



KOSMICKÉ ROZHLEDY

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

1/1973

KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

ročník 1973

číslo 1

Panelová diskuse o mezních problémech astronomie

Redakční kruh Kosmických rozhledů pozval skupinu odborníků k diskusi o různých otevřených hraničních problémech astronomie, fyziky, biologie a filosofie. Celodenní diskuse se konala 7. prosince 1972 v Universitní knihovně v Praze a zúčastnili se jí:

prom. fyz. Pavel Ambrož, CSc., Astronomický ústav ČSAV, Ondřejov
RNDr. Pavel Andrlé, CSc., Astronomický ústav ČSAV, Praha
RNDr. Jiří Bičák, CSc., Katedra teoretické fyziky, MFF UK, Praha
Ivo Budil, redakce vědy a techniky, Československý rozhlas, Praha
MUDr. Josef Dvořák, CSc., Ústř. ústav žel. zdravotnictví, Praha
RNDr. Jiří Grygar, CSc., Astronomický ústav ČSAV, Ondřejov
RNDr. Anton Hajduk, CSc., Astronomický ústav SAV, Bratislava
prof. RNDr. Zdeněk Horák, DrSc., ČVUT, Praha
PhDr. Zdeněk Horský, CSc., Československá astronomická společnost,
Praha
RNDr. Vojtěch Letfus, CSc., Astronomický ústav ČSAV, Ondřejov
RNDr. Vlastimil Liebl, CSc., Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha
Ing. Karel Pacner, Mladá fronta, Praha
RNDr. Luděk Pekárek, DrSc., Fyzikální ústav, Praha
doc. Luboš Perek, DrSc., člen koresp. ČSAV, Astronomický ústav
ČSAV, Praha
RNDr. Eduard Pittich, CSc., Astronomický ústav SAV, Bratislava
Ing. Pavel Příhoda, Planetárium Praha
RNDr. Július Sýkora, CSc., Astronomický ústav SAV, Tatranská
Lomnica
RNDr. Bohumil Šternberk, Astronomický ústav ČSAV, Praha
Ing. Emil Ulrych, CSc., Státní výzkumný ústav pro stavbu strojů,
Praha
prom. chemik Antonín Vítek, CSc., ÚOCHAB, Praha

Z průběhu celého setkání byl pořádný zvukový záznam, který po nepodstatném zkrácení uveřejňujeme v příštích několika číslech KR.

Každé téma zahájil předseda redakčního kruhu KR krátkým úvodním slovem a hned poté byl vždy vybrán jeden z účastníků, jehož úkolem bylo připravit závěrečné resumé. Vlastní diskuse ke každému ze čtyř témat (revoluce ve fyzice, život ve vesmíru, mimozemské civilizace, astrologie) trvaly v průměru kolem dvou hodin. V tomto čísle předkládáme autorisovaný záznam diskuse k prvnímu tématu s názvem:

"Jsme na prahu revoluce ve fyzice?"

Redakce

Grygar: Volnou tribunu, jejíž první téma má název "Jsme na prahu revoluce ve fyzice?", bych uvedl citátem amerického astrofyzika Haltona Arpa, který nedávno napsal asi toto: "Má-li se někde objevit nová fyzika, lze ji nejpřirozeněji hledat tam, kde pozorování nejvíce odporují teoretickým předpovědím." Myslím si, že to je dosti pozoruhodná myšlenka a v podstatě se jí budeme patrně přímo nebo nepřímo držet v průběhu volné tribuny. Ukazuje se totiž, že je to právě moderní astrofyzikální pozorovací technika a moderní astronomická pozorování, která jakoby naznačovala, že nejsme patrně zcela schopni vysvětlit všechny nové jevy, které pozorujeme zejména v dalekém kosmickém prostoru, protože snad, a to je právě téma, které bychom tady dnes měli probrat, neznáme celou fyziku, která je k tomu zapotřebí. Jaké jsou to jevy, to bych zde chtěl ve stručnosti uvést, aspoň pokud jsou mně samotnému známy. Myslím, že snad nejzákladnějším problémem je problém quasarů. Začal se vynořovat řekněme zhruba v polovině šedesátých let, tehdy, když už bylo známo, že quasary jeví mimořádně velké rudé posuvy, a z toho vznikly všechny potíže, kterými se dodnes astrofyzika zabývá a s kterými se potýká. Ty potíže lze soustředit na problém rudého posuvu quasarů. Jak asi většina z vás ví, je to asi takhle: rudé posuvy quasarů dosahují hodnot už bezmála 3,0; to znamená, že pro poměr $\Delta\lambda/\lambda$ dostáváme takhle vysoké veličiny, čili hodnoty podstatně vyšší, než které měříme například pro vzdálené galaxie, kde nejvyšší rudé posuvy mají hodnotu kolem 0,46. Teď jde o to, jak tento rudý posuv vysvětlit. Zprvu se zdálo zcela jednoznačně, že rudý posuv quasarů je projevem expanse vesmíru, anebo prostě projevem kosmologickým, i kdybychom třeba expansi vesmíru neuznávali, že tudíž prostě rudý posuv je mírou vzdáleností quasarů. Dnes se zdá, že toto stanovisko se dá sice ještě stále obhájit, ale že je to složitější. Vyskytují se zde paralelní myšlenky, že buď jde o gravitační rudý posuv, anebo o rudý posuv, který má nějakou dosud neznámou příčinu. Důvody spočívají například v tom, že byly objeveny quasary, v jejichž těsné blízkosti jsou galaxie s podstatně nižším rudým posuvem, a přitom se zdá, že quasar s galaxií fyzikálně souvisí, čili že aspoň jeden z rudých posuvů není mírou vzdáleností. Jiným takovým problémem jsou radioastronomická pozorování na velmi dlouhých základnách, pomocí interferometrů s lokálním oscilátorem, kde máte jeden radioteleskop třeba v Evropě a druhý ve Spojených státech. Zde se ukazuje, že některé složky quasaru se rozpínají napříč, vzdalují se od sebe rychlostmi, které vycházejí podstatně vyšší než je rychlost světla, počítáme-li vzdálenosti podle Hubblova vztahu. Například pro jeden takový objekt (3C-279) byla naměřena rychlost, která by odpovídala desetinásobku rychlosti světla. To se přirozeně různým způsobem vysvětluje, ale věc není dost jasná. Další je problém energetický. Umístíme-li quasary do velkých vzdáleností, podle kosmologického výkladu rudého posuvu, pak vychází, že quasary září stokrát až tisíckrát více než obří galaxie. Je otázka, odkud se bere tato energie, poněvadž term nukleární reakce zde zřejmě už nemohou postačit, zejména proto, že quasary samy mají zřetelně velice malé fyzikální rozměry, řekněme řádu světelného roku nebo dokonce

