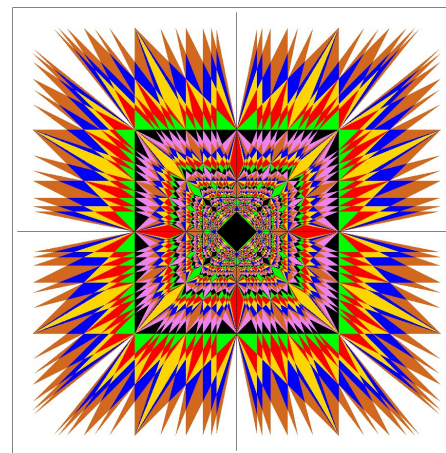
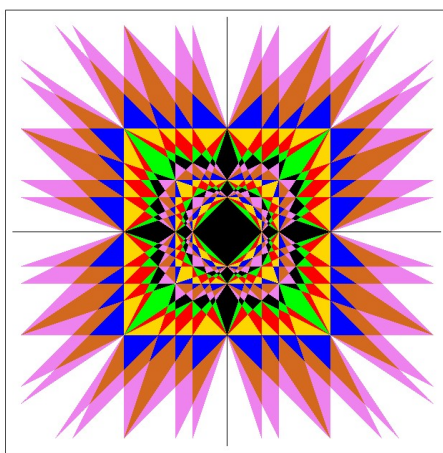
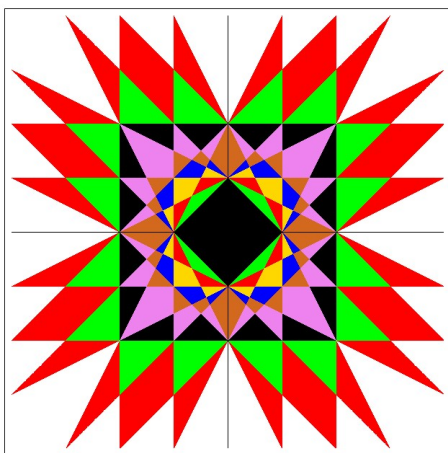


# Med redom in neredom

Janko Gravner, UC Davis in UP IAM

12. april 2017



# Samo-organizacija



Nekateri procesi ustvarijo prostorski red samo preko lokalnih stikov in brez kakih globalnih smernic (npr. ribje jate nimajo voditelja). To je v nekem smislu *obraten proces* kot ga zahteva drugi zakon termodinamike za zaprte sisteme. Entropija (količina informacije, ki jo zahteva opis sistema) namreč *pada*. Čeprav obstajajo uspešne definicije “organizacije” (J. Crutchfield, C. Shalizi in ostali), je razumevanje prvega dela izraza, “samo”, dokaj megleno.



# Samo-organizacija

Wolfgang Banzhaf, v svojem prispevku *Samo-organizirani sistemi* k Enciklopediji fizikalnih znanosti in tehnologije, zaključi, da :

“... do danes enolična teorija samo-organizacije ne obstaja. Skozi mnoga leta so znanstveniki poskusili in uporabili mnogo različnih pristopov, a enotne slike še ni na vidiku.”



# Samo-organizacija

Wolfgang Banzhaf, v svojem prispevku *Samo-organizirani sistemi* k Enciklopediji fizikalnih znanosti in tehnologije, zaključí, da :

“... do danes enolična teorija samo-organizacije ne obstaja. Skozi mnoga leta so znanstveniki poskusili in uporabili mnogo različnih pristopov, a enotne slike še ni na vidiku.”

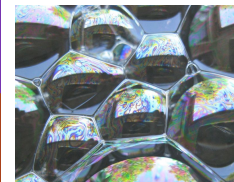
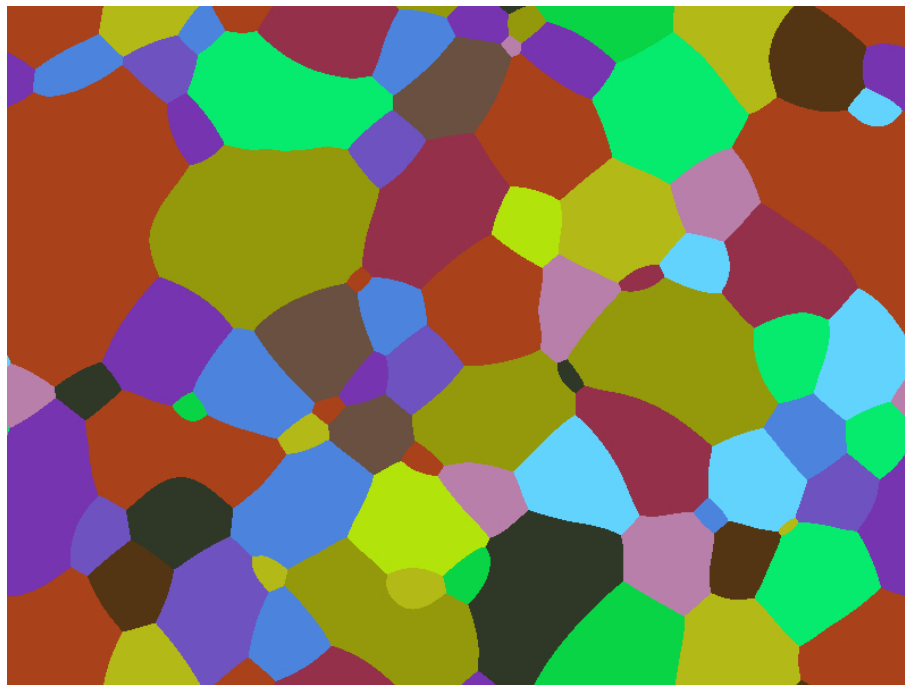
Običajna uporaba te fraze doda k zmedi. Npr., na spletu je za določeni dan oznanjena “samoorganizirana akcija čiščenja Pekrskega potoka”. To ne pomeni, da bo potok očiščen, če se bodo Pekrčani ukvarjali z dejavnostmi, ki na prvi pogled ne kažejo na to, saj je dana “globalna smernica” in organizacije v našem smislu *ni*.



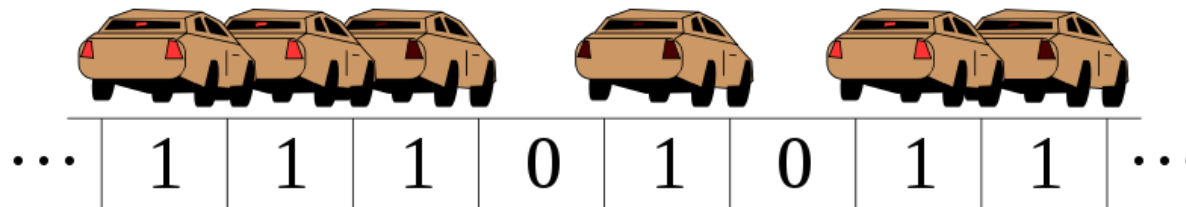


# Redukcionizem

Najboljša pot k razumevanju nejasnih konceptov je preko *preprostih* primerov.



