

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Jana Olivová

Riccardo Giacconi a rentgenová astronomie

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 50 (2005), No. 2, 141--147

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141262>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2005

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Riccardo Giacconi

a rentgenová astronomie

Jana Olivová, Praha

Nedávná vědecká konference nazvaná „Od kosmologických struktur k Mléčné dráze“, kterou v Praze společně uspořádaly Česká astronomická společnost a Astronomische Gesellschaft (astronomická společnost německy mluvících zemí) ve dnech 20.–25. září 2004, přivítala i hosta nadmíru vzácného — nositele Nobelovy ceny za fyziku astronoma RICCARDA GIACCONIHO. Astronomische Gesellschaft mu v rámci konference předala Medaili Karla Schwarzschilda za jeho přínos k rozvoji rentgenové astronomie. Profesor Giacconi totiž rozhodující měrou přispěl k tomu, že se ve druhé polovině minulého století otevřelo další příslovečné okno do vesmíru — právě okno rentgenové, umožňující zkoumat vesmír v oboru pronikavého krátkovlnného elektromagnetického záření o energiích přibližně 0,2 až 20 keV. Jeho původ ve vesmíru je různý: může jít například o synchrotronové záření vysílané relativistickými elektrony pohybujícími se v magnetickém poli nebo o brzdné záření, zdrojem může být i zářivá rekombinace atd. Do rentgenového oboru spektra přispívá rovněž několik typů astronomických zdrojů: od kup galaxií a supermasivních černých děr v aktivních jádrech galaxií přes pozůstatky supernov až po rentgenové dvojhvězdy, kde jednu složku tvoří bílý trpaslík, neutronová hvězda nebo černá díra.

Rentgenová astronomie musela na svůj rozvoj počkat až do chvíle, kdy raketová technika umožnila vynášet příslušné detektory a teleskopy až nad zemskou atmosféru, protože ta zcela pohlcuje rentgenové záření už ve výškách kolem 80 km nad zemí. Nejprve se používaly sondážní rakety, později se začaly příslušné detektory umísťovat na umělé družice.

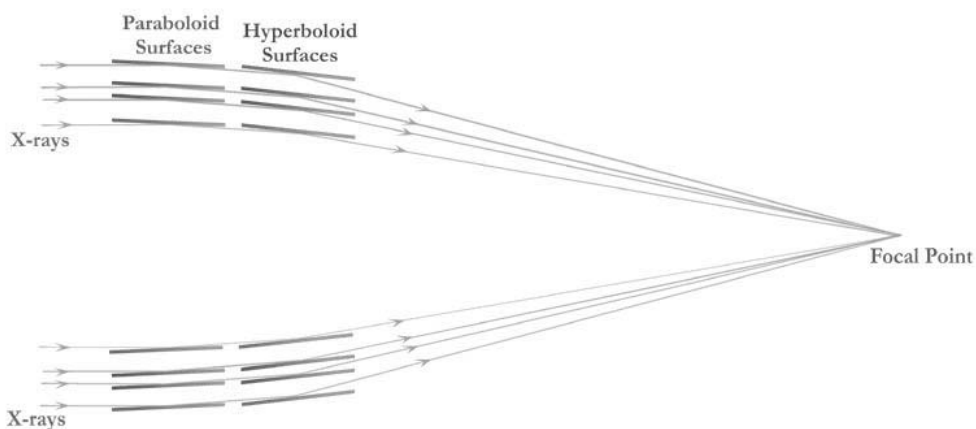
Riccardo Giacconi se začal myšlenkou výzkumu kosmu v tomto spektrálním oboru zabývat mezi prvními — ne nadarmo je nazýván „otcem rentgenové astronomie“. V říjnu roku 2002 mu Královská švédská akademie věd udělila Nobelovu cenu za fyziku právě za jeho průkopnické práce v astrofyzice, které vedly k objevení kosmických zdrojů rentgenového záření a rozvoji tohoto oboru astronomie vůbec. Viz [1].

Cesta k nejvyšší vědecké poctě začala v Itálii, kde se Riccardo Giacconi 6. září 1931 narodil. Fyzika kosmického záření ho zajímala už od studií — v tomto oboru získal v roce 1954 na univerzitě v Milánu titul PhD. Pak už ho jeho zájem o vědecký výzkum obecně a rentgenovou astronomii zvlášť vedl do USA, kde v roce 1959 začal pracovat u firmy American Science and Engineering v Massachusetts. Jeho tým vyvinul speciální typ dalekohledu pro detekci rentgenového záření.

