



**Základní škola sv. Voršily v Olomouci**  
Aksamitova 6, 772 00 Olomouc

# Černé díry

Závěrečná práce

Autoři: Vojtěch Langer, Václav Venkrbec

Třída: IX

Vedoucí práce: Mgr. Jana Pavlůsková

**Olomouc 2013**

# **OBSAH**

<b>ÚVOD</b>	<b>4</b>
<b>KAPITOLA I – Historie</b>	<b>5</b>
1 Počáteční teorie o černých dírách	5
2 20. století	5
<b>KAPITOLA II – Co to je černá díra</b>	<b>7</b>
1 Obecná charakteristika	7
2 Části černé díry	7
2.1 Gravitační čočka	7
2.2 Ergosféra	8
2.3 Horizont událostí	8
2.4 Akreční disk	8
2.5 Singularita	8
<b>2.6 Kvasary</b>	<b>9</b>
<b>KAPITOLA III – Vznik</b>	<b>10</b>
1 Zánik hvězdy	10
2 Akumulace hmoty	10
3 Miniaturní černé díry	11
<b>KAPITOLA IV – Pozorování</b>	<b>12</b>
1 Hledání způsobu	12
2 Objev 1. černé díry	12
3 Supermasivní černé díry uprostřed galaxií	13

4 Další neprokázané černé díry	13
<b>KAPITOLA V – Zánik černé díry</b>	<b>14</b>
1 Kvantové vypařování černých děr	14
<b>KAPITOLA VI – Plány do budoucna</b>	<b>15</b>
1 Cesta tam, ale nikoli zpět	15
2 Člověk a černá díra	15
3 Druhý konec černé díry	16
<b>ZÁVĚR</b>	<b>17</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>18</b>
<b>RESUMÉ</b>	<b>19</b>

## ÚVOD

Nejeden člověk se již zamýšlel nad tím, co vesmír vlastně je a jaká tajemství skrývá. I my, když jsme si vybírali téma naší práce, jsme hledali něco zajímavějšího, co by nás oba opravdu zajímalo, aby se nám psaní práce svou zajímavostí usnadnilo. Když nás napadlo téma vesmír, tak jsme samozřejmě tušili, že se budeme muset zaměřit na nějakou konkrétnější oblast vesmíru, a zanedlouho nás napadlo něco, o čem vlastně nikdo pořádně neví, co to vlastně je. Něco, co bezesporu patří mezi nejzáhadnější a nejtajemnější objekty ve vesmíru, a to černé díry.

Představa něčeho podobného černé díře, přišla na svět již v 18. století z úst anglického geologa Johna Michella. Poté se o tento tajuplný objekt začalo zajímat mnohem více vědců, kteří neustále zjišťovali nové informace o které se častokrát i přeli.

A díky těmto lidem víme o černých dírách mnoho informací, které se Vám v této práci přiblížit.

# KAPITOLA I – Historie

## 1 Počáteční teorie o černých dírách

Jak již bylo zmíněno v úvodu, v roce 1783 geolog John Michell navrhl možnost existence tělesa s tak silnou gravitací, že pohltí vše dokonce i světlo. Jeho teorie říká, že pokud by existovalo těleso o poloměru 500 krát větším, než je poloměr slunce a mělo stejnou hustotu, byla by na povrchu gravitace tak silná, že by přitahovalo i tělesa pohybující se rychlostí světla. Tuto myšlenku zřejmě nezávisle na Michellovi podpořil francouzský matematik Pierre Simon de Laplace ve své knize vydané v roce 1796.

## 2 20. století

V 19. století se černým dírák nikdo nevěnoval, jelikož se předpokládalo, že světlo nemá hmotnost, a tudíž nemůže být ovlivněno gravitací.

