

# KURT GÖDEL A PROBLÉM ČASU



# ČAS – NEJDÉMONIČTĚJŠÍ FILOSOFICKÁ KATEGORIE

Co je vlastně čas? Kdo to může snadno a lehce vysvětlit? Kdo jej může pochopit svými myšlenkami, aby to pak vyjádřil slovy? ...

Co je tedy čas? Vím to, když se mě naň nikdo neptá, mám-li to však někomu vysvětlit, nenajdu slova ...

Jak jsou ony dva časy, minulý a budoucí, když minulý už není a budoucí ještě není?

# JAK SE ČAS MĚŘÍ

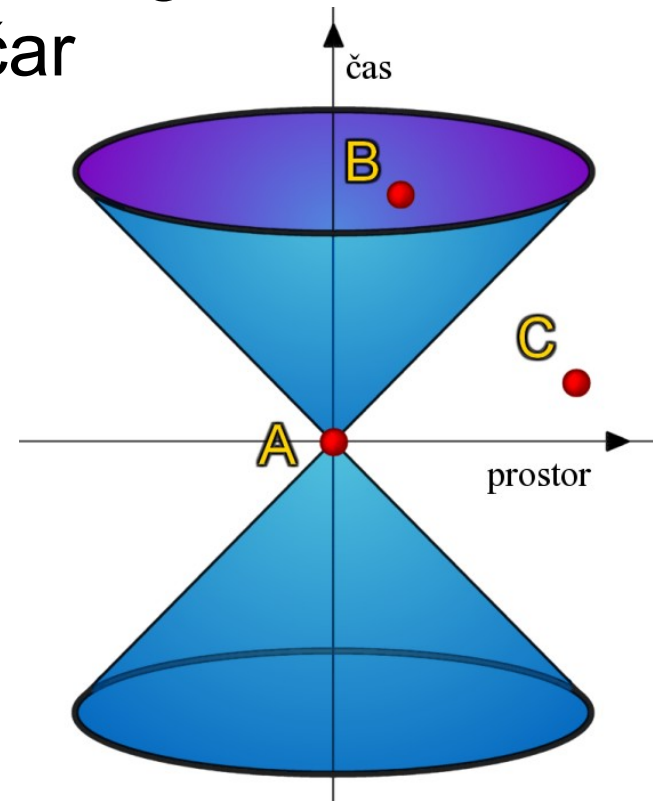
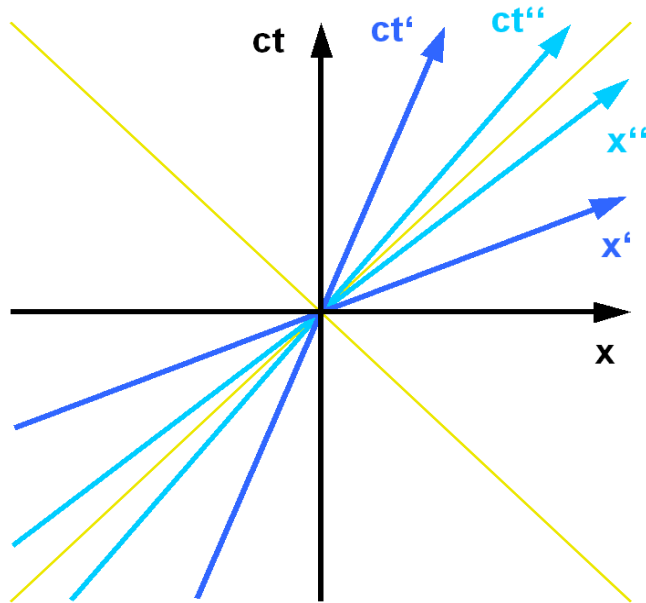


- Společná míra času
- Solidární hodiny
- Kalibrace
- Synchronizace
- Biologický čas
- Kvantum času

