



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu	Rozvoj vzdělávání na Slezské univerzitě v Opavě
Registrační číslo projektu	CZ.02.2.69/0.0./0.0/16_015/0002400

Rentgenové observační kosmické mise

Průvodní list studijního materiálu

Adam Hofer a kolektiv

Opava 2020



**SLEZSKÁ
UNIVERZITA
V OPAVĚ**

Obsah

PŘEDMLUVA.....	3
1 RENTGENOVÉ OBSERVAČNÍ KOSMICKÉ MISE.....	4
1.1 Scénář.....	7
2 PEDAGOGICKO DIDAKTICKÉ POZNÁMKY	18
POUŽITÁ LITERATURA	19
PŘEHLED DOSTUPNÝCH IKON.....	20

PŘEDMLUVA

Tento průvodní list byl vypracován k jednomu ze seriálu 10 vzdělávacích pořadů určených pro sférickou projekci, které vznikly v rámci projektu „Rozvoj vzdělávání na Slezské univerzitě v Opavě“.

Zabývají se vesměs astrofyzikálními tématy, jak je zřejmé i z názvů jednotlivých pořadů:

Binární systémy s neutronovou hvězdou, Binární systémy s černou dírou, Optické efekty v extrémních gravitačních polích, Akreční struktury v blízkosti černých děr a neutronových hvězd, Vyzařování v silné gravitaci, Život pod černými slunci – exoplanety u černých děr, Kosmické mikrovlnné pozadí, Rentgenové observační kosmické mise, Akreční disk u černých děr zblízka, Astrofyzika plná extrémů

Jednotlivé scénáře připravovali samostatně jejich tvůrci – Jan Hladík, Adam Hofer, Debora Lančová, Jan Novotný, Martin Petrásek, Jan Schee a Tomáš Gráf.

Na výrobě se však kromě autorů scénářů podíleli také další tvůrci z řad zaměstnanců i studentů univerzity: Jan Bartoš, Lucie Dospivová, Viky Kurečků, Adam Langer, Vojtěch Pazdera, Ondřej Smékal a Kateřina Šimečková.

Všichni tvůrci děkují Slezské univerzitě v Opavě za možnost podílet se na tomto projektu a já si dovoluji poděkovat všem kolegyním a kolegům za spolupráci, bylo mi ctí se s nimi při práci na projektu setkávat.

Tomáš Gráf

1 RENTGENOVÉ OBSERVAČNÍ KOSMICKÉ MISE



TECHNICKÝ POPIS

Audiovizuální dílo vzniklo výhradně ve formátu vhodném pro projekce pořádané ve full dome projekcích. Plně využívá možností daných zobrazováním na sféru. Není vhodné pro běžnou, rovinnou, projekční plochu, byť náhledově jej lze i na ní sledovat, ale obraz je deformován.



PRŮVODCE STUDIEM – STUDIJNÍ PŘEDPOKLADY

Od diváka (studenta) není vyžadována žádná předběžná znalost problematiky ani jakákoli příprava. Pro porozumění – na zamýšlené úrovni – diskutovaného tématu postačí duševní přítomnost zúčastněného po dobu prezentace obsahu. Jedním z klíčových předpokladů je tak schopnost udržet pozornost.

Nejvhodnější cílovou skupinou jsou studenti středních škol, či jejich absolventi, se zájmem o fyziku, astronomii či kosmické mise.



RYCHLÝ NÁHLED STUDIJNÍHO MATERIÁLU

Tento sférický pořad seznamuje diváka s jednou z astronomických disciplín, a to je rentgenová astronomie. Z počátku se zabývá historií od objevu rentgenového záření, přes první objevy v této části astronomie až po kosmické mise a tedy i dnes používané satelity.

Doplňující text je průvodním materiálem k vytvořenému AV pořadu a jeho studium není pro shlédnutí pořadu podstatné. Krom jiného, obsahuje textový přepis (autorsky upraveného) literárního scénáře díla, který lze dále efektivně použít, např. pro tvorbu cizojazyčného překladu či titulků. Uvádí užitečný soupis literatury.

CÍLE STUDIJNÍHO MATERIÁLU



Dílo má za cíl seznámit diváka s rentgenovou astronomií. Proto je v krátkém filmu divák seznámen s vývojem v této části astronomie a popularizační formou jsou popsány objevy jež rentgenová astronomie učinila na poli fyziky.

