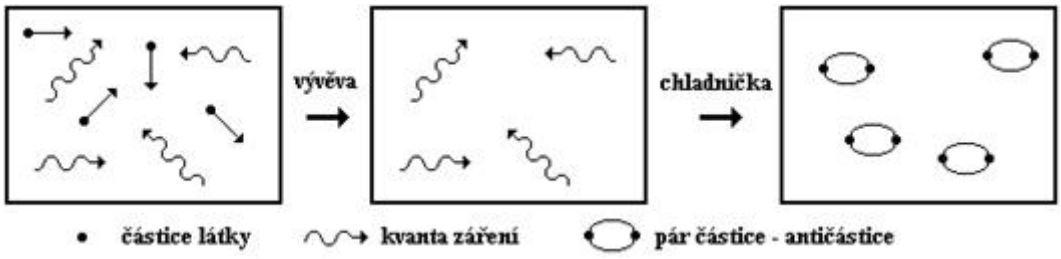
## ***Vypařování černých děr

K pochopení jevu, který se nazývá **vypařování** černých děr a při němž může černá díra skutečně zaniknout, je nutné pochopit chování tzv. **fyzikálního vakua**. Docílit fyzikálního vakua není jednoduchý úkol. Lze ho docílit pouze v myšlenkovém experimentu (viz obr. 104): Daný prostor vesmíru se uzavře do jakési „krabice“, která má naprosto dokonalé stěny, kterými neprojdou žádné částice. Po připojení této „krabice“ k vývěvě je možné z uvažovaného prostoru „krabice“ vysát všechnu hmotu. Tím ale není vytvořeno vakuum, neboť kromě látky se uvnitř „krabice“ nacházelo i elektromagnetické záření, které v ní zůstalo i po odčerpání látky vývěvou. Hustota hmoty v „krabici“ je sice nyní nulová, ale zbývá v ní ještě elektromagnetické záření, které se řídí Planckovým zákonem vyzařování absolutně černého tělesa.

A uvedenou „krabici“ lze za absolutně černé těleso považovat.

Pro odčerpání tohoto elektromagnetického záření je nutno ke „krabici“ připojit ideální chladničku, která ochladí vnitřek „krabice“ na teplotu absolutní nuly (tj. 0 K).




Obr. 104

Po ochlazení na teplotu 0 K je v „krabici“ fyzikální vakuum, v němž na tzv. planckovských rozměrech $10^{-35}$ m probíhají fluktuace prostoročasu. Samovolně zde vznikají a zanikají páry částice - antičástice (např. elektron a pozitron).

To znamená, že je zde lokálně na krátké časové intervaly porušen zákon zachování hmotnosti a zákon zachování energie v souladu s druhou Heisenbergovou relací neurčitosti.

Teorii vypařování černých děr, která souvisí s právě uvedenými jevy, vypracoval anglický fyzik Stephen Hawking (narozen 8. 1. 1942). Podle něj vzniká při právě uvedených dějích jedna jediná částice hmoty nebo antihmoty, která se určitou dobu pohybuje prostorem a časem. Mezitím se z místa anihilace v obráceném toku času pohybuje tatáž částice zpět po trochu odlišné trajektorii a potkává sama sebe na počátku. Tím celý proces končí v okamžiku, kdy začal. Oba dva na první nesmyslné jevy (vznik časové smyčky a výskyt jedné částice na dvou místech současně) jsou naprosto v pořádku právě na malém měřítku vzdáleností, v nichž se uplatňují kvantové jevy (Heisenbergovy relace neurčitosti, …).

Tyto procesy probíhají u okraje černé díry, přičemž částice může do černé díry spadnout, ale může ji také opustit, což je provázeno vyzářením fotonu, elektronu (resp. pozitronu) nebo neutrina (resp. antineutrina) mimo černou díru. Elektromagnetické záření černé díry se označuje jako **Hawkingovo záření**. Jak Hawking ukázal, spektrum tohoto záření se velmi podobá spektru záření absolutně černého tělesa dané teploty. Jakmile však nějaká částice tímto procesem opustí černou díru, zmenší se hmotnost černé díry a tedy se zmenší i gravitační poloměr černé díry. Zároveň vzroste teplota, která je nepřímo úměrná hmotnosti černé díry. To vede ke zkracování vlnové délky Hawkingova záření.

S rostoucí teplotou se posouvá maximální intenzita vyzařovaného elektromagnetického záření

směrem k vyšším frekvencím, tedy ke kratším vlnovým délkám.

Ukazuje se, že pravděpodobnost vyzáření částice z černé díry vzrůstá s větším zakřivením horizontu černé díry, tj. s menším gravitačním poloměrem. Vyzářením jedné částice se proto zvýší pravděpodobnost vyzáření další částice. Uvedený proces tedy lavinovitě narůstá a nakonec se vypaří celá černá díra do okolního vesmíru. Po určité době by se tak měla opětovně explozivně otevřít černá díra do „našeho“ vesmíru v podobě bílé díry.

Výpočty ukazují, že černá díra o hmotnosti Slunce by měla teplotu jen $10^{-6}\,\mathrm{K}$ a její vypařování by trvalo $10^{66}\,\mathrm{let}$. To je ale natolik dlouhá doba, že vesmír (bude-li v té době ještě existovat) bude vypadat naprosto jinak než v současné době. Černé díry hvězdných hmotností tedy zůstanou v námi pozorovaném vesmíru černými dírami. Jiná situace ale nastává pro tzv. primordiální černé díry, jejichž teplota by měla být asi $120.10^{9}\,\mathrm{K}$ a měly by tedy být silným zdrojem záření a při současném věku vesmíru by měly jedna za druhou explodovat do „našeho“ prostoročasu. Vzhledem k tomu, že tyto teoreticky předpověděné jevy nejsou pozorovány, choval se vesmír krátce po svém vzniku jinak, než předpokládala teorie a primordiální černé díry nevznikaly.

---

**© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička**
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.