



# Teorie relativity - Gravitační vlny

RNDr. Jaroslav Vrba PhD.

# Co jsou gravitační vlny?

- Gravitační vlny jsou **zvlnění** prostoročasu, která **vznikají** při pohybu hmotných objektů, zejména při jejich **zrychlení**. Video [7h0](#)
- Šíří se **rychlostí** světla a **mění** vzdálenosti mezi objekty ve směru šíření.
- **Předpovězeny** Einsteinovou obecnou teorií **relativity** (1916).

# Jak gravitační vlny vznikají?

- Při **srážkách** nebo pohybu **masivních** objektů, jako jsou černé díry nebo neutronové hvězdy atd. Video [7ha](#)
- Během **explozivních** událostí, například **supernov**.
- Zrychlený pohyb hmoty **narušuje** gravitační pole a vytváří vlnění **prostor času** (rotace asymetrického objektu)
- **Negenerují** se při rotaci **sféricky** symetrických objektů (nutná **kvadrupólová** nesymetrie)

# Historické pozorování gravitačních vln

- Rok 1974: První **nepřímé** důkazy gravitačních vln – **dvojhvězda** PSR B1913+16, za kterou Hulse a Taylor **získali** Nobelovu **cenu** (1993) video [7hb](#)
- Rok 2015: První **přímé** pozorování gravitačních vln detektorem LIGO ze **srážky** dvou černých **děř**
- Další pozorování gravitačních **vln**: kombinace detektorů LIGO, Virgo a KAGRA umožnila **lokalizaci** zdrojů ve vesmíru

# Jak se gravitační vlny detekují?

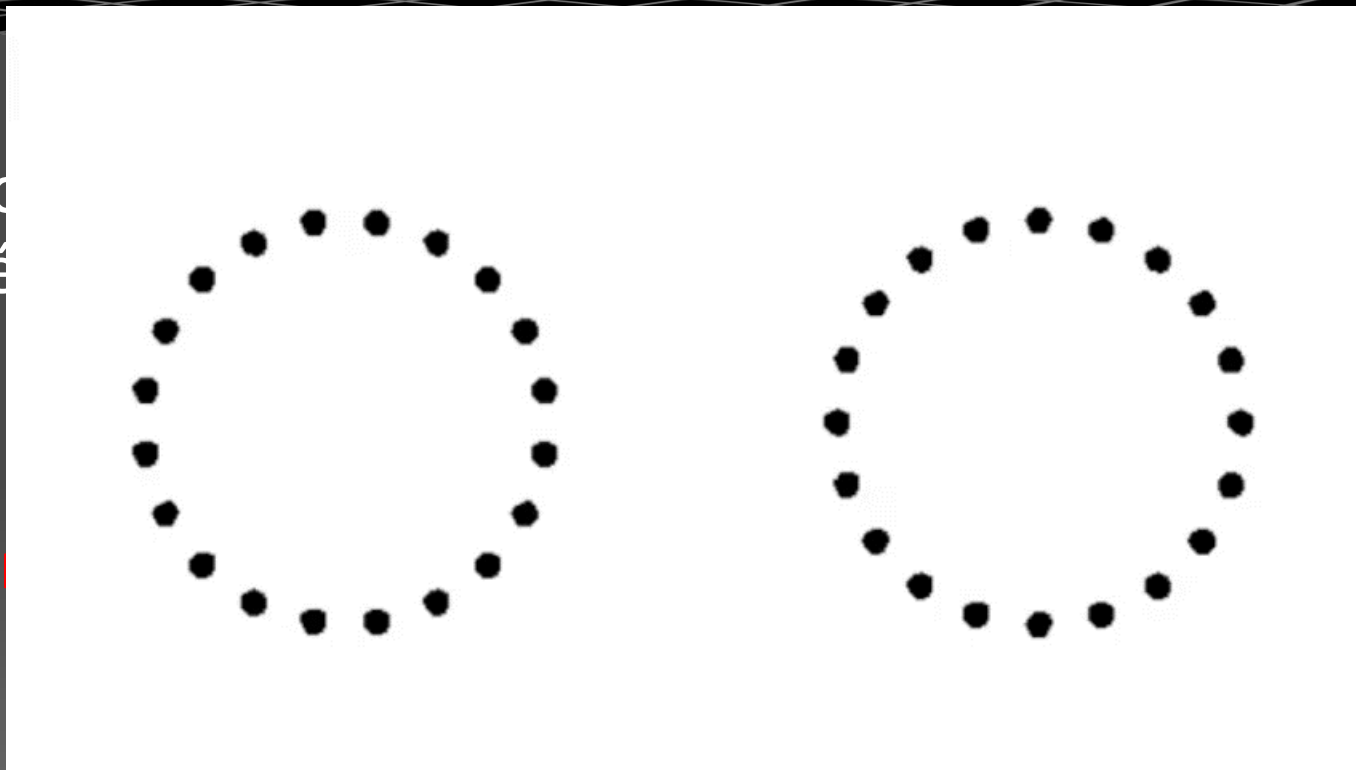
- Gravitační vlny **mění** vzdálenosti mezi **zrcadly** v laserových interferometrech
- Detektory jako LIGO a Virgo **používají** laserový **paprsek**, který měří **změny** v délce ramen **interferometru** (řádově menší než průměr atomu) video [7hc](#)
- Výzvy detekce: **velmi** slabé signály, **ovlivněné** okolním šumem

# Vlastnosti gravitačních vln

- Dlouhé vlny  
**bez** výrazné

- Polarizace:  
**orthogonální**

- Interakce s **hmotou** jsou velmi **slabé**, takže průchod gravitačních vln většinou nezanechá **měřitelné** změny



vzdálenosti

# Co nám gravitační vlny říkají o vesmíru?

- Gravitační vlny umožňují **studium** objektů, které nevydávají **elektromagnetické** záření (např. černé díry)
- Poskytují **přímý** důkaz o **existenci** černých děr a neutronových hvězd
- Umožňují **sledovat** extrémní události, jako je **srážka** dvou černých děr nebo **zánik** neutronové hvězdy

# Astrofyzikální význam gravitačních vln

- Studium **kosmologických** jevů, jako je **formování** galaxií a shlukování hmoty
- Testování **Einsteinovy** obecné teorie **relativity** v extrémních podmínkách
- Nové **pohledy** na raný **vesmír** (gravitační vlny z **období** Velkého třesku)



# Gravitační vlny a multimessenger astronomie

- Kombinace **gravitačních** vln s **elektromagnetickými signály** (světlo, rentgen, gama) umožňuje hlubší **pochopení** astrofyzikálních **procesů**
- Pozorování srážky **neutronových** hvězd (**GW170817**): gravitační vlny a gama záblesky **umožnily** zjistit původ **těžkých** prvků, jako je zlato a platina – doplnit seznam detekcí
- Význam **spolupráce** různých observatoří a **detektorů**

# Budoucnost výzkumu gravitačních vln

- Výstavba nových detektorů: **LISA** (Laser Interferometer Space Antenna) pro **detekci** gravitačních vln ve **vesmíru**
- Možnosti **detekce** primordiálních gravitačních vln z **raného** vesmíru
- Rozšíření „**multimessenger** astronomie“ pomocí gravitačních vln

# Otázky

- Jaké vlastnosti mají gravitační vlny a jak je můžeme detekovat?
- Co nám gravitační vlny říkají o událostech, jako jsou srážky černých děr?
- Jaké jsou výzvy a možnosti budoucího výzkumu gravitačních vln?
- <https://www.youtube.com/watch?v=mhUS9arge94>