ještě méně. Čili není dost dobře představitelné, že by v tomto malém prostoru mohly probíhat účinné termonukleární reakce, které by vysvětlily mohutnou energetickou bilanci. Navrhují se tedy procesy jako gravitační kolaps nebo dokonce anihilace hmoty, ale není vyloučeno, že jde o proces dosud neznámý. Závěrem bych chtěl uvést myšlenku z jedné nedávné přednášky profesora Hoylea, který vzpomínal na svá mladá léta, kdy se astrofyzikové velice bavili spory mezi slavnými protagonisty, totiž Jeansem a Eddingtonem. Hoyle to interpretuje asi tak, že Jeans se snažil tehdejší konvenční fyzikou vysvětlit nové astronomické skutečnosti a měl s tím přirozeně potíže. Eddington šel opačnou cestou, snažil se totiž věřit astronomickým pozorováním a hledat k nim odpovídající fyzikální hypotézy a myšlenky. Eddingtonovi se posmívali, Jeans byl ze začátku uznáván, pak se to úplně obrátilo a teď se nám zdá, že Eddington je skutečný koryfej astrofyziky 20. století, kdežto význam Jeansův se zdá být trochu menší. Hoyle ale říká, že to není správné, že oba přirozeně přispěli rovnocenným dílem k tomu, aby se astrofyzika probojovala o jeden stupínek výš, a ukazuje, že ten průlom nastal ve chvíli, kdy se pochopily termonukleární procesy, když se je potom podařilo napodobit i v pozemských laboratořích a kdy tedy fyzika vlastně získala od astronomie a obráceně zase vrátila tento zisk zpátky astronomii. Je tedy otázka, a to bychom měli probrat také v dnešní dopolední diskusi, zda nejsme dnes v podobné situaci, zda ty nové jevy, které zkoumáme jak v galaxiích tak v quasarech, nesvědčí o tom, že bychom měli urychleně hledat novou fyziku. Také bychom se měli zmínit o jádrech galaxií, poněvadž procesy expansí nebo dokonce explosí a ejekcí z jader galaxií jsou velice pozoruhodné. Čtěl bych zde připomenout zejména myšlenku akademika Ambarcumjana, který tvrdil už dávno před tím, než se o tom mluvilo obecně, že jádra galaxií jsou zdrojem velké kosmogonické aktivity a že jsou patrně i příčinou spirální struktury, a že právě tam musíme hledat původ těch procesů, které by snad mohly poodhalit i fyzikální teorie, které dosud neznáme. Bylo by dobré, kdybychom se zde zmínili o takových fyzikálně fantastických problémech, jako je existence quarků nebo tachyonů a eventuelní fyzikální, tedy astrofyzikální evidence pro nebo proti takovým možnostem. Konečně by bylo dobré, kdybychom stručně pohovořili o tom, jak je základní gravitační teorie, tedy teorie relativity, v současné době ověřována nebo snad neověřována astrofyzikálními pozorováními, astrofyzikálními zkušenostmi. Zde bych chtěl připomenout, že se dosáhly jisté pokroky v měření rudého posuvu bílých trpaslíků, že je tady stále otevřený problém se stáčením perihelia Merkura, poněvadž, jak víte, prof. Dicke tvrdí, že tento jev je vysvětlitelný zploštěním Slunce, a nikoliv teorií relativity. Dále bychom se měli zmínit i o tom, že naopak zase teorii relativity podporují nová měření úhlových odchylek poloh hvězd v blízkosti slunečního disku, která dneska můžeme provádět nejenom v optickém, ale i radiovém oboru. To jsou zhruba poznámky, které jsem si učinil. Ještě jsem si vzpomněl na jednu hypotézu, která je také zajímavá, že snad rudý posuv vzdálených objektů není způsoben expansí vesmíru, ale že jde o nějaké stárnutí světla. To je myšlenka, která se znovu a znovu vrací v nejrůznějších souvislostech. Čili teď máme zhruba vymezený okruh otázek a můžeme přistoupit k vlastní diskusi.