KLÍČOVÁ SLOVA STUDIJNÍHO MATERIÁLU



satelit – astronomie – vesmír – rentgenová astronomie – kosmické mise – Conrad Röntgen – družice – rakety – záření – astrofyzika

ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU



Stopáž studijního materiálu: 21 minut

Doporučený čas ke studiu: 1 hodina

DALŠÍ ZDROJE – DOPORUČENÁ LITERATURA



Dobrym zdrojem informaci mohou byt nasledujici webové odkazy:

- <https://astro.troja.mff.cuni.cz/vyuka/AST021/Svoboda/2.pdf>
 - https://cs.wikipedia.org/wiki/Rentgenová_astronomie
 - <https://kosmonautix.cz/2012/09/rentgenova-astronomie-1-dil/>
 - https://sf.zcu.cz/data/2004/sf2004_02_1.pdf
-



DALŠÍ ZDROJE – ROZŠIŘUJÍCÍ LITERATURA

- <https://public.nrao.edu/gallery/karl-guthe-jansky/>
 - <http://wikipedia.org>
 - <https://www.aps.org/publications/apsnews/201505/physicshistory.cfm>
 - https://www.nps.gov/parkhistory/online_books/butowsky5/astro4op.htm
 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wilhelm_Conrad_Roentgen_looking_into_an_X-ray_screen_placed_Wellcome_L0027361.jpg
 - <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00216-8>
 - <http://ecuip.lib.uchicago.edu/multiwavelength-astronomy/x-ray/history/05.html>
 - <https://kosmonautix.cz/2012/09/rentgenova-astronomie-2-dil-uhuru-a-ti-pred-ni/>
 - https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/objects/binaries/scox1_1962.html
 - https://www.wikiwand.com/en/X-ray_optics
 - <https://link.springer.com/article/10.1007/s10686-009-9139-8>
 - https://imagine.gsfc.nasa.gov/observatories/technology/xray_telescopes2.html
 - <https://www.nature.com/news/bizarre-star-could-host-a-neutron-star-in-its-core-1.14478>
 - https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/rosat/gallery/misc_moon2.html
-

1.1 Scénář

- Jelikož přepis nenahrazuje shlédnutí pořadu, nejsou zde vloženy obrázky, animace, videa a ani odkazy na ně; úplnou audiovizuální roli zastává pouze vzdělávací pořad sám o sobě. Předkládaný přepis komentáře (autorsky upravený) slouží jako výrazná opora při orientaci ve struktuře a obsahu díla.

<p>Obraz 001 Noční obloha</p>	<p>Zřejmě od nepaměti člověk vzhlíží ke hvězdám. Pozoruje noční oblohu plnou hvězd a přemýšlí o tom, co se tam v dáli asi odehrává. V průběhu věků lidé zkoumali noční oblohu asi tak, jak ji nyní vidíte i vy nad sebou. Je plná hvězd, protože zde nejsme rušení okolním pouličním osvětlením či jinými světelnými zdroji. Takto oblohu můžete spatřit pouze daleko od civilizace, nicméně je to stejný pohled, jaký měli právě naši pra pra pra prapředkové.</p>	<p>Since time immemorial all humankind looked up to the sky. They observed the night sky full of stars and thought of what is happening far away in space. They examined it by mere eyes as we are able to do so nowadays. The stars are visible in areas with no street lamps or light sources only. This view cannot be seen in cities due to light pollution, so in order to view a clear sky one must go outside the city for a clearer view to get the same access to the sky as our ancestors did.</p>
<p>Obraz 002 Historie pozorování</p>	<p>S objevem dalekohledu v 16. století se začala rozvíjet také pozorovací astronomie. Nejprve pouze ve vizuálním oboru spektra, což je část elektromagnetického záření, kterou jsme schopni spatřit očima. Jedná se o elektromagnetické záření v intervalu vlnových délek přibližně od 350 do 800 nanometrů.</p> <p>Ale pojďme zpět do historie, jelikož právě díky prvním dalekohledům pozoroval italský astronom Galileo Galilei planety a učinil mnohé objevy, například čtyř největších Jupiterových měsíců. Následovali ho další vědci jako Kepler či Newton a jak se dalekohledy zlepšovaly, začali jsme objevovat stále menší i vzdálenější</p>	<p>The discovery of the telescope back in the 16th century immediately brought development of astronomy observations. Firstly it was only in the visual field of the spectrum; a part of the electromagnetic radiation which we can see even with our own set of eyes. This electromagnetic radiation has got wavelength intervals between 350 up to 800 nanometers.</p> <p>Let's return back in time when the telescopes helped an Italian astronomer Galileo Galilei's with his own observations. Not only was he observing all kinds of planets he also made several major discoveries such as Jupiter's four biggest moons. Oth-</p>