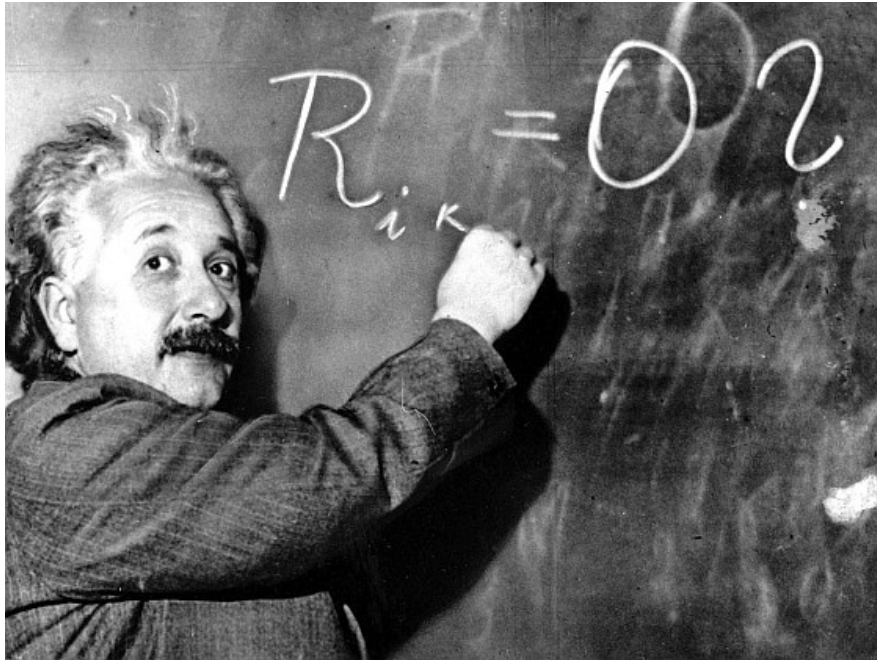


# PROSTOROČAS

- Hodiny jako přístroj měřící délku světočáry
- Vztažná soustava jako propíchnání prostoročasu světočarami
- Synchronizace jako vytýčení ortogonální nadplochy k soustavě světočar



# OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY POSLEDNÍ SLOVO?



$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k$$

$$R_{ik} - \frac{1}{2}R g_{ik} + \Lambda g_{ik} = -\kappa T_{ik}$$

Metrické pole, tenzor křivosti, Einsteinovy rovnice, vztah hmoty a geometrie.



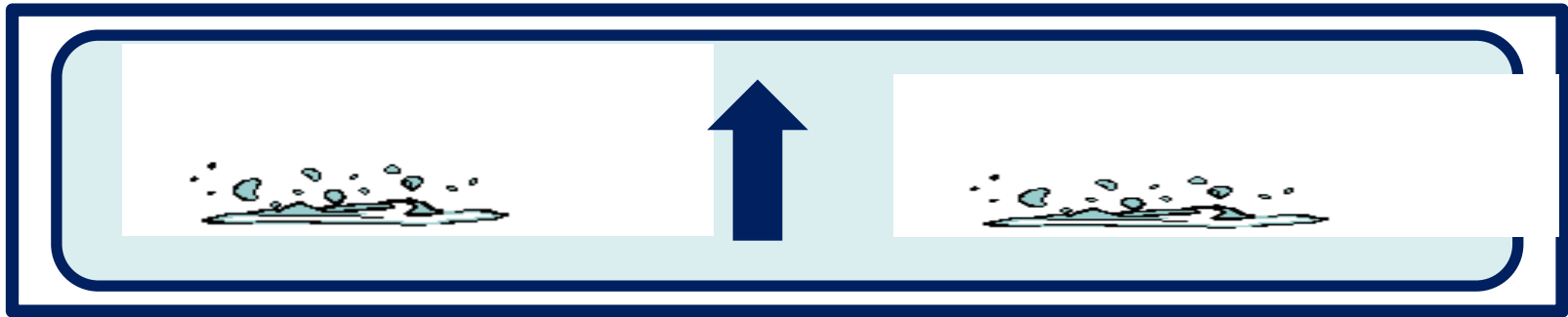
# ŠIPKA ČASU



- Růst entropie
- Rozbíhání vln
- Prožívání času
- CPT teorém
- Expanze vesmíru
- Proces měření



# OPONA ČASU zvedaná šipkou



Může být čas adekvátně představován  
prostorem?

Na to odpovídáme: ano, jedná-li se o čas  
**uplynulý**, nikoliv však, chceme-li mluvit o  
čase, který plyne.

# ZÁKLADNÍ FILOSOFICKÉ DILEMA

- **Eternalismus:** Prostorčas existuje jako pevně daný celek. O minulosti, přítomnosti či budoucnosti lze mluvit jen z hlediska vědomého prožitku.
- **Presentismus:** Existuje pouze přítomnost, která se neustále rodí a okamžitě zaniká. Minulost již není, budoucnost ještě není.
- Prostorčas je v nejlepším případě pomocná konstrukce.

