

# Gama astronomie - II.

Michaela Kryšková

EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope) shromažďuje informace o gama záření, které nese nejvíce energie. EGRET má 45 stupňů široké zorné pole.

OSSE (Oriented Scintillation Spectrometer Experiment) zkoumá poměrně malé pole, 4 x 11 stupňů. V obvyklém sledu pozorování zůstává COMPTON zaměřen na stejný směr po dobu dvou týdnů. V tomto období COMPTEL a EGRET sbírají data pouze z tohoto směru.

Na orbitě 400 km nad povrchem Země dokončí COMPTON oběh každých 92 minut; Země zastíňuje libovolnou část oblohy přibližně polovinu oběžné doby.

OSSE je zaměřován nezávisle na ostatních přístrojích - může se přepnout na jiný cíl, když je původně pozorovaný objekt zakryt Zemí.

## COMPTON a aktivní galaktická jádra

Aktivní galaktická jádra jsou velice jasné a kompaktní zdroje energie, které se nacházejí v centrech některých galaxií. Odhaduje se, že asi 1% všech galaxií má aktivní jádro, ačkoli okolo 30% galaxií jeví známky podobných dějů ve svém středu.

V případě kvasarů - řadí se mezi nejsvětivější galaktická jádra - oblast rozměrů naší sluneční soustavy vysoce přezáří celou galaxii, která jádro obklopuje.

Mnoho astronomů se domnívá, že viníkem, odpovědným za obrovské výtrysky energie z těchto jader je supermasivní černá díra - zkolabovaný objekt s milionkrát až miliardkrát větší hmotností než Slunce. Soustředěná gravitace černé díry přitahuje hvězdy do své blízkosti a trhá je na kusy. Dříve než zmizí rozervaná hmota v černé díře, vytváří disk a extrémně se rozžhaví. Horký plyn v disku uvolňuje nepředstavitelné množství elektromagnetického záření v celém svém spektru. V některých případech vypuzuje disk elementární částice (jako jsou elektrony a poz-

itrony) v úzkých, magneticky ohraničených svazcích. Tyto částice se pohybují rychlostmi blízkými rychlosti světla a vysílají záření, které umožňuje astronomům svazky zachytit. Když svazky míří směrem k Zemi, objekt je klasifikován jako blasar.

Aktivní galaktická jádra se dělí podle toho, zda jsou nebo nejsou silnými radiovými zdroji. Téměř všechny blasary jsou intenzivními radiovými zdroji. Obecně vzato, silné radiové zdroje sídlí v eliptických galaxiích, kdežto slabé se nacházejí ve skupině aktivních spirálních galaxií - Seyfertových galaxiích.

COMPTON odhalil, že uvedené dvě třídy aktivních galaktických jader mají velmi odlišné vyzařování paprsků gama. OSSE a COMPTEL zjistili, že emise gama záření ze Seyfertových galaxií ustává při energiích nad 100 000 eV. Naproti tomu EGRET objevil, že mnoho radiově silných blasarů září na všech frekvencích až k nejvyšším energiím, které může přístroj zaznamenat.

EGRET detekoval své dva první blasary v červnu 1991; jsou to 3C 273, vzdálený 1.8 miliard světelných let od Země, a 3C 279, který se zdá být na obloze blízko 3C 273, ale který leží 4.6 miliard světelných let daleko. Překvapivě se 3C 279 jevil mnohem jasnější - navzdory své vzdálenosti září jako jeden z nejjasnějších gama zdrojů na obloze. K dosažení takové jasnosti musí 3C 279 produkovat tisíckrát více energie v paprscích gama než emituje Mléčná dráha v celém svém spektru!

V červnu 1991 pozoroval EGRET dvojnásobné zjasnění 3C 279; objekt se poté čtyřikrát zeslabil v pouhých dvou dnech. Tato rychlá proměnlivost naznačuje, že velikost oblasti, ve které se gama paprsky vytvářejí, je velmi malá. To znamená, že velikost zdroje nemá větší průměr než několik světelných dnů, což je jen o trochu více, než průměr oběžné dráhy planety Pluto.

