

Vypařování černých děr

A. Šplíchalová, T. H. H. Ngo, R. Schuster*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

[*r.schstr@gmail.com](mailto:r.schstr@gmail.com)

Abstrakt

Cílem projektu je vysvětlit princip vypařování černých děr a přiblížit tento jev pomocí analogie z běžného života. K vysvětlení principu jsme museli použít dost teorie, kterou zde nemůžeme sáhodlouze rozepisovat a vysvětlovat, zájemce odkážeme na konci článku na reference.

1 Úvod

Jev zvaný Hawkingovo záření nebo také vypařování černých děr není dosud prokázáný a zatím není způsob, jak ho experimentálně ověřit. Přesto Stephen Hawking, mnohými považovaný za největšího génia naší doby, došel logickými myšlenkovými konstrukcemi k jeho existenci a odvodil i jeho vlastnosti v závislosti na již známých fyzikálních zákonitostech a jevech.

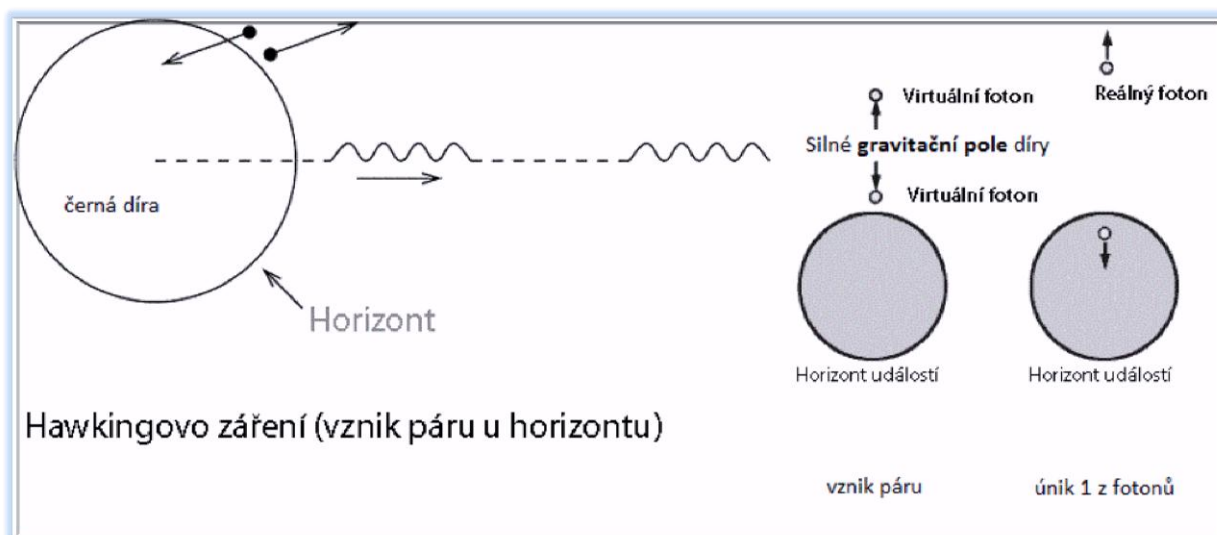
2 Princip

Pro pochopení principu Hawkingova záření je důležité uvědomit si, že volně v prostoročasu vznikají a zanikají virtuální páry částice-antičástice. Stephen Hawking se jako první zamyslel nad tím, jak by se mohl takovýto pár chovat v blízkosti horizontu událostí okolo černé díry. Došel k tomu závěru, že by se mohlo stát následující: jedna částice z páru bude vtažena dovnitř černé díry působením její gravitace, ale druhá z páru by za jistých okolností mohla z vlivu gravitace uniknout a stát se tak skutečnou částicí. Pokud bychom tuto částici dokázali detekovat, jevilo by se nám, že černá díra tuto částici vyzářila. To by se nám mohlo jevit v rozporu se základní vlastností děr – vše hmotné ve svém dosahu přitahovat, pohlcovat.

