

# Kosmologie a čas

---

Petr Kulhánek  
FEL ČVUT, FJFI ČVUT  
Univerzita Palackého  
Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy,  
Aldebaran Group for Astrophysics



[kulhanek@aldebaran.cz](mailto:kulhanek@aldebaran.cz)  
<http://www.aldebaran.cz>

# Kosmologie

= studium vesmíru jako celku,  
zejména jeho původu

# Kosmos

= šperk, ozdoba, řád

# Pohled do dáli

= pohled zpět

# Pohled na počátek

= částicová fyzika

**Je vesmír konečný?**

**Kde je střed expanze?**

**Má vesmír hranici?**

**Jaký má vesmír tvar?**

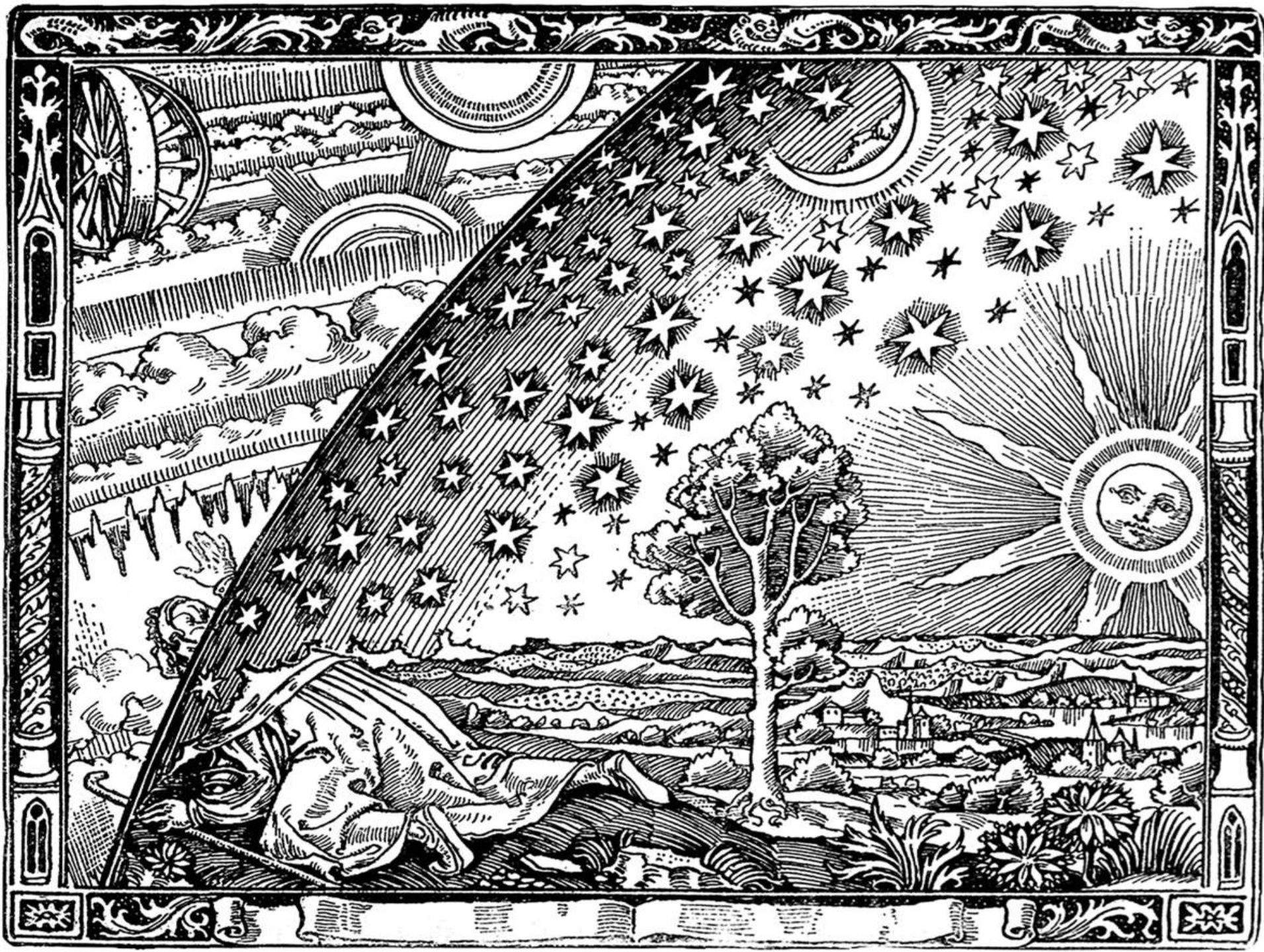
**Je jednoduše souvislý?**

**Co je za touto hranicí?**

**Jaká je minulost a budoucnost vesmíru?**

**Jsou i jiné vesmíry?**





# Proč je v noci tma?





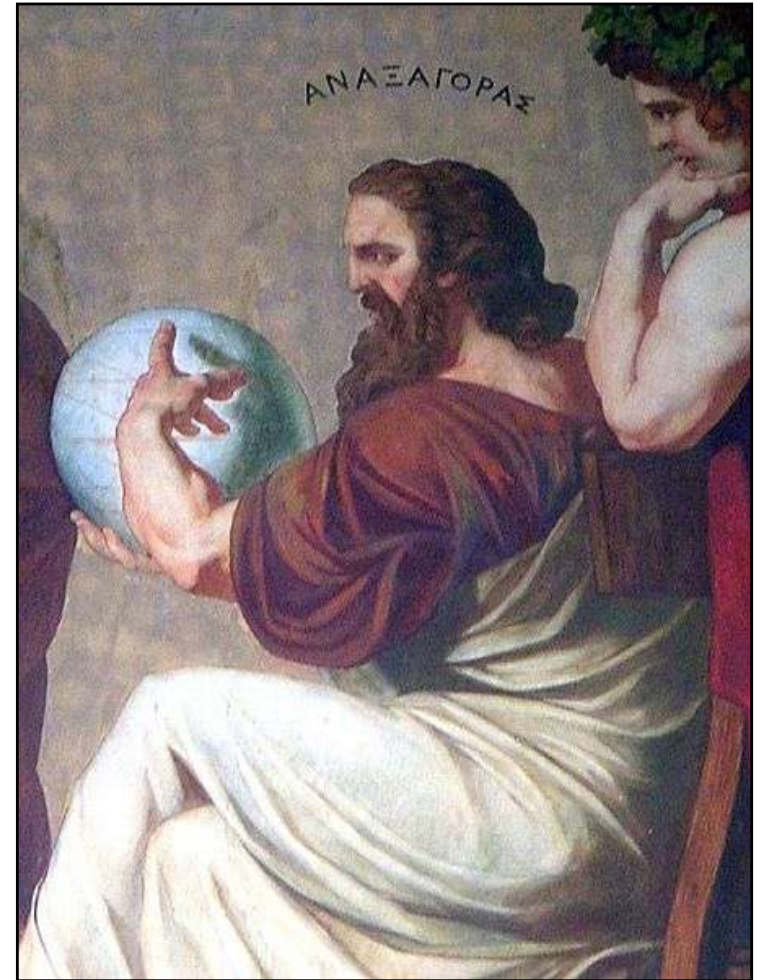
# Babylónská kosmologie (1900–1200 př.n.l)



- Země a nebesa jsou nedílným celkem
- důraz na kulatý tvar
- vše rotuje kolem středu - božstva
- neosobní vesmír, bez účasti člověka