Mgr. JANA OLIVOVÁ (1960), Český rozhlas 3–Vltava, Vinohradská 12, 120 99 Praha 2, e-mail: jana.olivova@cro.cz

Rozhovor s R. Giacconim natočila J. Olivová pro Český rozhlas 3–Vltava, kde jeho část zazněla 22. 9. 2004 v pořadu Mozaika v rubrice Věda.

Ten se zásadně odlišuje od optického teleskopu tím, že se dopadající paprsky odrážejí od odrazných ploch pod velmi malým úhlem. Vzhledem k vysoké energii fotonů rentgenového záření musí totiž rentgenové paprsky v teleskopu dopadat výrazně šikmo, prakticky klouzat, neboť při dopadu pod většími úhly nebo kolmo by prošly materiálem běžného zrcadla. Z toho důvodu se rentgenový teleskop skládá ze dvou velmi přesně tvarovaných souosých kovových povrchů: první je paraboloid, druhý hyperboloid. Jsou uspořádány téměř rovnoběžně k dopadajícím paprskům, které se proto odrážejí pod velmi malým úhlem nejprve od paraboloidu a poté od hyperboloidu do ohniskové roviny k detektorům, kde vytvářejí obraz rentgenového zdroje. Nejnovější rentgenové teleskopy jsou mnohozrcadlové, tj. využívají celé řady velmi přesně tvarovaných, jemně seřazených a do sebe zasazených parabolických a hyperbolických zrcadel (viz obr. 1).

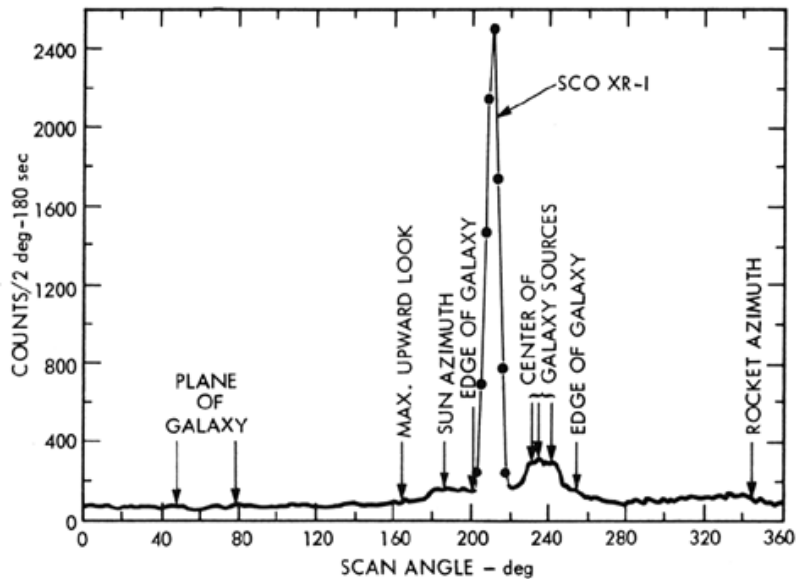


Obr. 1. Schéma průběhu paprsků v rentgenovém teleskopu typu paraboloid–hyperboloid. (Podle: http://chandra.harvard.edu/xray_astro/history.html)

Dne 18. června 1962 Riccardo Giacconi se spolupracovníky objevil pomocí výškové (sondážní) rakety Aerobee v souhvězdí Štíra první známý rentgenový zdroj mimo sluneční soustavu — *Sco X-1*. Přesná poloha tohoto zdroje však byla určena až v roce 1966. Později bylo zjištěno, že jeho rentgenová emise je 10 000krát větší než emise optická. Opticky byl identifikován s rentgenovou dvojhvězdou V818 Scorpii.

Obrázek 2 zachycuje třímínutový záznam údajů z října 1967 z měření rentgenového detektoru, který sledoval velký výsek oblohy obsahující zdroj *Sco X-1* a shluk dalších zdrojů směrem ke středu Galaxie. *Sco X-1* je zdaleka nejjasnější rentgenový zdroj na pozemské obloze. Zorné pole detektoru bylo 5×30 stupňů.

Pak se Riccardo Giacconi podílel na konstrukci první rentgenové družice *UHURU*, vypuštěné v prosinci 1970 na oběžnou dráhu kolem Země, která za tři roky své činnosti systematicky zmapovala celou oblohu v oboru rentgenového záření o energiích 2 až 20 keV. Poskytla údaje o poloze rentgenových zdrojů, jejich intenzitě, rozložení intenzity podle frekvencí i změny intenzity v závislosti na čase. Díky dlouhé pozorovací době dokázala zjistit i zdroje 30 až 50krát slabší, než pozorovaly detektory na výškových raketách. Z měření družice *UHURU* byl sestaven katalog 339 rentgenových zdrojů.