Uvažujme dále, že vzniklou částicí je foton. Co se s ním bude dít během jeho úniku z gravitačního pole díry? Zřejmě pro to bude muset konat práci, čímž se ochudí o část své energie. Jelikož energie fotonu je dána součinem Planckovy konstanty a jeho frekvence, bude se muset měnit (snižovat) jeho frekvence, čímž se bude zvětšovat jeho vlnová délka (což by se nám jevilo jako změna barvy vyzařovaného světla, bylo-li by okem zachytitelné).

3 Náš experiment

Ze zřejmých důvodů jsme nemohli provést skutečný pokus s opravdovou černou dírou, proto jsme se pokusili o jistou analogii. Gravitační pole jsme nahradili proudem vody tekoucí nakloněným korytem. Náklon koryta nám zajistil urychlování toku, jehož rychlost tedy závisela na vzdálenosti od počátku koryta. Koncem koryta, kterým voda vytékala, tekla nejsilnější proud. Za tímto okrajem se tvořil malý vodopád. Okraj tedy symbolizoval hranici horizontu událostí, proud se se vzdáleností od okraje zmenšoval, podobně jako gravitační síla klesá se vzdáleností. Cokoliv se ocitlo za okrajem, už tedy nemělo šanci vodopádem vyplavat zpět do koryta. Stejně tak cokoliv, co se ocitne za horizontem událostí, již nemá šanci uniknout. Analogií pro náš foton, byla obyčejná dětská hračka se slabým natahovacím motorkem. Ta měla za cíl plavat proti proudu. Jelikož rychlost hračky jsme moc ovlivnit nemohli, ovlivňovali jsme rychlost toku změnou náklonu koryta. Tím jsme chtěli ukázat, že při určité rychlosti je hračka schopná plavat proti proudu, ale byla-li rychlost hračky (oproti proudu vody) příliš malá, byla hračka vtažena až do vodopádu. Je to stejné, jako když má naše částice u černé díry příliš malou počáteční rychlost na to, aby unikla.



Obrázek 1 - Hawkingovo záření

4 Práce s Maplem

Maple je algebraický počítačový systém pro analytické výpočty, umožňující nejen snazší zpracování teoretické látky, ale i kvalitní představení dané problematiky. V našem projektu jsme nejprve odvodili rychlost odpařování černé díry na základě záření absolutně černého tělesa a Hawkingovy teploty. Na závěr jsme namodelovali konkrétní černou díru o hmotnosti Země a na jednoduché animaci jsme ukázali, jak rychle se bude odpařovat a napočítali jsme její horizont události.

5 Naše výsledky

Výsledný pohyb našeho modelu naznačil, jak by se mohla částice pohybovat v blízkosti horizontu událostí (ve vzdálenosti větší než Schwarzschildův poloměr od singularity). Výsledek ovšem není přímým důkazem pravdivosti Hawkingovy teorie.

6 Reference

- [1] http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/13_act/13_act.htm
- [2] <http://taz.mystik.cz/Skola/BH/BH.html>
- [3] <http://scienceworld.cz/fyzika/hawking-informacni-paradox-cernych-der-2286>
- [4] http://www.aldebaran.cz/applets/as_holes/start.html
- [5] <http://cs.wikipedia.org/wiki/LHC>
- [6] http://cs.wikipedia.org/wiki/Planck%C5%AFv_vyza%C5%99ovac%C3%AD_z%C3%A1kon
- [7] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vesm%C3%ADr>
- [8] http://cs.wikipedia.org/wiki/Hawkingovo_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD
- [9] http://cs.wikipedia.org/wiki/Holografick%C3%BD_princip
- [10] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/538-zareni-absolutne-cerneho-telesa>
- [11] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1161-vyparovani-cernych-der>
- [12] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1160-primordialni-cerne-diry-a-bile-diry>
- [13] http://technet.idnes.cz/prvni-umela-cerna-dira-je-na-svete-dqx-/tec-vesmir.aspx?c=A080321_164442_tec-vesmir_mbo
- [14] http://technet.idnes.cz/vedci-vyrobili-prvni-akustickou-cernou-diru-f3q-/tec-vesmir.aspx?c=A090630_103157_tec-vesmir_mbo
- [15] <http://www.qwertasip.estranky.cz/clanky/urychlovac-castic-lhc---spolkne-cerna-dira-svet-.html>