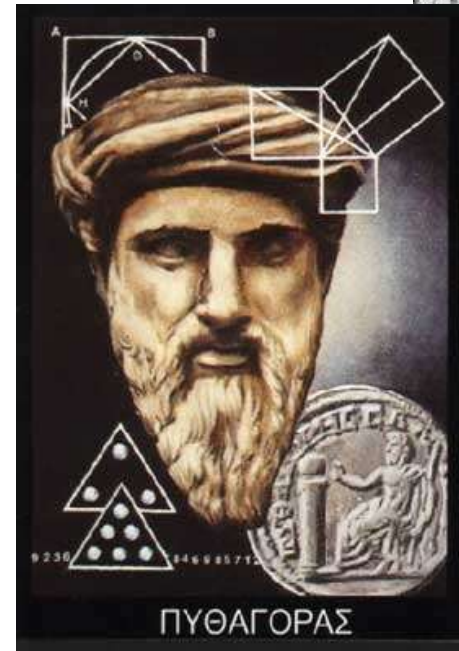
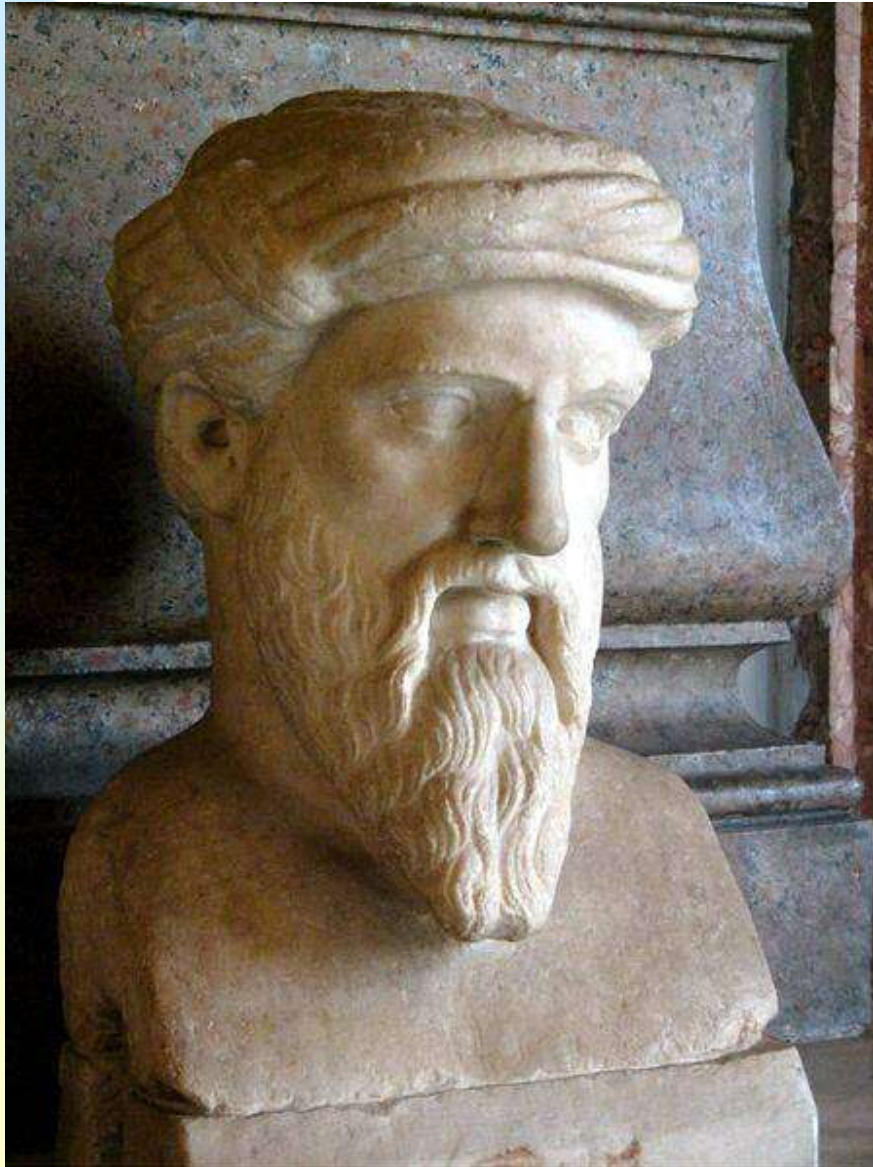
# Vesmír z atomů a dutin (Anaxagoras, 500–428 př. n. l.)



- nic nevzniká náhodně
- vše je řízeno potřebou, rozumem (nús)
- oddělení od božstev



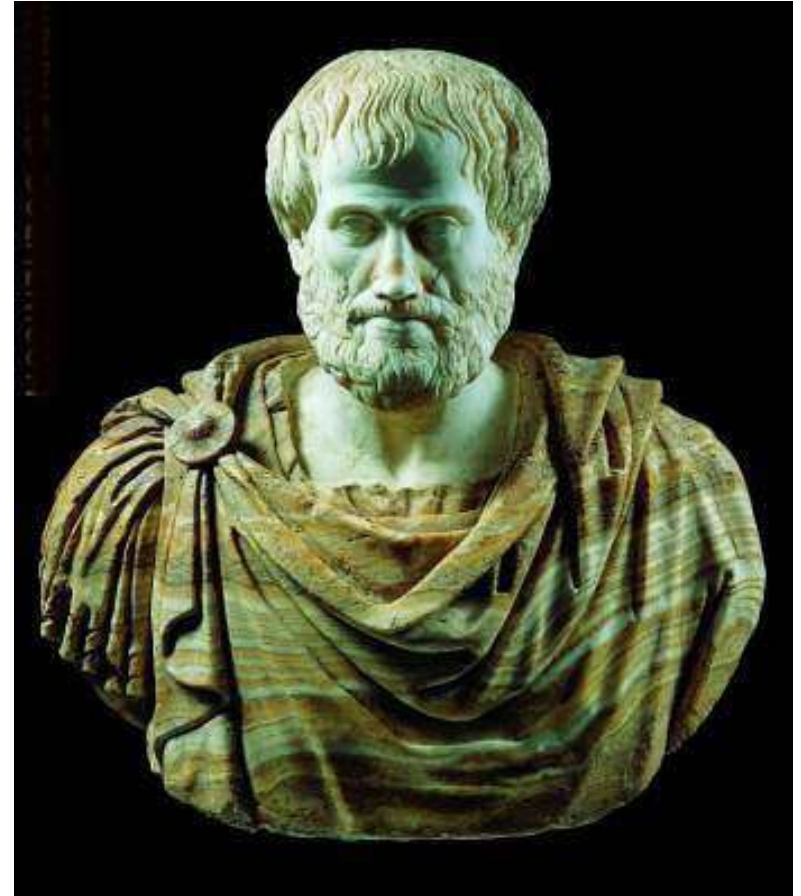
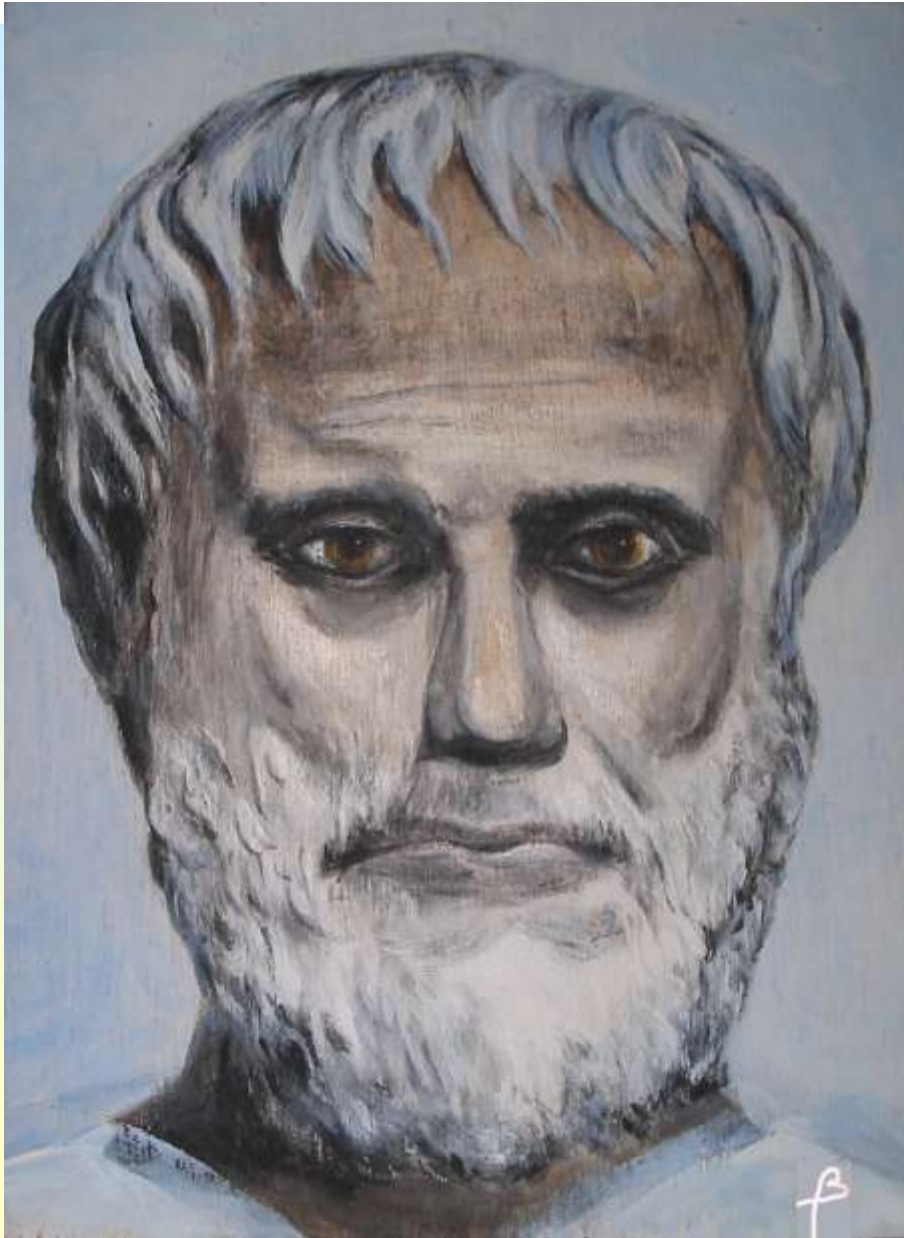
# Pythagoras, 390 př. n. l.