Souvislosti: determinismus, idea věčného návratu



# GÖDELOVA CESTA K TAJEMSTVÍ ČASU

- Idealistická filosofie času (Leibniz, Kant)
- Relativnost současnosti  
(více opon, která je ta pravá?)
- Standardní kosmologie  
– opět jediná opona
- Rotující vztažná soustava  
– nemožnost synchronizace
- Rotující Gödelův vesmír  
s časovými smyčkami,  
se šipkou, ale bez opony



# Kurt Gödel a vesmír

- 1949 An example of a new type of cosmological solutions of Einstein's field equations of gravitation, *Rev. Mod. Phys.* 21
- Homogenní (ale neizotropní) stacionární rotující vesmír se zápornou kosmologickou konstantou



Byl si vědom existence časových smyček ve svém řešení

# Gödelův vesmír

$$ds^2 = g^{ik} dx^i dx^k$$

$$ds^2 = a^2 \left[ (dT + e^X dY)^2 - dX^2 - \frac{e^{2X}}{2} dY^2 - dZ^2 \right]$$

souřadnice  $T, X, Y, Z$ ;  $\frac{1}{a^2} = 8\pi G\rho$ ;

kosmologická konstanta  $\Lambda = -4\pi G\rho$

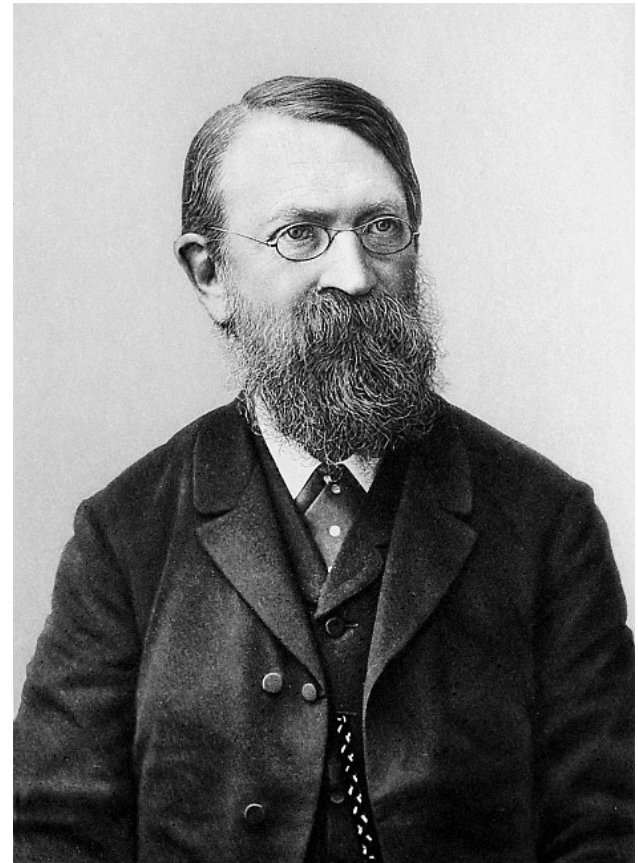
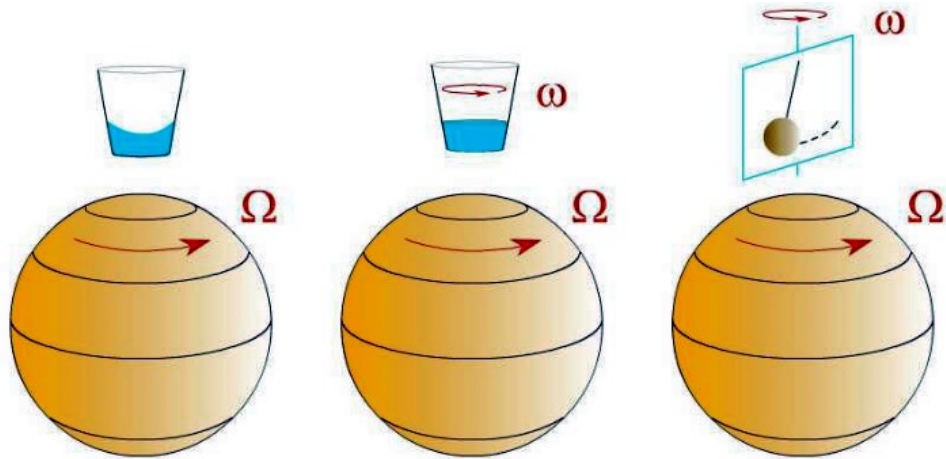
hustota hmotnosti  $\rho$

$$ds^2 = 4a \left[ dt^2 - dr^2 - dy^2 + (sh^4 r - sh^2 r) d\varphi^2 - sh^2 r d\varphi dt \right]$$

souřadnice  $t, r, y, \varphi$ ;  $\varphi$  má časovou povahu pro:

$$sh^4 r > sh^2 r$$

# Gödel a Mach



Může vesmír rotovat?

Jsou setrvačné síly působeny vzdálenými kosmickými hmotami?