# Promet

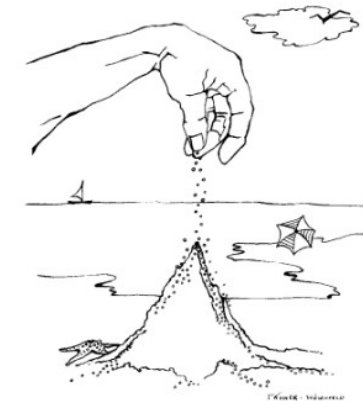


Vozila potujejo po enopasovni cesti: pospešijo (do maksimalne hitrosti), ko imajo prosto pot in upočasnijo ob prisotnosti vozil pred njimi. Pogledali si bomo enostavni diskretni Gray-Griffeathov model.



## Dva opažanji:

- **fazni prehod** iz tekočega pretoka v dolgotrajne prometne zamaške, ko gostota prometa preseže kritično točko (za izbrane parametre v simulaciji je kritična gostota okrog 0.13); in
- **samo-organizirana kritičnost**: ko je gostota nad kritično, so vozila zunaj ogromnih prometih zamaškov točno pri mejni gostoti. Pojem s.o.k. je uvedel Per Bak v poznih 1980-ih. Prvotno je svojo idejo ponazoril na primeru kupčka peska, v svoji knjigi *Kako deluje narava* pa je trdil, da so kritična ravnovesja prisotna vsepovsod v naravi in družbi.



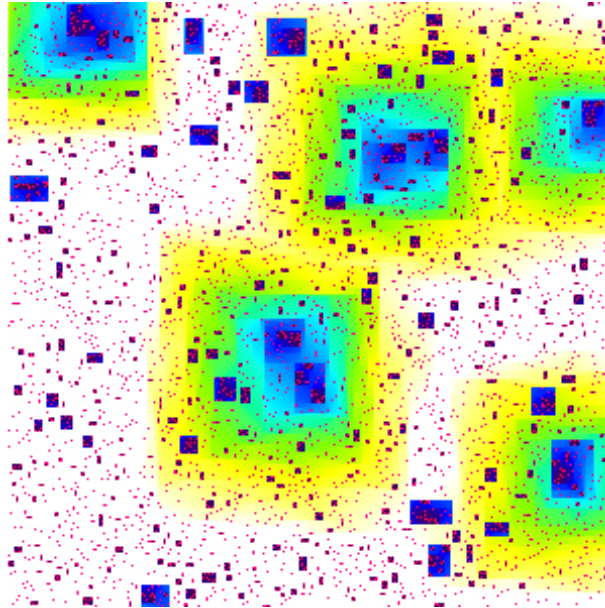
## Citat Pera Baka

Per Bak (1948–2002) je imel zelo določene poglede o tem, zakaj njegove ideje niso bile širše sprejete:

“Če [raziskovalci] ne sprejmejo neko skupno sliko o [svojem področju], ne glede na to, da ta slika nima podpore v dejstvih, se ne morejo povezati v znanstveno vedo. Ker je malo verjetno, da se bo ta slika dokazano izkazala za napačno v času [njihovega] življenja, je ena teorija enako dobra kot druga.”



# Strjevanje

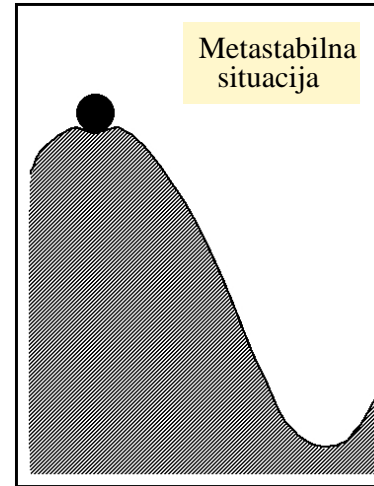


Kristali rastejo z zapolnitvijo vogalov.



# Metastabilnost

Mnogi naravni sistemi so “komaj stabilni”, tj. majhne motnje ne bodo imele velikega učinka, kaka velika sprememba pa bo. Ta pojem **metastabilnosti** je našel uporabo v biologiji (npr. teorija *prekinjenega ravnovesja* Eldredga and Goulda iz leta 1972), v nevrologiji in psihologiji (npr. naš um prehaja iz enega metastabilnega stanja v drugo), v družbenih vedah (npr. obnašanje finančnih trgov, soglasje), itd. V določenem pogledu je alternativa Bakovi teoriji.



# Večinske volitve

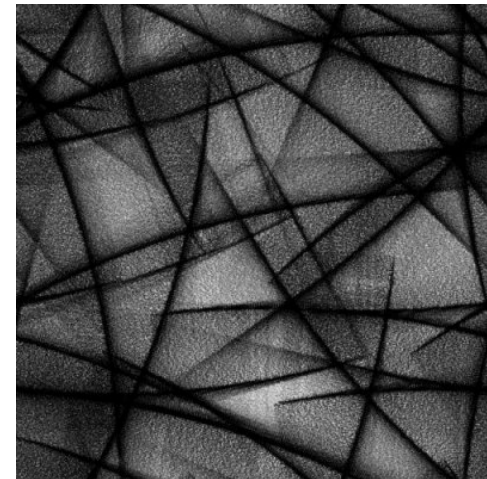
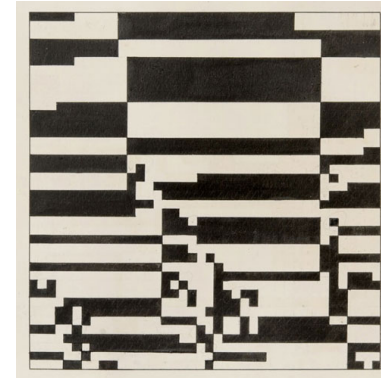


Vsak volilec ima enega od dveh mnenj. Vsak dan (recimo), volilec naredi anketo svoje okolice in se pridruži mnenju večine.



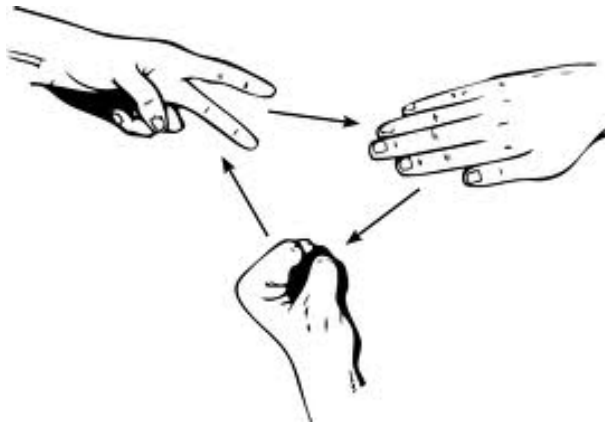
# Generativna umetnost

Ideja o vključitvi “avtonomnih agentov” (tj. računalniških programov s slučajno sestavino) v umetniška dela, se je pojavila v 1950-ih. Hiroshi Kawano (1925–2012) je po mnenju mnogih pionir v tej *generativni umetnosti*. Npr. njegova slika *Načrt 3-3* (črnilo na papirju, 1963) je osnovana na Markovski verigi. Primerjajte Kawanovo delo z bolj sodobnim *Grafit* (2007), katerega avtor Mikael Hvidtfeldt Christensen je uporabil iterativni algoritem. Ali je to *v resnici* umetnost je odprto vprašanje.