- centrální oheň
- kolem obíhají Země, Slunce, Měsíc, planet
- hvězdy se nehýbou
- první negeocentrický model



# Aristoteles, 384–322 př. n. l.



- geocentrický model
- Země je kulatá
- kolem Země jsou nebeské sféry
- pátý element – kvintesence, éter

# Ptolemaios, 2. století

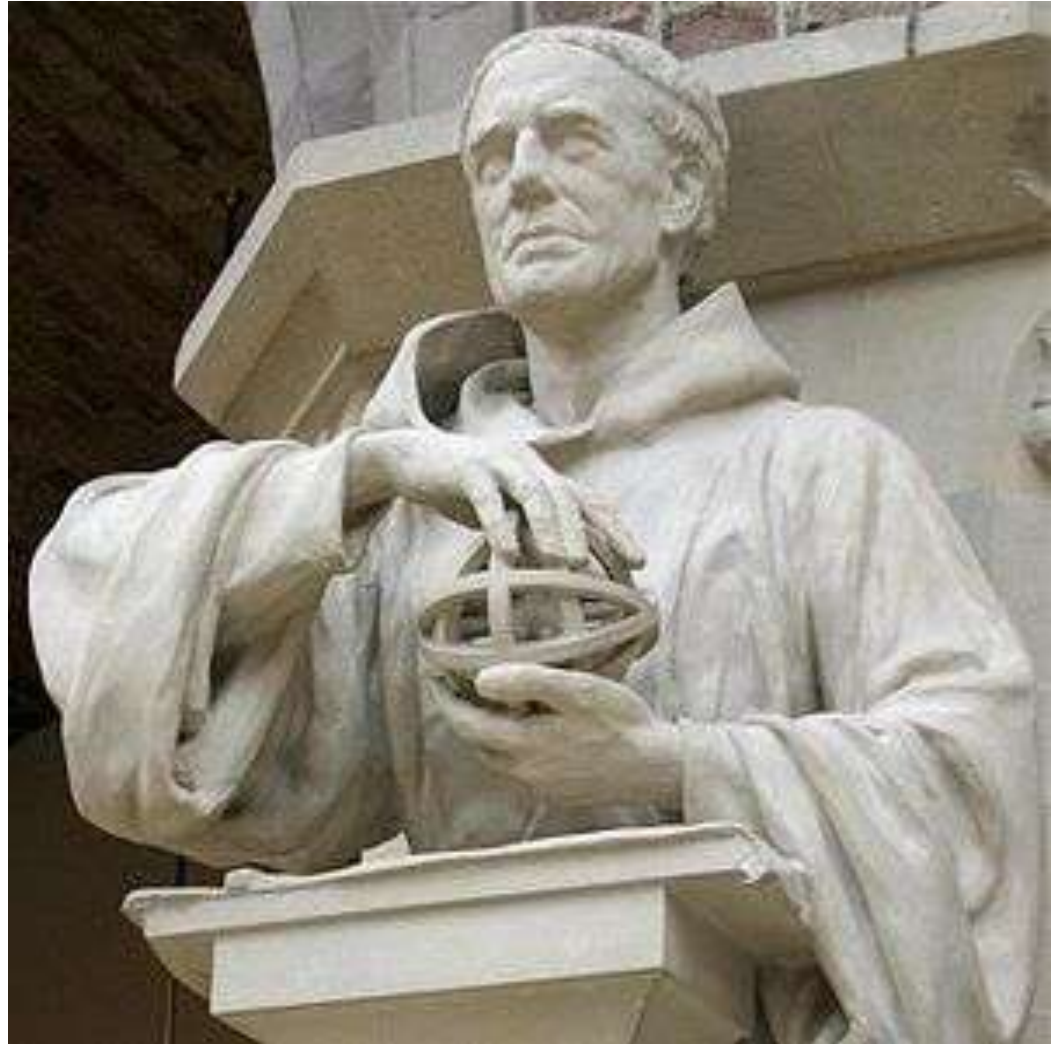
Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



- geocentrický model
- planety obíhají po epicyklech
- Almagest

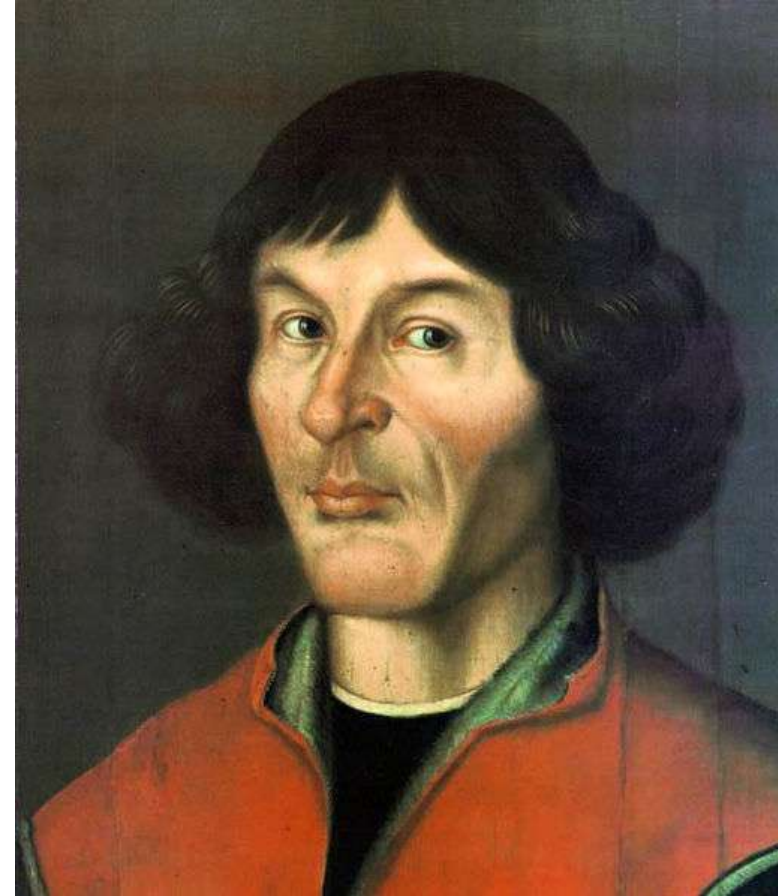


# Roger Bacon (1214–1294)



- anglický filosof
- prosazoval vědeckou metodu: experiment + teorie
- neosobní vesmír, bez účasti člověka