Horák: Já bych k tomu snad řekl, že stanovisko Jeansovu bych pokládal za správné jako počáteční, jako východisko, poněvadž nějak ukva-

peně měnit fyziku, nebo doplňovat, to mně nepřípadá apriorně odůvodněno. Když bych uvažoval ty velké vzdálenosti, tam mohou být fyzikální zákony jiné, ovšem ne podstatně. Obrácené je to v mikro-fyzice, kde působí síly, které se ve větších vzdálenostech neuplatňují. Ale nepřípadá mi myslitelné, že by se ve velké vzdálenosti uplatňovaly nějaké nové síly, které neexistují v malých rozměrech, že by tady byla nějaká nespojitost, která by vznikala tím, že přecházím k velkým rozměrům. Tím samozřejmě nemyslím, že by Eddington neměl právo obrátit se k revizi fyzikálních zákonů, jestliže se ukáže, že snaha vycházet ze stanoviska Jeansova nevede k cíli. Já myslím, že skutečně, jak jste to uvedl na začátku, jestliže se dostaneme do rozporu teorie s pozorováním, musíme hledat východisko, i za tu cenu, že bychom dělali nějakou revoluci ve fyzice. Já jsem tyhle věci nestudoval tak podrobně, jenom bych chtěl říci, že gravitační rudý posuv by mohl v některých případech jistě pozměnit kosmologický rudý posuv. Tam, kde bude hmota dosti koncentrována, neuplatní se zřejmě jenom gravitační posuv nebo jen dopplerovský posuv, nýbrž bude tam součet obou těch posuvů a pak by se mohlo ukázat, zda oba tyto vlivy k výkladu postačí. Také se mluví o rychlosti rozpínání quasarů větší než c ; tam právě by mohly být gravitační síly dost značné, respektive gravitační potenciál by tam mohl mít hodnoty jiné než v okolí a tím že by se mohl zvětšit rudý posuv. Dále mluvíte o quarkách; to je, řekl bych, spíš otázka elementárních částic - otázka mikrofyzikální. Zdá se, že quarky jsou odůvodněny, ovšem na druhé straně si nemyslím, že by bylo nějak fyzikálně nutné, aby existovaly tachyony, poněvadž jestli na existenci tachyonů usuzují z rovnice, kde mám odmocninu ze záporného čísla a jejíž platnost je podmíněna imaginární klidovou hmotností, to mně připadá hodně formální. Ovšem samozřejmě je možné, že to tak je; že existují částice, které nedosahují rychlosti světla, a potom částice s rychlostí vyšší než je rychlost světla. Ovšem existence tachyonů mně nepřípadá nijak nutná, i když by měla snad význam pro styk s mimozemskými inteligencemi. Tak bychom se totiž dočkali odpovědi dřív než třeba za 20 let nebo podobně, to by bylo velmi výhodné. Děkuji.

Bičák: Já bych měl nejdřív spíš dotaz. Týká se toho, co vlastně Hoyle myslel tou revolucí ve fyzice; totiž mně není jasné, co Eddington udělal za revoluci ve fyzice. Tím, že měl nějaká astrofyzikální pozorování, mohl si řekněme uvědomit nebo přijít na to, jak souvisí luminosita s hmotou a mohl řekněme chtít dostat termonukleární reakce, ale vždyť to je všechno kvantová mechanika. Co je to za revoluci ve fyzice?

Andrle: Já neodpovím na toho Eddingtona, ale domnívám se, že jestli někde ve velkých vzdálenostech platí jiná fyzika než u nás, mělo by to vypadat asi tak, že v těch velkých vzdálenostech by mohli říci: "U nás platí normální fyzika, to je to, co pozorujeme my, ale daleko platí něco jiného." Ony totiž by stačily poměrně malé korekce a leccos bude vypadat úplně jinak. Kdyby například planeta absorbovala gravitace s dostatečně vhodným koeficientem v nějakém exponenciálním zákonu, potom by mechanika sluneční soustavy vypadala stejně, při dobré vůli by stejně vypadala i mechanika galaxií a v kosmologických vzdálenostech by to vypadalo úplně jinak.

Bičák: Já bych se nejprve vrátil k tomu, co říkal teď dr. Andrle.