	vesmírné objekty.	er scientists such as Mr. Kepler or Newton followed in his footsteps. The more the telescopes developed the more we were able to find and examine smaller and more far away space objects.
Obraz 003 Pan Röntgen		
	V roce 1895 při experimentech s vakuovými trubicemi na lékařské fakultě ve Würzburgu objevil německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen nový druh záření s vlnovými délkami od 0,1 do 10 nanometrů. Jelikož však ještě neznal jeho podstatu, nazval jej paprsky X í. Röntgenův objev nalezl okamžité uplatnění v medicíně, důkazem toho je první rentgenový snímek ruky jeho manželky. Za svůj převratný objev obdržel v roce 1901 úplně první Nobelovu cenu za fyziku a také je na jeho počest po něm toto záření pojmenováno, i když v USA se stále často používá označení paprsky X.	We will now return again back in time to 1895 year when one of Würzburg's faculty medicine employees did experiments with vacuum tubes. A German physicist Mr. Wilhelm Conrad Roentgen discovered a new kind of radiation with wavelengths ranging from 0,1 to 10 nanometers. Since he did not yet know its principle he named it as X-ray. Mr. Rontgen's discovery has found its use at once in medicine. The proof of that is the first X-ray image of his wife's hand. His revolutionary discovery has secured him his first Nobel prize in physics in 1901. They also named this device after his name although the USA's medicine field often uses the name X-ray instead.
Obraz 004 radioastronomie		
	S rozvojem vědy a techniky se zjistilo, že z vesmíru přichází záření nejen na viditelných vlnových délkách, ale i na ostatních frekvencích. Například ve 30. letech minulého století v Bellových laboratořích zkoumal americký inženýr českého původu Karl Jansky rádiové záření. Jeho úkolem bylo identifikovat zdroje rádiového šumu, které ruší pozemní rádiovou komunikaci. Při tom Jansky odhalil záření přicházející "z oblohy". Zajímavé bylo, že poloha zdroje signálu se měnila s periodou otáčení Země vůči hvězdné obloze. Tedy, že zdroj záření se nachází v centru naší Galaxie. Tato detekce se dá považovat za počátek radio-	With the development of science and technology came a moment when we found that not only we keep receiving radiation on visible wavelengths but on other frequencies as well. This for example led to the observation of radio radiation by the American engineer with Czech roots Mr. Karl Jansky in Bell's laboratories back in 1930. His main goal was to identificate the source of radio noise which continuously interrupts terrestrial radio communication. During his work process he found new radiation coming from the sky. The most interesting fact was that the signal's source position kept changing in accordance with

	astronomie.	the rotation period of Earth against the starry sky. This incident can be considered as the beginning of radio astronomy.
Obraz 005 Počátky rentgenové astronomie		
	<p>Na opačné straně spektra, v krátkovlnné oblasti, je však situace o něco složitější. I když rentgenové záření snadno projde lidskou tkání či mnohými předměty, tak atmosféra na zemský povrch vlnové délky v rentgenovém oboru téměř nepropouští. Což je samozřejmě pro živé organismy dobře, ale je to jedna z příčin, proč jsme si museli i na rozvoj rentgenové astronomie ještě chvíli počkat. Zlom přišel až s druhou světovou válkou, kdy německá armáda vyvinula obávanou raketu V2, jež byla schopna vystoupat až do výšky 85 kilometrů nad zemský povrch. V této výšce již zbývá mezi vesmírným zdrojem a raketou jen malá část naší atmosféry. A tak byla v roce 1949 vypuštěna raketa vybavená Geiger–Müllerovým počítačem, což je vlastně detektor ionizujícího záření. Při tomto experimentu se podařilo zachytit rentgenové záření naší nejbližší hvězdy...Slunce.</p>	<p>On the opposite side of the spectrum in the shortwave region is the case more complicated. Even though x-ray goes through the human tissue or different objects quite easily, the atmosphere does not let wavelengths in the x-ray field through to the earth surface. Of course this is good news for living organisms but it is still one of the reasons why we had to wait for the development of roentgen astronomy for a while. The breakthrough occurred during the second world war when German army constructed a V2 rocket with the ability to go up 85 meters above the earth surface. At this height level between the space source and rocket is left a tiny part of our atmosphere. Based on this, in 1949 released a rocket equipped with Geire-Muller's computer system which is a detector for ionization radiation. This experiment succeeded in detecting the x-ray radiation of our closest star....the Sun itself.</p>
Obraz 006 Zkoumání záření slunce		
	<p>V dalších letech bylo provedeno několik experimentů zkoumajících rentgenové záření Slunce. Zajímavý byl například ten v roce 1958, kdy při úplném zatmění Slunce se zjistilo, že zdrojem záření jsou oblasti se slunečními skvrnami a sluneční koróna. Následně v roce 1960 byl pořízen první rentgenový snímek Slunce.</p>	<p>In the following years several experiments were undertaken observing x-ray radiation of the Sun. One of the interesting outcomes is from 1958 when we found out during the eclipse of the Sun that the source of radiation is from areas with sunspots and sun corona. Two years later in 1960 the first roentgen image of the Sun was taken.</p>

