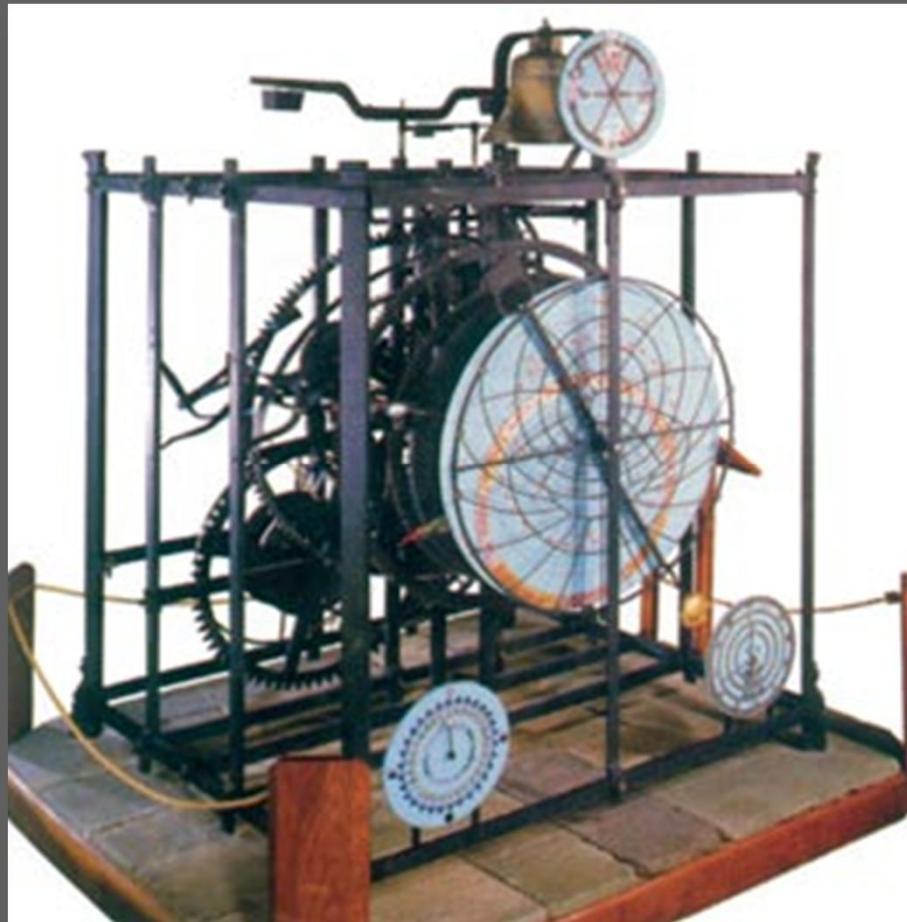




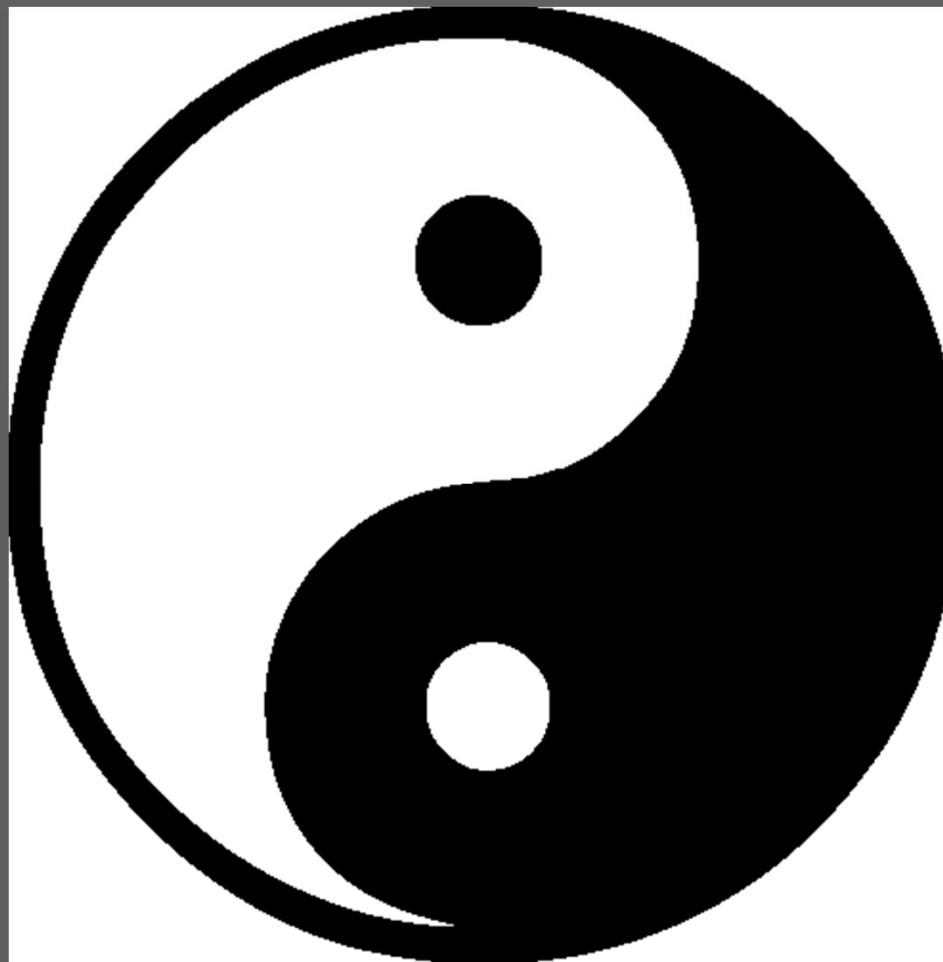
Termodinamika

I. Niutono tvarkos šešėlis

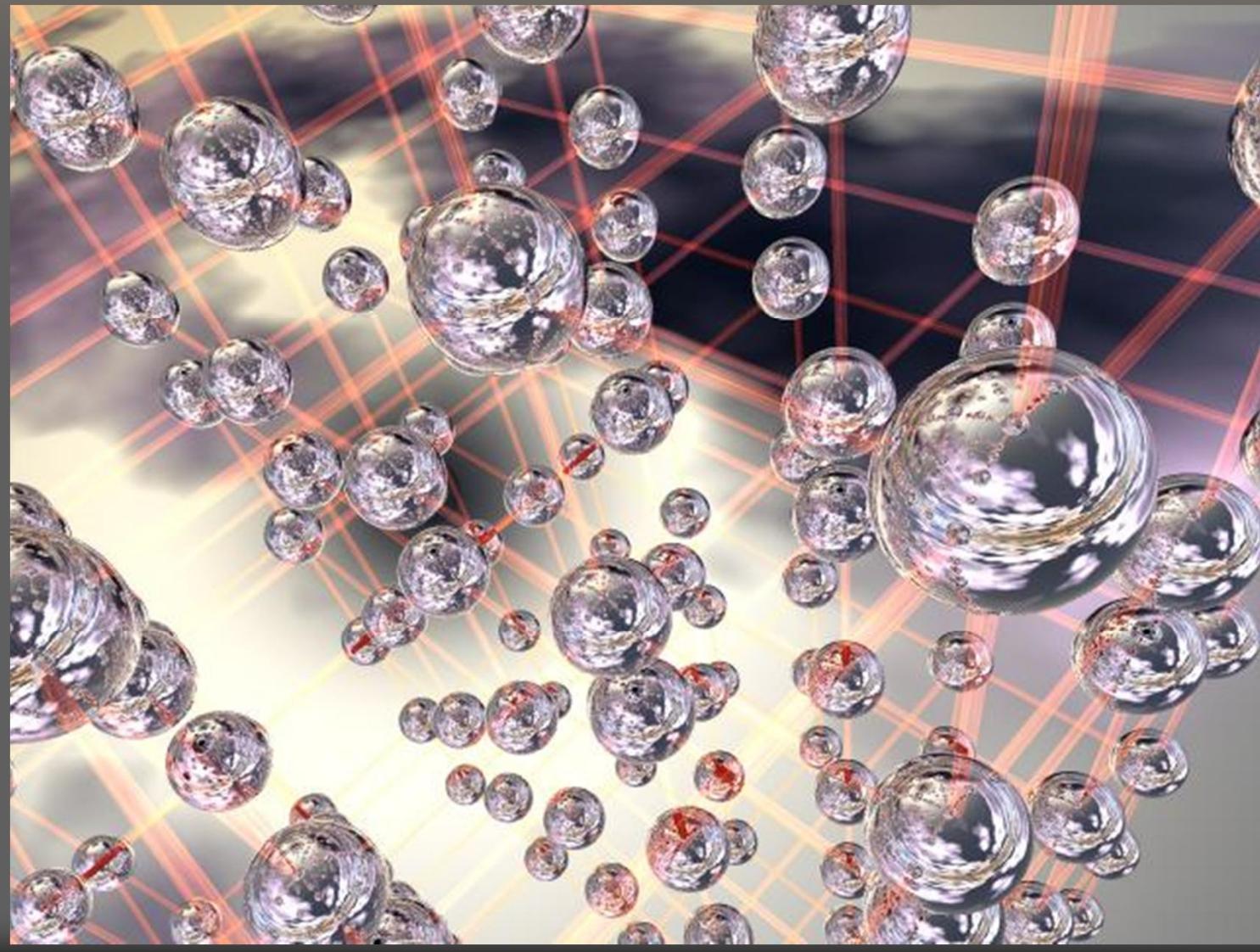


I.Niutonas (1642-1727)