# Ciklično tekmovanje



Igralci imajo na voljo določeno število (recime 3 ali 16) ciklično urejenih strategij. Če igralec izgubi proti strategiji kakega igralca iz neposredne okolice, privzame to zmagovalno strateijo.



# Samo-organizacija

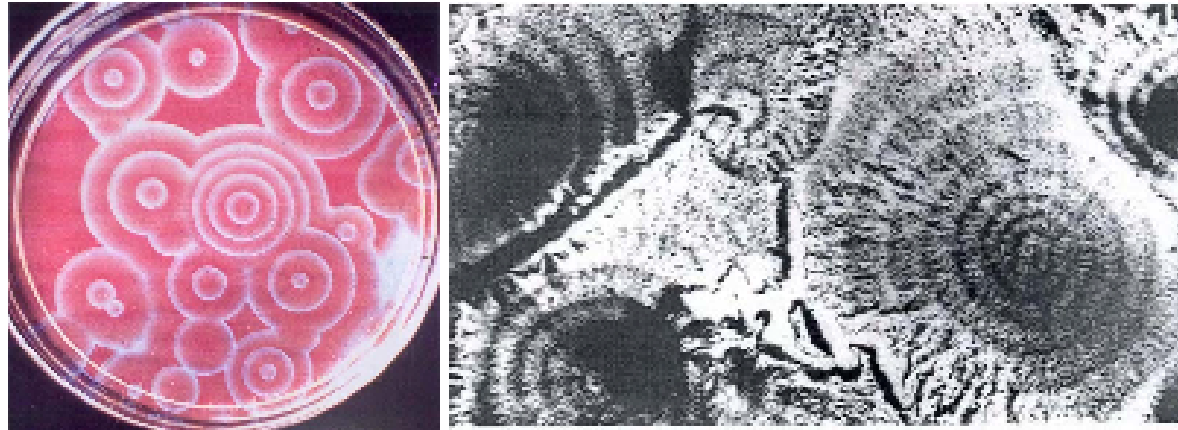
V prejšnjih dveh simulacijah **ni povezave med lokalnimi** pravili in **globalno** organizacijo, saj opis dinamike ne vključuje ukazov kot:

- “naredi gladke meje” pri pravilu večinskih volitev; ali
- “naredi spirale” pri cikličnemu pravilu.

Zvezo med pravili dinamike in strukturo je mogoče razumeti z matematično analizo. Zgornjo trditev je torej potrebno spremeniti v “**ni nobene očitne povezave**.” Morda je problem epistemičen: *samo*-organizacija ne obstaja za neskončno zmogljivega opazovalca, pač pa le za nekoga s končnimi zmožnostmi . . .

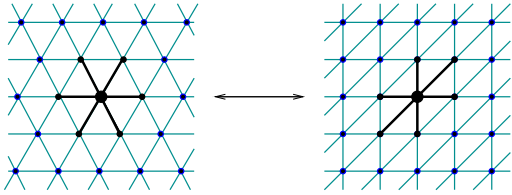


# Samo-organizacija v naravi

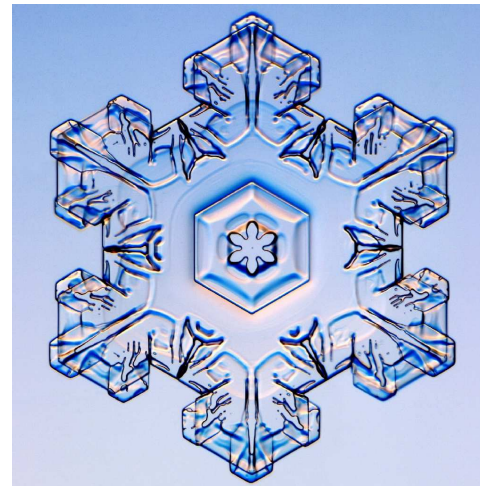
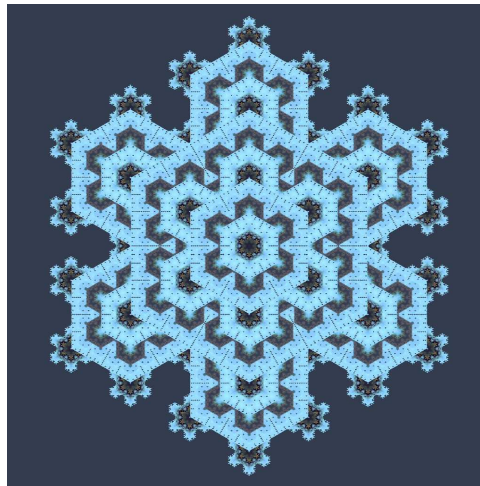


# Snežinke, prvi poskus

Packardova pravila: kristal raste na dvorazsežni mreži (recimo trikotni



mreži), ob predpostavki, da točka z natančno eno zasedeno (oz. zamrznjeno) sosedo vedno postane zasedena v naslednji časovni enoti, točka z dvema zasedenima sosedama pa ne. Ideja je, da imajo konice snežnih kristalov prednost pri rasti.



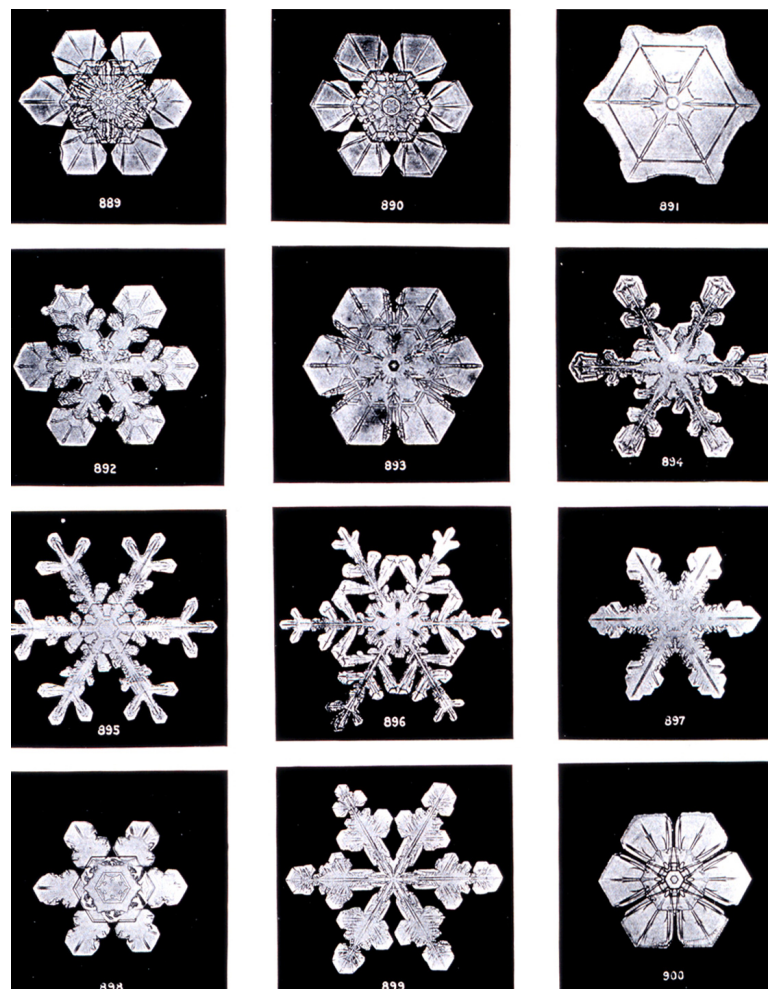
## Ko imaš matematični model preveč rad ...