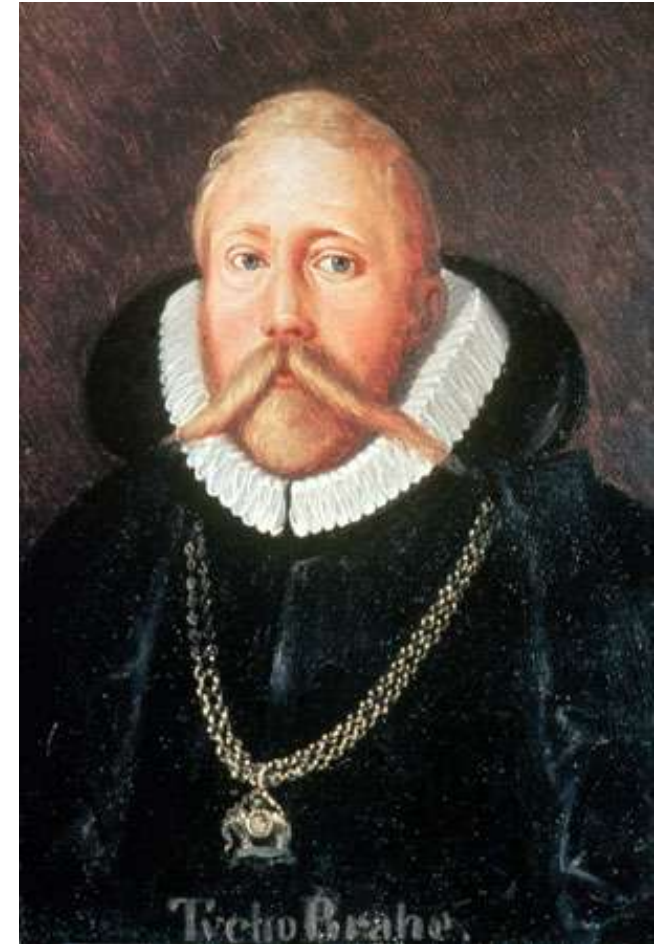
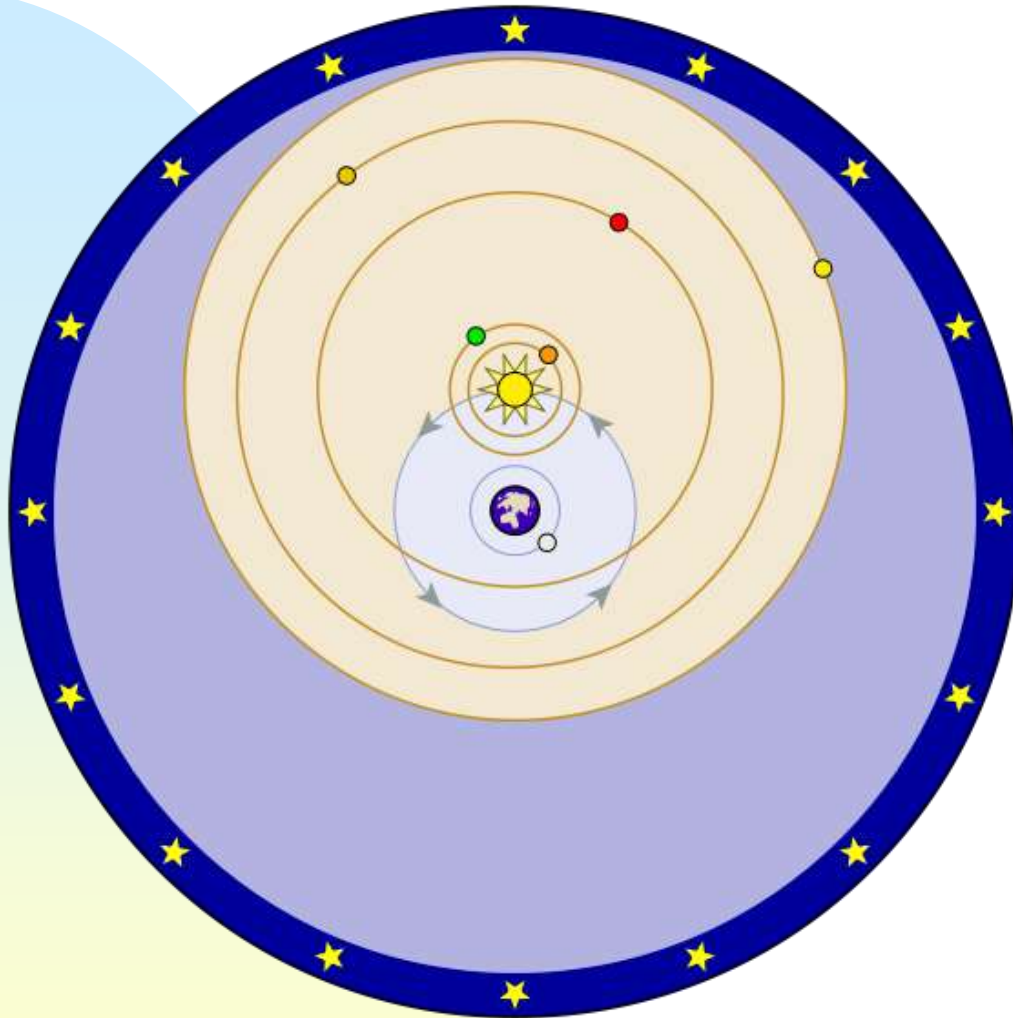
# Mikuláš Koperník (1473–1543)



- heliocentrický systém
- De revolutionibus orbium coelestium

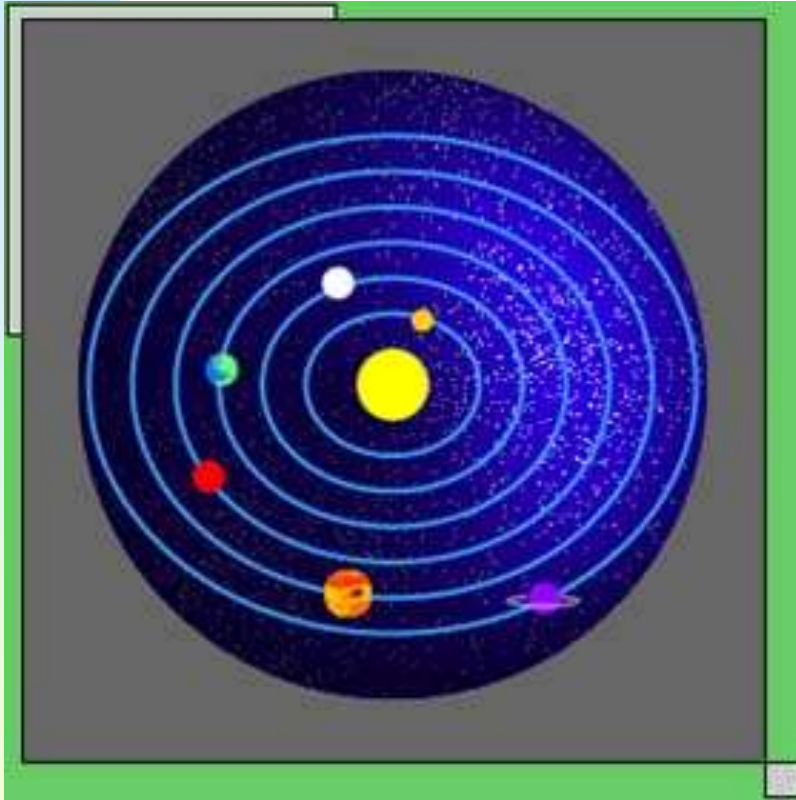


# Tycho Brahe (1546–1601)



- planety obíhají Slunce
- Slunce obíhá Zemi
- vynikající pozorovatel

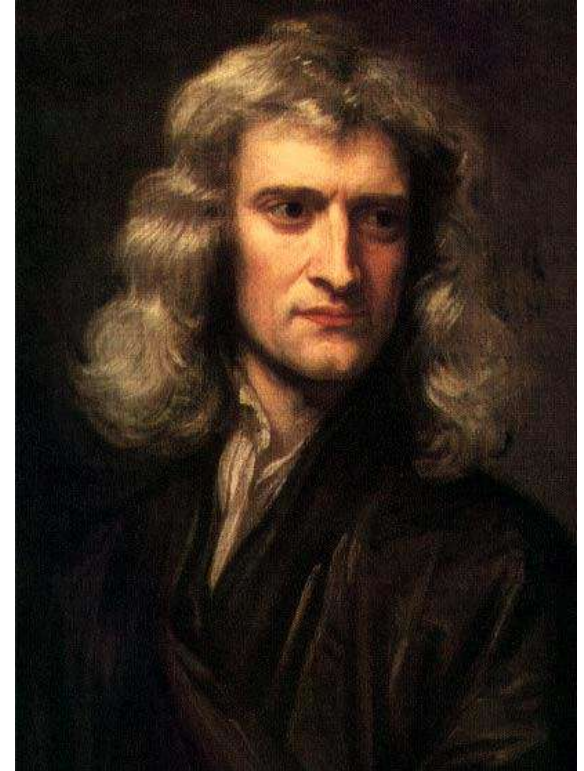
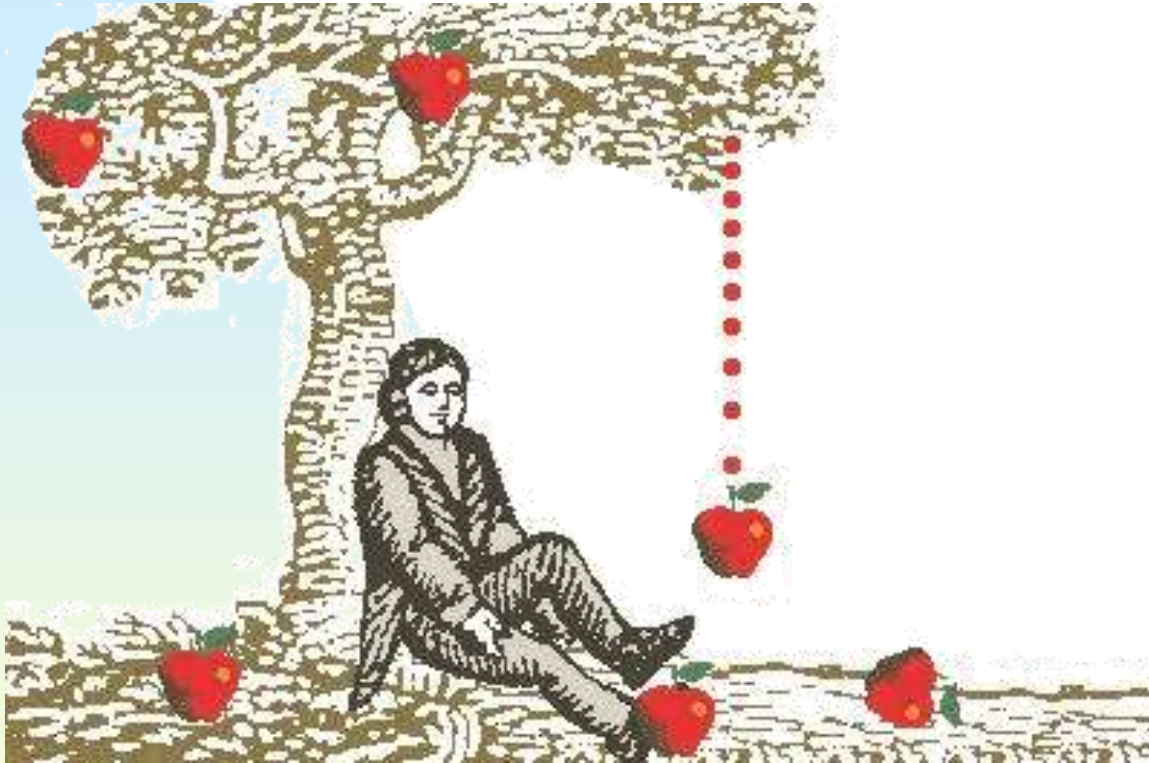
# Johannes Kepler (1571–1630)