<p>Obraz 007 Rossiho večírek</p>		
	<p>Za další pokroky vděčíme večírku na konci 50. let minulého století. Pořádal jej italský fyzik zabývající se studiem kosmického záření a působící v té době na MIT, Bruno Rossi. Na oslavě potkal také svého krajana, mladého fyzika Riccarda Giacconiho, kterého nasměroval na výzkum v oblasti rentgenové astronomie. Což se později ukázalo jako výborný tah, protože v roce 2002 dostal Nobelovu cenu za průkopnické práce v astrofyzice, které vedly k objevu kosmických zdrojů rentgenového záření. Sám Giacconi později o daném setkání napsal:</p> <p><i>„V září 1959 jsem se zúčastnil večírku v Rossiho domě a setkal se poprvé s Rossim. Rossi navrhl, že orientace na rentgenovou astronomii by mohla být velmi plodná, ne kvůli nějakým teoretickým předpovědím, ale protože v této oblasti nebylo dosud nic známo a byla tam možnost pro nové objevy.“</i></p>	<p>Another progress was made during one particular party in the fifties of last century. This party was organized by Italian physicist Mr. Bruno Rossi himself who studied cosmic radiation and was employed at MIT. By chance he met his colleague Mr. Riccardo Giacconi who was persuaded by him to start doing research in x-ray astronomy. This proved to be a great move since he won his own Nobel prize in 2002 for his pioneering work which led to significant discoveries about cosmos sources in the x-ray radiation field. This is what Mr. Giacconi had to say about their fated meeting at the party many years later on:</p> <p><i>“I went to a party in September 1959 to Rossi's house and it was the first time I also personally met him there. He suggested that the focus on x-ray astronomy could be very promising. Not because he had some hunch in mind but because this area in particular was not well known and thus there was a space for new discoveries.”</i></p>
<p>Obraz 008 Giacconi</p>		
	<p>Po tomto setkání připravil Giacconi se svými spolupracovníky pokus o detekci slunečního rentgenového záření odraženého od povrchu Měsíce. V něm bylo využito tří Geigerových–Müllerových počítačů umístěných na špici rakety Aerobee. První start rakety však nebyl úspěšný. Druhý také ne. Třetí už ale ano, i zde však následovalo zklamání, jelikož detektory nezaznamenaly žádné záření ze směru od Měsíce. Něco se ale neplánovaně díky rotaci rakety během 6minutového měření detekovat podařilo. Byl to velmi silný zdroj rentgenového záření pocháze-</p>	<p>After they met Mr. Giacconi along with his colleagues made an attempt to detect the Sun's x-ray radiation reflected from the Moon's surface. During this experiment were used three Geiger-Muller's computers which were located at the peak of the Aerobee's rocket. The first run of the rocket was not successful at all. The second one either. The third attempt has finally proved to be successful. However, the greater was the disappointment since no detectors did take a note of any radiation coming from the moon itself. The unplanned rotation of the rocket</p>

	<p>jícího z oblasti v souhvězdí Štíra pojmenovaný Sco-X1. Pozdější výpočty ukázaly, že se jedná o velmi silný zdroj záření. Asi tak 1000krát intenzivnější než Slunce.</p>	<p>during the six minutes of measuring helped to detect something though. It detected a strong source of x-ray radiation coming from an area of Scorpio's constellation called Sco-X1. The results which came back later on showed that there was a strong source of radiation. 1000 times more intense than the Sun's.</p>
<p>Obraz 009 Další objevy</p>		
	<p>Tento objev znamená další zvýšení zájmu o rentgenovou astronomii, což se projevilo i větším počtem startujících raket a objevy dalších zdrojů. Například v souhvězdí Labutě, v Krabí mlhovině či v souhvězdí Panny. Takto bylo během 60 let objeveno přibližně 50 zdrojů a bylo prokázáno, že zdroje tohoto záření jsou často zbytky po explozích supernov.</p>	<p>This discovery increased the interest about x-ray astronomy which could be seen in a bigger amount of new rockets and discoveries of other sources. For example in Swan's or Virgo's constellation or Crab nebula. We discovered this way, during 60 years, around 50 sources and it was proven that the sources of this radiation are often residues from supernova's explosions.</p>
<p>Obraz 010 Detektory na balónech</p>		
	<p>Společně s raketami se používaly i detektory umístěné na balónech. Jejich výhodou bylo, že na rozdíl od raket mohly ve vzduchu setrvat a měřit mnohem déle, nicméně nebyly schopny vystoupat do takové výšky jako rakety. Tudiž se daly použít pouze na detekci zdrojů s vysokou energií nad 20 keV.</p>	<p>The experiments included not only rockets but they also used balloons. On one hand the balloons could not reach the same height in the air as rockets did but unlike them they could stay up in the air for a longer time which enabled them to measure longer. They were primarily used as a detection device for sources with high energy above 20 KeV.</p>
<p>Obraz 011 Rentgenový dalekohled</p>		
	<p>Dalším milníkem je návrh konstrukce rentgenového dalekohledu, což byla společná práce Giacconiho, Rossiho a Clarka. Ti byli inspirováni úspěšnou konstrukcí rentgenového mikroskopu navrhli, jak by takový rentgenový dalekohled měl vypadat. Problémem u něj totiž je, že se</p>	<p>Next significant breakthrough was the construction of the Roentgen telescope designed by Giacconi, Rossi and Clark themselves. All of them were inspired by a successful version of the roentgen microscope which helped them to image how the feasible roentgen telescope</p>