S. Wolfram trdi, da so Packardova pravila “presenteljivo uspešna pri reprodukciji vseh vrst očitnih značilnosti rasti snežink.” To stališče odmeva tudi v naslednjem citatu iz knjige Umetno življenje (avtor S. Levy , 1992):

“Vsak osnovnošolec, ki bi pogledal katero od krasnih računalniških slik v Packardovi zbirki, bi jo takoj poistovetil s snežinko.”



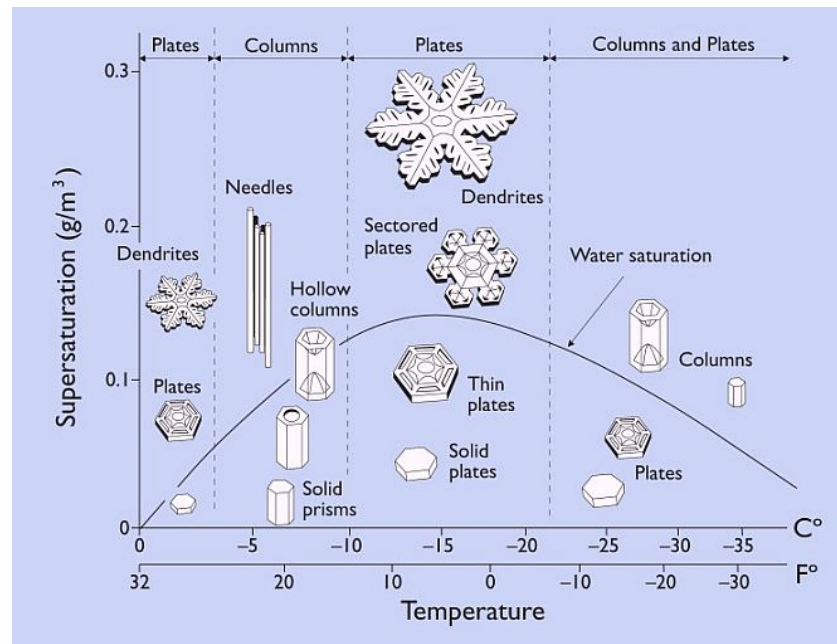
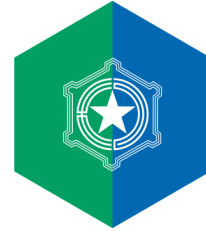
# Prve fotografije snežink: W. A. Bentley (1865-1931)



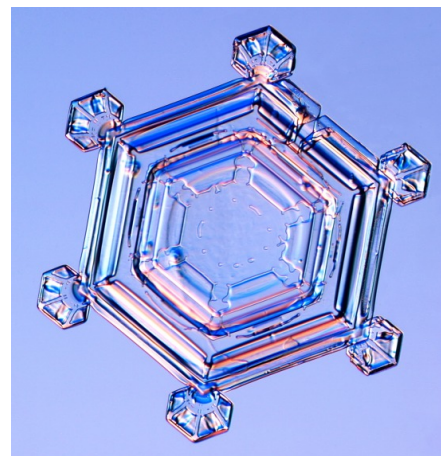
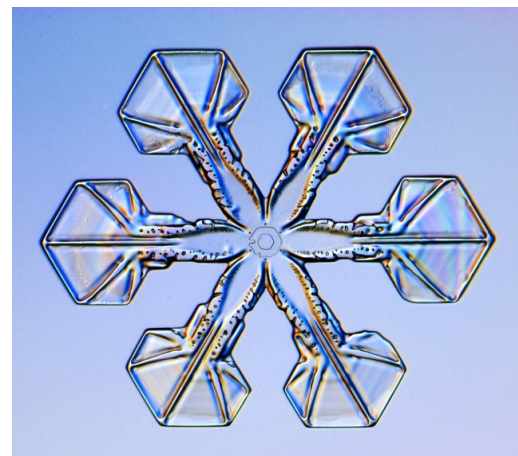


# Fazni diagram Ukichira Nakaye

Nakaya (1900–1962) je študiral snežne kristale v 1930-ih v Sapporu, in je bil prvi, ki mu je uspela rast “umetnih” kristalov v laboratoriju. Napisal je klasično knjigo *Snežni kristali: naravni in umetni* (1949 v Japonščini in 1954 v Angleščini).