- Keplerovy zákony
- základem Tychonova pozorování
- předzvěst Newtonových zákonů



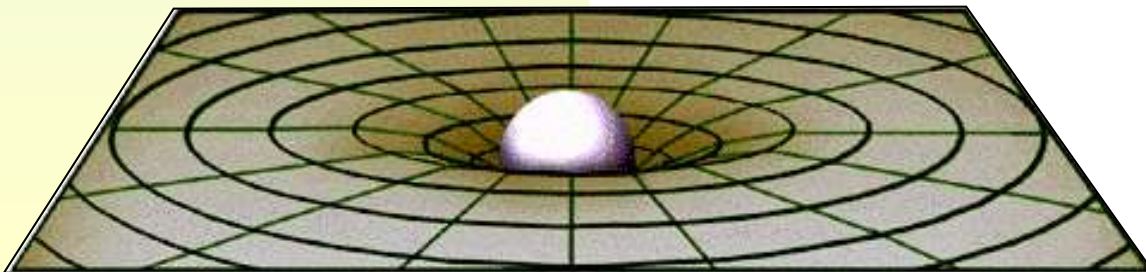
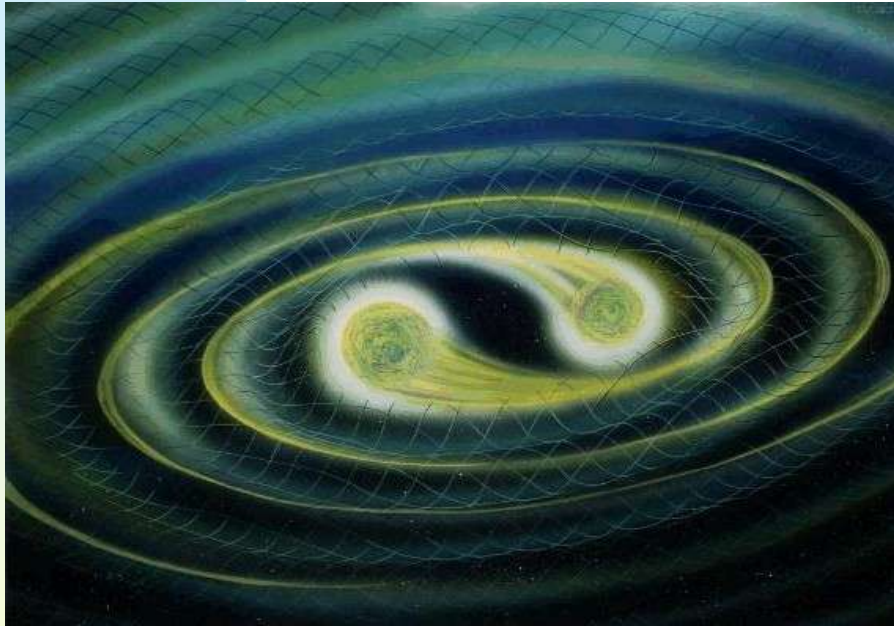
# Sir Isaac Newton (1643–1727)



- gravitační zákon
- nestabilní vesmír
- síla?

# A co je prostor? A co je čas?

- relativita 17. století
- speciální relativita
- obecná relativita



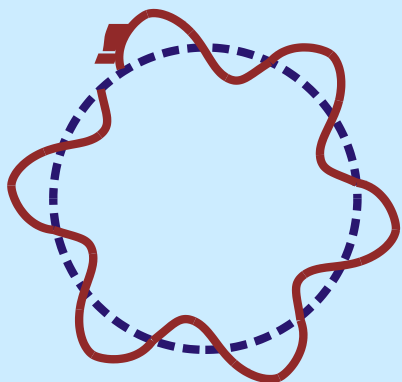
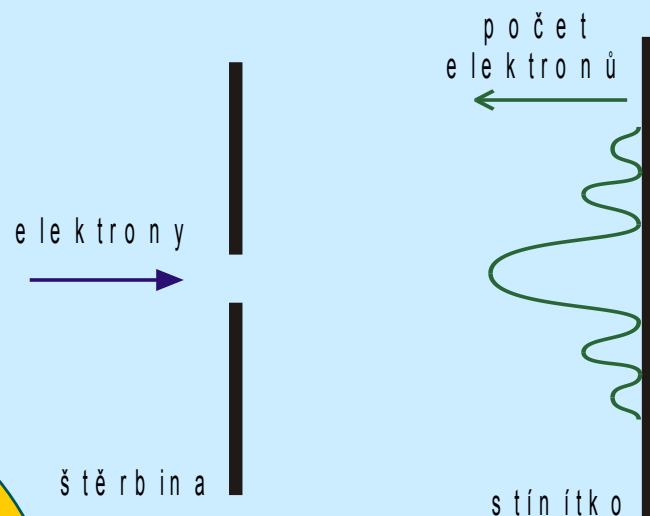
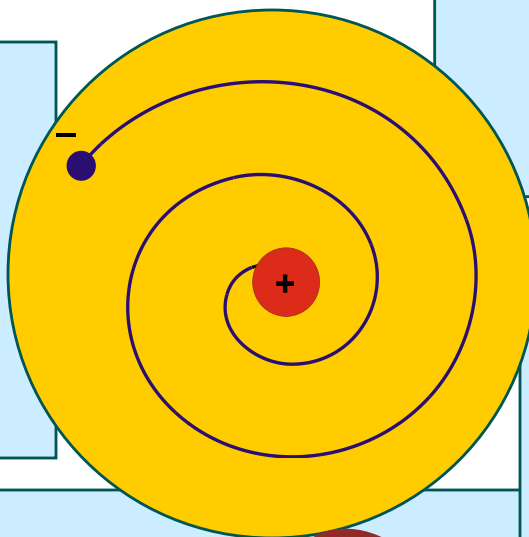
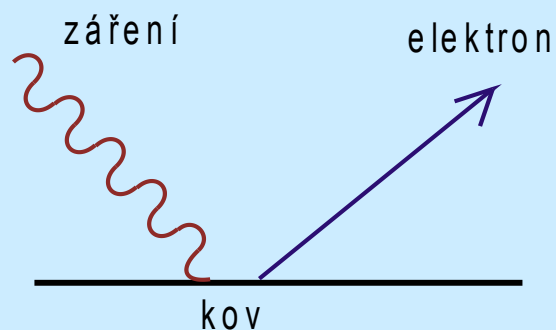
Albert Einstein (1879-1955)



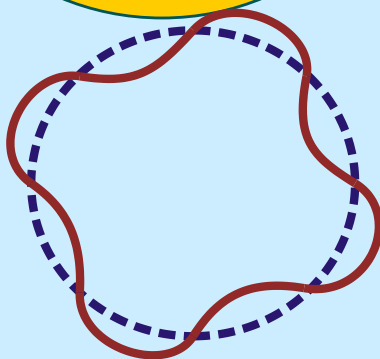


# MIKROSVĚT

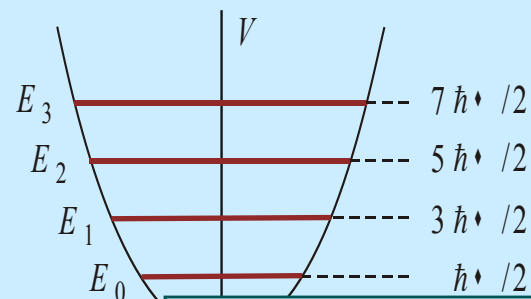
aplikace makroteorií vede na paradoxy  
paradox dělení  
paradox atomu



