

---

# Potřebuji hlavně tužku a papír

---

## Potřebuji hlavně tužku a papír

Medailí ministra školství I. stupně ocenil stát práci doc. RNDr. Pavla Krtouše, Ph.D. Docent Matematicko-fyzikální fakulty UK ve spolupráci s kanadskými kolegy odkryl vlastnosti skrytých symetrií vícedimenzionálních černých děr.



### **Co jsou černé díry jsem si nastudovala. Ale co jsou skryté symetrie a vícedimenzionální časoprostor?**

Aby to bylo srozumitelnější, musíme začít od teorie relativity. Ta popisuje gravitaci jako zakřivení prostoru a času a mimo jiné tak umožňuje mluvit v nových souvislostech o kosmologii, tedy o tom, co bylo na počátku vesmíru. Základním kamenem teorie relativity je poznatek, že v našem světě se vše pohybuje či šíří nižší než světelnou rychlostí. To není nějaká technická bariéra, kterou „jenom“ neumíme překonat, to je základní věc pevně spjatá s kauzalitou a strukturou našeho prostoročasu.

### **A zde si tedy představujeme černé díry?**

Černá díra je příklad objektu jiné kauzality, než jsou nám běžně známé. Černou díru si můžeme představit jako něco, odkud se nemůžeme dostat ven. Abych se dostal z jejího gravitačního působení, potřeboval bych totiž nadsvětelnou rychlost a takovou nelze vyvinout. Představte si vír při odtoku vody z vany. Pokud jsou v odpadové trubce rybičky a chtějí se dostat zpátky do vany, musí plavat rychleji než voda, která seshora teče. Pokud tuto rychlost nemohou vyvinout, ven se nedostanou. A podobně prostoročas černé díry je zakřiven tak, že z černé díry již není cesta ven – musli bychom „plavat“ proti „proudu“ samotného prostoru.