Daugialypis pasaulis

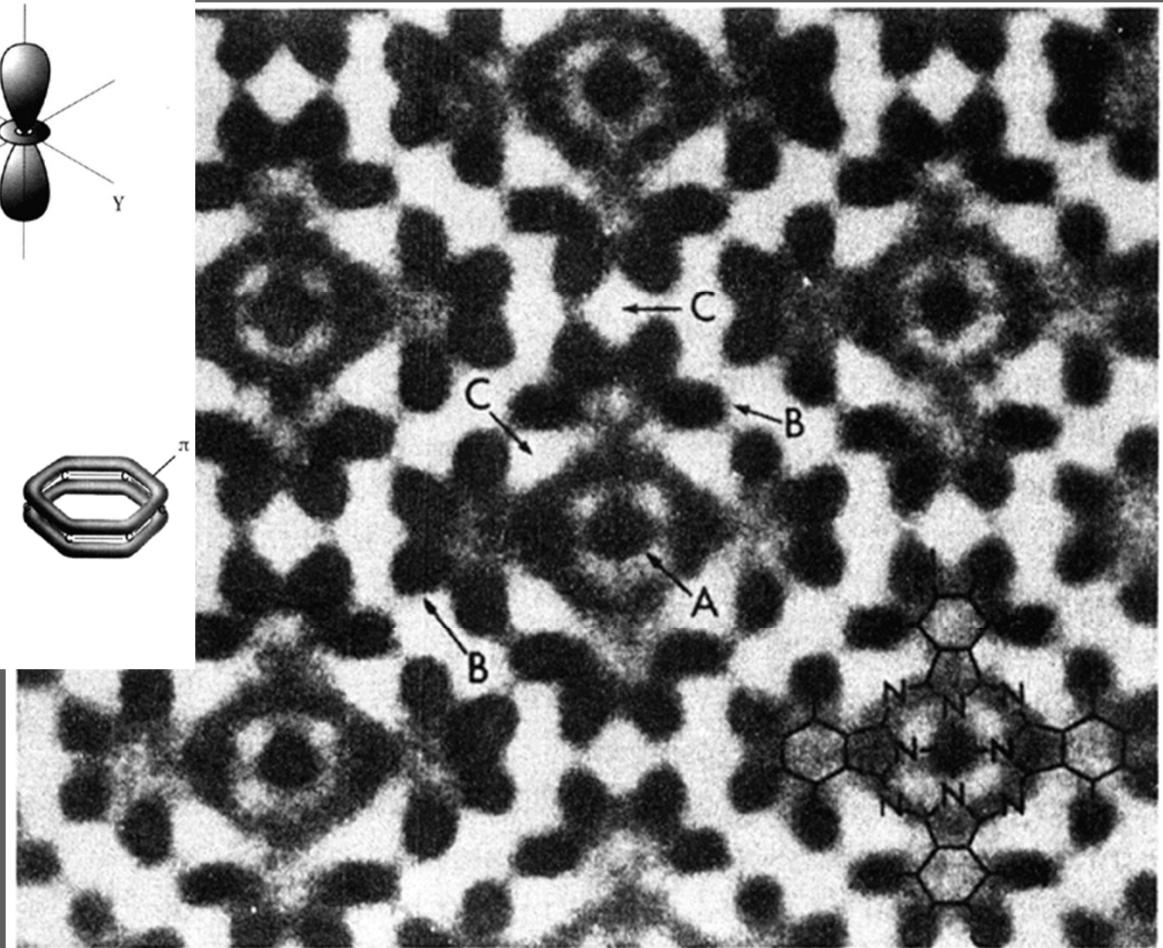
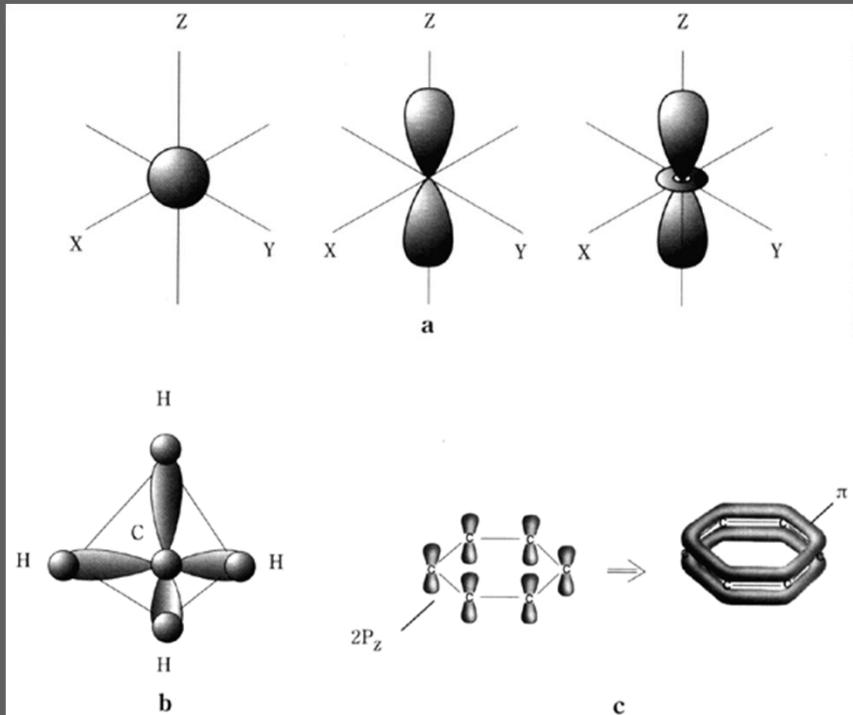


Indros perlų tinklas



Chaosas atomų pasaulyje

Cu-hexadecachlorophthalocyanine



Haizenbergo neapibrēžtumo principas

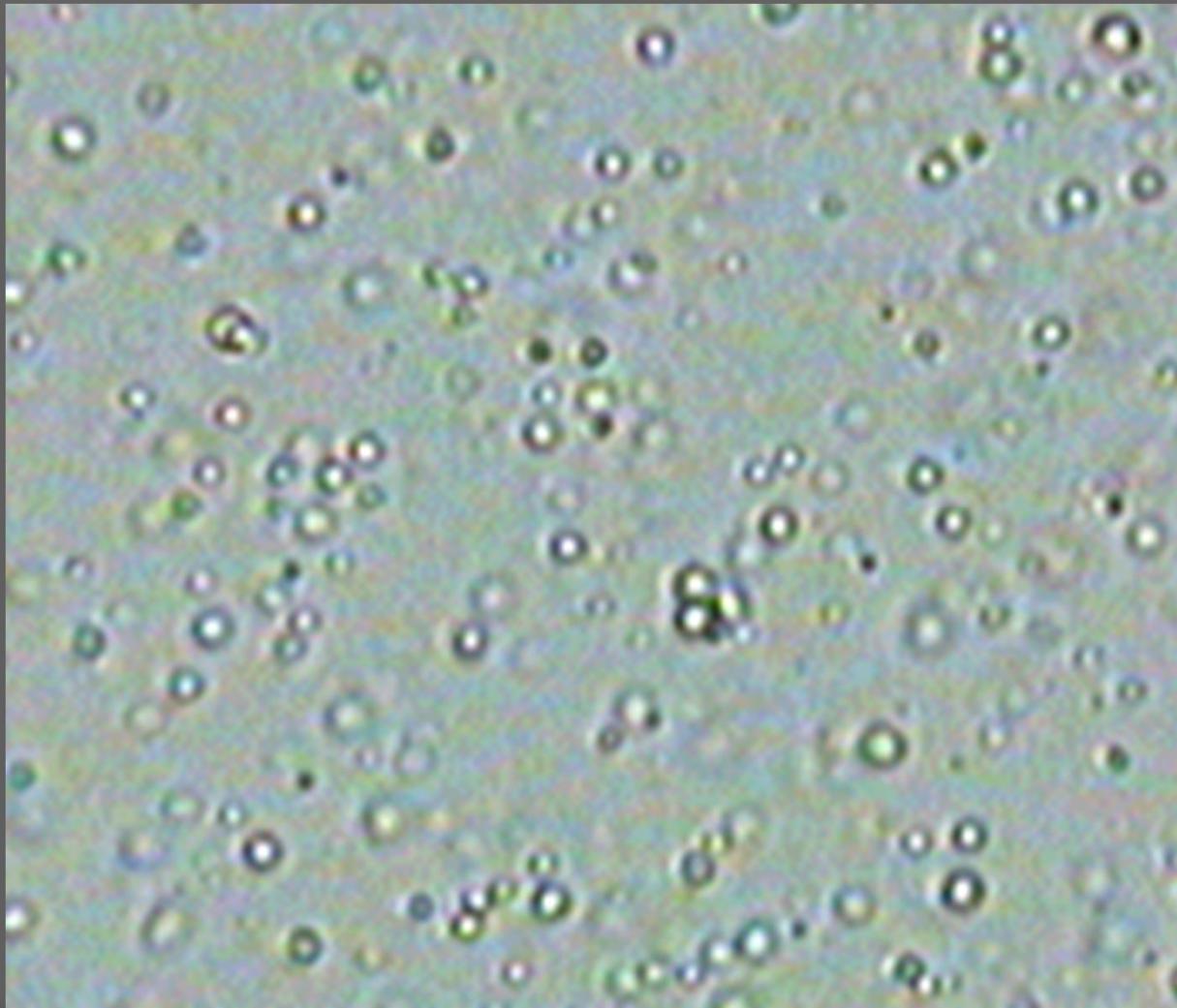
W. K. Haizenbergas
(1901-1976)



$$\Delta q \cdot \Delta p \geq h$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

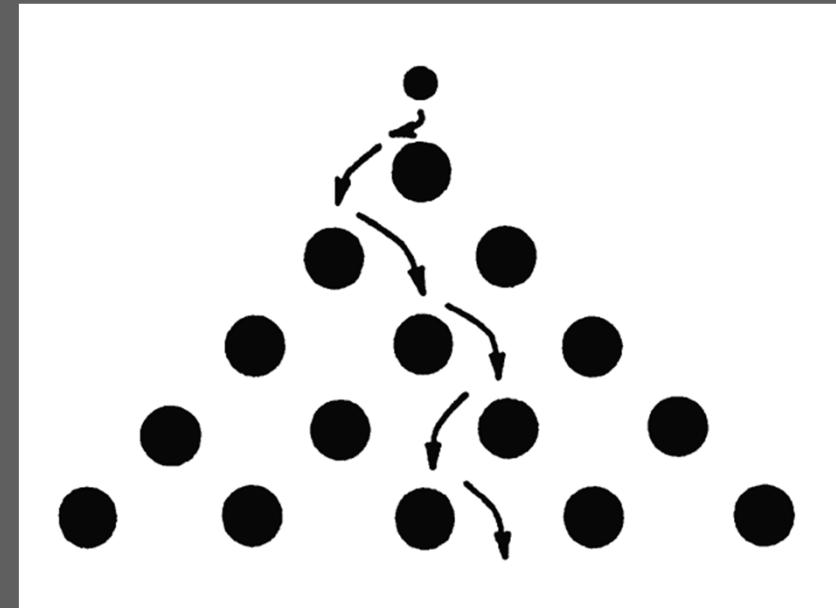
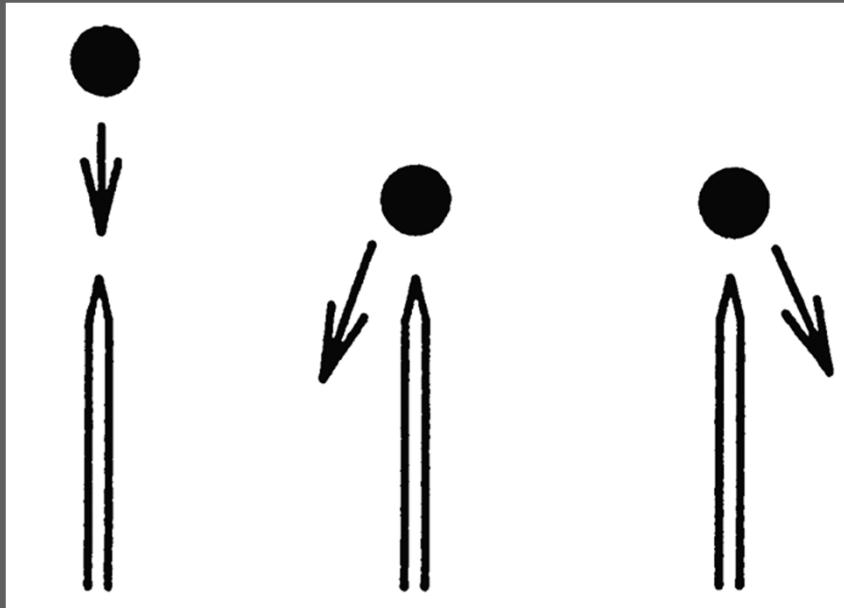
Šiluminis judesys