Je naprostá pravda, že si lze například představit, že existuje ve vesmíru klasické pole spinu 3 dalekého dosahu, které se nepozoruje v laboratoři. A toto pole spinu 3 bude podstatně působit pouze tehdy, jestliže zdrojem budou obrovské hmoty. Jestliže bude působit třeba celá galaxie na jinou galaxii vzdálenou 100 Mpc. Něco takového nelze vyvrátit, není to ovšem principiálně nová fyzika. Ale mně připadá velice komplikovaný způsob dělání astronomie, jestliže by fyzikální zákony ve vesmíru vypadaly principiálně jinak. Mně připadlo, že se astronomie měla snažit vycházet z laboratorních výsledků a extrapolovat je na vesmír jako něco, co je velice přirozené a ten krok že bude velice kvalitativní a odlišný, jestliže najednou někde ve vesmíru mám přejít na zákonitosti jiného typu. Fyzikální zákon mi říká, jak se bude vyvíjet nějaký systém (třeba pohybovat elektron) při nejrůznějších počátečních a krajo-vých podmínkách. Měněním těchto podmínek se také na fyzikální zákon nejčastěji přijde. Měnit počáteční podmínky v astronomii není zrovna jednoduché, v jistém smyslu krajo-vé podmínky různého typu obstarává sice v astronomii příroda, ale hovoříme-li například o vesmíru jako celku, máme jedinečný objekt za jedinečných podmínek. Do vesmíru se nedá "kopnout", říkává se. Ale i na vesmír jako celek se dá extrapolovat pozemská fyzika.

A připadá mi, že všechny jevy, o kterých se taďy hovořilo, se dají vcelku dobře vysvětlit "konvenční" fyzikou. Řekněme rozpínání quasarů větší rychlostí než rychlostí světla; existuje spousta vysvětlení a jsou to vysvětlení zcela prozaická. Řekněme, že dojde k nějakému výbuchu, od centra se šíří rozruch a ten dopadne na nějakou plasmu nebo na nějakou látku, která tvoří třeba kulovou plochu kolem toho středu, kde vznikl výbuch. Tato koule nechť má hodně velký poloměr. Jestliže dojde k výbuchu a najednou se ta koule rozzáří, pak jestliže pozorovatel pozemský je hodně daleko, uvidí nejdřív to, co je nejbližší jemu od té koule, potom uvidí za určitou dobu záření ze stále vzdálenějších bodů. Velice elementární matematika ukazuje, že kdyby to nebyla koule, ale kdyby z jakýchsi důvodů to byl disk, přesněji obruč, tak že vlastně uvidíme dva body, které by se od sebe vzdalovaly a že "uviděná" rychlost vzdalování bude mnohonásobně vyšší než světelná.

Grygar: Tohle je asi jasné, ale potíží je v tom, že kdyby byl platný ten tvůj model, tak proč zrovna v tu chvíli zanikne signál z toho středu? Taďy by člověk měl pozorovat něco, co se rozšiřuje, jako nějaký reálný zdroj, který zvětšuje svoje úhlové rozměry.

Bičák: Dobře. Já uvedl model. Mně nešlo teďka o to, zdali to je opravdu model quasaru, ale připadá mi, že existuje spousta možných fyzikálních modelů, kdy dostaneme zdánlivě rychlosti větší než rychlost světla, aniž se ve skutečnosti něco pohybuje větší rychlostí než rychlost světla. To samozřejmě neodporuje teorii relativity, protože se tam nepřenáší nějaký opravdový signál nebo energie. Reálnější modifikace předchozího modelu: Možná, že quasar je vlastně jakýsi veliký pulsar, který rotuje a ozařuje okolní hmotu, což je nějaká ta plazma nebo nějaká látka, a po ní běhá potom světelná stopa, "prasátko" - libovolně velkou rychlostí, je-li poloměr obruče hodně veliký. To ovšem, že tam běhá ta stopa velkou rychlostí, v podstatě znamená, že je obruč najednou oza-

řena, že tu stopu nevidíme takto běhat, ale že zase vidíme dva zdroje, které se od sebe vzdalují. Existují taky vysvětlení s abe-
sací paprsků. Ano, já vím, že Shapiro uváděl jako desátou nebo
kolikátou - v každém případě poslední - možnost, že se opravdu
ty quasary od sebe vzdalují rychlostí větší než je rychlost svět-
la; ale připadá mi, že v tomhle bodě hledat modifikaci fyzikálních
zákonů je rozhodně věc předčasná. Umím si prostě představit řadu
fyzikálních situací, kdy mohu pozorovat rychlosti, které jsou vět-
ší než rychlost světla, ale žádný reálný objekt nebo signál se
nadsvětelnou rychlostí nepohybuje.

Perek: Krátká otázka: V té nadsvětelné rychlosti částí quasarů,
vstupuje do toho škála vzdáleností nebo nevstupuje?

Grygar: Vstupuje.

Perek: Tak to určitě potřebuje dost velkého potvrzení, protože
vzdálenosti v astronomii jsou notoricky vždycky nejslabším bodem.

