

# Keplerova hypotéza a rok 2017

Alena Šolcová,  
FIT ČVUT





# Keplerova hypotéza - 1611

V roce 1611 vyjádřil Johannes Kepler  
v pojednání  
**„Strena aneb Novoroční dárek –  
O šestiúhelníkové vločce“**  
hypotézu,  
že hustota uspořádání koulí je dána  
poměrem objemu koulí  
k celkovému objemu útvaru,  
do něhož jsou koule uspořádány.

Postupným urovnáváním koulí dostanete hustoty  
koulí **asi 74 %, tj. asi  $\pi/\sqrt{18}$** .

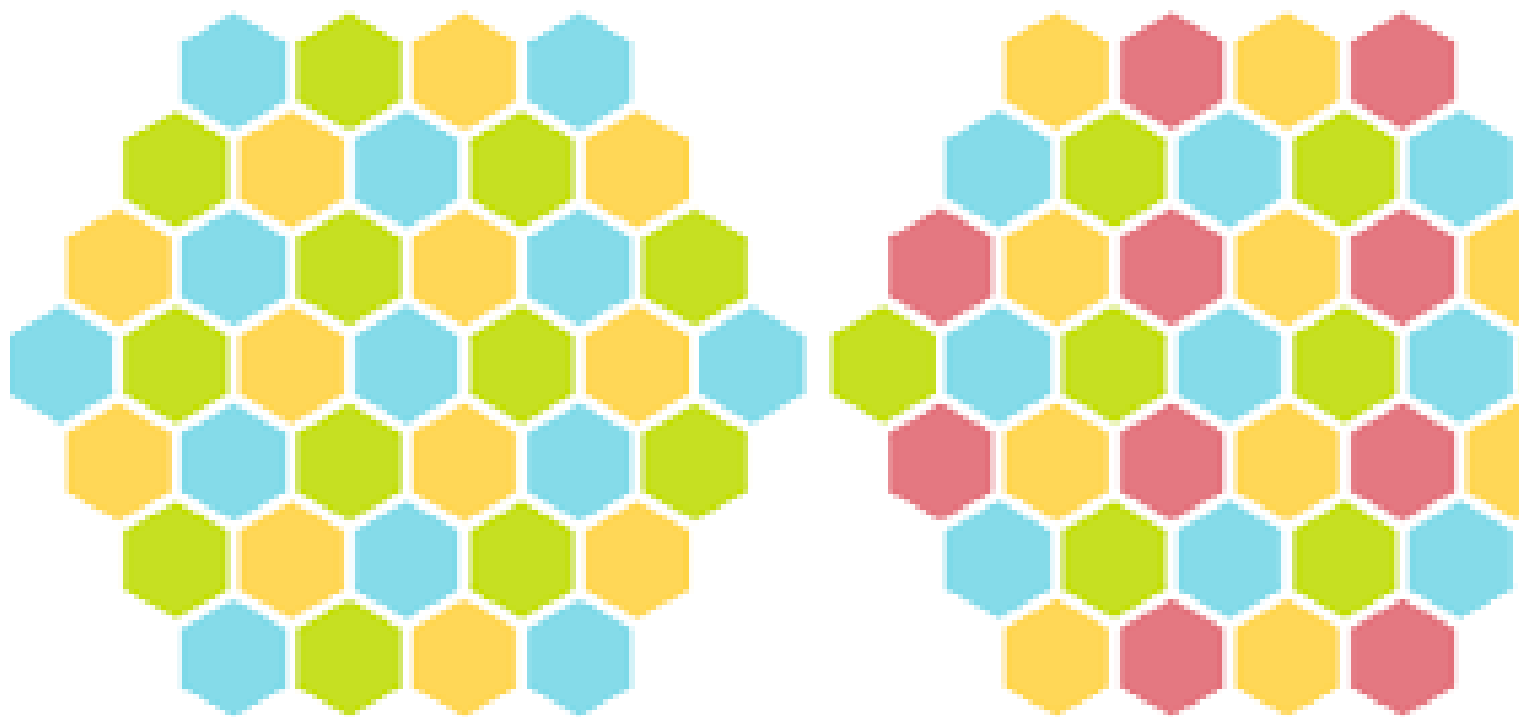
První vrstvu na dně uspořádáte do hexagonální  
mřížky.

Na ní položíte další vrstvu do prohlubní  
a postupně pokračujete s ukládáním.

Žádné jiné uspořádání nemá větší hustotu.