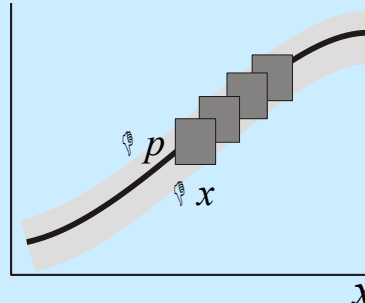
Tlodařanění nožná

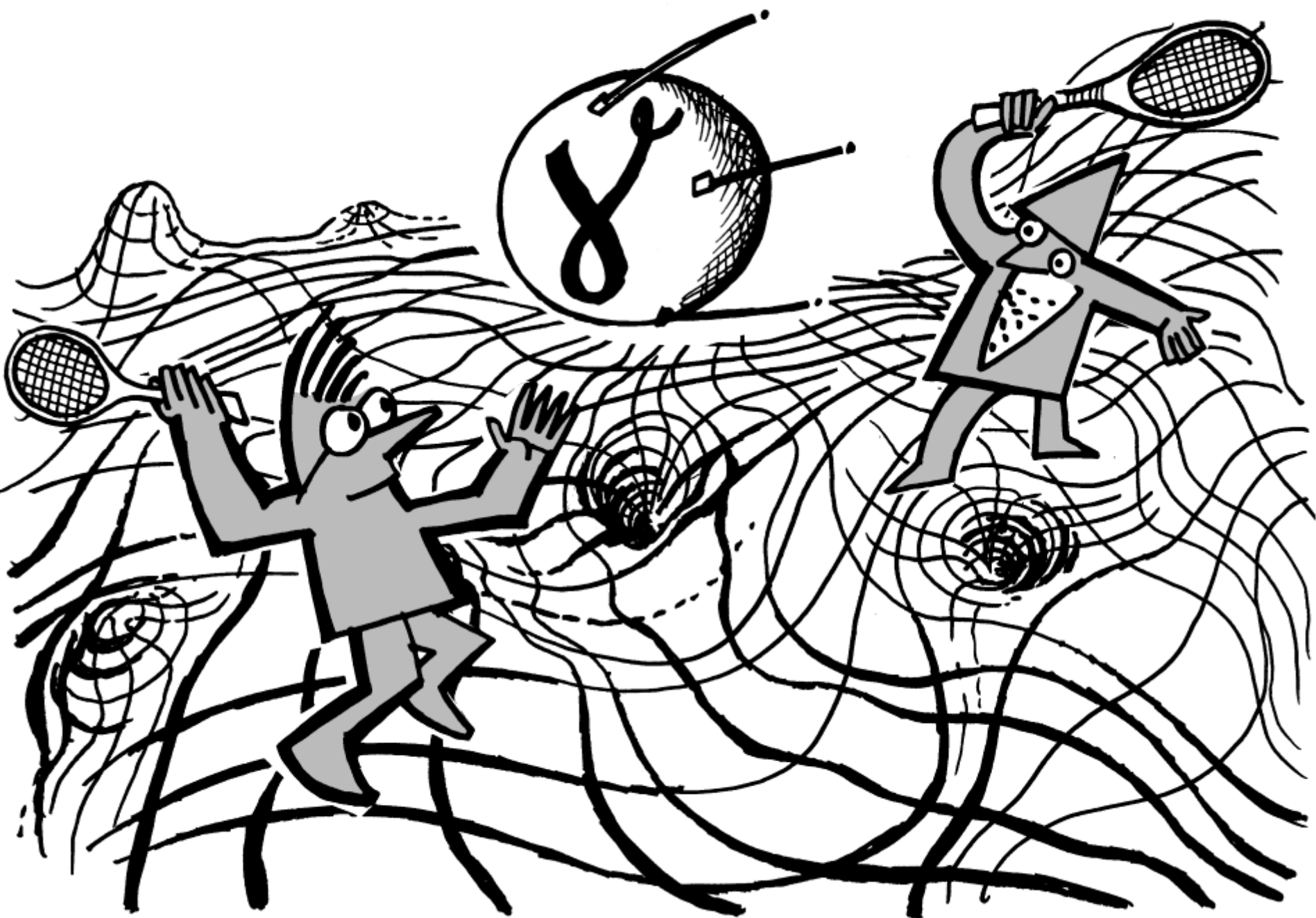


Tlodařajenožné



$p$







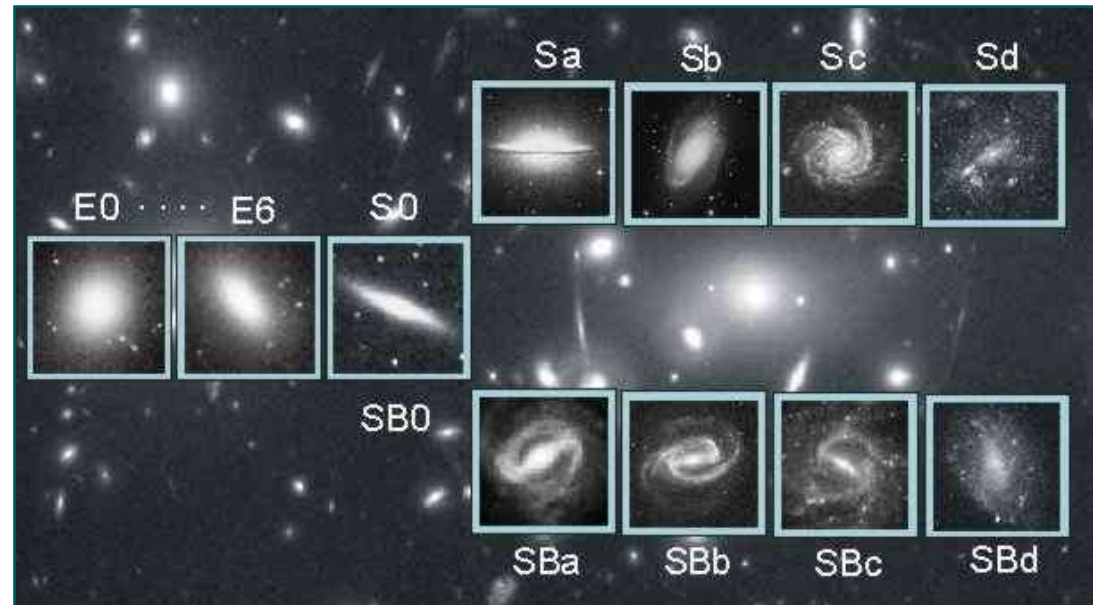
# Edwin Hubble (1889–1953)

Edwin Hubble, Mt. Wilson, Kalifornie, USA (2,5 m)

**1924:** rozlišil hvězdy v Andromedě → jsou i jiné galaxie!



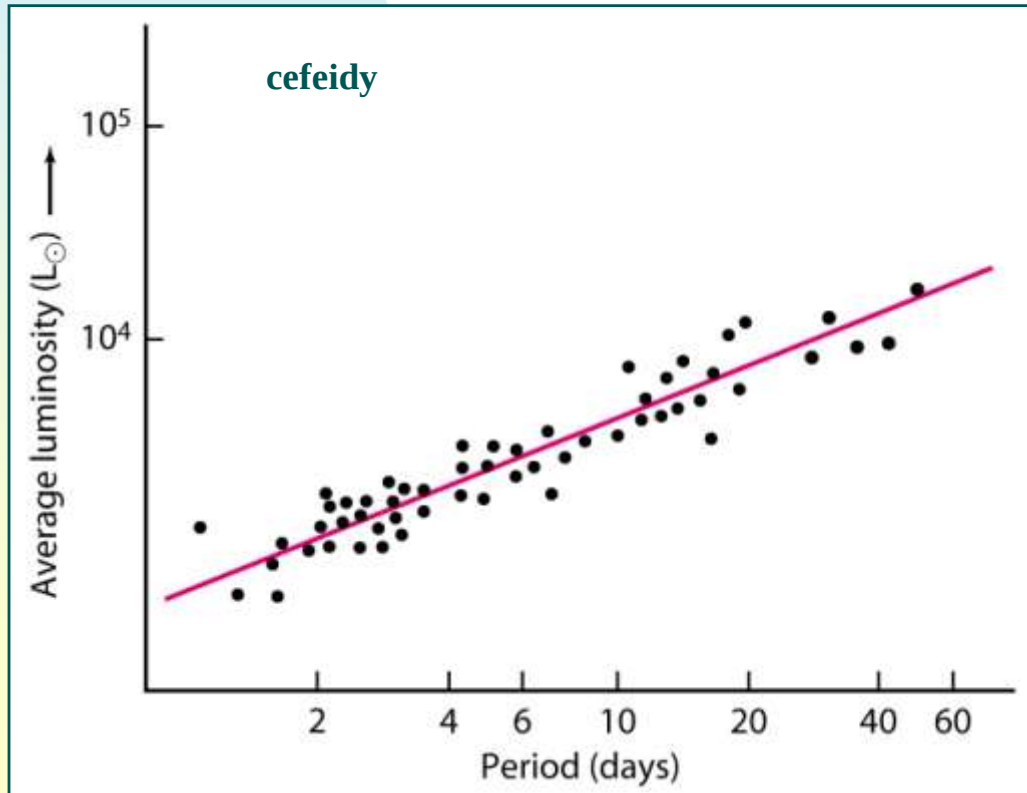
Edwin Hubble (1889–1953)