	<p>rentgenové paprsky šíří, a hlavně odrážejí pod jinými úhly, než jsme zvyklí u světla. Výsledkem bylo, že se dalekohled měl skládat ze soustavy souosých parabolických segmentu. Tak by rentgenové paprsky, které se odrážení takřka tečně, dopadaly do ohniska, kde se může nacházet detektor. V té době to byla fotografická deska citlivá na fotony v rentgenovském oboru. Tato konstrukce se ukázala jako úspěšná a je s drobnými úpravami využívána dodnes.</p>	<p>should actually look like. Its key problem is how roentgen beams spread and differently reflect under different angles than we are used with light. At the end the telescope should be made of coaxial parabolic segments. This would secure the roentgen beams which reflect tangentially in order to fall down onto the center where the detector is. In the past it was a photographic panel with high sensitivity to photons in a roentgen field. This version proved to be quite successful since we use it even in our modern world with only small differences to it.</p>
<p>Obraz 012 První družice Uhuru</p>		
	<p>S rozvojem raket a vesmírných programů se začalo uvažovat o umístění detektorů záření na družici a detekovat tak záření z oběžné dráhy Země.</p> <p>První takovou družicí byla Uhuru, což je slovo původem ze svahilštiny a v překladu znamená svoboda. Uhuru byla vypuštěna 12. října 1970 z Keni a byla vybavena dvěma sadami kvalitních detektorů s celkovou sběrnou plochou 840 centimetru čtverečních. To umožnilo objevovat i výrazně slabší zdroje záření než doposud a podařilo se tak zmapovat na 339 různých zdrojů. Zajímavé zjištění z tohoto bylo, že zdroje nejsou po obloze rozmístěny rovnoměrně, ale jejich koncentrace roste směrem ke středu Galaxie.</p>	<p>After the development of rockets and space programs came an idea to place the radiation detectors on satellites which would help us to detect radiation from the orbit of Earth.</p> <p>The first ever constructed satellite was Uhuru. Its name has origins in Swahili and is translated as a freedom. The uhuru was released in Kenya on 12th of October in 1970 and was equipped with two sets of well-made detectors with a total collection area of 840 square centimeters. This enabled us to discover even weaker radiation sources than before and it resulted in detecting about 339 different types of sources. The quite intriguing thing was to find out that those sources are not placed equally on the sky. Their amount increases the closer we get to the center of the galaxy.</p>
<p>Obraz 013 Objevy díky družici</p>		
	<p>Na základě dat z této družice učinil Giacconi a jeho kolegové spoustu zajímavých pozorování. Díky kombinaci rentgenovských dat a pozorování</p>	<p>Based on the collection of data from this satellite made Mr. Giovanni and his colleagues find many interesting findings. From the combination of</p>

	<p>vání v optické oblasti se ukázalo, že neméně významným zdrojem rentgenovského záření jsou i dvojhvězdy, kde jednou z hvězd je velmi hmotný a kompaktní objekt jakým je neutronová hvězda, černá díra či bílý trpaslík. Příklad takového zdroje nalezneme třeba v souhvězdí Kentaura u zdroje Cen X-1. Ten je tvořen rychle rotující neutronovou hvězdou a hvězdným veleobrem. Tyto dvě hvězdy obíhají kolem těžiště soustavy. Neutronová hvězda však díky své silné gravitaci odsává z veleobra látku z jeho horních vrstev. Odsátá hmota vytváří okolo neutronové hvězdy akreční disk. V něm je hmota stlačována a zahřívána. Dochází k silným emisím rentgenového záření.</p> <p>Tento jev není vůbec výjimečný a tvoří jeden z hlavních zdrojů rentgenového záření ve vesmíru.</p> <p>Druhým významným zdrojem rentgenového záření se ukázaly aktivní galaxie, tedy Seyfertovy galaxie, kvasary či kupy galaxií. Dalšími zdroji jsou zbytky po výbuších supernov, hvězdy, komety nebo mezihvězdná hmota.</p>	<p>roentgen data and observations in the optical field we found that another significant source of roentgen radiation are binary stars! One of the stars is quite a heavy and compact object which is either a Neutron star, Black hole or White Dwarf. The example of the similar source can be found in Centauri's constellation within the Cen X-1 source. It is made of a quickly rotating neutron star and stellar supergiant. Those two stars orbit around the system's center of mass. Due to its strong gravitation the neutron star takes away the mass from supergiant's upper layers. The taken mass starts to construct an accretion disk around the neutron star where it is compressed and heated. Therefore a strong emission of roentgen radiation occurs there.</p> <p>This phenomenon is not special at all and is also a part of the main sources of roentgen radiation in space.</p> <p>The second significant source of roentgen radiation is active galaxies - Seyfert galaxies, quasars or piles of galaxies. The other sources are remains from the explosions of supernova, star, comet or Interstellar mass.</p>
<p>Obraz 014 První objevená černá díra</p>		
	<p>Družice Uhuru stojí také za objevem první černé díry v roce 1971. Můžeme ji nalézt v souhvězdí Labutě.</p> <p>Při pozorování rentgenového zdroje Cyg X-1 se totiž z naměřených dat ukázalo, že hmotnost pozorovaného kompaktního objektu je přibližně desetinásobkem hmotnosti Slunce. Z výpočtů je známo, že neutronová hvězda tak těžká být nemůže. Ta může mít hmotnost maximálně trojnásobek hmotnosti Slunce. Podobným způsobem byly následně objeveny i další černé díry.</p>	<p>The orbit Uhuru also discovered the first black hole back in 1971 which we can find in Swan's constellation.</p> <p>The observations of Cyg X-1's roentgen source has brought us measured data from which we can conclude that the weight of the measured object was ten times the mass of the Sun. Our calculations proved that no neutron star can be heavy this much. Its weight can be maximum up to three times the mass of the Sun. Other black holes were found in the similar pattern.</p>