⇒ R. Braunas
1827

⇒ Žiedadulkių
judėjimo
trajektorijos
tirpale

Netiesinė dinamika makro lygmenyje

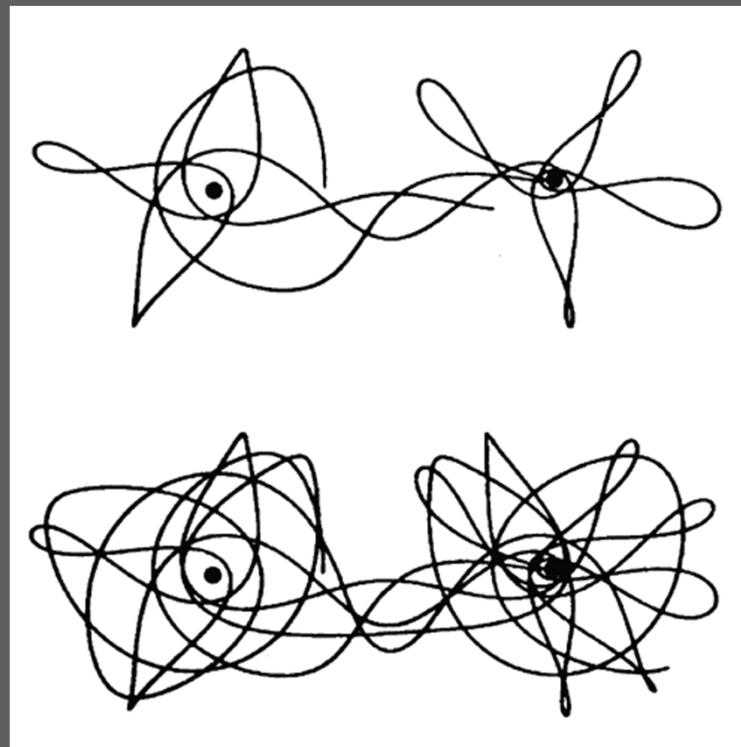


⇒ Kamuoliukas,
krentantis ant
peiliuko ašmenu

⇒ Galtono žaidimų
automatas

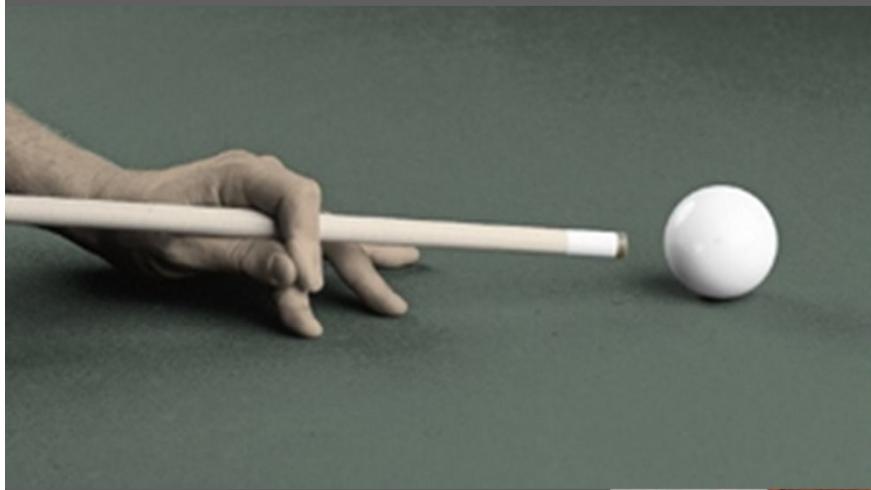
Trijų kūnų problema

H. Puankarė
(1854 - 1912)



- ⇒ Mažos planetos judėjimo trajektorija aplink dvi Saules
- ⇒ Trijų kūnų problemos sprendimas sujudino deterministinės mechanikos pagrindus

Daugiadalelinė sistema



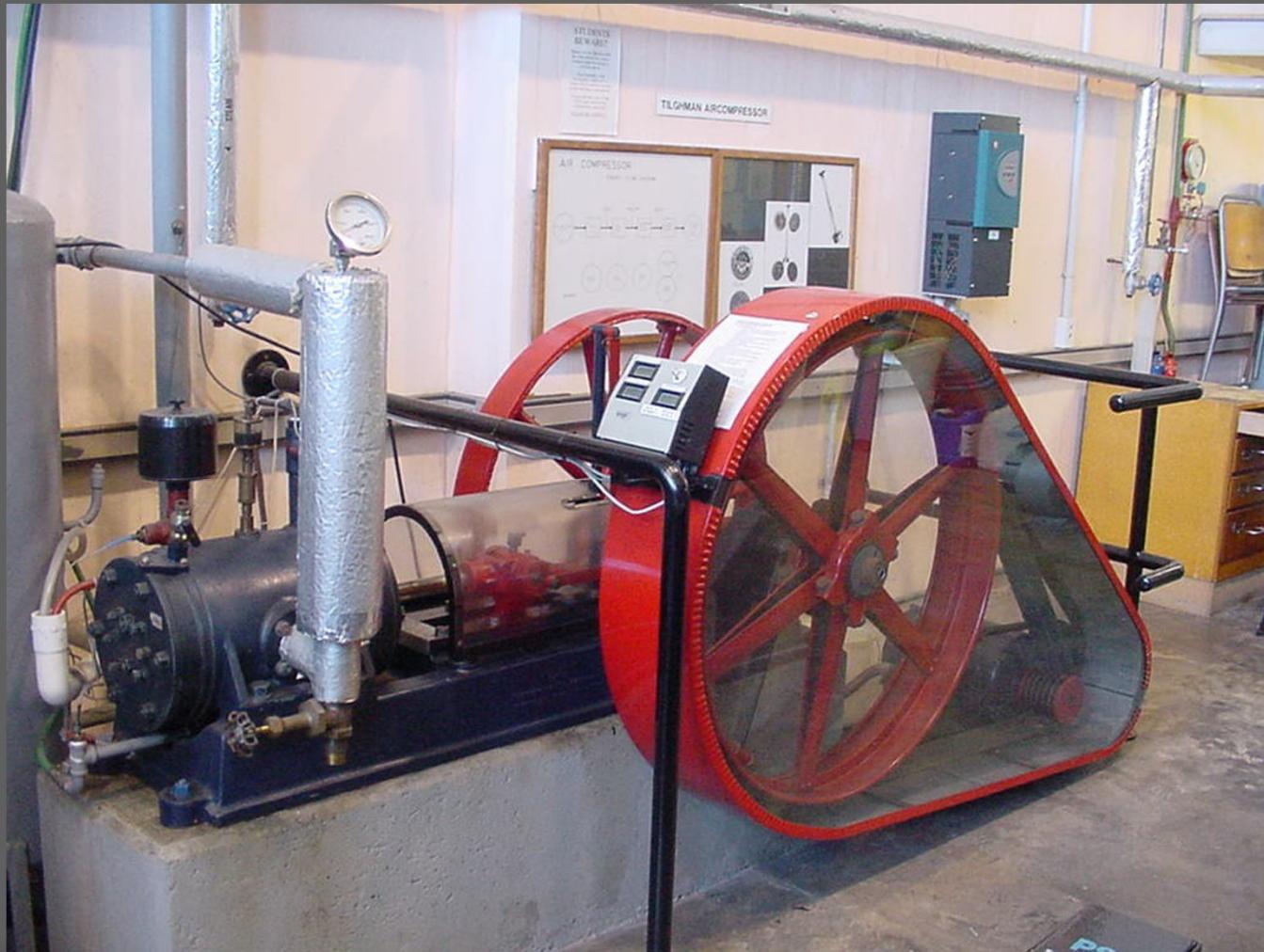
Statistinė mechanika

V
P
T

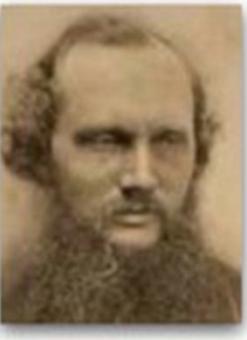


Termodinamika

Energijos virsmai



Termodinamikos mokyklos

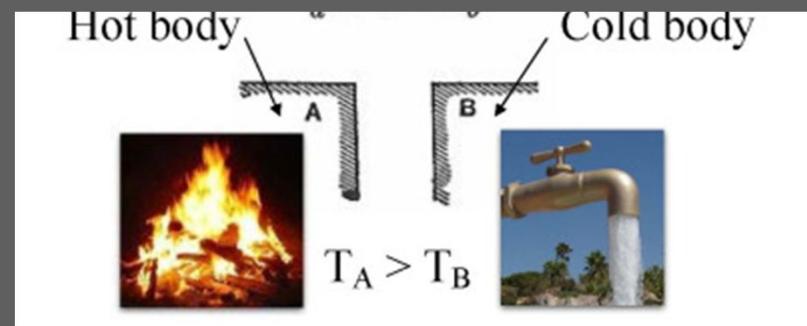
<u>École Polytechnique</u>	<u>Glasgow school</u>	<u>Berlin school</u>	<u>Edinburgh school</u>
			
<u>Sadi Carnot</u> (1796-1832)	<u>William Thomson</u> (1824-1907)	<u>Rudolf Clausius</u> (1822-1888)	<u>James Maxwell</u> (1831-1879)
<u>Vienna school</u>	<u>Gibbsian school</u>	<u>Dresden school</u>	<u>Dutch school</u>
			
<u>Ludwig Boltzmann</u> (1844-1906)	<u>Willard Gibbs</u> (1839-1903)	<u>Gustav Zeuner</u> (1828-1907)	<u>Johannes der Waals</u> (1837-1923)

Temodinamikos dėsniai

Nulinis dėsnis

⇒ Jei dvi termodinaminės sistemos yra **šiluminėje pusiausvyroje** su trečia, tai jos taip pat yra **šiluminėje pusiausvyroje tarpusavyje**.

Dviejose tarpusavyje kontaktuojančiose sistemoje energijos mainai tarpusavyje vyks tol, kol įsivyraus termodinaminė pusiausvyra.



Termodinamikos dėsniai (I)

Pirmasis dėsnis

⇒ *Bet kokio proceso metu bendras energijos kiekis išlieka pastovus.*

Šiuo dėsniu išreiškiamas vienas pagrindinių gamtos dėsių – **energijos tvermės dėsnis**. Pirmasis termodinamikos dėsnis nusako, jog energija negali būti sukurta ar sunaikinta.