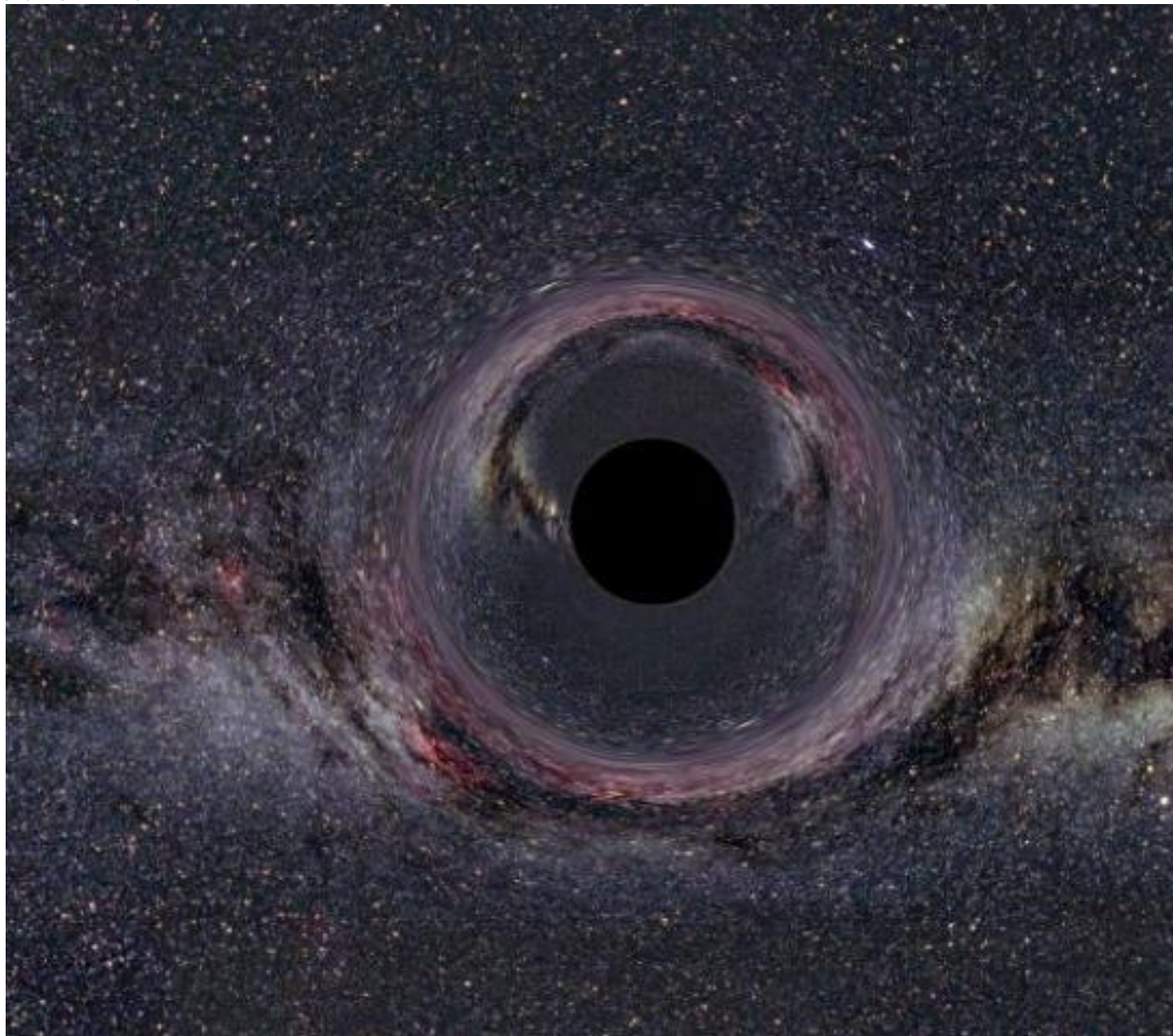
### **Jak černé díry vznikají?**

Černé díry byly původně jenom myšlenkovou hříčkou. Rovnice obecné relativity dávaly „podivná“ černoděrová řešení, ale nebylo jisté, jak moc jsou realistická. V současnosti jsme si prakticky jisti, že černé díry existují. Černá díra je typický konec hvězdného kolapsu, když je hvězda na začátku poměrně těžká. Druhý klasický případ výskytu černé díry jsou jádra galaxií. Jednu takovou velmi dobře ověřenou černou díru máme v jádru naší galaxie - Mléčné dráhy. Tyto černé díry v jádrech galaxií jsou velmi hmotné – mají hmotnost v řádech milionů až miliard hmotností Slunce.

Zajímavá je otázka, jak se může černá díra pozorovat, když z ní nemůže nic vyletět. Ani světlo, takže černá díra nesvítí.

### **Můžeme je tedy pozorovat nebo ne?**

Nedají se pozorovat přímo, ale dají se pozorovat jevy okolo nich. Díky tomu existuje několik konkrétních kandidátů na černou díru. A nebo obráceně – pro řadu pozorovaných jevů nemáme jiné vysvětlení, než že je způsobuje černá díra. Černá díra má velkou gravitaci, takže věci, které kolem ní letí, jsou k ní přitahované. Černé díry vytváří např. kolem sebe akreční disky, což jsou jakási oblaka prachu rotující kolem nich. A tyto jevy už se pozorovat dají. Vždy ovšem zůstává otázka, jestli to „něco“ s velkou gravitací, co přitom ale přímo nevidíme, je opravdu černá díra a nebo nějaký jiný objekt, který zatím neznáme.



Ilustrace: simulovaná deformace obrazu Mléčné dráhy gravitační čočkou černé díry [dle wikipedie](#) .

### **Tak už víme, co jsou černé díry. A co jsou ty jejich vícedimenzionální „kolegyně“?**

To, o čem jsme si povídali doteď, patří do oblasti klasické obecné relativity a současné observační astronomie. K této v podstatě „experimentální“ fyzice má moje práce hodně daleko, protože já se sice zabýval také černými dírami, ale černými dírami v časoprostoru o více dimenzích. A ty už nejsou nijak přímo pozorovatelné. Vícedimenzionální relativita patří zcela do teoretického a ne do astronomického výzkumu.

Náš prostor je třídimenzionální. Dle obecné teorie relativity je pak čas čtvrtou dimenzí našeho prostoročasu. Víc dimenzí samozřejmě není typická situace, kterou pozorujeme.