EGRET již detekoval 26 aktivních jader galaxií. Téměř všechny tyto objekty jsou označovány jako

blasary. Nacházejí se ve vzdálenostech sahajících od 400 milionů do 9 miliard světelných let. Nejvzdálenější z blasarů jsou pozorovány téměř u hranice pozorovatelného vesmíru. (Předpokládám pro hranici hodnotu 13 miliard světelných let.)

Proč jsou blasary tak silnými zdroji gama paprsků? Vysvětlení tkví právě ve svazcích paprsků, směřujících k Zemi. V těchto svazcích se mohou fotony viditelného nebo UV záření (vytvářené v disku okolo černé díry) často srážet s rychle se pohybujícími elektrony. Fotony tak získají dostatek energie, aby se staly gama zářením a připojily se k částicím ve svazku. Výsledné záření se soustřeďuje v úzkém kuželu. Blasar se zdá vyjimečně jasný, když tento kužel míří směrem k Zemi.

To znamená, že svazky paprsků mohou velice zkreslovat údaje o emisích z aktivních galaktických jader.

## Paprsky gama ze supernov

Supernova - katastrofická exploze - poznamenává konec života masivní hvězdy. Výbuchy supernov silně ovlivnily chemický vývoj vesmíru. Podle kosmologického modelu velkého třesku byl celý vesmír původně složen jen z vodíku a helia. Těžší prvky (uhlík, křemík, železo), jež tvoří většinu naší Země, byly vyrobeny jadernými reakcemi v nitrech hvězd. Supernovy slouží jako prvotní mechanismus, kterým tyto prvky recyklují v mezihvězdném prostoru, kde se formují další generace hvězd i planet.

Stabilní hvězdy neprodukují prvky jako např. zlato, které jsou těžší než železo; tyto atomy se vytvářejí pouze při extrémních teplotách a hustotách, které provázejí výbuchy supernov.

23. února 1987 měli astronomové skvělou příležitost dozvědět se víc o procesu, kterým supernovy vyrábí nové prvky. Tehdy explodovala blízká supernova, označovaná jako Supernova 1987A, ve Velkém Magellanově mračnu. Supernova 1987A byla nejbližší a nejjasnější supernova, viditelná na zemi od vynálezu dalekohledu před téměř čtyřmi stoletími - výzkumníci okamžitě zaměřili všechny dostupné

přístroje na Zemi i ve vesmíru na tento pozoruhodný objekt.

Supernova začala svůj život jako modrá hvězda o hmotnosti přibližně 20 sluncí. Během exploze vytvořily prudké jaderné reakce množství nestabilních radioaktivních jader a navíc ještě další, mnohem stájejší těžší prvky. Některé z radioaktivních jader vysílají při rozpadu gama paprsky o typických energiích.

Nejlépe detekovatelné jsou gama paprsky emitované kobaltem 56 (který se rozpadá na železo 56) a kobaltem 57 (který se rozpadá na železo 57). Mnohé z gama paprsků jsou absorbovány v rozšiřujícím se oblaku plynů, vytvořeným supernovou; poté, co jsou znovu a znovu rozptylovány, mohou se změnit ve viditelné světlo.

Již před Supernovou 1987A upozorňovali někteří teoretici na to, že radioaktivní rozpady by mohly sloužit jako prvotní zdroje energie, které by zviditelnily expandující supernovu. Část gama paprsků by mohla vniknout do oblaku látky ze supernovy a tak být přímo pozorovatelná.

Pozorování Supernovy 1987A skvěle potvrdily předpověď. Kobalt 56 má poločas rozpadu 77 dnů; od roku 1987 až do roku 1990 se viditelné světlo supernovy zeslabilo v přesně předpokládaném poměru. Družice *Solar Maximum Mission* a přístroje na výzkumných balónech NASA také zachytily gama záření ze supernovy. Mělo energie přesně odpovídající rozpadu kobaltu 56.