Energijos tvermės dėsnis

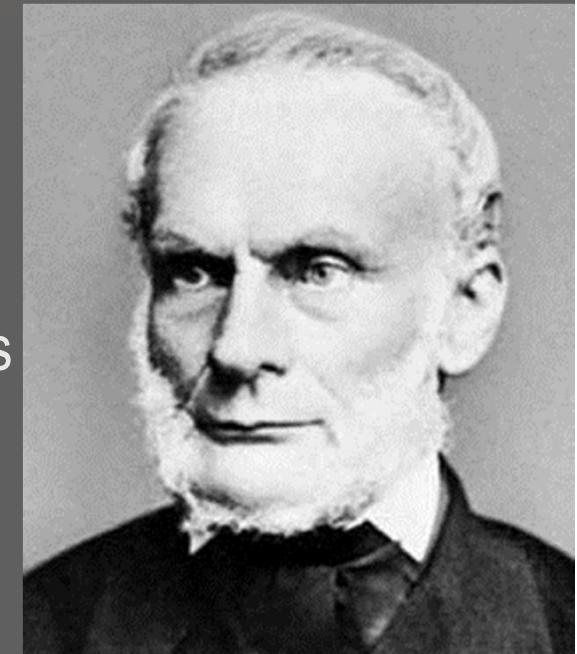
⇒ Šiuolaikinėje fizikoje energijos tvermės dėsnis grindžiamas Neter (Noether's) teorema, kuri teigia, kad visi tvermės dėsniai atitinka tam tikroms simetrijoms fizikinėse teorijose.

Energijos tvermės dėsnis šiuo požiūriu susijęs su fizikinių dėsnų simetrija laiko atžvilgiu (t. y. fizikiniai dėsniai nesikeičia bėgant laikui).

Temodinamikos dėsniai (II)

Antrasis dėsnis

- ⇒ *Neįmanomas tokis procesas, kurio vienintelis rezultatas būtų iš šildytuvo gautos šilumos pavertimas jai ekvivalentišku darbu.*
Paprasčiau kalbant, antrasis termodinamikos dėsnis sako, jog **uždaroje sistemoje** šiluma iš šaltesnio kūno negali būti perduota šiltesniui.
- ⇒ Iš šio dėsnio daroma išvada, jog procesas, kurio metu viena energijos forma – darbas – virsta kita – šiluma – yra **negrīžamas, entropija didėja**. Šiluma gali virsti darbu tik tada, kai vyksta koks nors kompensuojantis procesas.



Rudolf Clausius
(1822 – 1888)

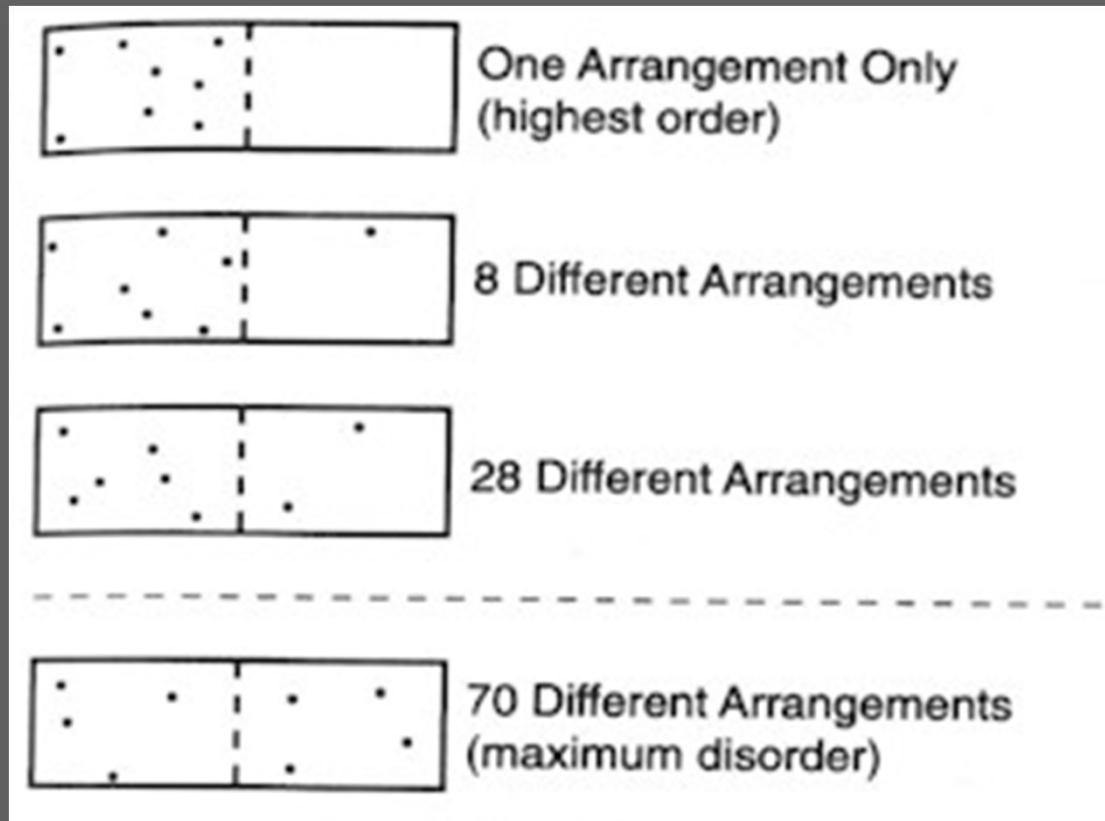
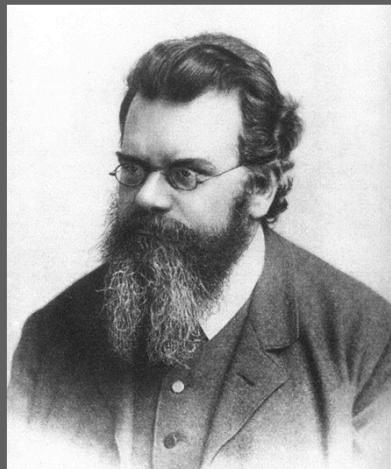
II termodinamikos dėsnis



Uždaroje sistemoje šiluma iš šaltesnio kūno negali būti perduota šiltesniui.

Entropija ir tvarka Boltzmeno mintinis eksperimentas

L.E. Boltzmann, 1896



Entropija, mikroskopinė apibrėžtis $S = k \ln \Omega,$

Ω - mikrobūsenų skaičius, apibrėžiantis makrobūseną

Entropija

*Entropija –
netvarkos matas*

$$\Delta S = k \ln W_2 / W_1$$

H t.d.

$$\Delta S \geq 0$$

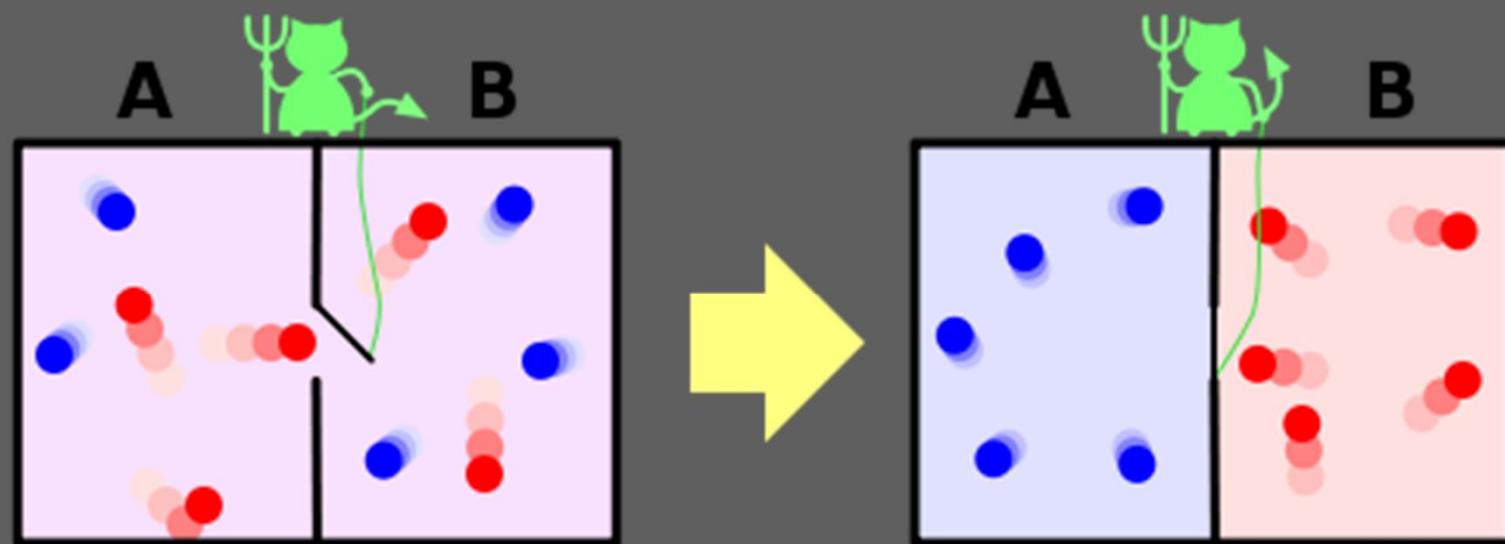
*M.C. Ešeris
“Tvarka ir chaosas”*



Kaip sumažinti entropiją?



Maksvelo demonas



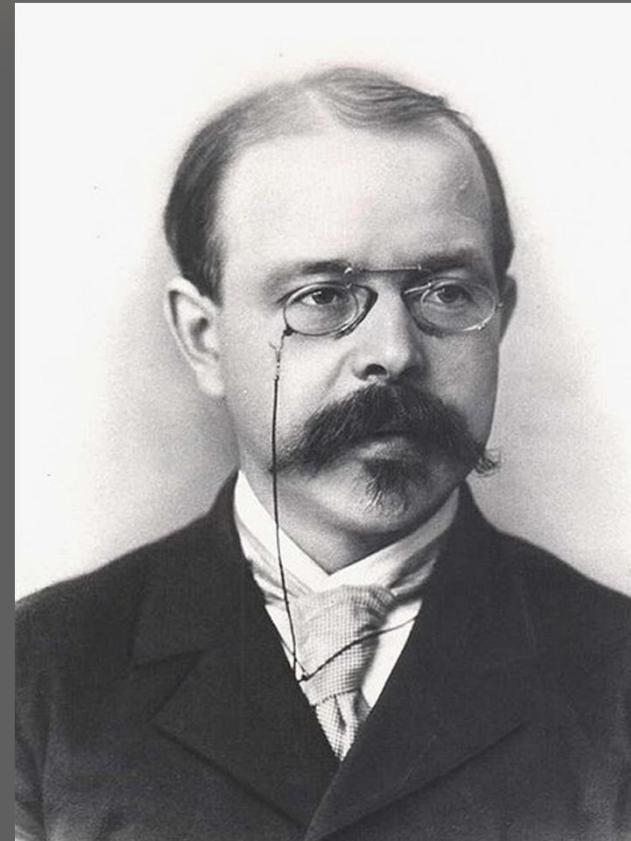
Temodinamikos dėsniai (III)

Trečiasis dėsnis

⇒ *Temperatūrai artėjant prie absolintaus nulio, sistemos entropija tampa pastovi.*

Tai reiškia, jog pasiekus absolutų nulį visi procesai sustoja.