# Iz zbirke fotografij Kena Libbrechta

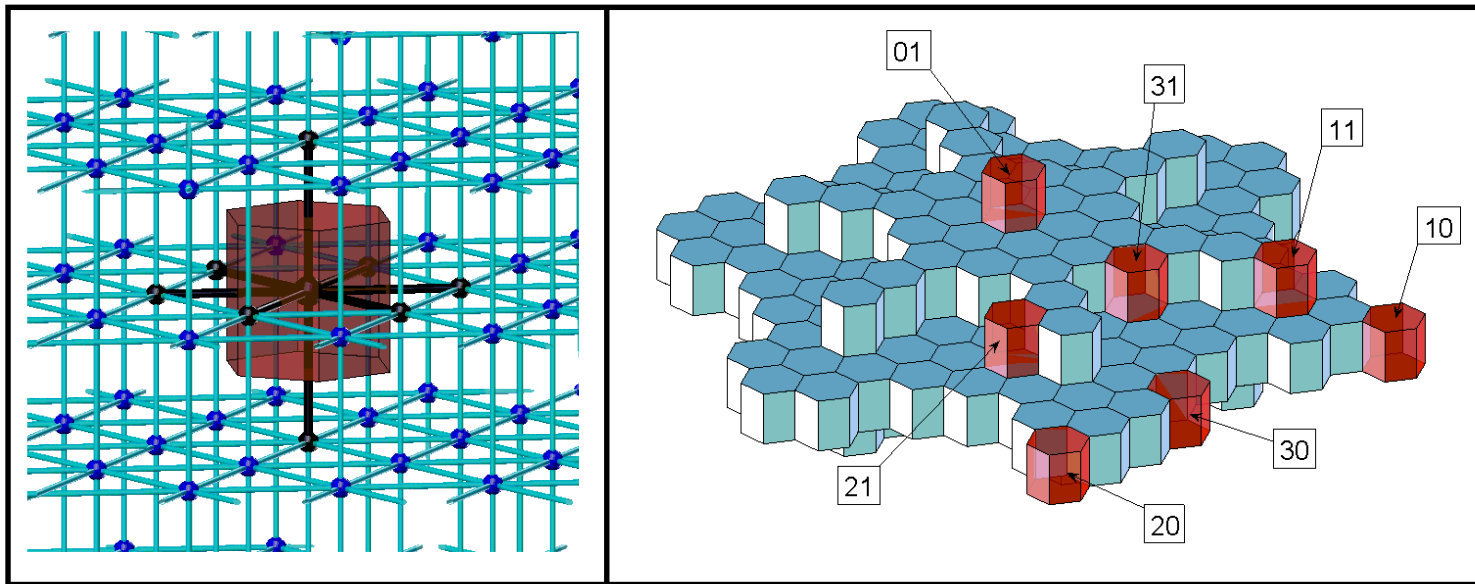




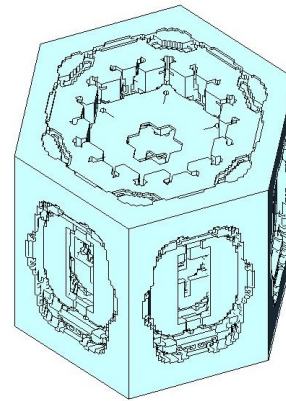
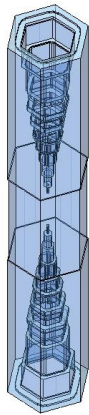
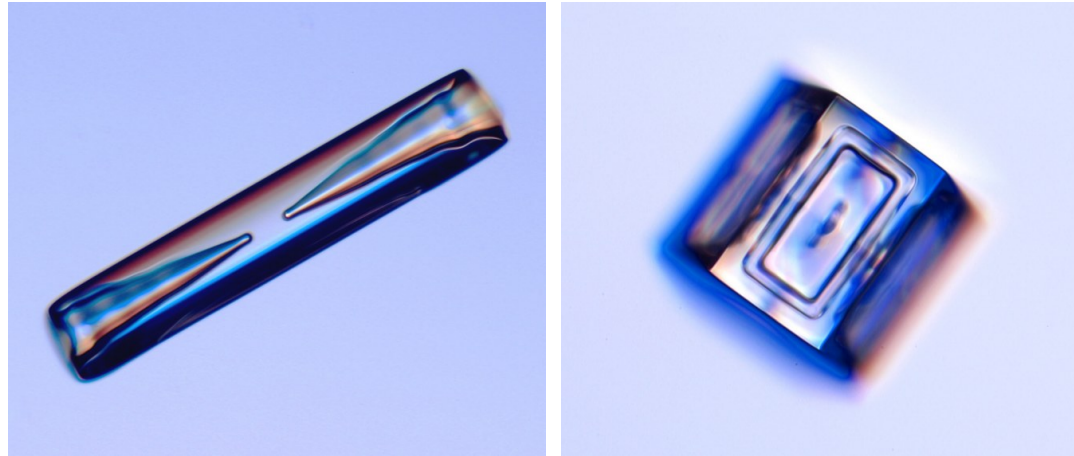
# Snežinke, drugi poskus

Snežni kristali se oblikujejo takole:

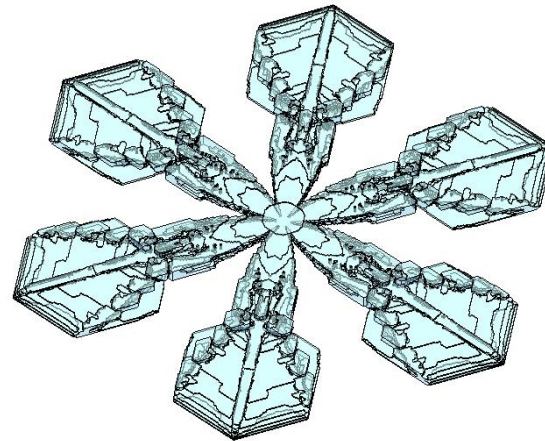
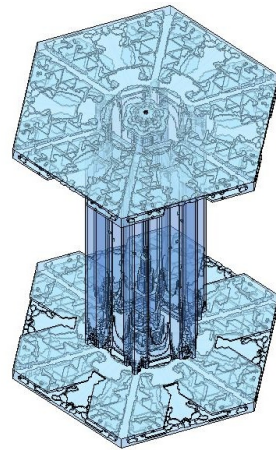
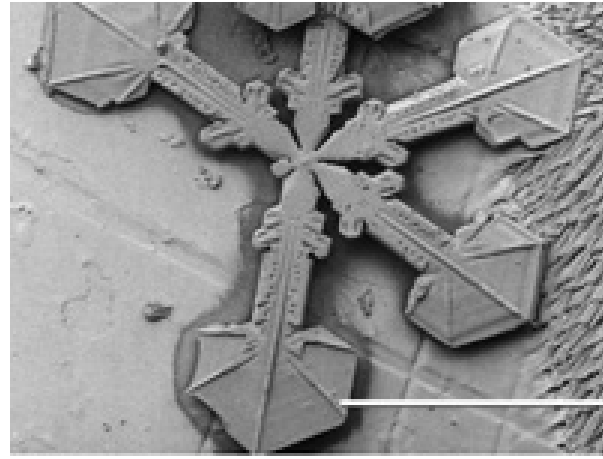
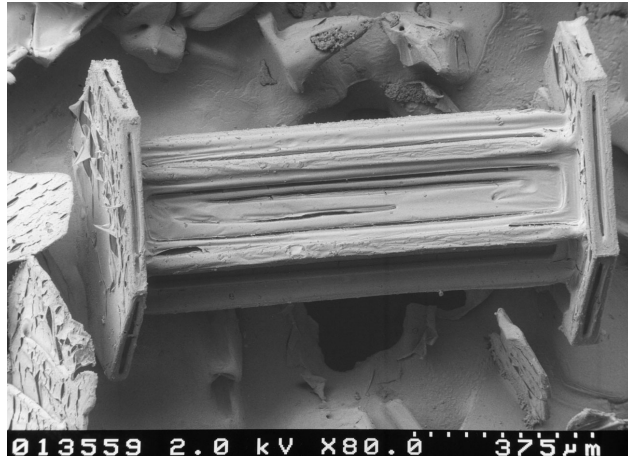
1. Vodni hlapi zamrznejo ob stiku z ledenim kristalom (*depozicija*).
2. Hlapi se brezsiljno pomikajo po zraku okrog kristala (*difuzija*).
3. Vdolbine v kristalu lažje ujamejo hlape kot štrleči kraki (*anizotropija*).