20. století bylo stoletím, s nejvíce teoriemi a objevy. Důležitým bodem bylo Einsteinův důkaz o ovlivňování světla gravitací. Zanedlouho přišel Karl Schwarzschild s důkazem, že černá díra může doopravdy existovat. Dalším vědcem zajímavícím se o černé díry byl Subrahmanyan Chandrasekhar, jenž dokázal, že kdyby bylo těleso nevyzařující žádné záření a mělo by hmotnost asi 1 a půl krát vyšší než je hmotnost Slunce (Chandrasekharova mez), nebylo by schopné vzdorovat své vlastní gravitaci a zhroutilo by se do sebe. Těmto výrokům odporoval Arthur Eddington, který tvrdil, že zhroucení tělesa by jistě něco zabránilo. Ukázalo se, že si neprotiřečili, jelikož není nutné, aby se těleso zhroutilo do sebe.

V roce 1967 opět vzrostl zájem o černé díry, jelikož věda v této oblasti pokročila. V témže roce Werner Israel matematicky dokázal, že každá nerotující černá díra musí mít kulovitý tvar a její rozměry závisí pouze na její hmotnosti. Na toto přišel již Karl Schwarzschild, ale Israel dovedl tento objev k dokonalosti. Mezi nejvýznamnější vědce zabývající se teorií černých děr patří Stephen

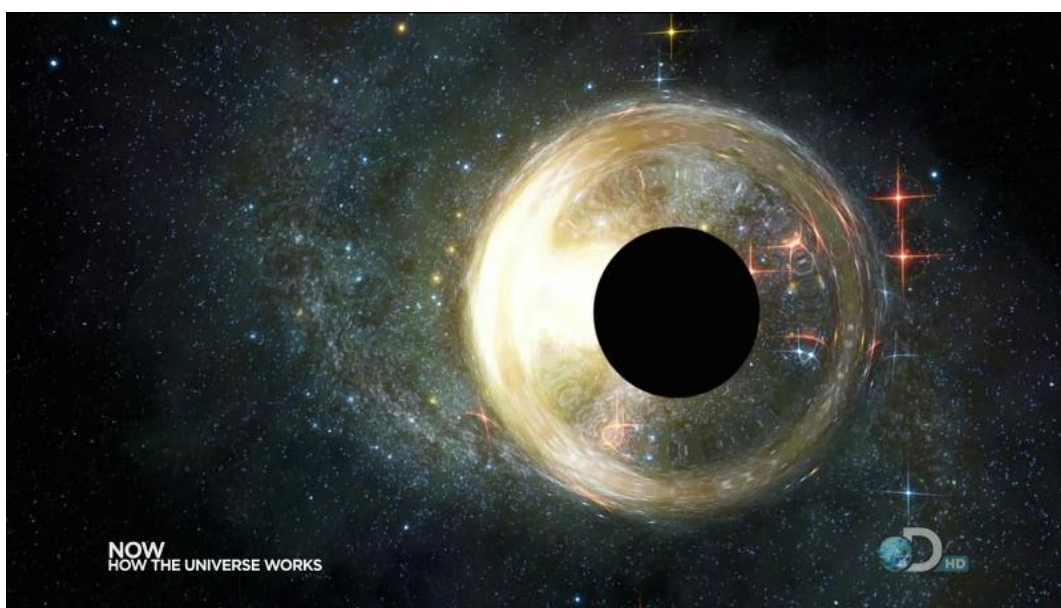
Howking. Howking přišel s teorií vypařování černých děr.

Je podivuhodné, že název černá díra vznikl až v roce 1968, který vymyslel John Wheeler. Do té doby se používal termín černá hvězda.

## KAPITOLA II – Co to je černá díra

### 1 Obecná charakteristika

Co to ve skutečnosti černá díra je nikdo neví. Černá díra je objekt ve vesmíru, jenž má nekonečně velkou hmotnost a hustotu a díky tomu má i nesmírně velkou gravitaci. Černou díru není možné sledovat, pouze lze vidět, jak se kolem určitého „kruhu“ láme světlo, rotují hvězdy či jiné vesmírné objekty.