-273.15°C

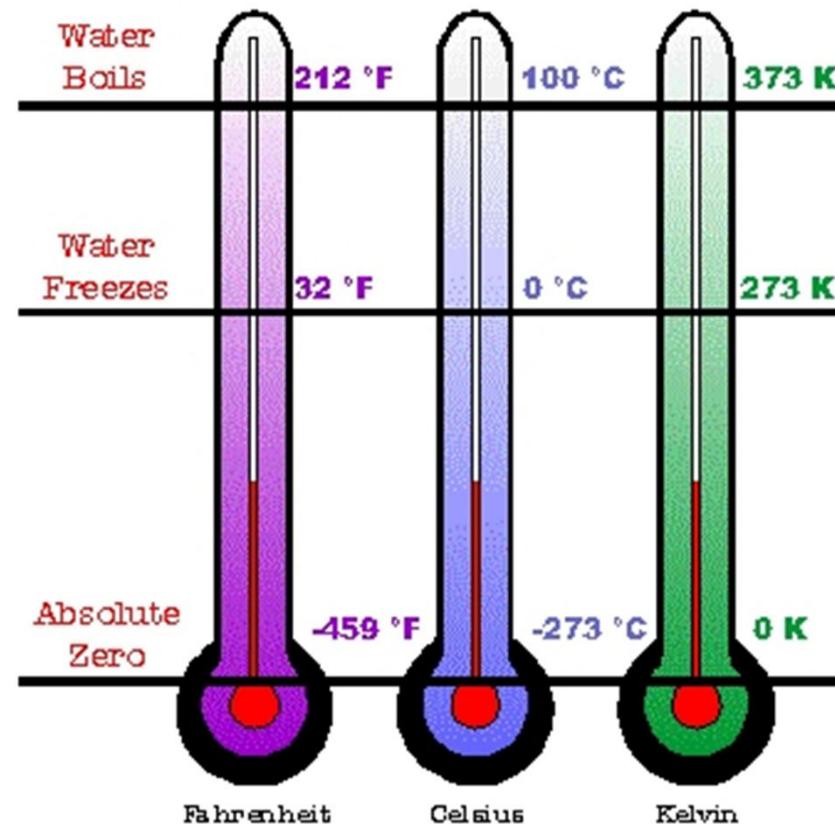


Walther Nernst
1864- 1941

Temperatūros skalės

Absolute Zero

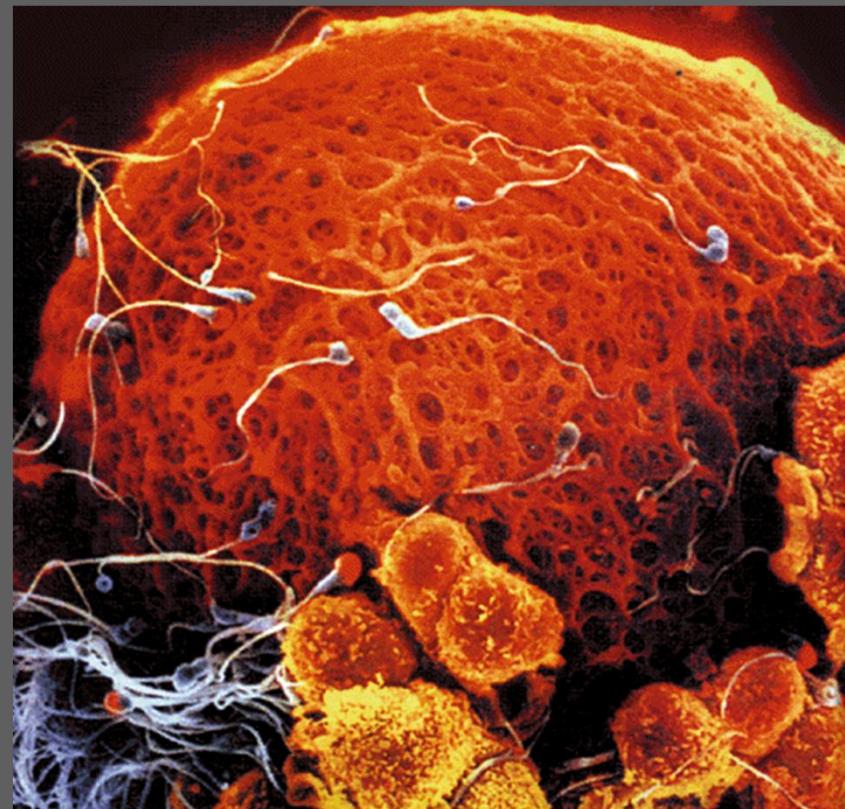
Thermometers compare Fahrenheit, Celsius and Kelvin scales.



**Visa Žemės cheminės ir biologinės sistemos
evoliucija yra nuolatinis vyksmas,
pažeidžiantis II termodynamikos dėsnį!**

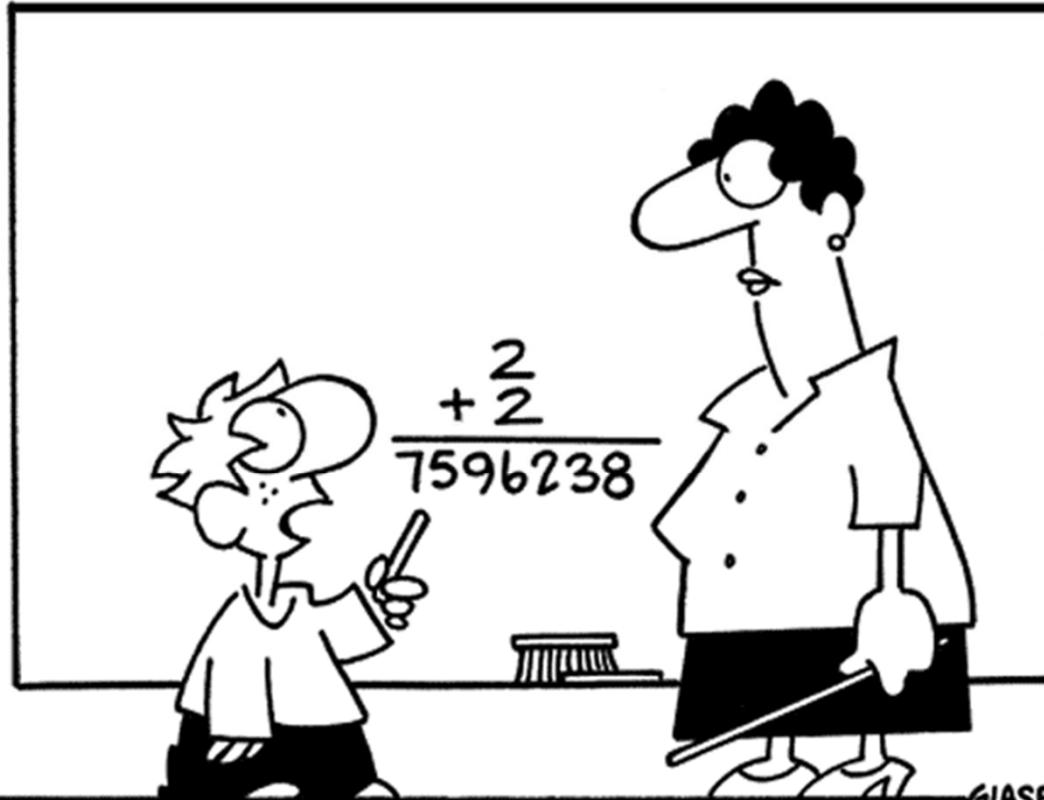
⇒ *Entropija:*

$$\Delta S = k \ln \frac{W_2}{W_1} \geq 0$$



Sudētingas pasaulis

Copyright 2005 by Randy Glasbergen. www.glasbergen.com



**"In an increasingly complex world, sometimes
old questions require new answers."**

Nepusiausviruju sistemų termodinamika

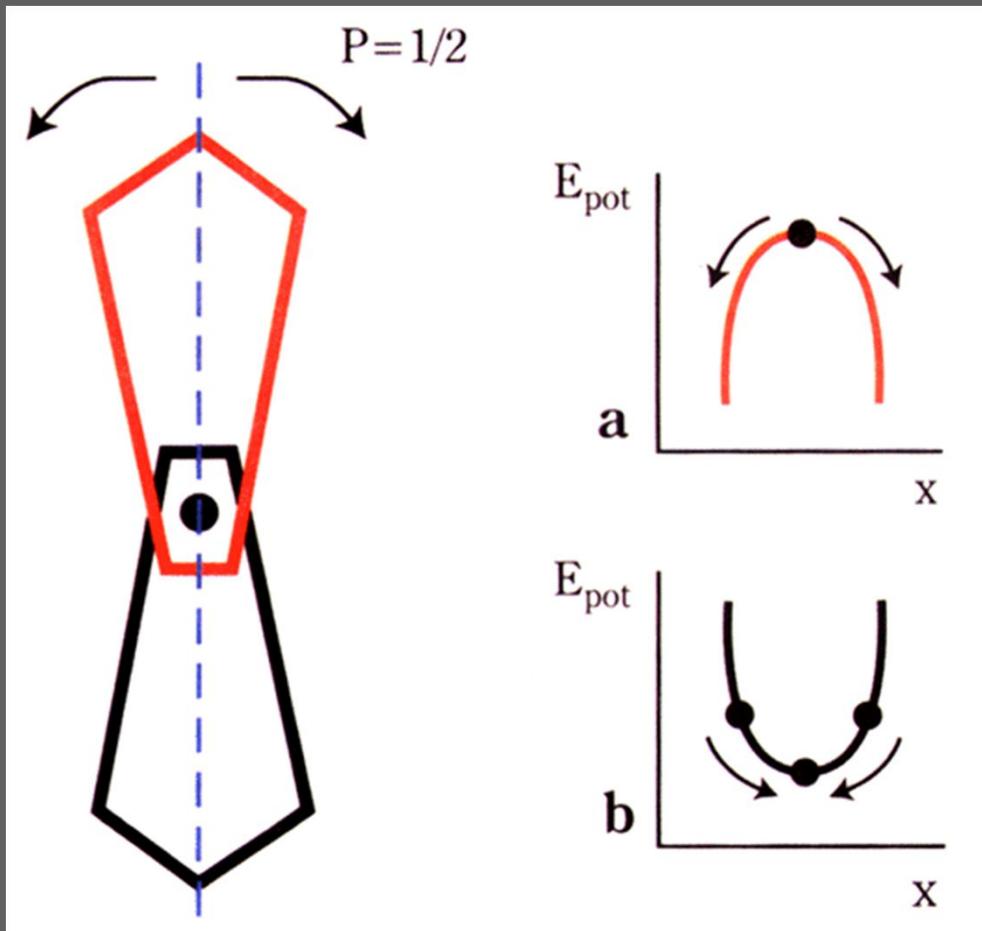
I.Prigožinas
(1917-2003)



1977 NP

⇒ Disipacinės sistemos termodinamiškai **atviros** ir **nepusiausviro** sistemas, kurios vystosi priešingai nei reikalauja II termodinamikos dėsnis,
t.y. jose didėja tvarka