Příhoda: Mne by zajímal názor zde přítomných na jednu situaci,
o které jsme svého času diskutovali s dr. Grygarem. Je známo, že
při gravitačním kolapsu se intervaly signálů od tělesa, které je
v tomto stavu, prodlužují, záření se posouvá k červeným paprskům,
potom k radiovým. Zda by tímto způsobem bylo možné vysvětlit rudý
posuv quasarů, právě na základě toho, že jsou to objekty ve stavu
gravitačního kolapsu. Je znám ten případ, myslím, tři quasarů,
které jsou zřejmě velmi blízko sebe a přitom jejich rudý posuv
poměrně značně roste se vzdáleností od jedné galaxie, se kterou
leží na přímce. Nedalo by se právě tady připustit, že ten vzdá-
lenější quasar je ve stavu pokročilejšího gravitačního kolapsu
čili je tam výraznější rudý posuv, ten bližší ke galaxii by byl
ve stavu méně pokročilého gravitačního kolapsu a měl by menší
rudý posuv. Jestli by se to tímto způsobem dalo vysvětlit a jestli
to už někdo snad uvažoval.

Grygar: Chce se k tomu někdo vyjádřit? Já bych zatím nechal kolo-
vat obrázek té skupiny. Je z Arpovy publikace, je zde galaxie a
několik quasarů, které jsou pěkně na přímce a jsou tam připsány
rudé posuvy a je to velice impresivní. První rudý posuv je asi
0,8, druhý 0,8, pak je 2,11 a ten poslední je ovšem zase 0,7;
ten porušuje statistiku. Nicméně ta přímka je skutečně velice
pěkně vidět. Zatím bych odpověděl na věci, které tady nebyly zod-
povězeny. Jednak Jirka Bičák se ptal, čím přispěl Eddington fyzice.
Je pravda, že Eddington neobjevil novou fyziku, ale měl spor s fy-
ziky, kteří mu tvrdili, že na hvězdách nemohou probíhat termo-
nukleární reakce, protože hvězdy nejsou dostatečně teplé. Čili
zde byl ten problém - Jeans se držel zásady: fyzika nám říká, že
hvězdy nejsou dostatečně teplé; tudíž tam nemohou probíhat procesy,
které předpokládal Eddington, kdežto Eddington to risknul a
vyšlo mu to. Je tedy jasné, že astronom patrně není schopen v zá-
sadě ve většině případů objevit nějakou novou fyziku, ta se sku-
tečně musí dělat tady na Zemi, ale astronom může svými pozorování-
mi nebo teoretickou interpretací do značné míry fyziku ovlivnit.
Je třeba myslitelně si představit, jak už tady na to narážel i
Pavel Andrlé, že třeba gravitace ve velké vzdálenosti skutečně ne-

ubývá se čtvercem vzdálenosti. Je to možná absurdní případ, ale taková věc by se měla dát astronomicky ověřit. A pak tady byla ještě jedna připomínka, to je otázka doc. Perka na škálu vzdálenosti. Myslím, že to je právě to, co je u pozorování s příčným rozpínáním quasaru velice podstatné. Je velmi nepravděpodobné, že se tam skutečně něco pohybovalo nadsvětelnými rychlostmi, a že bychom museli zásadně měnit naše fyzikální představy. Jestliže totiž jsou quasary blíž, než odpovídá kosmologické interpretaci rudého posuvu, tak dostaneme přirozeně podsvětelné rychlosti, poněvadž všecko je závislé na škálovém faktoru. Škálový faktor je bohužel u quasaru daleko hůře znám než u jiných objektů, poněvadž quasary mohou být ve vzdálenosti řekněme megaparsek, a mohou být též ve vzdálenosti tisíc megaparsek. Možné hodnoty faktoru jsou tady 1 : 1000, což je mnohem horší než v jiných oborech astrofyziky. V tom právě vidím problém interpretace. Dnes známe, pokud vím, tři případy, kdy byla naměřena nadsvětelná rychlost; ve dvou případech jde o čisté quasary a ve třetím jde o tzv. Seyfertovu galaxii, což je útvar, který podle mého soudu je na přechodu mezi quasarem a normální galaxií. Jde tedy o jev patrně dostatečně obecný, jestliže tři roky po tom, kdy byla uvedena do provozu interferometrie na interkontinentálních základnách, máme už tři případy, kde byly pozorovány takovéhle expanse. Ty jevy vypadají jako dočasné, jako efemérní, jakoby tam něco explodovalo, uletělo do prostoru, prostě něco vybuchne, zase se to rozpíná, atd. Teď bychom se měli vrátit k obrázku, který tady koluje, a k návrhu ing. Příhody.

Bičák: Připadá mi, že hlavní potíží vysvětlovat rudý posuv gravitačním kolapsem je v tom, že sice záření od kolabujícího objektu je stále červenější a červenější, ale stejně tak ubývá jeho luminosita - přitom obojí se děje exponenciálně s časem. Pokud by člověk chtěl dostat veliké rudé posuvy, dostává zároveň velmi rychle mizející luminositu. Pro samotný gravitační rudý posuv ve statické situaci lze určit limity; lze například ukázat, že hvězda, která je konstruována relativistickým způsobem, s normální stavovou rovnicí, ale hydrostatickou rovnováhou počítanou relativisticky, nemůže mít větší gravitační rudý posuv než asi 1,7. To je proto, že stavová rovnice látky, která tvoří tu hvězdu, musí splňovat podmínku, že tlak je v relativistických jednotkách vždycky menší než hustota, tedy rychlost zvuku tam musí být menší než rychlost světla. Je to vyloženo jenom podmínka kausality. To znamená, že rozhodně tímto "gravitačním" způsobem nelze například vysvětlit posuvy 2,0 a větší. Na druhé straně je pravda, že gravitační posuv z centra hvězdy může být v principu libovolně velký, ale nikdo nepředpokládá, že by se foton dostal z centra hvězdy ven. Mohlo by to být třeba neutrino, které vyletelo přímo z centra a nebylo absorbováno po cestě, ale jestliže bychom chtěli gravitačně vysvětlovat rudé posuvy, tak vyjde vzdálenost quasaru od Země nepřijatelně malá. Takže z tohoto hlediska mně připadá, že se v současné době nedá vysvětlovat rudý posuv quasaru čistě gravitačně. Je to zřejmě neudržitelné.