*Obr. č. 1 Černá díra*

### 2 Části černé díry

#### 2.1 Gravitační čočka

Gravitační čočka je objekt, v tomto případě černá díra, který má velmi silné gravitační pole a je mezi pozorovatelem a zdrojem světla nebo jiného záření. Čočka ohýbá světlo a proto když se pozorovatel černá díra a zdroj světla nachází na stejné ose, pozorovatel vidí světlo jako kruh okolo černé díry.

## **2.2 Ergosféra**

Ergosféra je okrajová oblast rotující černé díry. Odtud je ještě možné odletět a vyhnout se „spolknutí“ černou dírou. V tomto bodě se začíná ohýbat časoprostor, což mj. znamená, že zde čas ubíhá pomaleji než například na naší Zemi. V tomto bodě se můžeme celkem dobře přiblížit nesmrtelnosti nebo se posunout o několik tisíc let do budoucnosti.

## **2.3 Horizont událostí**

Horizont událostí je hranice, kterou když překročíme, není cesty návratu, leda, že bychom překročili rychlost světla. Tuto vzdálenost popsal německý fyzik Karl Schwarzschild, který tuto vzdálenost stanovil pro každé kulaté těleso. Například kdyby se naše Slunce stalo černou dírou, byla by tato vzdálenost 3km od jeho středu.

## **2.4 Akreční disk**

Je to shluk plynů, jenž je vtahován do černé díry a při svém pádu se díky vysokému tření a stlačování zahřívá na tak vysokou teplotu, že pohlcovaný plyn začne vyzařovat rentgenové záření a viditelné světlo.

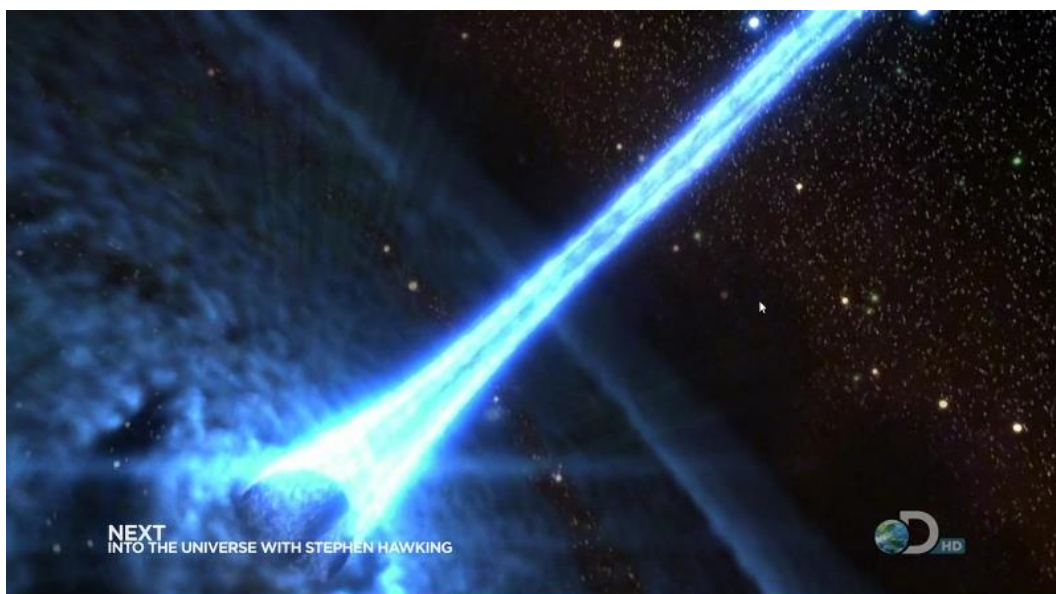
## **2.5 Singularita**

Singularita je teoreticky bod uvnitř nerotujících černých děr. U rotujících černých děr dochází k protažení singularity. V singularitě všechny fyzikální veličiny nabývají nekonečnosti. Ale ve skutečnosti nikomu není jasné, co se vlastně uvnitř černých děr děje.