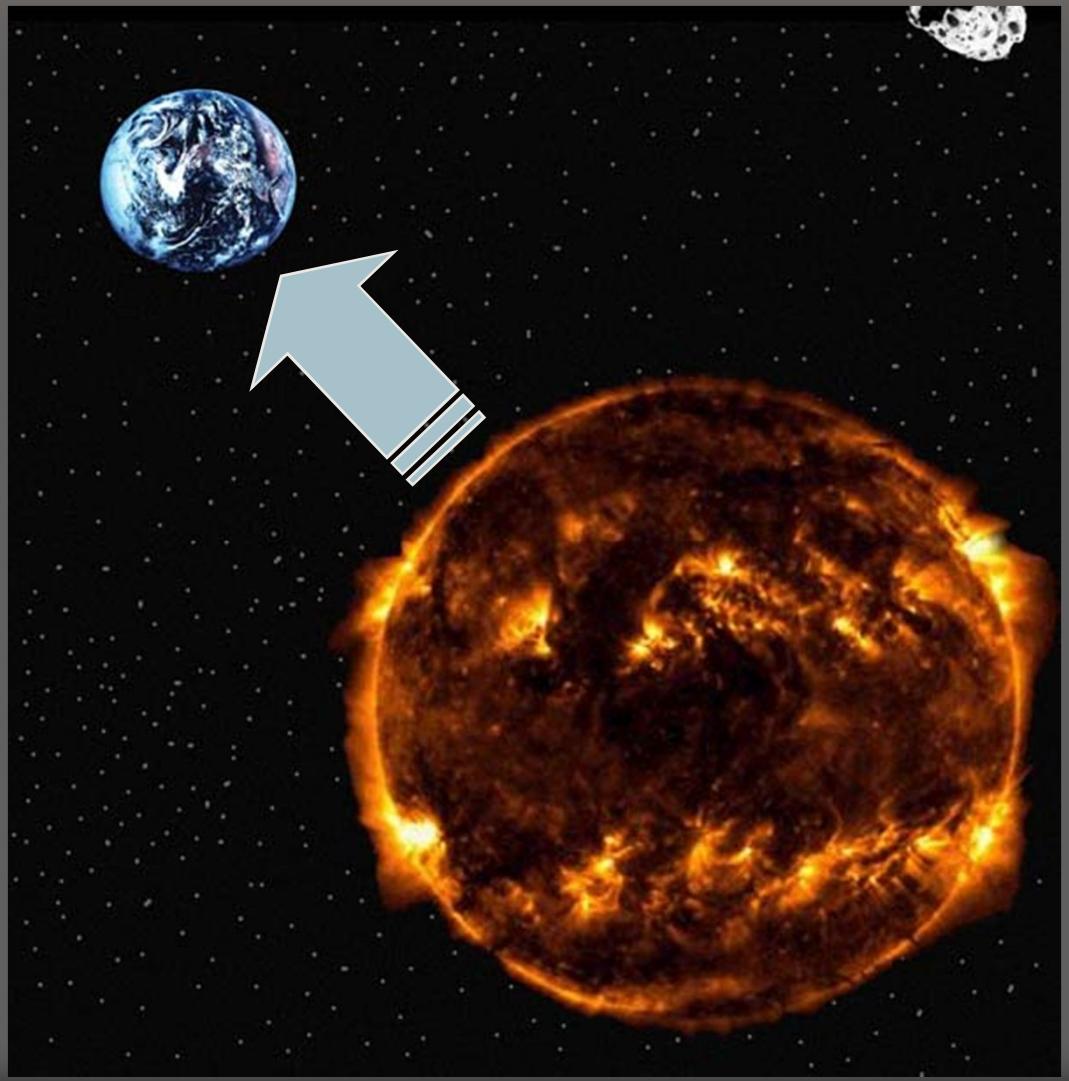
Nepusausvyrosios sistemos Klasikinė švytuoklė



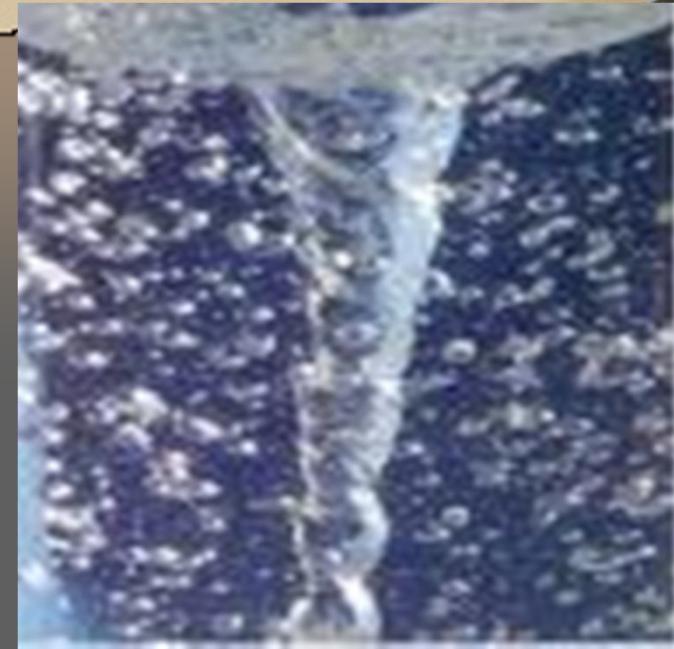
- ⇒ Švytuoklės nepusiausviroji ir pusiausviroji būsenos
- ⇒ Švytuoklės tikimybinio ir deterministinio judesio pavyzdžiai

Žemė – atvirojī sistema

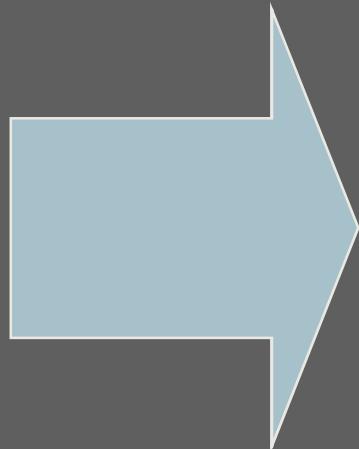
Energijos
ir
medžiagos
srautai



Nepusiausviroji termodinamika



- ➲ Atvirosios sistemos
- ➲ Toli nuo pusiausviros



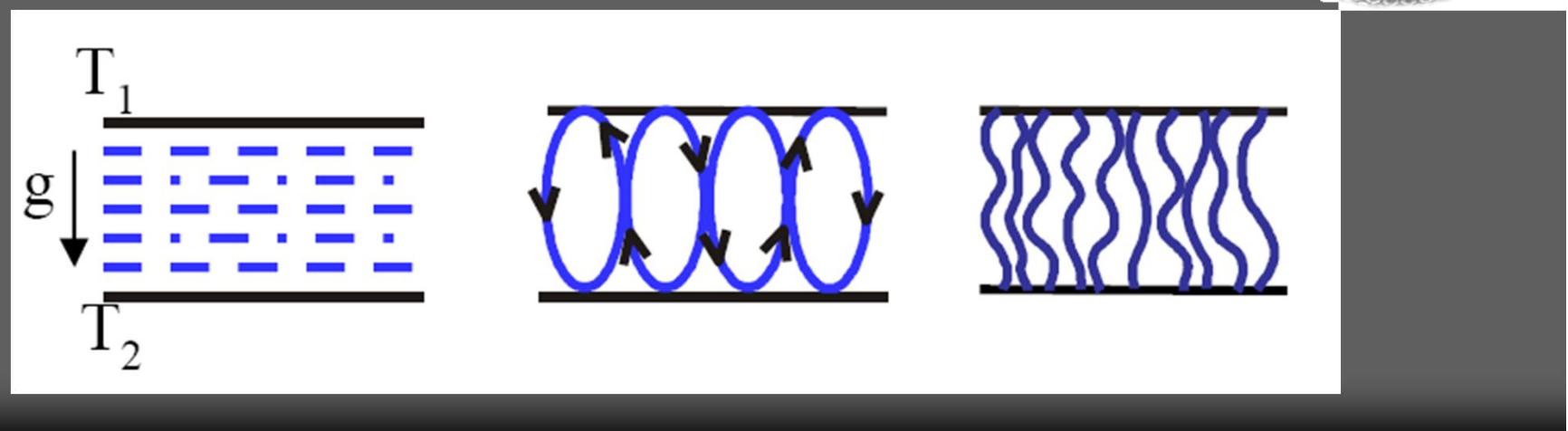
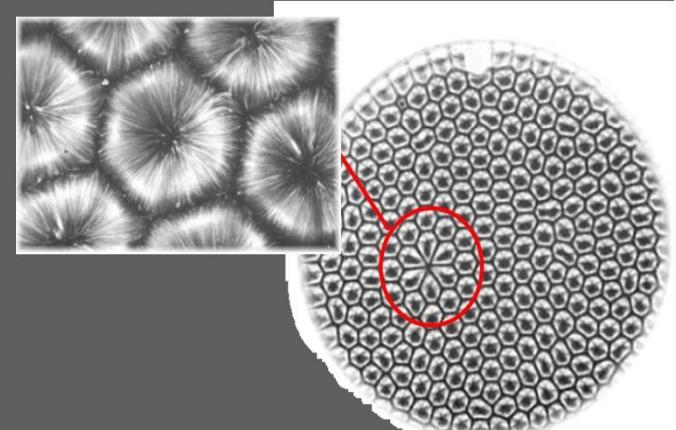
Savaiminis
sudėtingų
dinaminiuų
sistemu
gimimas