V trojrozměrném světě není možné uspořádat s  
větší hustotou než v hexagonální kubické mřížce.

# Hexagonální uspořádání



- Tehdy nikdo zatím nevěděl, zda nějakým nepravidelným uspořádáním není možné pomocí koulí více zahustit.

# KEPLERŮV DÁREK ANEB O ŠESTIÚHELNÉ SNĚHOVÉ VLOČCE POUTAVÉ ČTENÍ O „NIČEM“ A POZOROVÁNÍ PŘÍRODY

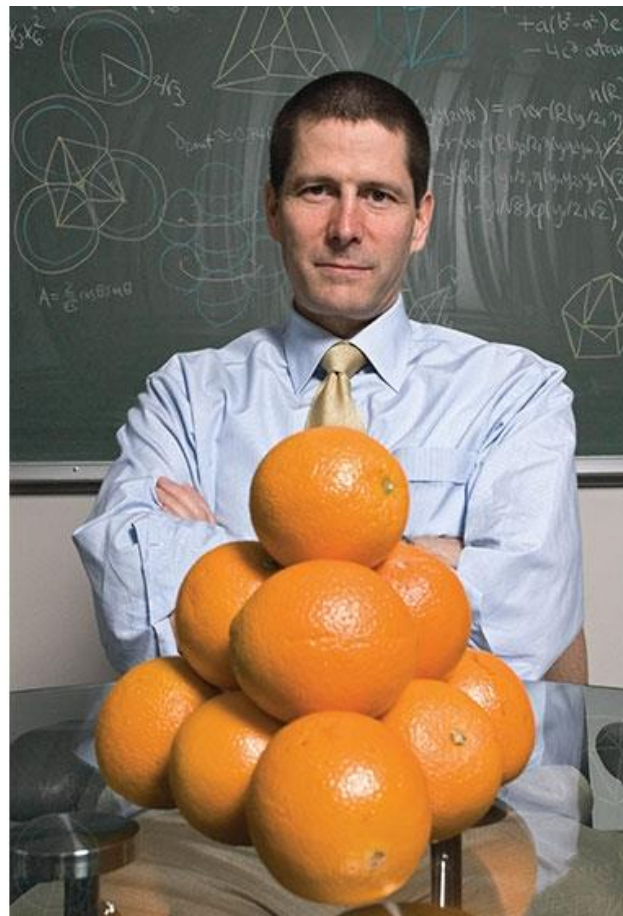
- Dílo Johanna Keplera z roku 1611, které vzniklo nedaleko pražského Kamenného mostu, je bohaté na barvitý popis metod studia přírodních jevů, na zkoumání matematických vlastností pozorovaných objektů, např. **struktury stavby včelích buněk, jader granátových jablek a hlavně sněhových vloček.**
- V díle se autor zmiňuje také o „zlatém řezu“, **vlastnostech Fibonacciových čísel** a formuluje známou **Keplerovu hypotézu o těsném uspořádání koulí,** která byla dokázána Thomasem Halesem až na konci 20. století.

# Thomas Hales v roce 1998

**V roce 1998 Thomas Hales** vyslovil,  
že **Johannes Kepler má pravdu.**

Halesova soustava rovnic měla 150 proměnných.

S podporou výpočetní techniky zkoumal  
všechny možné konfigurace uspořádání,  
žádná nevedla k těsnějšímu uspořádání  
než byla Keplerova hypotéza.



# Důkaz potvrzen

- Redakce časopisu *Annals of Mathematics* přislíbila, otiskne Halesovi článek, pokud ho doporučí **skupina 12 recenzentů**.

**V roce 2003 vydala skupina vyjádření, že jsou na 99 % jisti, že práce je v pořádku.**

**K poslední změně došlo v roce 2017:**

V časopise *Forum of Mathematics, Pi*

vyšel článek týmu vedeného Thomasem Halesem

a

**problém, který byl více než 400 let otevřen, byl vyřešen.**

# Ocenění a inspirace

- Tarski Lecture  
2019  
- Thomas Hales





## Jak je to s lentilkami?

- Úloha inspirovala další matematiky – **Paul Chaikin, Salvatore Torquato, etc.**, z Princetonu studovali uspořádání čokoládových lentilek.
- Došli k závěru, že náhodné uspořádání těchto bonbonů, které mají tvar rotačního elipsoidu má hustotu asi 68 %, což je asi o 3 procenta více než hustota koulí uspořádaných náhodně.