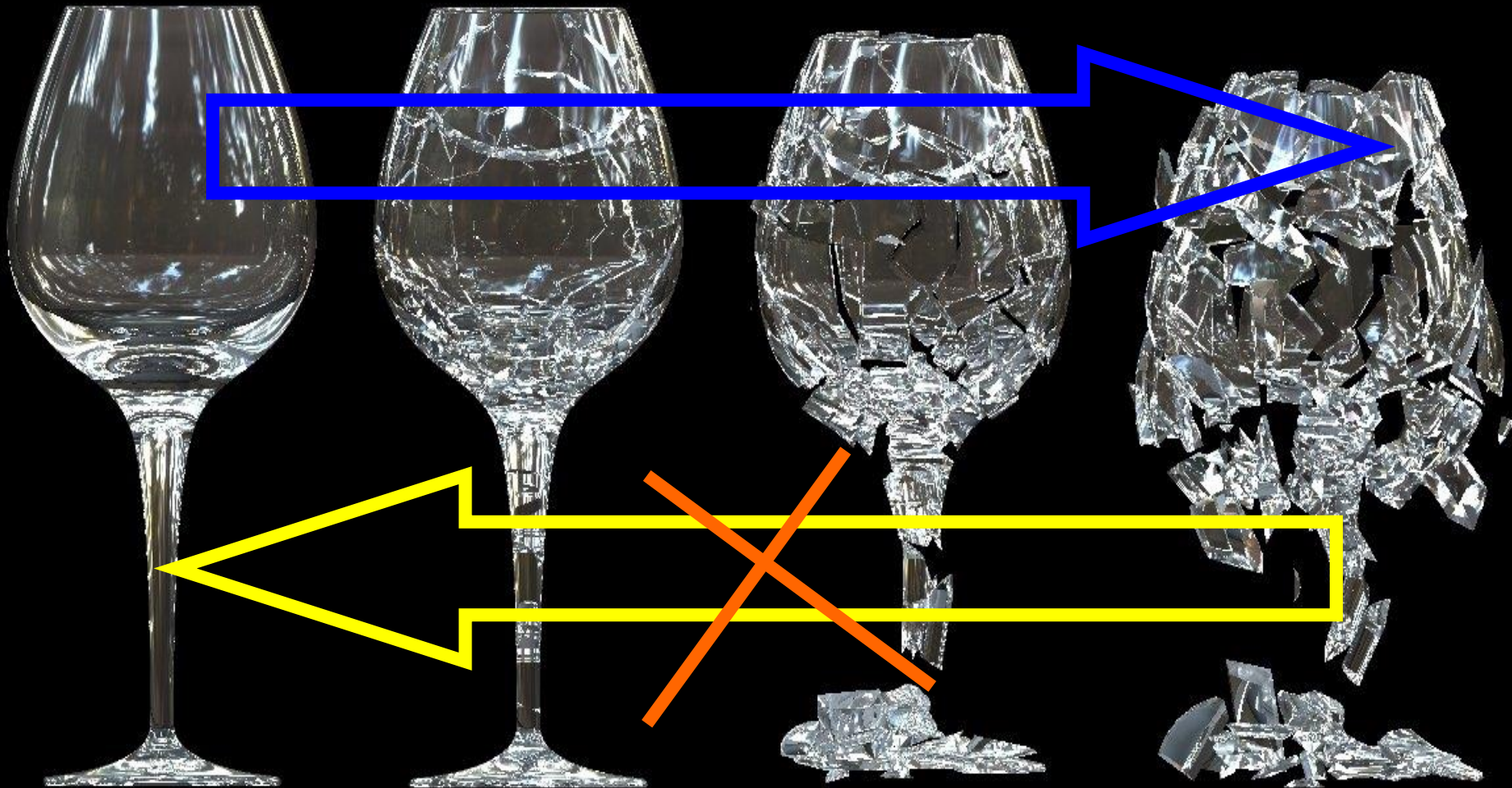
“Makro” pretstatā “mikro”

- ▶ Matērijai piemīt fundamentālā “izšķirtspējas robeža” – **mikroskopiskais** jeb “kvantu” līmenis
- ▶ Šādā nozīmē atomi ir “vielas kvanti”
- ▶ Termodinamikā **makroskopiskā** līmeņa aprakstam no mehānikas paņēm tikai ar mikroskopisko nejaušību neizjaucamos lielumus (pilnā enerģija, cietā trauka tilpums utt)

Termodinamika kā “ekstremālās nejaušības” teorija

- ▶ Enerģija, kas “noslīdēja” mikroskopisko elementu nejaušās kustības līmenī ir pārvērtusies par siltumu jeb disipējusi – bez precīza “tjūninga” atomu līmenī to nevar “savākt” atpakaļ vienas elementu kopības kustībā
- ▶ Termodinamiskā **temperatūra** T raksturo siltumkustības enerģijas daudzumu uz vienu mikroskopisko elementu
- ▶ Pie noteiktajiem makroskopiskajiem nosacījumiem haotiskā kustībā iesaistīto elementu “daudzumu” raksturo **entropija** S .

Otrais termodinamikas likums



Otrais termodinamikas likums

- ▶ Nosaka **asimetriju** starp **makroskopiski** un **mikroskopiski** uzkrāto enerģiju:
 - Siltumā (molekulu mikroskopiskajā kustībā) pārgājusi “lietderīgā” (makroskopiskā) enerģija nevar tikt pilnībā atgūta!
- ▶ Noslēgtas termodinamiskās sistēmas entropija laika gaitā tikai pieaug
- ▶ Samazināt entropiju var tikai “atdodot mikroskopisko haosu” (novadot siltumu) citam – mazāk sakarsušam – ārējam objektam!
- ▶ Neatgriezeniskums $\Rightarrow$ laika virziens (?)

Uzkarsētais ēters!