Tvarkos gimimas

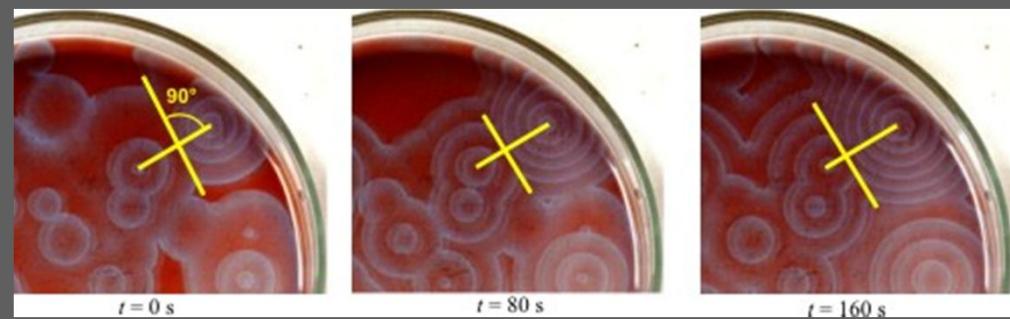
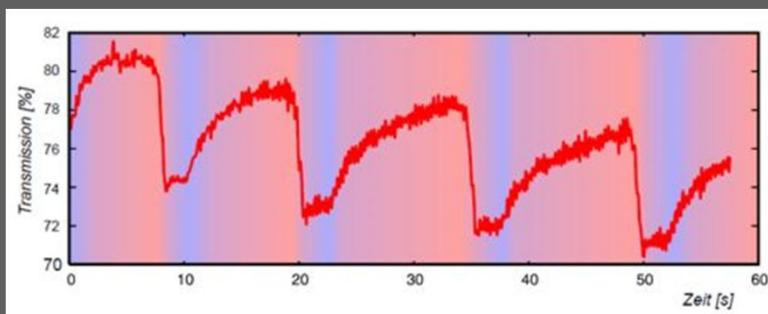
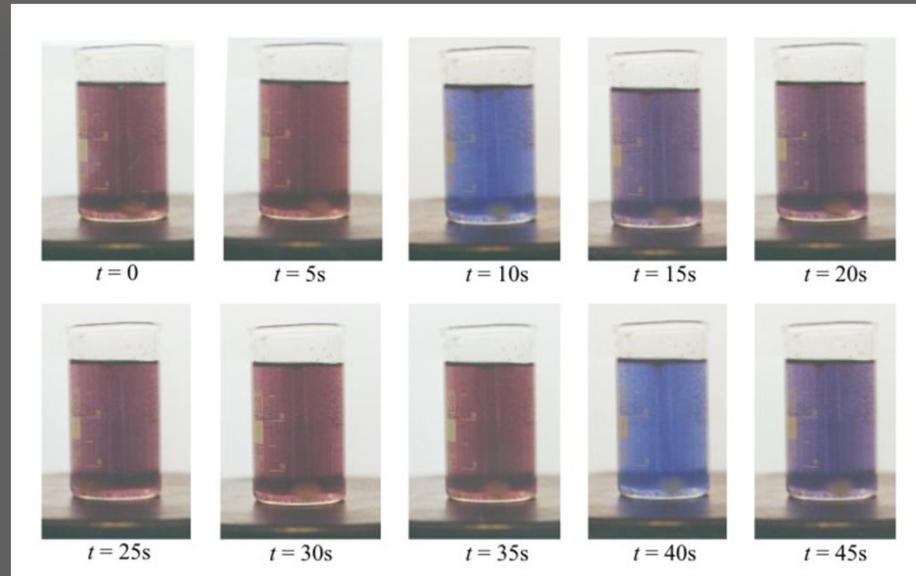
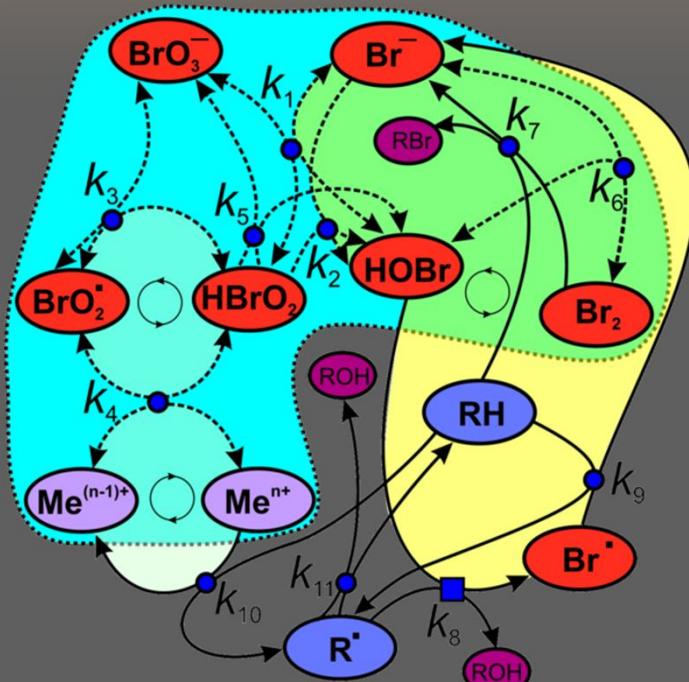
- ⇒ Dinaminės disipacinės sistemos talpina savyje ir savaiminį tvarkos gimimą. Kai energijos srautas sustiprėja, sistema gali pereiti nestabilumo tašką (bifurkacijos taška), kuriame ji gali nukrypti į visiškai naują struktūrą apibūdinamą naujomis tvarkos formomis

Bernaro celės

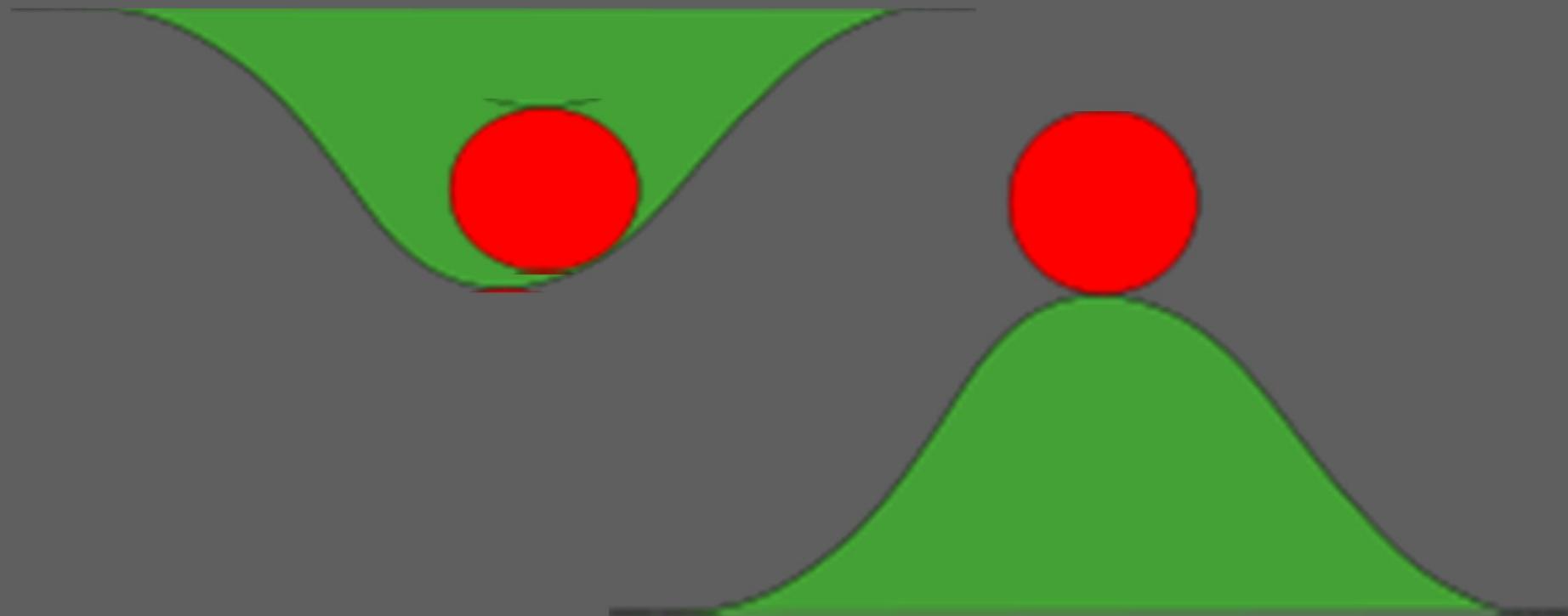
⇒ Skystis tarp dviejų plokštumų kaitinamas iš apačios. Didinant temperatūros gradientą iš pradžių atsiranda tvarkingas judėjimas cilindriniais sūkuriais, o po to – turbulencinis judėjimas.



Belousov-Zhabotinsky reakcijos

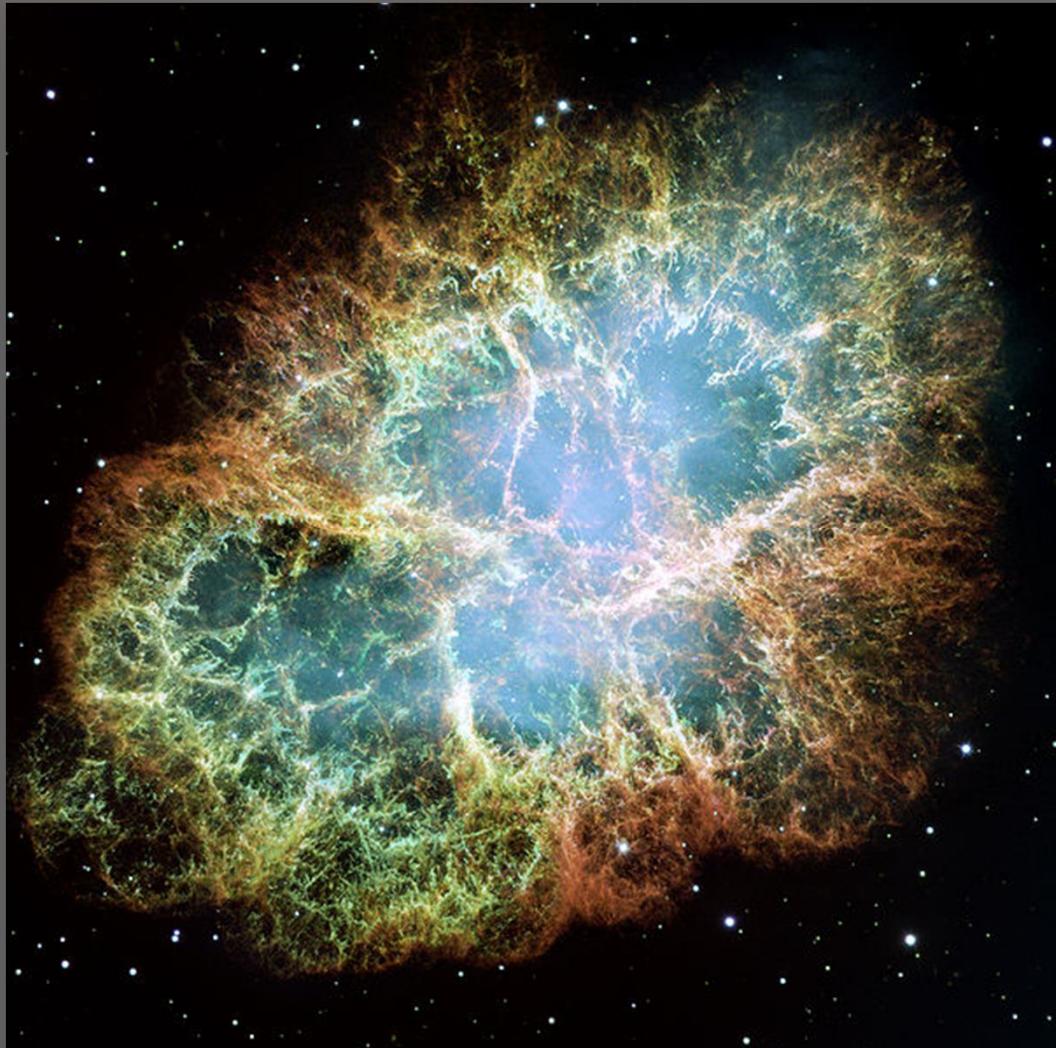


Nestabilumas

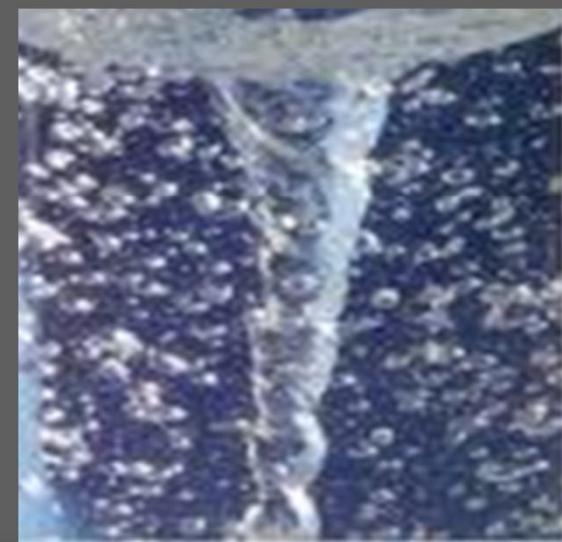
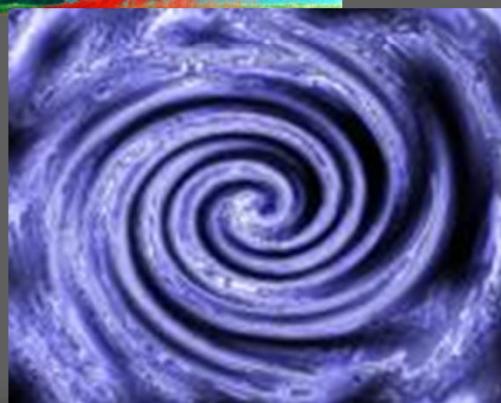