Horák: To ovšem neznamená, že by nemohl být ten gravitační posuv částečně uplatněn.

Bičák: To samozřejmě ne.

Horák: Jak jsem říkal hned na začátku: nepředstavuji si, že gravitační posuv by mohl vysvětlit celý ten efekt.

Grygar: Já bych si dovolil uvést ještě dvě námítky, které snad jsou tady relevantní. První se týká quasaru 3C-273, který je prototypem quasarů a má rudý posuv jen asi 0,16 - to je jeden z nejmenších rudých posuvů mezi quasary. Kdybychom ten rudý posuv chtěli vysvětlit gravitačně, tak při hmotě jednoho Slunce pro tento quasar bychom ho museli mít ve vzdálenosti 14 km od Země, což je přirozeně absurdní. A úměrně tomu, kolikrát je dál, tolikrát by musel mít větší hmotu. Kdybychom ho například chtěli umístit na okraj naší Galaxie, tak už má hmotu o dva řády vyšší než je hmota naší Galaxie, což by minimálně muselo gravitačně Galaxii značně pocuchat. Tahle námítka je, myslím, dosti zlá. Druhá námítka je tato: rudý posuv pro všechny emisní čáry v daném quasaru je týž. Jelikož ty čáry vznikají v různých hloubkách v atmosféře objektu - at už jsou to třeba zakázané čáry nebo dovolené čáry, protože tam jasně musí být fyzikální rozvrstvení - pak v případě gravitačního rudého posuvu by nutně musely být jiné, poněvadž vznikají v jiné vzdálenosti od gravitačního centra. Ale my pozorujeme, že rudé posuvy v mezích přesnosti - a ta přesnost je poměrně slušná - jsou totožné! Zdá se, že to je dosti průkazná námítka proti vysvětlování rudého posuvu quasarů gravitačně. A to je právě potíž. Kdyby se daly obě příčiny nějak zkombinovat, mnoho lidí by to asi uvítalo. Uvedu tady ještě jeden model, který souvisí s quarky. Je tu představa, že jsou atomy, kterým chybí nějaký quark. A ty potom mají různé rudé posuvy. Rudý posuv se dá doplnit na ten, který pozorujeme, tím, že tu a tam chybí nějaký quark. A quarky jsou nejspíš v quasarech, kde jsou velké energetické přeměny. Ale ty teorie jsou dost divné.

Letfus: Já bych to stručně doplnil. Ta zmíněná práce říká, že pozorované čáry můžeme vždycky nějak identifikovat, ať atomu chybí quark či nikoliv. Taky ne všechny čáry byly u toho zdroje identifikovány, jedny s quarky, druhé bez nich. To ještě není důkaz na quarky. Ta identifikace posuvů s quarky může být třeba správná, ale právě tak může být odlišná od skutečnosti.

Andrle: Snad by se mnohem víc měla brát do úvahy hypotéza, která nedávno byla publikována v Nature, že s quasary je to dneska asi tak, jako s mlhovinami řekneme na konci minulého století. Jde o objekty, které mají podobné spektrální vlastnosti, velké rudé posuvy a podobně, ovšem fyzikálně jsou dosti různorodé. Jsou zřejmě quasary v kosmologických vzdálenostech, kde rudý posuv je mírou vzdálenosti, ať už jeho příčina je jakákoliv, a jsou quasary v nevelkých vzdálenostech, tedy řekneme v takových vzdálenostech jako od jedné galaxie ke druhé. A že jaksi ta "quasarologie" čeká na to, aby byla udělána klasifikace quasarů.

Grygar: To je, myslím, pozoruhodná myšlenka, jenom pořád je potíž s rudým posuvem lokálních objektů. To mi není jasné. Ještě bych zde uvedl jednu věc, abychom to zkomplikovali. U quasarů, které mají rudé posuvy větší než 2, pozorují astronomové systémy absorpčních čar, které mají rudé posuvy menší. Převážně menší, jen