# Edwin Hubble (1889–1953)

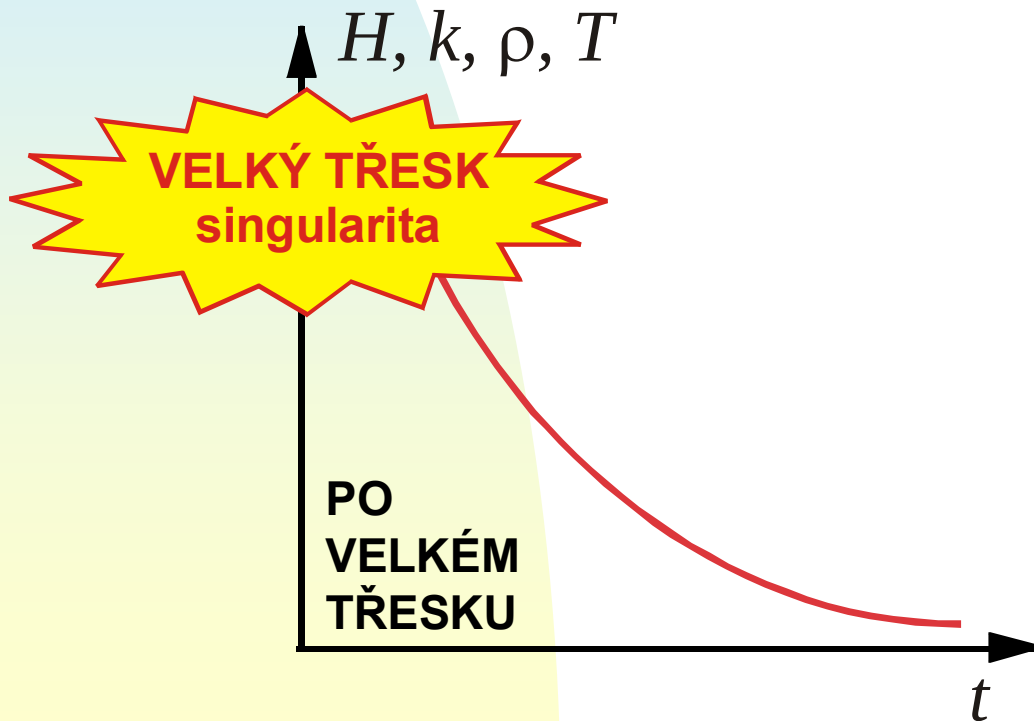
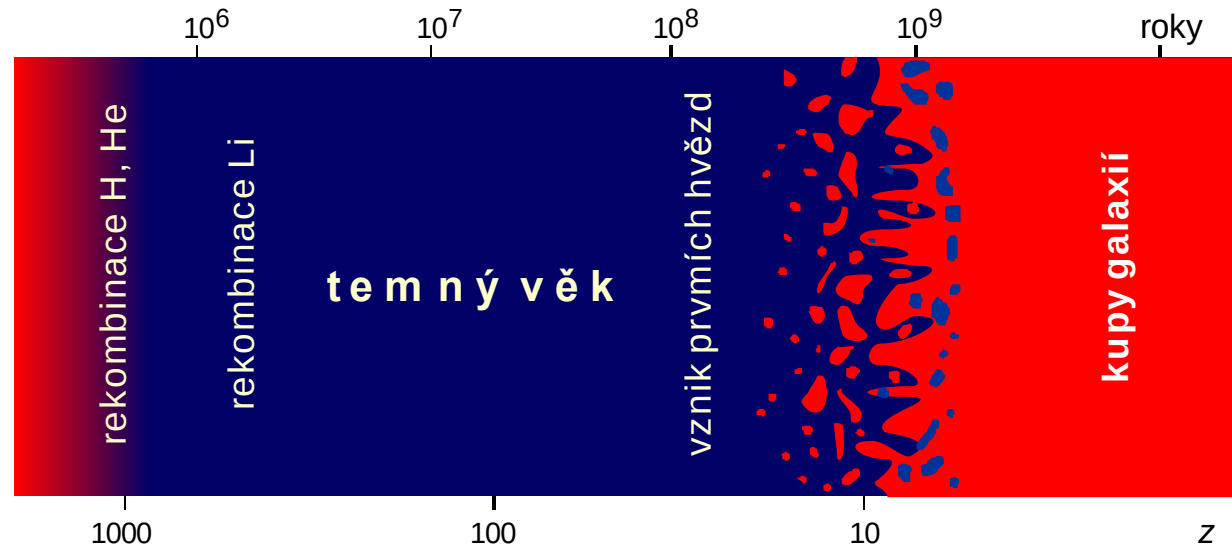
Edwin Hubble, Mt. Wilson, Kalifornie, USA (2,5 m)