## 2.6 Kvasary

Pokud se aktivní jádro galaxie zhroutlí do obří černé díry, tak se černá díra v následku pohlcování hmoty „zadusí“ a začne přebytečný plyn s obrovskou energií vystřelovat do vesmíru. Tomuto jevu říkáme kvasar. Je to nejjasnější záření ve vesmíru, které může zastínit záření celé galaxie. Jakmile vypotřebuje všechnu přebytečnou energii, opět uhasne a zůstane pouze zformovaná galaxie s obří černou dírou ve svém středu.



*Obr. č. 2 Kvasar*

## KAPITOLA III – Vznik

### 1 Zánik hvězdy

Jednou z možností jak může černá díra vzniknout je zhroucení hvězdy. Černá díra vzniká, pokud hvězda s dostatečně velkou hmotností spotřebuje veškeré jaderné palivo a zbude dostatek hmoty, aby se kolaps nezastavil ve stádiu bílého trpaslíka či neutronové hvězdy. Černá díra se vytvoří důsledkem převýšení gravitace nad vyzařující energií hvězdy. Ve chvíli kdy vznikne, začne hvězdu „požírat“ zevnitř a následkem zahlcení hmotou vystřeluje mohutné proudy plazmy, které jsou silným zdrojem záření gama. Celý postup přeměny hvězdy na černou díru trvá několik milisekund. Poté hvězda exploduje a v jediné sekundě vyzáří stokrát více energie, než naše Slunce za celý svůj život. Pokud hvězda rotuje, stane se z ní rotující černá díra.



*Obr. č. 3 Vystřelování plazmy*

### 2 Akumulace hmoty

Dalším možným způsobem vzniku je nahromadění vesmírné hmoty, jenž se začne srážet a stlačovat, až dojde k dosažení kritického bodu gravitace a hustoty a vznikne horizont událostí, z něhož nebude moci uniknout ani světlo,

a tak vznikne černá díra. Takovéto supermasivní černé díry se nachází v centrech některých galaxií a nejspíše i kulových hvězdokup.

### 3 Miniaturní černé díry

Třetím a posledním způsobem vzniku černé je způsob, který se pohybuje jen ve vlnách teorií a hypotéz. Jde o umělé vytvoření černé díry v urychlovačích. Takovéto díry by se však při případném vytvoření okamžitě vypařili.



*Obr. č. 4 Podzemní část urychlovače částic LHC*

## **KAPITOLA IV – Pozorování**

### **1 Hledání způsobu**

Až do 60. let si nikdo nemyslel, že černé díry opravdu existují, a když už, tak je nelze pozorovat. Až po objevení aktivních jader galaxií, objektů vyzařujících více energie než tisíc miliónů hvězd a neutronových hvězd se začali astronomové černými dírami zabývat. Problém byl v tom, že si astronomové nevěděli rady, jak je sledovat, jelikož nesvítí ani neodrážejí žádné světlo.

Jedním z navrhovaných způsobů, bylo využít vlastnosti lomu světla. Je to však velmi nepraktické, musí být totiž nalezena velmi speciální poloha zdroje světla, černé díry a pozorovatele. Tento způsob se v moderní době osvědčil, ale až po 5 letech každodenního sledování oblohy.

Další možností bylo sledování pohybu hvězdy. Které fungovalo na principu pozorování hvězdy, jak krouží kolem „ničeho“. Ani tento způsob se však neosvědčil, protože to „nic“ nemusí být pouze černá díra, ale může to být třeba bílý trpaslík či neutronová hvězda.

Na řadu přišlo pozorování černých děr pomocí RTG záření vyzařující z akrečního disku. Jenže toto záření naše atmosféra z velké části pohltí, a proto v 70. letech vyslali do vesmíru družici Uhuru s rentgenovým teleskopem, který již černou díru objevil.