v několika případech o něco vyšší, ale ty systémy jsou různé. Zatímco emisní rudý posuv pro daný quasar je vždycky konstanta a je jenom jeden, pro absorpce můžeme nalézt více systémů. V jednom případě dokonce těch systémů je nalezeno asi sedm, ke každému přísluší určité absorpční jakoby prohlubně a když to interpretujeme tak, že kolem quasaru se nachází nějaké absorbuující prostředí, znamená to, že absorbuující prostředí vůči quasaru expanduje. Rychlosti expanse jsou ovšem příšerně veliké a nesrovnatelné s tím, co pozorujeme v jiných odvětvích astrofyziky, poněvadž dosahují hodnot až kolem poloviny rychlosti světla. Přitom je skoro jisté, že tyto absorpce nelze vysvětlovat tak, že by šlo o nějakou projekci, to znamená, že by byl vzdálený quasar, před ním někde v půlce vzdálenosti bližší galaxie, která by záření absorbovala, a rudý posuv byl způsoben jenom kosmologickým rozdílem mezi vzdáleným objektem a blízkou galaxií. Systémy absorpčních čar rozhodně souvisí s quasary; ostatně je to jasně vidět už z toho, že máme pro jeden quasar sedm systémů. Pravděpodobnost, že by na zorném paprsku leželo sedm galaxií v příslušných vzdálenostech, je skutečně mizivě malá. Takže to nám ještě situaci komplikuje. V quasarech se nutně dějí podivné věci, jestliže jsou schopny vyvrhovat hmotu podstatně vyššími rychlostmi než kterékoliv jiné astrofyzikální objekty. Například u supernov nebo u velmi rychlých nov dosahují rychlosti expanse kolem 5000 km/s a to je asi tak nejvíc. U quasarů máte rychlost až 150 000 km/s a není vyloučeno, že se najde rychlost ještě vyšší. Čili rozdíl je tak veliký, že to ukazuje na to, že zde nejsou termionukleární reakce. A co tam tedy je? Gravitační kolaps?!

Letfus: Já bych chtěl upozornit na jednu věc, takovou maličkost, která s tím nesouvisí, ale když mluvíte o těch velkých energiích, s kterými je to vyzářováno, tak v astrofyzice existují i jiné takové případy. Na Slunci je urychlována plazma v kosmickém záření, právě na rychlosti, které jsou už relativistické, 150 000 km/s. Jde o ty částice, které přiletují k Zemi při zvýšení hladiny kosmického záření, při pozitivních efektech, nikoliv při Forbuschových efektech, a dosahuje se toho, jak se zdá, urychlením plazmy v silných magnetických polích. Při anihilaci magnetických polí. Pak je ještě otázka, zda v quasarech nejsou skutečně magnetická pole a zda nejde o interakci hmoty s magnetickým polem neobvyklého typu a je nakonec známo, že množství energie, které vychází z těchto zdrojů, je obrovské. A ještě k dr. Bičákov. Uváděl tady celou řadu modelů. Já bych chtěl upozornit na jedno: ono modelovat se může různě, ale vždycky se musí posuzovat, zda takový model vůbec z různých hledisek je možný. Dejme tomu, jak uváděl tu kouli, prosím, ono je to krásné, ale teď vzniká otázka: může být taková koule kolem toho středu, může být ten disk, jak se vytvoří ten disk - a je to úplná řetězová reakce otázek. Pokud existují pozorování, je zde nutno nějak je skloubit a respektovat i další věci. A v modelování je kolikrát právě to čertovo kopytko.

Grygar: Myslím, že diskuse se běžným způsobem vyhrajuje a bylo by dobré uvést si základní problémy, pro které vlastně o tom mluvíme. Protože my tady nejsme povolání, abychom řešili otázku, jak je to s quasary. Ale na základě toho, co jsme tady slyšeli,

můžeme už asi dát odpověď na otázku: Zdá se vám nyní, že quasary nám naznačují, že tam probíhají fyzikální procesy nezvládnutelné soudobou fyzikou, nebo si spíš myslíte, že je to zatím nedokonalost naší interpretace, a že to je jenom otázkou řekneme lepšího chápání procesů, abychom přišli na to, proč quasary září tak moc, jak září, nebo proč se tam objevují velké rudé posuvy? Jaký je váš názor na tehle základní problém, pro který jsme quasary vlastně zařadili do dnešní diskuse?

Perek: Otázka: je gravitační kolaps nezvládnutelný dnešní fyzikou? A co je vůbec zvládnutelné a nezvládnutelné dnešní fyzikou?

Bičák: Já souhlasím s touto otázkou. Je to řečnická otázka.

Grygar: Já si myslím, že gravitační kolaps je zvládnutelný dnešní fyzikou, a že skutečně všechno nasvědčuje tomu, že rozumné vysvětlení dějů v quasarech se dá založit právě na tom, že tam probíhá gravitační kolaps. Důvod je tento: Energeticky to "hraje" v případě, že posadíme quasary do kosmologické vzdálenosti, čili vytvoříme si nejméně příznivý případ pro řešení energetické bilance. Gravitační kolaps na to pak stačí. Je to tak, ne?