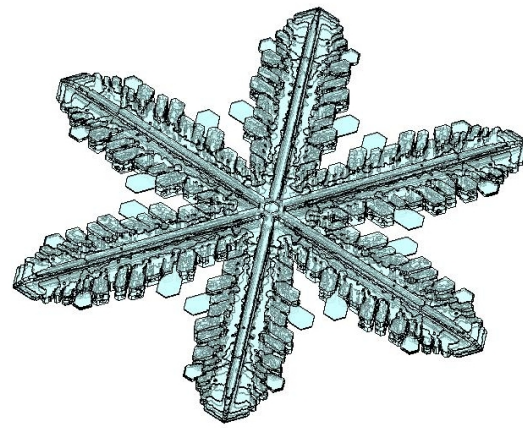
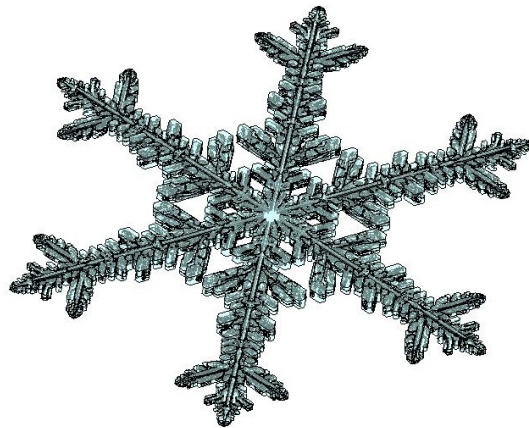
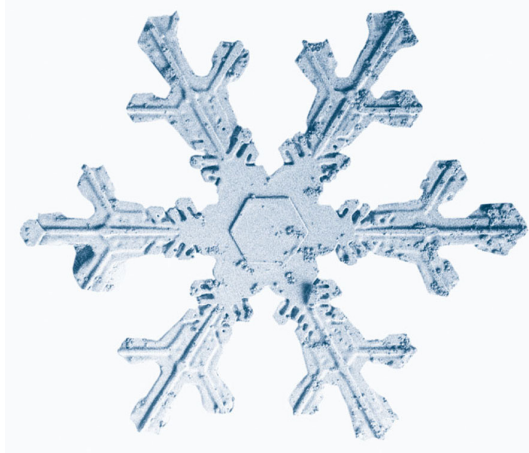
# Stebri



# Pokriti stebri in široke konice

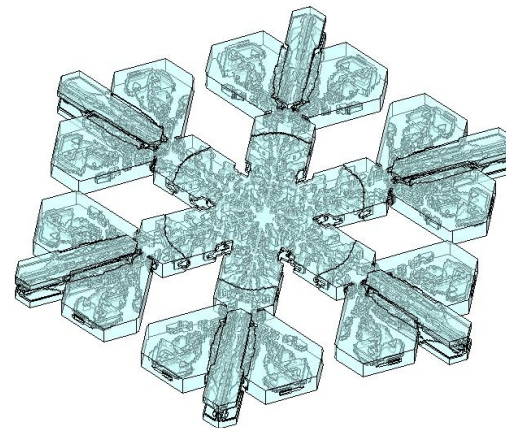
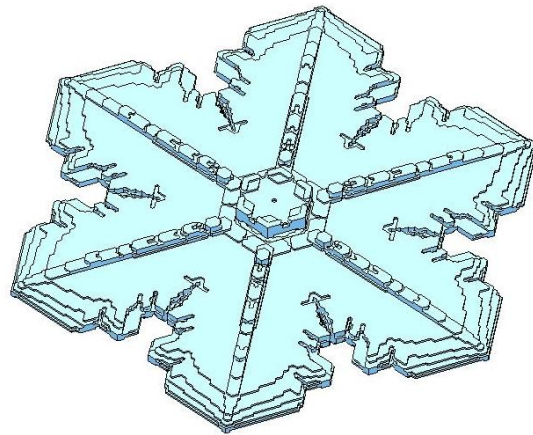
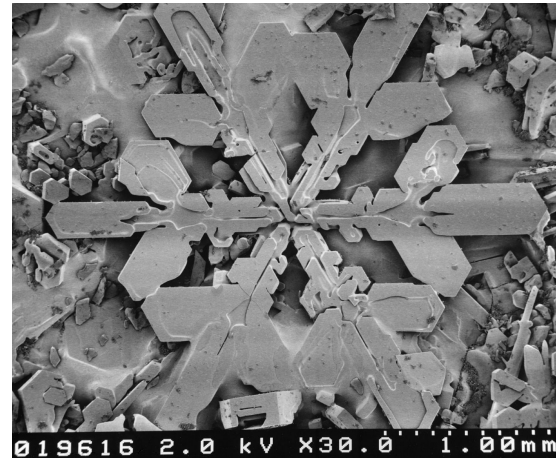
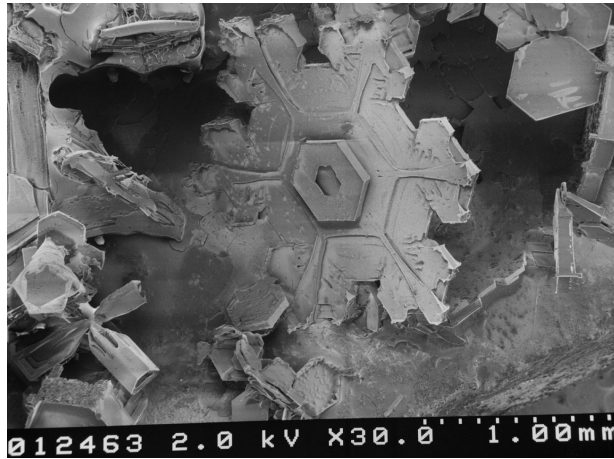


# Dendriti

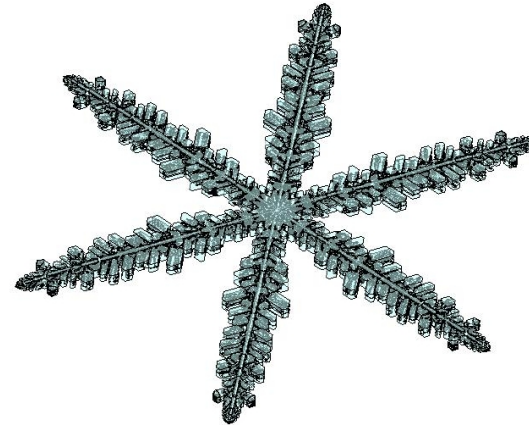
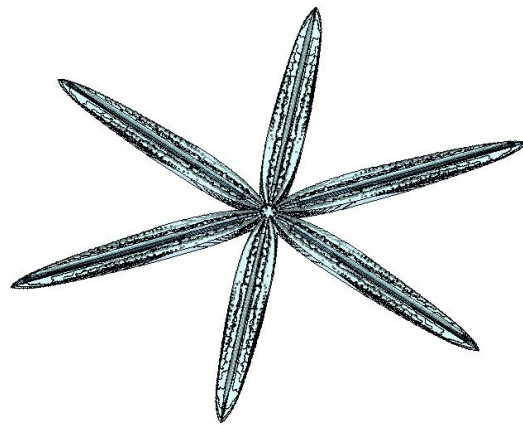
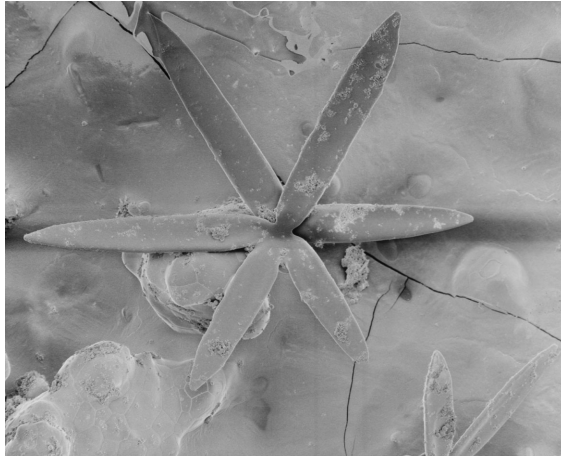