Od roku 1991 se viditelné světlo ze supernovy 1987A zeslabilo v poměru odpovídajícímu poločasu rozpadu 270 dní, což je přesná hodnota pro kobalt 57. OSSE také zachytil gama paprsky typické pro kobalt 57.

Relativní intenzity vyzařování gama paprsků z těchto dvou forem kobaltu odhalují poměr niklu 57 k niklu 56, které se vytvořily v supernově. Vypočtená hodnota je blízká hodnotě pro Slunce. Výsledek nabízí působivý závěr - supernovy jsou odpovědné za vytvoření většiny těžších prvků, které nacházíme na Slunci a ve vesmíru vůbec.

Další radioaktivní prvky stvořené při explozích supernov mají mnohem delší život než kobalt 56 a kobalt 57. Příkladem je velmi hojný radioizotop

hliníku 26, který má poločas rozpadu 716 000 let. Výbuch supernovy se odehraje přibližně jednou za 30 let, a tak hliník 26 z cca 24 000 supernov by mohl být rozptýlen po celé Galaxii.

Gama astronomie nabízí účinný způsob, jak najít hliník 26 a tak identifikovat místa, kde jsou nové prvky vytvářeny. Hliník 26 mohou vyrobit i méně silné výbuchy nov a aktivních hvězd. Při rozpadu hliníku 26 rovněž vznikají gama paprsky o typických energiích.

COMPTON může mapovat jejich umístění i intenzitu, a to podél celého pásu Mléčné dráhy. Gama paprsky mají obrovskou schopnost pronikání - mohou snadno proletět plynem a prachem, které zatemňují optický výhled na Galaxii. COMPTON může tedy pozorovat všechny hliník 26 v celé Galaxii.

COMPTEL nedávno dokončil první detailní mapu hliníku 26 v Mléčné Dráze. Hliník 26 je koncentrován podél pásu Mléčné Dráhy, kde se nachází nejvíce hvězd a supernov. Mapa obsahuje oblasti menší emise gama paprsků i oblasti s výrazným vyzařováním. Tyto silně emitující oblasti mohou být obrovské hvězdné formace, zbytky blízkých supernov nebo jev, který si dosud neumíme vysvětlit.

COMPTEL také sledoval gama paprsky z Cassiopeji A, zbytku supernovy, která explodovala v roce 1668. Přístroj je schopen zachytit gama záření titanu 44, který má poločas rozpadu 54 let. Registrací gama paprsků z titanu 44 je COMPTEL schopen rozeznat další nedávné supernovy, jež byly skryty za oblaky plynu a prachu.

OSSE detekoval silný tok gama paprsků přicházejících z centrální oblasti Mléčné dráhy. Tyto paprsky jsou zřejmě výsledkem anihilace elektronů s pozitrony. (Při srážce elektronu s pozitronem obě částice zanikají a produktem reakce je čistá energie - fotony gama záření.) Není však dosud jasno, které objekty vytvářejí pozitrony. Pokud záření pochází z několika diskrétních zdrojů, mohlo by se jednat o černé díry.

### Neutronové hvězdy

Zatímco se většina hmoty supernovy rozpíná ve formě radioa-

ktivního oblaku, železné jádro hvězdy se smršťuje do podoby kompaktní neutronové hvězdy, nebo, v krajních případech, do černé díry.

Neutronové hvězdy jsou tvořeny jadernou hmotou bez jediné mezery; čajová lžička plná hmoty z neutronové hvězdy by vážila více než miliardu tun. Jak se jádro hvězdy smršťuje, jeho rotace nesmírně vzroste díky zákonu zachování momentu hybnosti. Neutronové hvězdy mohou v konečné fázi rotovat řádově stokrát za minutu. Drastické smrštění hvězdy také mnohonásobně zvětší sílu jejího magnetického pole.

Rychle rotující neutronová hvězda se chová jako obrovský částicový urychlovač. Subatomární částice zachycené v magnetickém poli hvězdy jsou poháněny dokola, dokud nedosáhnou rychlostí velmi blízkých rychlosti světla. Vznikají kužely záření, které rotují společně s hvězdou, podobně jako kužely světla z majáku. Kužely postupně zasahují Zemi a astronomové pozorují neutronovou hvězdu se zablesknout a opět potemnět.