Nestabilumas

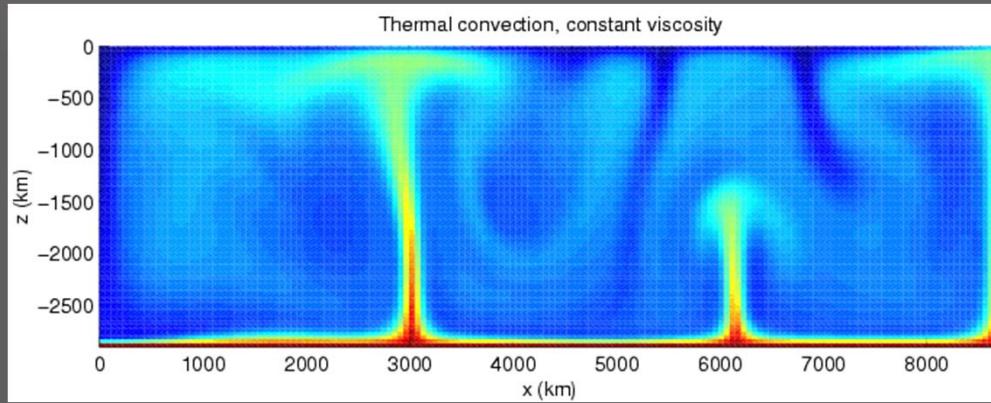
- ⇒ Dvieju rūšių dujų sąveika (lengvesnės dujos stumia sunkesnes)



Saviorganizacija



Disipacinės struktūros *paprasti pavyzdžiai*



Terminė
konvekcija



Uraganas
Isabelė

Turbulencija

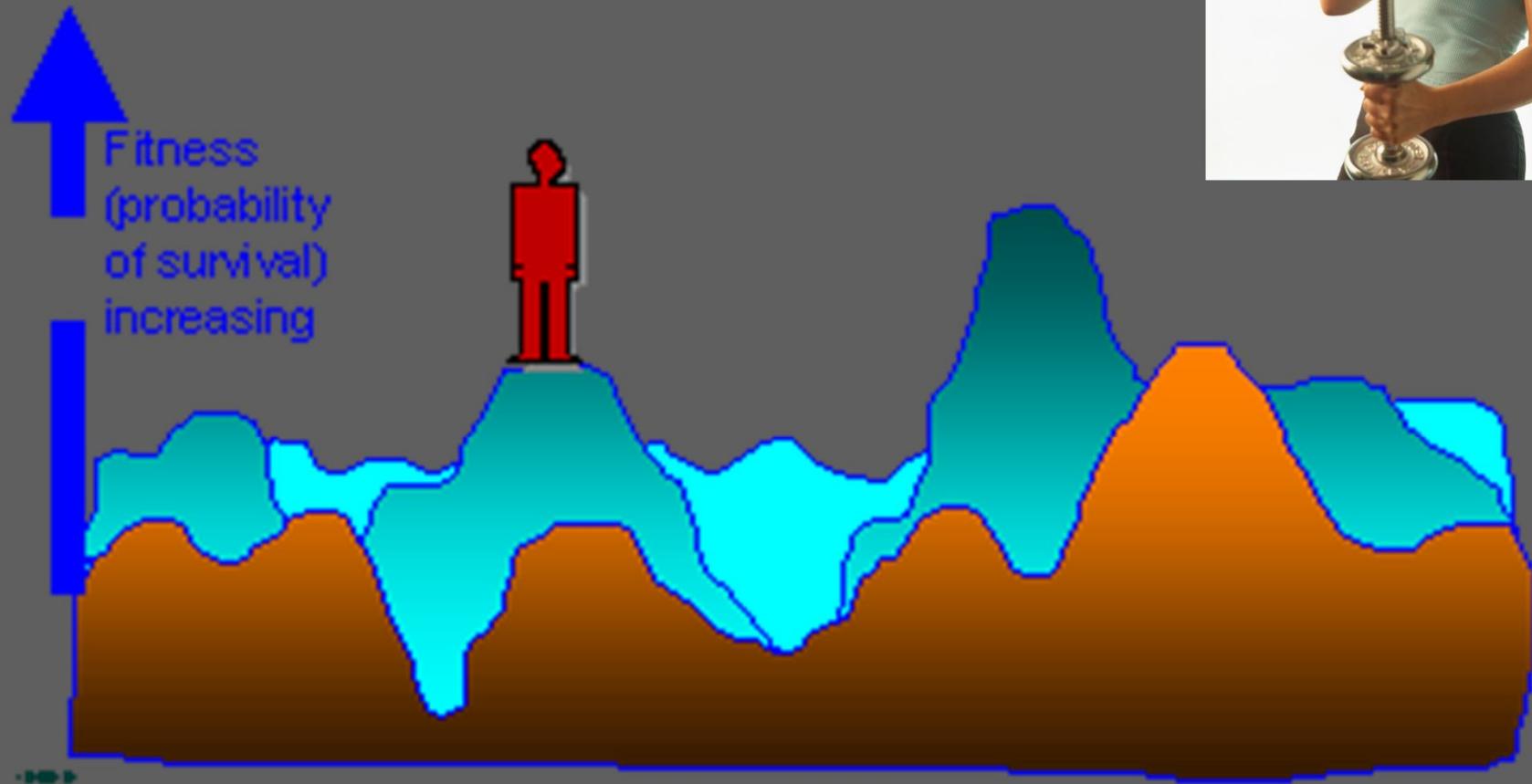


Turbulencija sūkuryje nuo
lēktuvo sparno

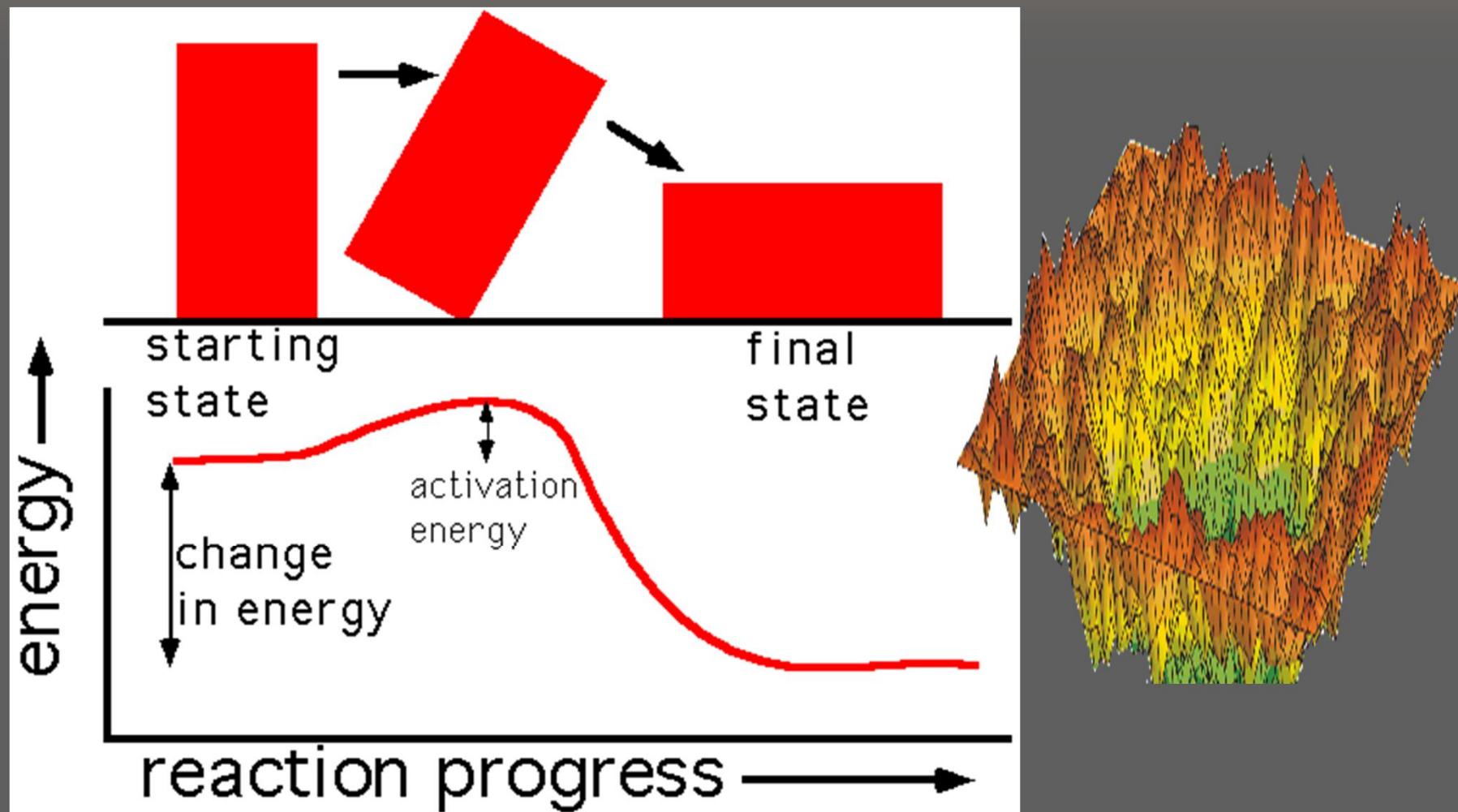


Laminarinis ir
turbulentinis cigaretės
dūmo tekėjimas

Pajēgumo landšaftas



Potencinės energijos landšaftas



Tvarkos gimimas

- ⇒ Dinaminės disipacinės sistemos savaimė gimdo tvarką.
- ⇒ Kuomet energijos srautas viršija tam tikrą slenkstį sistema gali pereiti nestabilumo tašką (bifurkacijos tašką), kuomet sistema įgauna visiškai kitą struktūrą (pavyzdžiui, Bernaro celių susidarymas).