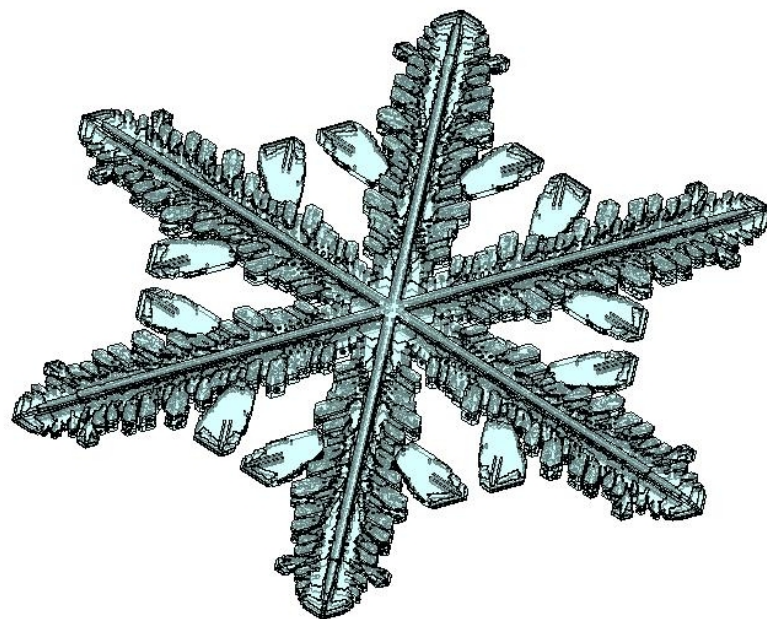
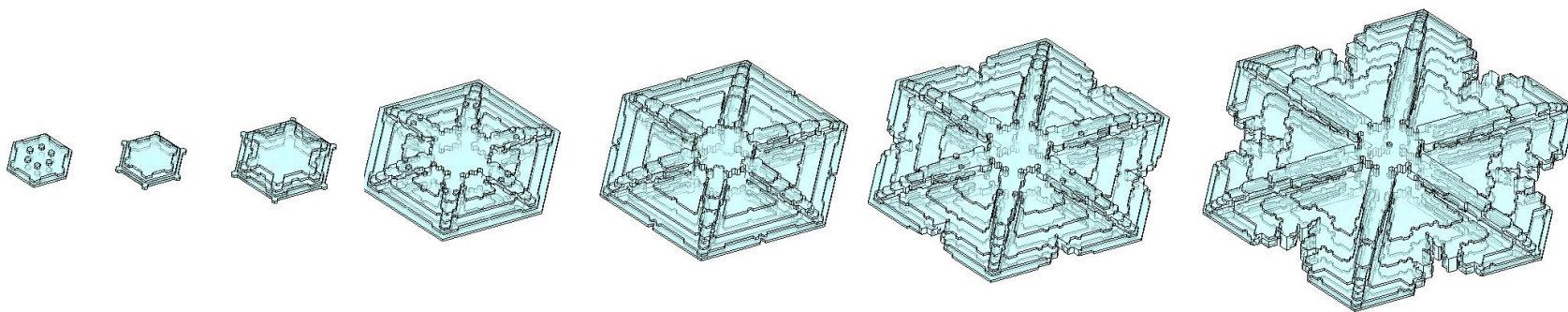
# Ploskve



# Zvezde

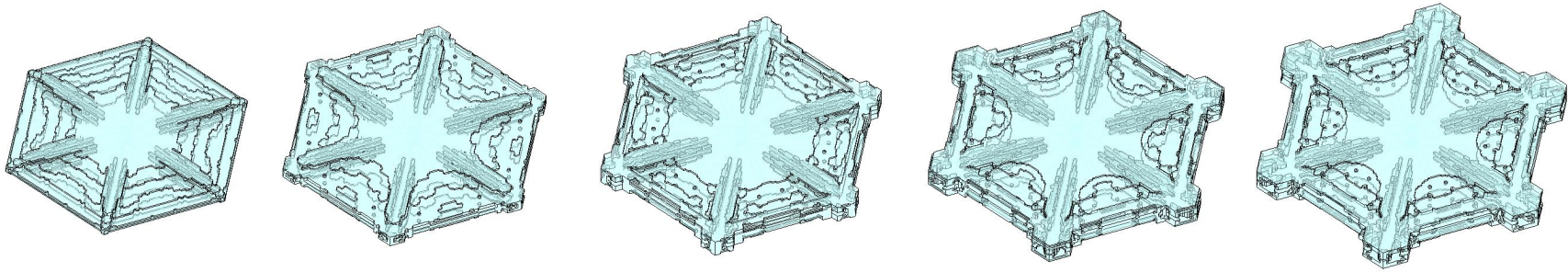


# Nestabilnost: razvejitev

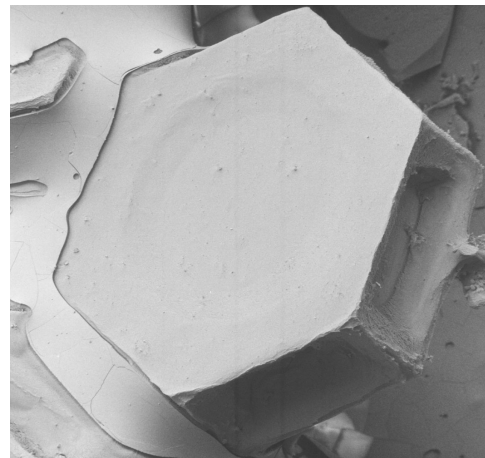
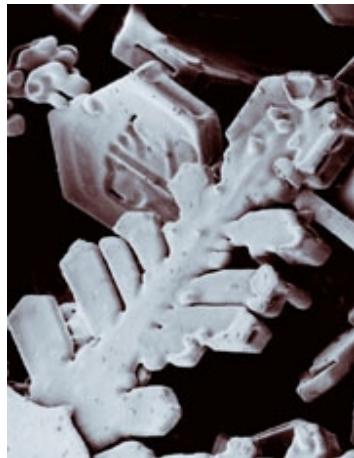




## Nestabilnost: sendvič



V naravi so snežni kristali z vzporednimi ploskvami običajni:





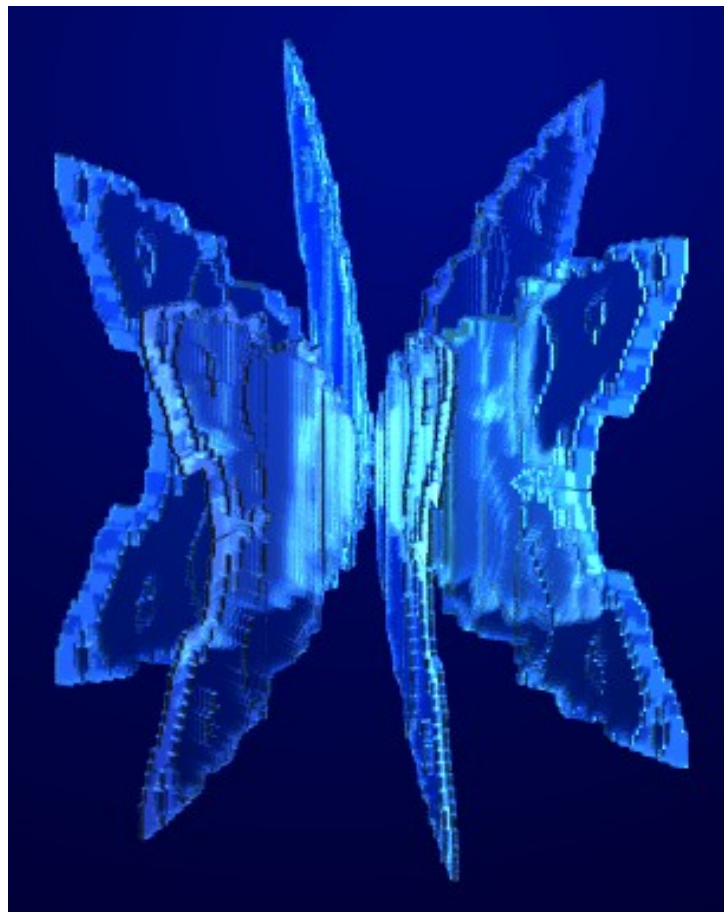
# Nekaj prikazov z metodo sledenja žarkom



# Nekaj prikazov z metodo sledenja žarkom



## Dva tri-razsežna kristala



# Od matematičnega do umetniškega modela



“Monumentalni cianotipi” grafične umetnice Robin Hill.





# Uspešen ponaredek!

Los Angeles Times | National



## At the core of snowflakes, bacteria

Moisture must cling to something in order to condense into precipitation, but scientists were surprised to learn how frequently that something is bacteria.

From the Associated Press  
March 1, 2008

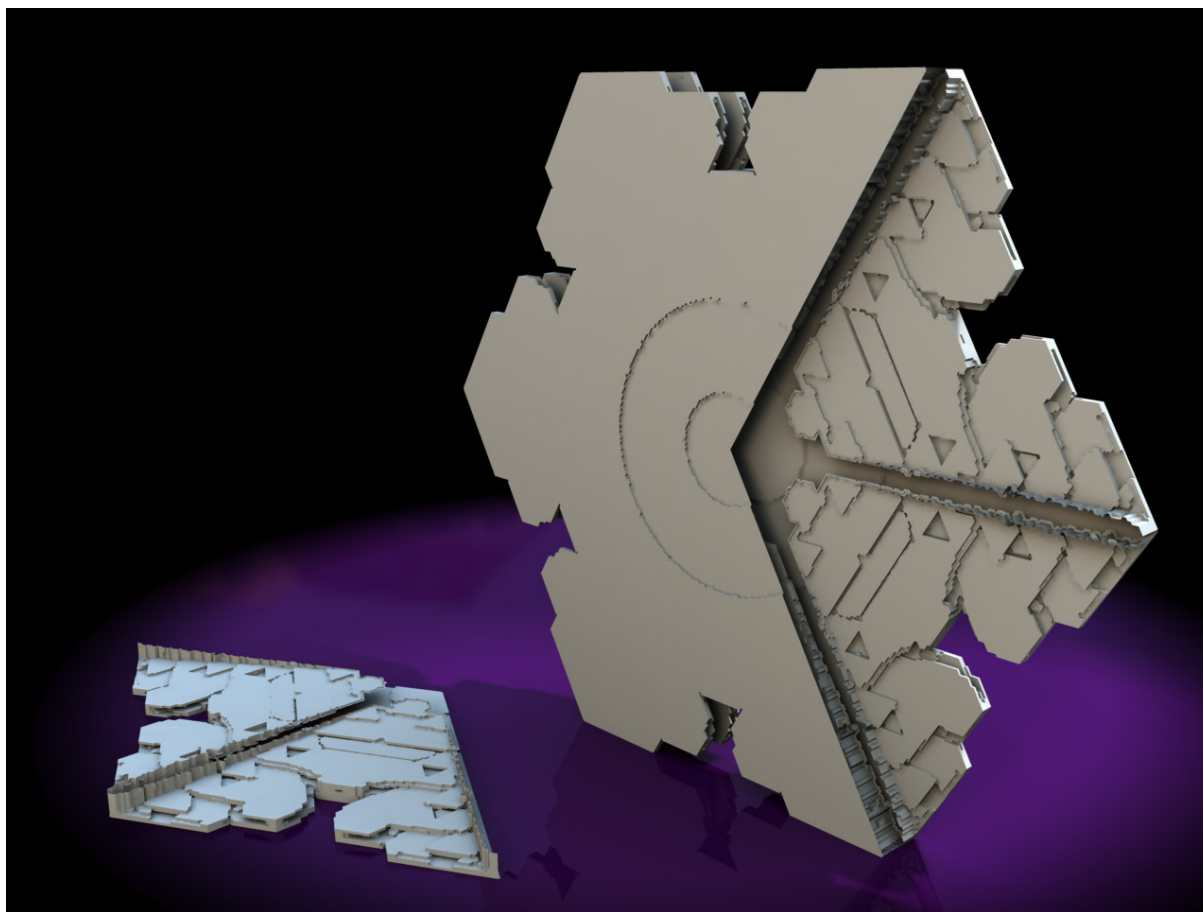
Those beautiful snowflakes drifting out of the sky may have

a surprise inside -- bacteria.

Atmospheric scientists have long known that under most conditions moisture needs something to cling to in order to condense into snow and rain. A study published Friday in the journal Science shows a large share of those so-called nucleators turn out to be bacteria that can affect plants.



# Hvala za pozornost!



UP, 12. 4. 2017

## Izbrani viri

C. R. Shalizi, K. L. Shalizi, R. Haslinger, *Quantifying self-organization with optimal predictors*, Physical Review Letters, 93 (2004), 118701.

L. Gray, D. Griffeath, *The ergodic theory of traffic jams*, Journal of Statistical Physics 105 (2001), 413–452.

R. Fisch, J. Gravner, D. Griffeath, *Threshold-range scaling of excitable cellular automata*, Statistics and Computing 1 (1991), 23–39.

D. Griffeath, *Self-organization of random cellular automata: four snapshots*, pp. 49–67 in Grimmett (ed.), “Probability and Phase Transitions” (1994).

J. Gravner, D. Griffeath, *Modeling snow crystal growth: a three-dimensional mesoscopic approach*, Physical Review E 79 (2009), 011601.

P. Galanter, *Generative Art after Computers*, GA2012–XV Generative Art Conference, [www.generativeart.com/GA2012/phil.pdf](http://www.generativeart.com/GA2012/phil.pdf)