Tohoto jevu si poprvé všimli v roce 1967 A. Hewish a J. Bell na universitě v Cambridgi. Objevíli radiové zdroje, které pulsovaly ve velmi přesném sledu. Pro své chování jsou tyto rotující neutronové hvězdy známé jako radiové pulsary. Výzkumníci později zjistili, že některé pulsary mohou být detekovány v oblastech mnohem vyšších energií.

Z 500 známých radiopulsarů pouze dva - pulsar v Krabí mlhovině a pulsar v souhvězdí Plachet - byly zaregistrovány v energiích paprsků gama pomocí přístrojů předcházejících COMPTON.

Od svého vypuštění detekoval COMPTON čtyři další gama pulsary: pulsar v souhvězdí Kružítko, PSR 1706-44, PSR 1055-52 a Gemingu (čísla označují nebeské souřadnice pulsarů).

Při výzkumu pulsarů se srovnávají jejich světelné křivky v rozdílných částech elektromagnetického spektra. Světelné křivky vyznačují, jak se jasnost pulsaru mění během jeho rotační periody.

Např. pulsar v Krabí mlhovině vysílá dva pulsy během rotace (jako maják); pulsy se dějí synchronně v mnoha energiích. Pulsar v souhvězdí Plachet vykazuje jiný charakter,

závisější na energiích, ve kterých je sledován. Oba zmíněné pulsary mají pulsy ve viditelném světle, ale není tomu tak u ostatních. A podivná Geminga silně září v gama oblasti, ale není dosud zachycena radioteleskopy.

Geminga může reprezentovat první z nové třídy pulsarů, které nemají radiové pulsy. Radiové mlčení Gemingy naznačuje, že její radiový paprsek je mnohem užší než její gama paprsek, a tak radiové pulsy míjejí Zemi.

Pozoruhodná část informací shromážděná z nově objeveného gama pulsaru ukazuje, že staré, pomalu rotující neutronové hvězdy vytvářejí mnohem více gama záření než mladé. Stáří pulsaru se určuje pomocí změn jeho rotace během let. Rotační perioda postupně vzrůstá, protože záření emitované pulsarem s sebou pomalu odnáší jeho moment hybnosti. Vztah mezi periodou pulsů a mírou zpomalování rotace pulsaru může ukázat, před jakou dobou se pulsar zrodil z výbuchu supernovy.

V případě Gemingy a PSR 1055-52 se zdá, že emitují téměř veškerou svoji energii ve formě gama paprsků. Jak dosahují tohoto výkonu, je stále otázkou.

§§§

Zde uvedené výsledky poskytují pouze malou ukázkou bohatství dat získaných z COMPTONU. Většina gama jevů na obloze je přechodná a proměnlivá, a tak zřejmě mnoho překvapivých objevů COMPTON ještě čeká. Tato družice však již rozšířila lidské chápání za náš tradiční, na viditelné světlo zaměřený pohled na vesmír. Očekává se, že pozorování budou pokračovat dalších 5 až 10 let. Vzruch kolem gama astronomie právě začíná.

□

Literatura:

"The Compton Gamma Ray Observatory" - N. Gehrels, C. E. Fichtel, G. J. Fishman, J. D. Kurfess a V. Schönfelder, Scientific American, prosinec 1993

"Cosmology - the structure and evolution of the universe" - G. Contopoulos, D. Kotsakis, Springer-Verlag Berlin 1987

# OBLOHOU AMATÉRSKY

(červen, červenec, srpen, září)