Obr. 2. Záznam průběhu rentgenové emise oblohy v závislosti na azimutu (scan angle) během měření z rakety Aerobee. V grafu jsou vyznačeny azimuty roviny Galaxie (Plane of Galaxy), Slunce (Sun Azimuth), zdroje Sco X-1, galaktického centra (Center of Galaxy Sources) a okraje Galaxie (Edge of Galaxy). Podle: *Exploring the X-ray Universe* (Charles & Seward, 1995, Cambridge University Press).

Později se ukázalo, že jde většinou o rentgenové dvojhvězdy, o zbytky supernov, o místa, kde hmota padá do černých děr nebo na neutronové hvězdy, o Seyfertovy galaxie či kupy galaxií. Mezi významné objevy družice *UHURU* patřily i tři pulzary v dříve známých zdrojích: Centaurus X-3, Cygnus X-1 a Lupus X-1.

V roce 1973 Riccardo Giacconi nastoupil do společného centra observatoře Harvardovy univerzity a Smithsonianovy astrofyzikální observatoře, kde vedl projekt výstavby a vědeckých pozorování neobyčejně úspěšné družice *HEAO-2* (*High Energy Astronomical Observatory*). Byla vypuštěna u příležitosti 100. výročí narození A. Einsteina a nesla jeho jméno — *Einsteinova observatoř*. Pořádila mnoho detailních snímků rentgenových zdrojů včetně kvazarů. Jako první rentgenová družice používala zaostřovací optiku se zobrazovacími detektory s rozlišovací schopností několika úhlových vteřin, její zorné pole bylo desetiny úhlových minut. Provedla více než 5000 cílených pozorování, včetně aktivních jader galaxií a rentgenových dvojhvězd.

V roce 1976 navrhl Riccardo Giacconi americkému Národnímu úřadu pro letectví a vesmír NASA, aby byly zahájeny projektové práce na velkém rentgenovém dalekohledu Chandra. Byl vypuštěn v červenci 1999 na silně výstřednou eliptickou dráhu dovolující dlouhodobé nepřerušované sledování rentgenových zdrojů v pásmu 0,1 až 10 keV. Velmi vysoká spektrální rozlišovací schopnost (1 eV) i úhlová rozlišovací schopnost ($< 0,5''$), velká sběrná plocha a citlivost na rentgenové záření vyšších energií umožňuje tomuto teleskopu zkoumat i extrémně slabé zdroje: dokáže zachytit rentgenové paprsky z kvazarů vzdálených až 10 miliard světelných let. Je vyba-

vena zobrazovacím spektrometrem, který může nejen pořizovat snímky, ale současně i měřit energii přicházejících rentgenových paprsků. Nízkoenergetický (0,08 až 6 keV) a vysokoenergetický (0,5 až 10 keV) mřížkový spektrometr pak zaznamenávají přesné rozložení energie v rentgenovém spektru zdroje.

Jak ovšem sám Riccardo Giacconi zdůraznil na tiskové konferenci 20. září 2004 v Praze, nový obor rentgenové astronomie se rozvíjel po malých a nesnadných krocích:

„Začínali jsme tím, že jsme prostě vylepšovali detektory, které se do té doby používaly, což byly čítače fotonů a částic, jako např. Geigerovy-Müllerovy čítače, které se používaly ke zjišťování radioaktivity. Vyráběli jsme je větší a s lepším potlačením pozadí atd. a dokázali jsme tak najít první rentgenovou hvězdu. Bylo však zcela zjevné, že pokud chceme pozorovat normální hvězdy v rentgenovém oboru spektra nebo velmi vzdálené objekty, pak potřebujeme přístroje milionkrát citlivější. Například ve viditelném oboru spektra se toho dosahuje tak, že místo prostého oka použijete velmi velké dalekohledy, které dokáží shromáždit velké množství fotonů a soustředit je v jediném detektoru. Ukázalo se nicméně, že lze udělat teleskopy i v rentgenovém oboru. Obvykle rentgenové paprsky materiálem procházejí — proto existuje v medicíně rentgenologie. Pokud ovšem dopadají ve velice malém úhlu, pak se odrazí. Proto je možné vyvinout optiku pro rentgenový teleskop. Když jsme s jeho konstrukcí začali, bylo to velmi obtížné, protože bylo třeba udělat velmi hladké povrchy, aby se paprsky odražely. Nejsnazší pro zobrazování v tomto oboru spektra bylo samozřejmě Slunce, protože je dost blízko a vyzařuje dostatek rentgenového záření; s ním jsme tedy začali. Pak jsme vyvinuli teleskopy použitelné i pro studium dalších hvězd. Teď máme velkou observatoř NASA nazvanou *Chandra*, jejíž citlivost je miliardkrát větší než u našich prvních observatoří. Umožnila zobrazit a studovat objekty natolik vzdálené, že některé nelze pozorovat ve viditelném oboru světla ani největšími dalekohledy na Zemi i ve vesmíru. Mohou však být pozorovatelné v infračerveném oboru (např. pomocí dalekohledu *Spitzer*).“