### **2 Objev 1. černé díry**

1. objevenou černou dírou, a to právě pomocí RTG teleskopu, byl Cygnus X-1 nacházející se v souhvězdí Labutě asi 14 000 světelných let od nás. Objevil ji Tom Bolton v roce 1964. Tato černá díra je v průměru velká asi 30 km, má cca 10 hmotností Slunce a vysává obří hvězdu o hmotností 20 Slunci. S touto hvězdou tvoří tzv. dvojhvězdu.

### 3 Supermasivní černé díry uprostřed galaxií

Nyní již s jistotou víme, že uprostřed naší galaxie je supermasivní černá díra, která nese název Sagittarius A\*. Astronomové si jsou téměř jistí, že stejně tak tomu je i v ostatních galaxiích. Tyto černé díry mají hmotnost až několika miliónů Sluncí. Důkazem tohoto jsou snímky z teleskopu v observatoři Eso, které zachycují velmi rychlý pohyb hvězd, rotujících kolem mohutného „bodu“, kterým může být jediné černá díra. Některé hvězdy, které obíhají kolem černé díry dosahují rychlosti až několika miliónu kilometrů za hodinu.



*Obr. č. 5 Hvězdy obíhající kolem Sagittaria A\**

### 4 Další neprokázané černé díry

Kromě Sagittarius A\* a Cygnu X-1 je v naší galaxii ještě několik, již objevených, ale nepotvrzených černých děr, a to jich je jistě ještě mnoho nenalezených. Téměř všechny, které se zatím podařilo nalézt, jsou tzv. Binární systémy neboli dvojhvězdy. Nejbližší neprokázanou černou dírou je A0620-00, která se nachází přibližně 3500 světelných let od Země a má hmotnost 9-13 našich Sluncí. Například jednou z nejhmotnějších černých děr v naší galaxii (vyjímaje Sagittarius A\*) je XTE J1819-254, vážící 10-18 našich Sluncí a s vzdáleností od nás cca 25000 světelných let.

## **KAPITOLA V – Zánik černé díry**

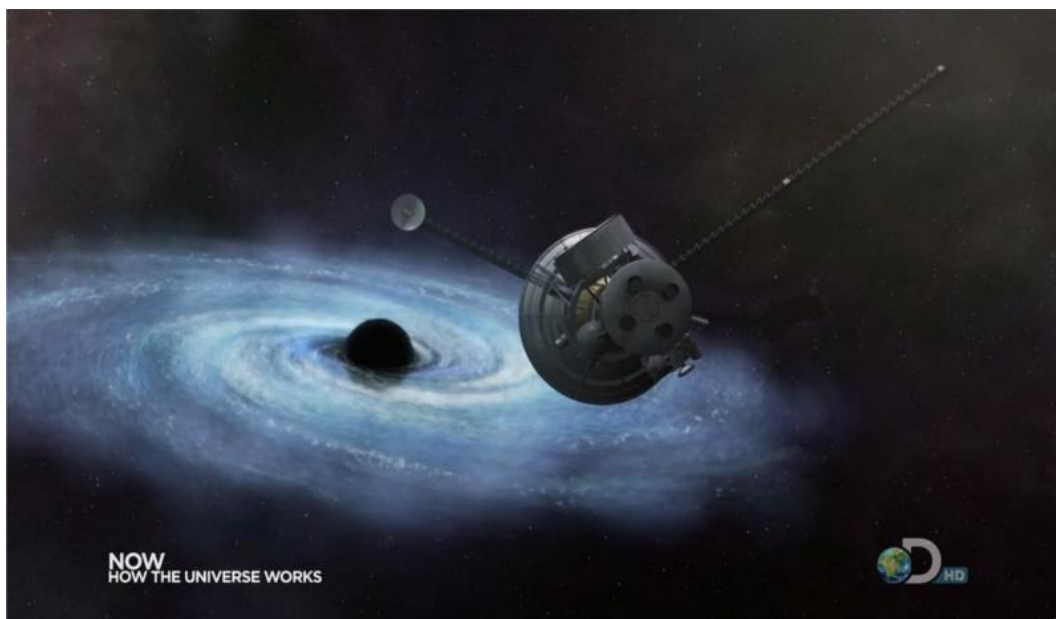
### **1 Kvantové vypařování černých děr**