<p>Obraz 015 Einsten X-Ray Observa- tory</p>		
	<p>Díky úspěchu družice Uhuru se zájem astronomů o rentgenovou oblast zvýšil a byly připraveny další kosmické projekty, které přinesly objevy mnoha i dalších nových zdrojů rtg záření.</p> <p>Významným posunem byl rok 1978 a vypuštění družice HEAO-2, jež byla krátce po startu přejmenovaná na Einstein X-Ray Observatory. Tato družice byla výjimečná zejména tím, že se jednalo o první družici vybavenou rentgenovým dalekohledem podle Giacconiho návrhu.</p> <p>Díky použití dalekohledu se výrazně zlepšila citlivost, protože v rentgenové astronomii je důležitý každý zachycený foton. Díky 1000krát lepší citlivosti, než u družice Uhuru objevila Einsteinova rentgenová observatoř za dva a půl roku více než 7000 zdrojů!</p> <p>Tato družice také provedla důležitá měření v rentgenových zdrojích po explozích supernov. V těchto oblastech potvrdila vyšší koncentraci prvků těžších než železo, čímž se potvrdila teorie, že tyto prvky vznikají právě při vzplanutích supernov. Naopak lehčí prvky než železo, jak známo, vznikají díky termojaderné fúzi.</p>	<p>The success of satellite Uhuru increased astronomers' interest in the roentgen field and based on that were planned other cosmic projects with new findings about different sources of roentgen radiation.</p> <p>A satellite HEAO-2 released in 1978 was another significant development for us and shortly after it was renamed to Einstein X-Ray Observatory instead. It was special primarily because it was the first satellite type equipped with a roentgen telescope from Giacconi's design.</p> <p>The use of telescopes significantly improved its sensibility because in roentgen astronomy is important every single captured photon. Its sensibility was 1000 times better in comparison with Uhuru and thanks to this was Einstein X-Ray Observatory able to find during two and a half years over 7000 sources.</p> <p>This satellite also measured roentgen sources after the supernova's explosions. In these areas was higher concentration of elements heavier than iron. It confirmed our theory that these elements are formed during the supernova's explosions. As we know elements lighter than iron are made thanks to Thermonuclear fusion.</p>
<p>Obraz 016 Družice ROSAT</p>		
	<p>Následovaly další vypuštěné družice, z nichž za zmínku stojí například německá družice ROSAT vypuštěná v červnu 1990, která během svých osmi let provozu zmapovala bezmála 160 000 různých zdrojů, převážně</p>	<p>During the following years another few satellites. One worthy of mention is a German satellite ROSAT released back in 1990 for eight upcoming years which took a note of 160 000 different sources, mostly</p>