Riccardo Giacconi rovněž odhalil, že ve vesmíru existuje tzv. pozadí rentgenového záření, a přispěl posléze k objasnění jeho povahy. Původ tohoto záření přicházejícího ze všech směrů oblohy totiž zůstal dlouho nevysvětlen. Až právě teleskop *Chandra* ukázal, že ve skutečnosti nejde o spojitě záření kosmického pozadí, ale vlastně o soubor stamilionů jednotlivých zdrojů, jež jsou rozprostřeny po celé obloze, které však dřívější přístroje jednoduše nedokázaly od sebe odlišit. Podrobnosti vysvětlil na tiskové konferenci v Praze 20. září sám profesor Giacconi:

„V zásadě se vyřešil problém, který v rentgenové astronomii existoval od samého začátku: první astronomické pozadí mimogalaktického původu, které bylo objeveno, bylo v rentgenovém oboru spektra — to se stalo v roce 1962. Téměř současně bylo objeveno reliktní záření kosmického pozadí o teplotě asi 3 K, což je rozptýlené záření pocházející a přetrvávající z doby brzy po velkém třesku. Vznikla otázka, co je doopravdy rentgenové pozadí. Mohlo být buď stejného druhu jako záření reliktní — tedy rozptýlené, difuzní. Nebo mohlo jít jednoduše o soubor stamilionů zdrojů rozprostřených po obloze. Tato otázka se s tehdejšími přístroji nedala jednoznačně zodpovědět. *Chandra* má nyní takové rozlišení, že dokáže zaznamenat jednotlivě každý z těchto stamilionů zdrojů na obloze. Vyřešila tím problém rentgenového pozadí;

ukázala, že nejde o spojité záření, ale o samostatné, individuální zdroje. Otázkou je, jaké jsou to zdroje. Soudíme, že jde o aktivní jádra galaxií, v jejichž středu je supermasivní černá díra a odkud je vysíláno záření v rentgenovém oboru spektra. Nyní bude zajímavé dívat se stále dál a dál, abychom zjistili, kdy se tyto černé díry zformovaly: jestli vznikly společně s galaxiemi nebo dříve než galaxie, popř. až poté, co se zformovaly galaxie. Na tom se teď pracuje.“

Zájmy profesora Giacconioho se však neomezují jen na rentgenovou astronomii, třebaže s ní je spojena neúspěšnější část jeho profesionální dráhy: V letech 1981–1993 byl také prvním ředitelem institutu pro Hubbleův kosmický dalekohled — Space Telescope Science Institute. Šest let pak stál v čele Evropské jižní observatoře ESO. V roce 1999 se stal prezidentem společnosti Associated Universities, Inc. ve Washingtonu, která je operátorem národní radioastronomické observatoře USA — *National Radio Astronomy Observatory*. Současně přednášel fyziku a astronomii a je profesorem na Johns Hopkins University. Jeho jméno nese planetka číslo 3371.

Profesor Riccardo Giacconi si při svém pražském pobytu vyšetřil čas i na zodpovězení několika otázek autorky tohoto článku:

J. O.: *Vy jste sám sebe označil za astronoma všech vlnových délek. Proč kladete takový důraz na studium vesmírných objektů ve všech oborech spektra?*

R. G.: „Když se snažíte porozumět objektům ve vesmíru, zjistíte, že pro jejich pochopení musíte použít všechny vlnové délky, abyste mohli studovat např. jejich červený posuv, vzdálenosti, zjišťovat, jestli jde o dvojhvězdný systém obsahující kromě kompaktních objektů normální hvězdy atd. Takže to je velmi přirozený způsob zkoumání různých procesů v jediném objektu.“

J. O.: *Nakolik obtížné bylo tehdy před lety přesvědčit ostatní, že je třeba začít pracovat na rentgenových dalekohledech a dostávat je na oběžnou dráhu?*

R. G.: „Bylo to obtížné. Nejen NASA neměla na začátku větší zájem, ale ani fyzici, ani astronomové nevěřili, že se toho dá pomocí takových teleskopů tolik zjistit. Takže to nějakou dobu trvalo. Ale asi po 10 letech, kolem roku 1970, se dali přesvědčit.“