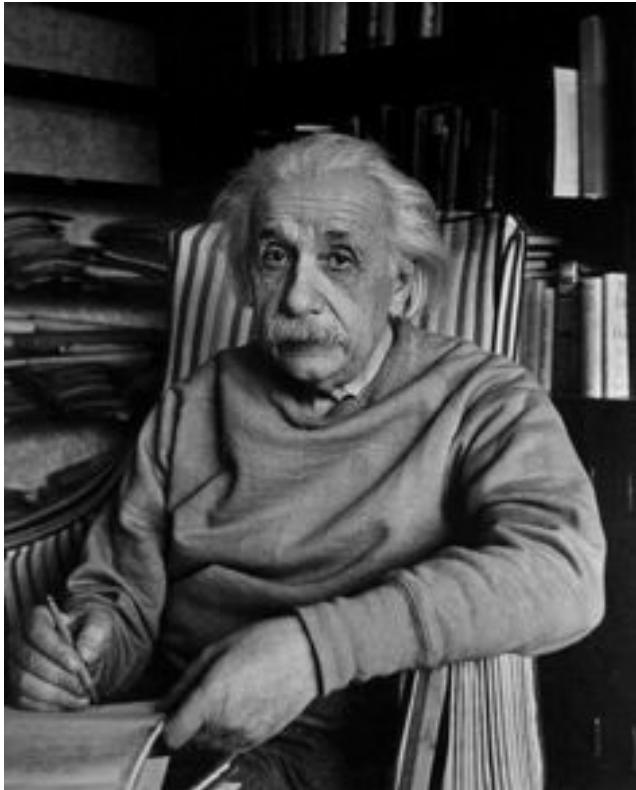
# Paradoxnost návratu v čase

- Problémy s kauzalitou a vznikem informace
- Dědečkův paradox
- Hawkingova hypotéza zachování chronologie: prostoročasy s uzavřenými časupodobnými křivkami jsou fyzikálně nesmyslné
- Novikovova hypotéza o konzistentnosti: Historii nelze změnit. Časupodobné uzavřené křivky existují, ale fyzikální zákony paradoxům nějak zabrání



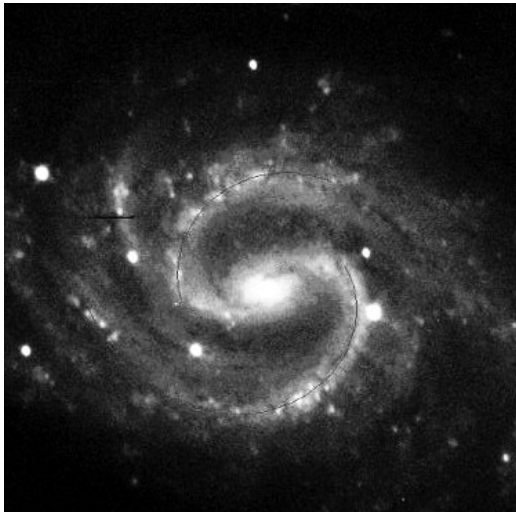
# Nenapsaný příběh

Kdo vymyslel teorii relativity?



# Rotující vesmíry

- 1952 Rotating Universes in General Relativity Theory, Proc.Int.Cong.Math
- Třída vesmírů, které rotují a rozpínají se
- Souvislost s realitou? Pozorovaný vesmír nerotuje, ale je to opravdu celý vesmír?



# Vědecký přínos

1996, *G.Ellis: Příspěvky Kurta Gödela relativitě a kosmologii, Čs.čas.pro fyz. 46.*

- Užití moderních matematických metod – Teorie grup
- Hlubší porozumění geometrii vztažných soustav
- Inspirace pro pozdější práce o singularitách řešení Einsteinových rovnic



# Filosofický přínos

- Gödel ukázal, že existence vesmíru s časovými smyčkami neodporuje obecné teorii relativity Je to určitý podpůrný argument pro eternalismus.
- Základní otázka reality či ilusornosti plynutí času se tím neřeší. Je vůbec možné ji řešit v rámci „naturalistické“ přírodovědy?
- „Subjektivní“ aspekty otázky - co bychom považovali za žádoucí? Einstein, Eddington, Popper ...

# A co básníci?

Všechno, co jest, čas hltavý stravuje, všechno tu sápe,  
všechno tu odklízuje – trvati nesmí tu nic.

Umdlévá vodní proud, břeh vysouší moře, jež prchá,  
výšiny ssedají stále, klesají hřebeny hor.

Jestliže je čas toliko jiný rozměr,  
pak vše, co umírá, zůstává na živu,  
není vyhlazeno, ale jen posunuto  
z našeho obzoru.

Una dosud žije!