	<p>méně energického záření do 2,4keV.</p> <p>Také se jí povedlo to, s čím neuspěl Giacconi s raketou Aerobee, tedy zaznamenat rentgenové záření odražené od povrchu Měsíce. Mezi její objevy patří také zjištění, že i komety vyzařují rentgenové záření.</p>	<p>with lesser energetic radiation up to 2,4 KeV. It also managed (unlike Giacconis satellite called Aerobee) to note roentgen radiation reflected from the Moon's surface. Not only that, it also found out that comets radiate roentgen radiation as well!</p>
Obraz 017 CCD chip		
	<p>Dalším technologickým přelomem bylo využití CCD čipů, které známe z dnešních fotoaparátů a kamer.</p> <p>Tyto polovodičové detektory záření, vynalezené v roce 1969 v Bellových laboratořích pány Smithem a Boylem, přinesly významný posun v získávání rentgenových snímků a napozorovaných dat.</p> <p>Pánové byly za svůj objev odměněni Nobelovou cenou za fyziku v roce 2009. První družicí, která tyto CCD detektory nesla na palubě, byla japonsko-americká družice ASCA vypuštěná v roce 1993 a na ni navazovala americká družice RXTP pojmenovaná pro Rossim.</p>	<p>The beginning of using CCD chips nowadays commonly used in cameras was another technology breakthrough.</p> <p>These semiconductor detectors of radiation, founded by Mr. Smith and Boyle in Bells' laboratories in 1969, have given us advanced steps when it comes to obtaining roentgen images and observed data.</p> <p>Mr. Smith and Boyle were given, for their discovery, the Nobel prize in physics in 2009. The first satellite with those CCD chips on the board was a Japanese American ASCA released in 1993. It was followed by another American satellite RXTP named after Mr. Rossi.</p>
Obraz 018 Družice Chandra		
	<p>Pro rentgenovou astronomii byl důležitým rokem i rok 1999, kdy byly vypuštěny dva významné satelity, a to Chandra a evropská družice XMM-Newton.</p> <p>První z nich, americká Chandra, byla vynesena raketoplánem Columbia v červenci 1999. Její návrh byl sice již z roku 1976, ale obsahoval dalekohled s moderním CCD čipem a další detektory. Díky tomu byla schopna pozorovat různé zdroje záření jako jsou kupy galaxií, kvasary či výtrysky</p>	<p>Year 1995 was yet another significant year for roentgen astronomy because in this year were released two quite important satellites; the first one was Chandra and the second one was XMM-Newton from Europe.</p> <p>The American Chandra was taken by a shuttle called Columbia during July of 1999. Even though its design was from 1976 already, it was improved and added by telescope with up to date CCD chips and other detectors.</p>

	<p>neboli jety ze supermasivních černých děr.</p> <p>Z pozorovaných dat, kdy se zkoumalo záření z 26 kup galaxií vzdálených několik miliard světelných let, astronomové potvrdili hypotézu o urychlování expanze vesmíru.</p> <p>Právě díky kombinaci naměřených dat z Chandry a ze sondy WMAP se ukázalo, že námi známá hmota složená z částic a atomů tvoří pouze malou složku vesmíru. Přibližně 4 % hmoty. Další část tvoří skrytá hmota, asi 21 %, která díky svému gravitačnímu působení působí proti rozpínání vesmíru. Nicméně většinu “všeho” tedy celých 75 % tvoří skrytá energie, která naopak rozpínání vesmíru zrychluje.</p>	<p>This upgrade enabled it to observe different sources of radiation such as piles of galaxies, quasars and jets from supermassive black holes as well.</p> <p>The examination of radiation from 26 galaxies a few million light years away has collected data by which we were able to confirm our hypothesis that the expansion of space has been increased. The combination of data from both Chandra and probe WMAP provided us with information that well known mass, made of particles and atoms, actually makes only 4% of mass which is way lower than we thought before. Next part is the hidden mass with 21% cover and due to its gravitational affect it acts against the space expansion. However, the major part of 75% is covered by hidden energy which actually rapidly increases space expansion.</p>
<p>Obraz 019 Současné družice</p>		
	<p>Další roky přinesly i další vypuštěné družice. Mezi ně patří Integral, Suzaku, NuSTAR. Poslední zmiňovaná družice NuSTAR ve spolupráci se starší družicí XMM-Newton přinesla úspěšné změření spinu (neboli rotace) supermasivní černé díry v centru galaxie NGC 1365.</p> <p>Zatím poslední vypuštěné družice jsou z roku 2019 a jmenují se eROSITA a Spektr-RG.</p>	<p>In the following years we released yet a few other satellites. To name a few: there were Integral, Suzaku and NuStar satellites. The last one NuStar along with satellite XMM-Newton actually managed to successfully examine the spin (in other words rotation) of a supermassive black hole located in the center of NGC 1365 galaxy.</p> <p>The last released satellites were eROSITA and Spektr-RG in 2019.</p>
<p>Obraz 020 Budoucí družice</p>		
	<p>A co nás čeká dále? V současnosti se plánuje několik budoucích družic.</p> <p>Jednou z nich je ATHENA, budoucí družice evropské vesmírné agentury. Druhou je eXTP. Čínská rentge-</p>	<p>Alright, so what is next? There is currently an ongoing preparation for the upcoming satellites.</p> <p>One of them is ATHENA, the figure satellite from ESO and the second</p>