1929: červený posuv galaxií,  $v = H \cdot R$



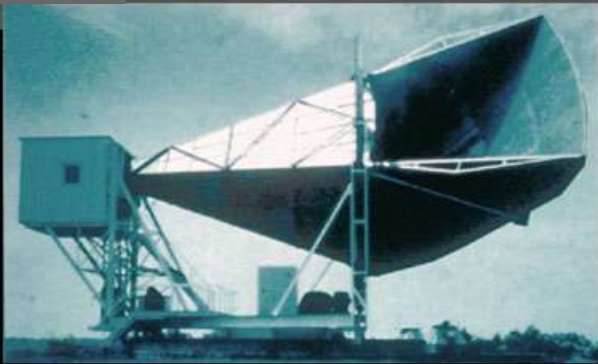


# Co je Velký třesk?

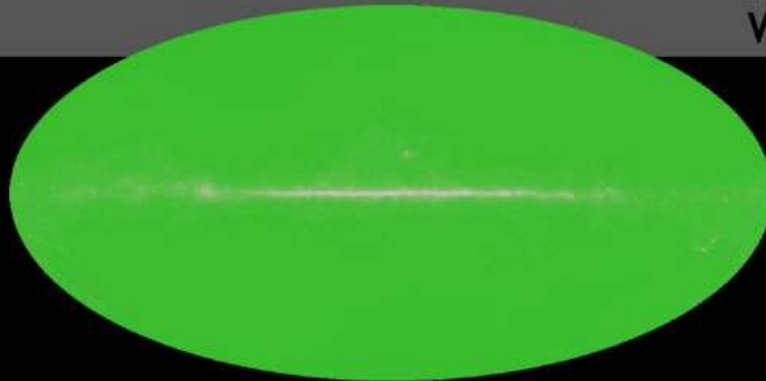


- kosmologický červený posuv
- reliktní záření
- zastoupení prvků

1965

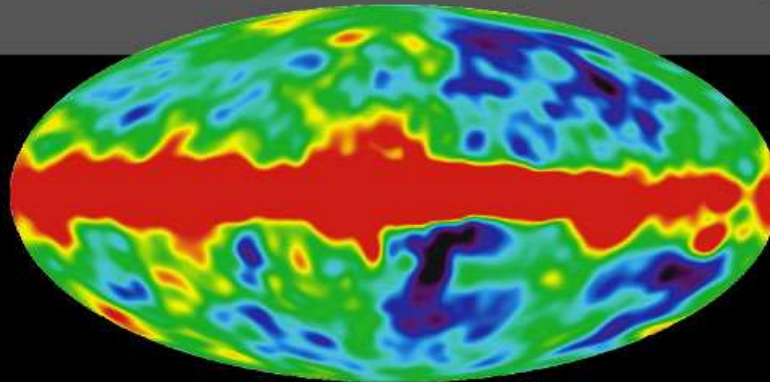


Penzias and  
Wilson



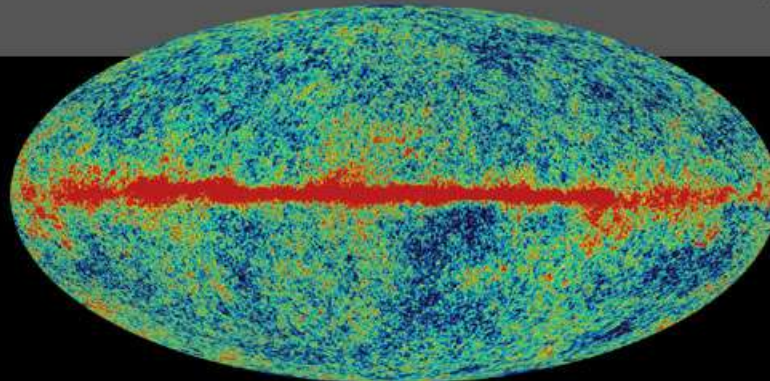
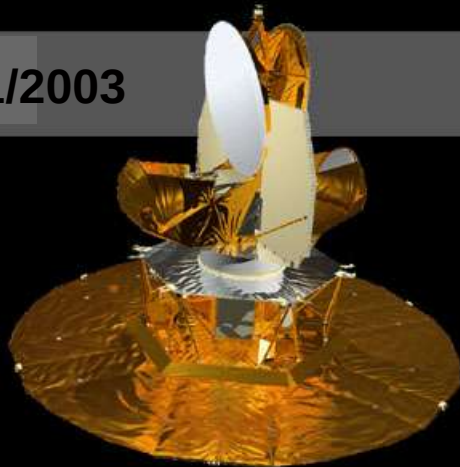
1989/1992

COBE



2001/2003

WMAP



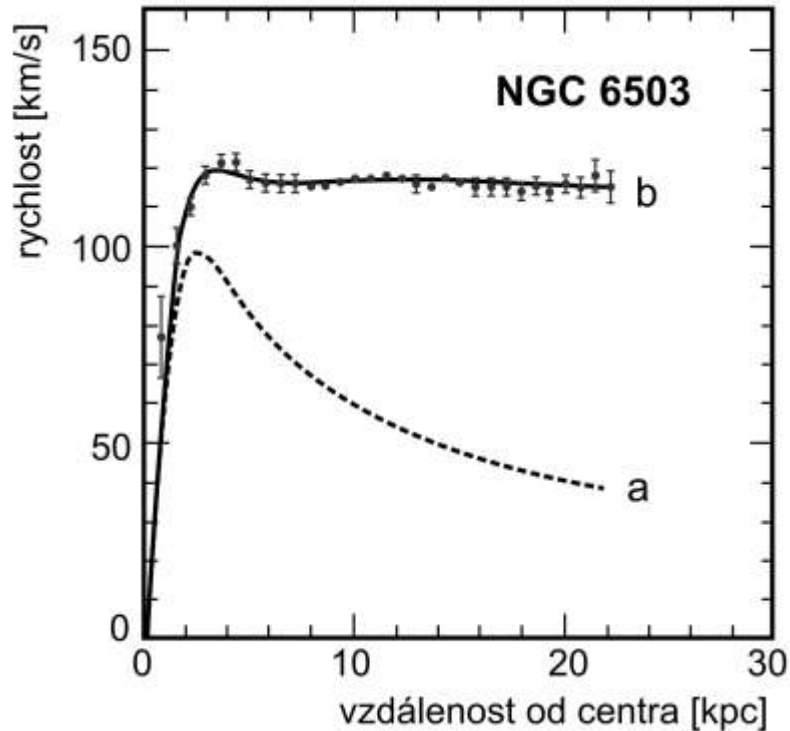


# Temná hmota

- 1934, F. Zwickey - nesoulad rotačních křivek kup galaxií kupa Vlasy Bereniky)
- nejpřesnější měření na vlně 21 cm
- 50% hmoty galaxií, 23% hmoty vesmíru



Fritz Zwickey (1898-1974)



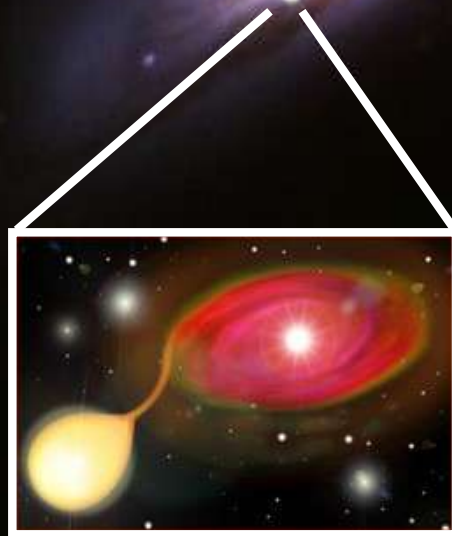
# Temná energie – supernovy typu Ia

**Adam Riess, Saul Perlmutter (1998):**

- Vesmír expanduje zrychleně!

## **Indicie:**

- supernovy Ia
- reliktní záření
- velkorozměrové struktury

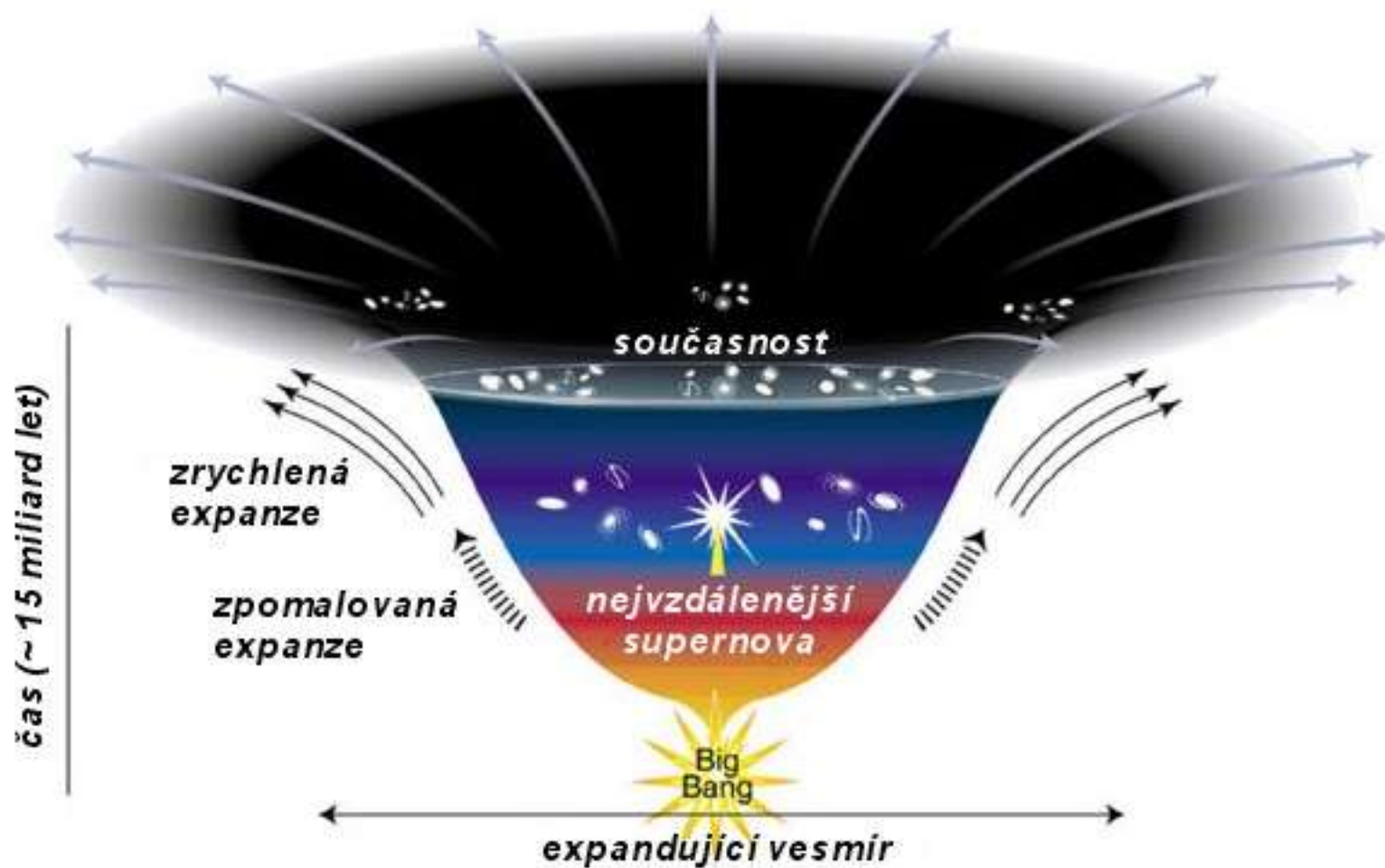


## **Co to může být?**

- projevy vakua
- nová síla (kvintesence)
- modifikovaná gravitace



# Zrychlená expanze



# Složení vesmíru