## PLANETY

**Merkur:** Po dolní konjunkci se Sluncem (5.6.) se Merkur objeví koncem června ráno nízko nad východo-severovýchodním obzorem, protože 29.6. je v největší západní elongaci (22° od Slunce). Šance pro spatření planety se poté ještě o něco zvyšuje (vzhledem k rostoucí deklinaci a především ke zvyšující se jasnosti planety); kolem 10.7. vychází Merkur zhruba 1 h 15 min před Sluncem, když na začátku občanského soumraku je jen 4° nad obzorem. V té době přesahuje jasnost -0,5 mag a jeho úhlový průměr je kolem 6". Ve druhé polovině července přestává být pozorovatelný, protože 28.7. dochází k jeho konjunkci se Sluncem. Začátkem září (9.9.) se Merkur dostává do své největší východní elongace, avšak podmínky pro pozorování jsou zcela nepříznivé, protože jeho maximální úhlová vzdálenost od Slunce je 27° - tedy o 5° více než při červnové elongaci. Špatné podmínky pro sledování Merkuru jsou způsobeny jeho výrazně nižší deklinací vzhledem ke Slunci. Šance na spatření Merkuru na večerní obloze jsou mizivé, protože planeta zapadá již na konci občanského soumraku (maximálně 40 min po Slunci). Mnohem snadnější je tedy pozorování planety během dne dalekohledem (především koncem srpna a v první polovině září, kdy je Merkur více než 20° od Slunce a jeho jasnost je kolem 0 mag).

**Venuše:** Venuše je v červnu a červenci pozorovatelná na ranní obloze, ale jen velmi nízko nad severovýchodním až východo-severovýchodním obzorem. Během června a první poloviny července vychází planeta necelou hodinu před Sluncem a na začátku občanského soumraku je přibližně jen 1° nad obzorem. V tomto období má jasnost -3,9 mag a úhlový průměr kolem 10". Koncem července se Venuše stává nepozorovatelnou, blíží se vstříc Slunci (horní konjunkce nastává 21. 8.). Na její další spatření si asi budeme muset počkat až do podzimu.

**Mars:** Mars je v červnu viditelný v první polovině noci, v červenci a srpnu již jen ve večerních hodinách. Koncem září je planeta na konci občanského soumraku asi 5° nad jihozápadním až západojihozápadním obzorem a zapadá zhruba 1 h 15 min po Slunci. Úhlový průměr i jasnost Marsu klesají z 6,5<sup>m</sup> a 0,9 mag (začátek června) na 4,5" a 1,4 mag (konec září). Planeta prochází postupně souhvězdími Lva, Panny a Vah.

**Jupiter:** Po opozici se Sluncem (1.6.) je Jupiter v červnu viditelný po většinu noci, v červenci zapadá po půlnoci, v srpnu a září je výrazným objektem večerní oblohy. Jeho jasnost i úhlové rozměry klesají z -2,6 mag a 43" (začátek června) na -2,2 mag a 35" (konec září). Planeta se zpočátku pohybuje zpětně souhvězdím Hadonoše, koncem června vstupuje do Štíra, na začátku srpna je v zastávce a přímým pohybem se vrací do Hadonoše začátkem září; ke konci září se Jupiter pohybuje v těsné blízkosti  $\omega$  Oph (4,5 mag). Zatmění Jupiterových měsíců nastávají po opozici u východního okraje kotoučku planety.

**Saturn:** Planetu Saturn můžeme pozorovat začátkem června na ranní obloze, na přelomu června a července vychází již před půlnocí. Během srpna je Saturn viditelný většinu noci kromě večera, v září pak po celou noc, protože 14.9. nastává jeho opozice se Sluncem. Planeta se nachází v severovýchodní části souhvězdí Vodnáře; nejprve se pohybuje přímo, začátkem července je v zastávce a začíná se pohybovat zpětně. V době kolem opozice dosahuje Saturn jasnosti 0,7 mag, jeho úhlový průměr přesahuje 17" a úhlová velikost velké osy Saturnova prstence A je zhruba 44". Přestože (nebo spíše právě proto, že) jsou Saturnovy prstence letos obtížně pozorovatelné (Země je v blízkosti roviny prstenců), je zajímavé Saturn v tomto období sledovat. Po květnovém průchodu Země rovinou Saturnových prstenců jsou k nám až do 11.8. prstence natočeny (ovšem jen o poměrně malý úhel)