Kvantové vypařování je vlastně jediným dosud objeveným způsobem, jak může černá díra zaniknout. Na tento způsob přišel Stephen Hawking v roce 1974. Principem této teorie je, že na horizontu událostí se neustále vytvářejí nové páry částic a antičástic. Pokud jedna vznikne za horizontem událostí a druhá před ním, bude první část vtažena do černé díry a ta druhá bude s velkou energií odmrštěna do vesmíru a odnese sebou část hmotnosti černé díry. Tento proces je zpočátku velmi zdlouhavý, ale postupně však nabývá na rychlosti, až nakonec dojde k explozi černé díry. Pro představu jak je tento proces dlouhý, si představme černou díru o hmotnosti Slunce. Takováto černá díra se vypaří přibližně za  $10^{67}$  let, což je vzhledem k předpokládanému staří vesmíru ( $1,37 * 10^{10}$  let) skutečně dlouhá doba.

## KAPITOLA VI – Plány do budoucna

### 1 Cesta tam, ale nikoli zpět

Astronomové chtějí vyslat sondu do černé díry, aby se o ní dozvěděli více informací. V případě, že by sonda byla dostatečně pevná a neroztrhla se v důsledku působení gravitace, mohla by se dostat až do černé díry. Sonda samozřejmě má sloužit k posílání informací, a to by mohla jen, dokud by nepřekročila horizont událostí. V tu chvíli by přestala vysílat informace a její čas by se postupně zpomaloval a pro pozorovatele zpoza horizontu událostí by se jevila, že se v jednom momentě úplně zastavila. Tento jev je způsoben opravdu silnou gravitací černé díry. Sonda by však ve skutečnosti neustále pokračovala v cestě. Je možné, že by sonda proletěla černou dírou do jiného vesmíru, ale o tom více v 3. podkapitole.



*Obr. č. 6 Sonda letící k černé díře*

### 2 Člověk a černá díra

Dalším, i když opravdu vzdáleným cílem, je pro astronomy „výlet“ k černé díře skutečnými lidmi. Co by se stalo, kdyby se člověk dostal do černé díry? Když budeme počítat s tím, že by přežil rentgenová záření a dostal by se za horizont

událostí, záleželo by na velikosti černé díry. V případě, že by se jednalo o menší černou díru, jistě by ho to zabilo, a to již mnohem dříve, než by se dostal k horizontu událostí. Menší černé díry totiž zakřivují prostor tak prudce, že by došlo k tzv. „špagetifikaci“. Tento pojem znamená, že by se z člověka stala doslova špageta, a to v důsledku působení slapových sil a gravitace, která by u nohou působila mnohem více, než u hlavy. Kdyby šlo o černou díru takové velikosti, jakou má supermasivní černá díra v centru galaxie, člověk by měl malou šanci na přežití a teoreticky by mohl proletět na druhou stranu.

### **3 Druhý konec černé díry**

Tato podkapitola se věnuje teoriím a domněnkám vědců. Jednou z teorií je, že se na druhém konci černé díry nachází další vesmír. Další možností je, že jak černá díra vtahuje veškerou hmotu do sebe, tak druhým koncem ji obrovskou silou „vystřeluje“ ven. Tento jev by mohl připomínat Velký třesk, což by znamenalo neustálý vznik nových vesmírů a také možnost, že se náš vesmír nachází uvnitř černé díry. Přejdem mezi černými dírami by mohla být červí díra, která je bránou do časoprostoru. Někteří vědci si myslí, že bychom v daleké budoucnosti tímto způsobem cestovali vesmírem a časem. Možná by se červí díra dala uměle vytvořit, ale takovýto průchod by ihned zanikl, neboť k udržení stabilní červí díry by bylo potřeba neskutečné množství energie.



