



Teorie relativity

-
Limity OTR

RNDr. Jaroslav Vrba PhD.

Kde teorie relativity nefunguje

- Extrémní podmínky: Obecná teorie relativity **selhává** při popisu **gravitačních** jevů v extrémních **podmínkách**, jako jsou singularity černých děr nebo Velký třesk
- **Neslučitelnost** s kvantovou mechanikou: Teorie relativity není **kompatibilní** s kvantovou mechanikou, která **popisuje** chování částic na mikroskopické úrovni

Známé jevy propojující teorii relativity a kvantovou mechaniku

- ❑ Neutronové hvězdy a kvantová **degenerace**
 - Stabilitu neutronových hvězd zajišťuje relativistická gravitace a kvantová mechanika (Pauliho vylučovací princip)
 - Pozorování neutronových hvězd umožňuje testovat limity těchto teorií
- ❑ Kvantové efekty v **extrémních** gravitačních **polích**
 - V blízkosti černých děr a neutronových hvězd se vysoké energie kombinují s kvantovými procesy, například tvorbou částic-antičástic
 - Magnetary (neutronové hvězdy s extrémními magnetickými poli) mohou generovat podmínky, kde se relativistická gravitace a kvantové efekty propojují
- ❑ Kvantové **fluktuace** časoprostoru
 - Na Planckově škále není časoprostor spojitý, ale podléhá kvantovým fluktuacím
 - Tyto fluktuace mohou být detekovatelné v rámci výzkumu kvantové gravitace

Známé jevy propojující teorii relativity a kvantovou mechaniku

□ Hawkingovo záření

- Kvantový efekt, kdy černé díry vyzařují částice díky kvantovým fluktuacím na horizontu událostí.
- Tento jev kombinuje obecnou teorii relativity (černé díry) a kvantovou mechaniku (fluktuace vakua)

□ Informační paradox černých děr

- Problém: Kam zmizí informace o hmotě, která spadla do černé díry, když se černá díra vypaří?
- Hypotéza holografického principu: informace je uchována na povrchu horizontu událostí a není ztracena

Proč je potřeba kvantová gravitace?

- Současné teorie dokáží **popsat** gravitační jevy (**relativita**) a kvantové jevy (kvantová mechanika), ale ne jejich propojení.
- Cílem kvantové gravitace je **sjednotit** obecnou teorii relativity a kvantovou mechaniku do **jedné** teorie, která popíše chování gravitace na všech měřítkách.
- Povede k **porozumění** Velkému třesku, černým díram a dalším **extrémním** jevům.

Pokusy o sjednocení – Teorie strun

- Elementární částice **nejsou** bodové, ale tvořeny vibrujícími „**strunami**“. Každý typ vibrace **odpovídá** jiné částici
- Teorie strun vyžaduje **existenci** více **dimenzí** (obvykle 10 nebo 11), které **nejsou** běžně pozorovatelné
- Teorie strun zahrnuje **hypotetickou** částici gravitace – **graviton**
- Nedostatek experimentálních **důkazů** a složitost ověřování v **praxi**

Smyčková kvantová gravitace (LQG)

- Prostor a čas **není** spojitý, ale **diskrétní**, tvořený kvantovými „smyčkami“
- Na **mikroskopické** úrovni se prostor a čas **chová** jako síť kvantových propojení
- Smyčková gravitace **nevyžaduje** dodatečné **dimenze** a nabízí modely pro řešení singularit černých děr
- Nedostatek experimentální **podpory** a omezená kompatibilita s ostatními **částicovými** teoriemi

Budoucnost kvantové gravitace

- Pokusy **sjednotit** teorii strun a smyčkovou gravitaci nebo **vytvořit** zcela nový model
- Detekce **primordiálních** gravitačních vln z Velkého třesku nebo efektů **kvantové** gravitace na časoprostorové fluktuace
- Porozumění **ranému** vesmíru, **osudu** černých děr a **vztahu** mezi **temnou** hmotou a gravitací

Otázky

- Jakým způsobem kvantové fluktuace na horizontu událostí vedou k vypařování černých děr?
- Jak magnetary demonstrují propojení relativistické gravitace a kvantové mechaniky?
- Jaké limity má současná teorie relativity?

<https://www.youtube.com/watch?v=eRzQDyw5C3M>