### **Proč má tedy smysl zkoumat něco, co nemůžeme vidět?**

V současnosti existují dvě hlavní velké fyzikální teorie. Jednou z nich je právě obecná teorie relativity, která popisuje celý vesmír, ta druhá je kvantová teorie, která umí velmi dobře popisovat mikrosvět. To je teorie která popisuje světlo, jádra atomů, jevy na atomární úrovni atd.

Co neumíme a na co teorii nemáme, je kvantová teorie gravitace. Ona taky běžně není moc potřeba. Kvantová gravitace je velmi slabá a zcela vzdálená našim experimentálním možnostem. Kdy ale zajímavá být může, je když se koukáme zpátky do minulosti. Teorie tzv. velkého třesku říká, že všechna hmota byla kdysi hodně dávno nahuštěna ve velmi malém prostoru. Očekáváme, že právě tam kvantová gravitace hrála roli. A i proto bychom kvantovou teorii gravitace rádi měli. Jenomže, kde ji vzít? To je velmi náročný úkol. V poslední době na ni máme dva velké kandidáty: teorii superstrun a teorii smyčkové gravitace.

Teorie superstrun předpokládá, že náš prostor je vícedimenzionální, že má 26, 10 nebo 11 dimenzí, a že fundamentální kvantové objekty jsou jakési struny. Pomocí nich pak vysvětluje všechny interakce včetně kvantové gravitace. Jsou různé názory na to, jak úspěšně. Můj osobní názor je, že toto není ta správná cesta ke kvantové gravitaci. Rozhodně je ale teorie superstrun v současnosti velmi rozvíjená a ve vědecké komunitě velmi populární.

Ve vícedimenzionálním prostoru teorie superstrun a tzv. bránových kosmologií je zajímavá otázka, jak by svět při vyšším počtu dimenzí vlastně fungoval. Jedny z objektů, které se v tomto teoretickém prostředí zkoumají, jsou právě černé díry. A my jsme v naší práci studovali jejich vlastnosti a hledali jsme řešení rovnic popisujících objekty v blízkosti těchto vícedimenzionálních černých děr.

#### **Říkáte „my“ – kdo s vámi při tom spolupracoval?**

Tento výzkum probíhal zejména ve spolupráci se skupinou na University of Alberta v Edmontonu v Kanadě, kde spolupracuji s profesory Donem N. Pagem a Valeri Frolovem. Čtvrtým členem týmu byl absolvent doktorského studia na MFF UK David Kubizňák, který je v současné době jako postdok v Cambridgi. Na české straně jsem pak spolupracoval s doc. Arturem Sergyevem ze Slezské university. Naše výsledky jsou klasický příklad týmové práce.

#### **Naznačíte, jaké „vlastnosti skrytých symetrií“ jste tedy objevili?**

Kladli jsme si např. otázky typu, jak by vypadal pohyb částice kolem černé díry ve vícedimenzionálním prostoročasu. Zjistili jsme, že v případě vícedimenzionálních černých děr lze využít maximální možný počet zákonů zachování. Některým z nich odpovídá nějaká symetrie – to je ukázka obecného pravidla, že s každou symetrií souvisí zákon zachování. Např. symetrii vůči posunu (ta znamená, že pro každý objekt platí stejná fyzika nezávisle na tom, kam ho v prostoru posuneme) odpovídá zákon zachování hybnosti, symetrii posunu v čase zase odpovídá zákon zachování energie. V případě černých děr však existují ještě další, vnitřní skryté symetrie, které sice nemůžeme jednoduše přirovnat k něčemu v našem prostoročase, ale jsou pro nás důležité v tom, že nám dávají další zákony zachování a tím zjednodušují řešení velmi složitých soustav rovnic. Komplikovaný problém dovolují rozložit na několik jednodušších, které bude možné např. dále simulovat v numerických modelech.

#### **Potřebujete vlastně k takovému výzkumu nějaké speciální vybavení – laboratoř nebo třeba dalekohled?**

Ne, nic speciálního. Je to teoretická práce, takže všechno, co používáme, je papír, tužka anebo případně počítač.