## ZÁVĚR

Černé díry jsou opravdovým tajemstvím. Teoreticky se o nich začalo mluvit již v 18. století, ale opravdu se jimi začali vědci zabývat až ve 20. století. Důležitým faktorem byla Einsteinova teorie relativity, která byla cestou k dalším objevům. Na ni navazovali vědci jako např. Subrahmanyan Chandrasekhar nebo Karl Schwarzschild, kteří v teoriích o černých dírách udělali další důležitý krok.

K faktickému objevení černé díry došlo až při objevení neznámého zdroje RTG záření teleskopem. Díky tomuto způsobu došlo k objevení řady dalších černých děr.

Dnes můžeme černé díry nepřímo pozorovat a získávat o nich nové informace. Také již víme, že měli zásadní význam pro vznik i vývoj vesmíru a někteří vědci si dokonce myslí, že jim vděčíme za svou existenci.

Co nás čeká v budoucnu, nikdo neví. Může se stát, že se opravdu nějak k černým dírák přiblížíme nebo ony k nám. Možné je také, že jsou černé díry opravdovými branami mezi vesmíry.

Náš názor je, že černými dírami nelze projít skrz, ale že veškerá hmota vtažená dovnitř se tlakem rozloží na menší částice, než jsou elektrony a nukleony. Tyto částice zůstanou v černé díře „nekonečně“ dlouhou dobu. Co se týče budoucnosti, tak si myslíme, že v blízké budoucnosti se nic zásadního nedozvíme, neboť k získání dalších informací by se musela sonda do blízkosti některé černé díry. Každopádně se nechme překvapit.

## POUŽITÁ LITERATURA

1. Wikipedia, *Černá díra*, Citováno 25. 5. 2013. Dostupné z www:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cern%C3%A1\\_d%C3%ADra](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cern%C3%A1_d%C3%ADra)  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Cygnus\\_X-1](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cygnus_X-1)  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Gravita%C4%8Dn%C3%AD\\_%C4%8Do%C4%8Dka](http://cs.wikipedia.org/wiki/Gravita%C4%8Dn%C3%AD_%C4%8Do%C4%8Dka)
2. PAVLÍČEK, Jan. *Seminární práce na téma černé díry*, 2003/2004
3. *Jak funguje vesmír – Černé díry* (How the Universe Works – The Black Holes; Peter Chinn, 2010)
4. TAYLOR, John. *Black Holes: The End of the Univers*. 1. vydání Praha: DEUS, 2003.
5. BARNETT, Alex. *Černé díry a další vesmírné zajímavosti*. 2003
6. ULLMANN, Vojtěch. Černé díry. Citováno 25. 5. 2013. Dostupné z www:  
<http://astronuklfyzika.cz/GravitCerneDiry.htm#Obsah>

## RESUMÉ

This is the work about black holes, their formation, live and also death.

The black hole is object in space, that has a huge gravity and density. It is called „black“ because it has so big gravity, that including even light. They are everywhere and few of them even in our galaxy. The biggest (supermassive) is in her center. Is not possible watch them, but we can see how they curve the space around them.

An important part of a black hole's event horizon, which is the boundary between the possibility of escape from a black hole and an absorbing by black hole.

The first theory of black hole appeared in the 18th century. One of the largest discoveries in the 20th century and it thanks mainly to Einstein and his theory of relativity. The first black hole was discovered in 1964 by Tom Bolton. He caught her x-rays using a telescope.

An important part of a black hole's event horizon, which is the boundary between the possibility of escape from a black hole and an absorbing by black hole.

We think that space is really interesting and the black holes are among the most mysterious parts of the universe and yet many of them we don't know.