J. O.: *Nyní pracujete s nejcitlivějším rentgenovým teleskopem, jaký byl kdy vyroben — s observatoří Chandra. Jaký byl podle vašeho názoru nejdůležitější poznatek, který přinesla?*

R. G.: „Myslím, že Chandra má nejen výjimečnou citlivost, ale také velké úhlové rozlišení pro zaznamenávání objektů — stejně, jako je tomu v optické astronomii — asi $\frac{1}{2}$ obloukové vteřiny, což je lepší než u většiny pozemních optických teleskopů. S její pomocí můžete proto studovat supernovy, dále například rentgenové záření Krabí mlhoviny, což je zbytek po supernově, a to s velmi velkým úhlovým rozlišením. Nacházíte jevy, o jejichž existenci jste předtím nevěděli. Dalším opravdu důležitým poznatkem, jedním z nejdůležitějších, bylo změření velmi řídkého plynu rozptýleného v kupách i nadkupách galaxií. Tento plyn o vysoké teplotě, který prostupuje naším vesmírem, tvoří většinu známé baryonové hmoty ve vesmíru. A třetí důležitou věcí byl objev povahy rentgenového pozadí.“

J. O.: *Zapojil jste se také do projektů Hubbleova kosmického dalekohledu včetně tzv. projektu hlubokého pole. Jaký je jeho hlavní cíl?*

R. G.: „Hubbleův teleskop je sice malý, ale má tak dobré úhlové rozlišení, že dokáže spatřit galaxie ve větší vzdálenosti než jakýkoli jiný dalekohled na Zemi. A jsou to normální galaxie. Díky tomu můžeme vidět galaxie v tak vzdálené minulosti jako nikdy předtím. Velkým překvapením, které Hubbleův teleskop přinesl, je, že galaxie se ve vesmíru vytvořily daleko, daleko dříve, možná před 8 nebo 10 miliardami let, což jsme nepředpokládali. Nemysleli jsme, že k tomu došlo tak brzy. Takže v zásadě studujeme velmi rané epochy formování a evoluce struktur, které dnes nacházíme.“



Obr. 3. Prof. Giacconi při návštěvě Akademie věd ČR. (Foto: Ivo Lindovský, TiO AV ČR.)

J. O.: *Mají vědci nějaké teoretické vysvětlení pro to, že se galaxie vytvořily tak brzy po velkém třesku?*

R. G.: „Ne.“

J. O.: *Ale alespoň nějaké hypotézy přece existují, nebo ne?*

R. G.: „Ano. Myslím, že existují nejméně dvě myšlenkové školy. Jednu bych označil jako ruskou: Zeľdovič a další navrhli, že se nejprve vytvořila obrovská struktura, která se pak rozdrobila do menších. Další názor, který bych označil jako americký, předpokládá, že se nejprve zformovaly hvězdy, které se pak seskupovaly do větších a větších celků — galaxií atd. Není jasné, zda alespoň jedno z těchto jednoduchých vysvětlení obstojí — nyní se obě dostala poněkud do potíží, když byly galaxie zaznamenány v tak vzdálené minulosti.“

J. O.: *Může k vyřešení této záhady přispět i vyřešení v současné době tolik diskutovaného problému skryté látky?*

R. G.: „Ano, ale musí se také vyřešit problém skryté energie,“ odpověděl profesor Giacconi s úsměvem potvrzujícím, že právě tento oříšek nebude vůbec snadné rozlousknout.

J. O.: *A co vy sám považujete za svůj největší profesionální úspěch?*

R. G.: „Objev prvního rentgenového zdroje.“

L i t e r a t u r a

- [1] GRYGAR, J., PROUZA, M.: *Giacconioho rentgenový vesmír*. PMFA 48 (2003), 10–14.
- [2] *History of X-Ray Astronomy*.
http://chandra.harvard.edu/xray_astro/history.html
- [3] *X-ray astronomy*. http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray_astronomy
- [4] *Uhuru (SAS-1)*. <http://www.nasm.si.edu/research/dsh/artifacts/SS-Uhuru.htm>
- [5] *The Uhuru Satellite*. <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/uhuru/uhuru.html>
- [6] *The Einstein Observatory (HEAO-2)*.
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/einstein/heao2.html>
- [7] *Chandra X-ray Observatory*.
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/chandra/chandra.html>
- [8] *Chandra 101*. <http://chandra.harvard.edu/edu/chandra1014.html>
- [9] *Early Observation of Sco X-1*.
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/objects/binaries/scox1_1962.html