	<p>nová družicová observatoř na jejichž přípravách se podílejí i vědci z astronomického ústavu akademie věd ČR a Fyzikálního ústavu Slezské univerzity v Opavě.</p> <p>Veškeré nové družice slibují lepší detektory, které by nám mohli přinést i nové objevy. Naše poznání se v současnosti prohlubuje i tím, že se jednotlivé vesmírné události snažíme zachytit v celém možném spektru. To znamená od radioastronomie, klasické optické astronomie, přes rentgenovou astronomii a gama záření.</p> <p>No a ty nejenergetičtější procesy ve vesmíru jsme už schopni doplnit také pozorováním jejich gravitačních vln.</p> <p>Tato pozorování nám snad umožní lépe porozumět jak vzdálenému vesmíru, tak celkově světu okolo nás.</p> <p>Ale znáte to sami. Každá zodpovězená otázka vám umožní si položit deset otázek nových.</p> <p>A to je možná na vědě to vzrušující, řetězec nikdy nekončící zvědavosti a lidské touhy poznat, co je tam dál ...</p>	<p>one is eXTP. The Asian satellite observatory whose preparation was also co-shared by scientists from Czech Astronomy Academy of Science and Institute of Physics at Slezska University in Opava.</p> <p>The newly constructed satellites hold a promise to bring us new discoveries. Our current knowledge is deepened by the fact that we try to catch all the space on goings in the whole possible spectrum. That means we use radio astronomy, classic optical astronomy to roentgen astronomy and gamma radiation as well.</p> <p>And not to forget, we are also able to get a better understanding of the most energetic processes by observing their gravitational waves.</p> <p>These observations hold a hope that we not only get a better grasp of the working space but also the world we live in.</p> <p>But as you know every single answered question actually brings back at least ten more new ones.</p> <p>But that is probably the excitement of science as it involves the endless curiosity and human's desire to know what is beyond...</p>
<p>Obraz 021 titulky</p>		
<p>Setmění a titulky</p>		

2 PEDAGOGICKO DIDAKTICKÉ POZNÁMKY



PRŮVODCE STUDIEM

Obory: 053 Vědy o neživé přírodě, 0532 Vědy o Zemi, 0533 Fyzika (klasifikace podle CZ-ISCED-F 2013).

Studentům bude ve sférické projekci puštěno video s výkladem. Jedná se o interaktivní doplněk běžné výuky. Pedagog po zhlédnutí odkáže na doplňující literaturu a zodpoví na dotazy.



SAMOSTATNÝ ÚKOL

- Vykonejte exkurzi na blízké pracoviště hvězdárny či planetária, kde se podrobněji zajímejte o odpovědi na otázky, které ve vás pořad vyvolal.
-



KONTROLNÍ OTÁZKA

- Na kterých pracovištích v ČR se můžete začít dále vzdělávat v oblasti astrofyziky?

Nepředpokládá se testování studentů po shlédnutí pořadu; pořad má vzbudit motivaci k dalšímu vlastnímu poznávání, probudit zájem o fyziku a vesmír kolem nás.






















KORESPONDENČNÍ ÚKOL

- Na základě shlédnutí pořadu a vlastního dohledání dalších informací napište referát na téma pokroky v poznávání vesmíru.
-

POUŽITÁ LITERATURA

- HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, DUB, Petr, ed. Fyzika. 2., přeprac. vyd. Přeložil Miroslav ČERNÝ. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021441231.
 - FEYNMAN, Richard Phillips, Robert B. LEIGHTON a Matthew SANDS. Feynmanovy přednášky z fyziky: revidované vydání s řešenými příklady. 2. vydání. Přeložil Ivan ŠTOLL. Praha: Fragment, 2013. ISBN 978-80-253-1642-9.
 - RANDA, Miroslav. Rentgenová astrofyzika, in Školská fyzika, r. 8, 2004/2, s. 3–13.
 - Reid P. B.: X-Ray Telescopes. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, Nature Publishing Group 2001.
 - Giacconi R., Gursky H., Paolini F. R., Rossi B. B.: Evidence for x Rays From Sources Outside the Solar System. Physical Review Letters, Volume 9 (1962) 439.
 - Trümper J.: X-Ray Astronomy. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, Nature Publishing Group 2001
 - Giacconi, R. History of X-ray telescopes and astronomy. Exp Astron 25, 143–156 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10686-009-9139-8>
 - ESO [online]. Dostupné z: <https://www.eso.org/public/>
 - NASA [online]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/>
 - Wikipedia [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/>
 - Pixabay [online]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/>
 - Youtube [online]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/>
 - Artlist [online]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/>
 - EVANS & SUTHERLAND, Digistar 6 [software]. 2016 [cit. 2020-02-12]. Dostupné z: <https://www.es.com>. Požadavky na systém: Win 10 Server, Fulldome projekce.
-

PŘEHLED DOSTUPNÝCH IKON

	Čas potřebný ke studiu		Cíle kapitoly
	Klíčová slova		Nezapomeňte na odpočinek
	Průvodce studiem		Průvodce textem
	Rychlý náhled		Shrnutí
	Tutoriály		Definice
	K zapamatování		Případová studie
	Řešená úloha		Věta
	Kontrolní otázka		Korespondenční úkol
	Odpovědi		Otázky
	Samostatný úkol		Další zdroje
	Pro zájemce		Úkol k zamyšlení

Název: **Rentgenové observační kosmické mise**

Autor: **Adam Hofer a kolektiv**

Vydavatel: Slezská univerzita v Opavě

Určeno: studentům Slezské univerzity v Opavě

Počet stran: 21

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.