Bičák: Patrně ano. Stačí na to snad gravitační kolaps spojený s akrecí hmoty. Model je takový, že má už černou díru vytvořenou, okolní hmota padá na tuto černou díru a přitom dochází k vyzařování. Ale já se domnívám, že opravdu je velice předčasné mluvit o tom, že by se měla změnit fyzika. Zvláště v případě quasaru, kdy jsou problémy se vzdálenostmi, jak taď naznačil docent Perek, nebo kde jsou problémy nejrůznějších modelů. Samozřejmě, já úplně souhlasím s tím, co říkal dr. Letfus, ale mně šlo jenom o to ukázat, že si lze představit řadu modelů, a vždycky bych si raději představoval modely a řešil, zda tyto modely jsou možné nebo nejsou, než bych dnes předpokládal, že rychlost světla bude překonána nějakými hmotnými objekty. Co se týká částic, které jsou urychlovány v magnetických polích, jak se o nich zmiňoval dr. Letfus: v quasarech skoro jistě budou magnetická pole, protože se pozoruje synchrotronové záření a to by mělo vznikat od elektronů, které orbitují v magnetickém poli. Potíž je v tom, že se pozorují opravdu nejenom částice, ale že se pozorují objekty veliké hmoty, prostě hmoty srovnatelné s hmotou Slunce, které se pohybují rychlostí, která je srovnatelná s rychlostí světla. Je jistě obtížné vysvětlit, jaká energie pro tohle může sehrát nějakou roli. Mohu mít ještě jednu poznámku k tomu gravitačnímu posuvu? Tím se ta diskuse trochu rozplývá, ale ten gravitační posuv lze zachránit ještě v jednom případě, na který jsem si před chvílkou nevzpomněl, a to v tom případě, že mám cluster galaxií, že mám kupu galaxií a že z centra té kupy vychází nějaký paprsek, který je gravitačně posunut. To vlastně odpovídá tomu, jakoby z centra hvězdy odcházel paprsek, jenomže z centra hvězdy neprojde ven, kdežto z toho clusteru galaxií může projít.

Grygar: Potíž je v tom, že takový model je poměrně bizarní.

Bičák: Potíž je v tom, že ta kupa musí být velice hustá, tak husté

kupy se nepozorují, mělo by tam docházet ke kolizím hvězd a podobně. Ale vždyť je možné vysvětlení quasarů výbuchy řady supernov - těch modelů je opravdu řada, jsou modely založené na magnetických polích, na rotaci, modely založené na gravitačním kolapsu a následném padání hmoty, tj. akreci hmoty černou dírou, při které probíhá vyzařování. Opravdu lze vše souhlasit s tím, co tady říkal dr. Andrlé. Podstata quasarů, co se fyzikálního mechanismu týká, je velice zajímavá a velice různorodá, takže se těžko dá nějaké schema preferovat, vysvětlovat quasar jednotně.

Grygar: Pro pořádek bych tady uvedl, že existuje přirozeně ještě hypotéza, že v quasarech probíhá anihilace hmoty, a tím se snáze vysvětluje energetická bilance. Ovšem já sám mám pocit, že tento proces je sice záchranou v mnoha případech, kdy si nevíme rady, ale že není správné se tohle vysvětlení snažit prozrazovat, dokud nejsme naprosto přesvědčeni, že jsme všechna ostatní vysvětlení vyčerpali. V podstatě se to podobá argumentu, který tady říkal Jirka Bičák, že zase s tou nadsvětelnou rychlostí můžeme počkat až do té chvíle, kdy by všechna ostatní vysvětlení z nějakého důvodu selhala. Je to taková filosofie astrofyziky, kterou bychom snad měli podporovat; snažit se vždycky hledat nejpřirozenější vysvětlení, a v zásadě u těch quasarů s ním vystačíme.

Perek: Ještě jedna otázka, ale upozorňuji, že není řečnická, nýbrž že skutečně je mi nejasná. Já bych se chtěl vrátit k tomu, jak dr. Bičák hovořil o té černé díře, která je kdesi; mám dojem, že vůbec to tvrzení "černá díra je" obsahuje v sobě některé předpoklady, které nejsou docela jasné. Zprv: v časové škále vzdáleného pozorovatele se černá díra může vyvinout až v nekonečné budoucnosti. I kdyby byla začala v kterémkoliv konečném čase minulém, ještě pořád neměla čas dojít do toho nekonečného času dnes, kdy právě tu černou díru pozorujeme. Jestliže jsme vzdálení pozorovatelé ke všem černým děrám, pak vlastně žádnou díru vůbec pozorovat nemůžeme, a vlastně tedy v našem časovém měřítku žádná černá díra v celém vesmíru neexistuje. Jestliže ale nás cokoliv přesvědčí o tom, že černé díry existují, znamená to, že jsme také uvnitř jedné černé díry. A potom například nemá cenu vysílat signály ven, protože ven nemožno, že ano? A já mám takový dojem, že stejně tak, jako je nemorální hovořit dejme tomu o nadsvětelné rychlosti, je zrovna tak nemorální takhle manipulovat s nekonečně dlouhými časovými intervaly. Tak v tom je moje otázka.

Bičák: Ta otázka je velice případná. Ovšem je třeba říci, že prakticky každý kolabující objekt je velmi rychle černou dírou, a to v následujícím smyslu: Předpokládáme, že jsme v prostoru, který je asymptoticky plochý, tedy nemáme žádnou další hmotu kolem kolabujícího objektu. Budeme-li měřit v časové škále pozorovatele, který je hodně daleko od tohoto kolabujícího objektu, zjistíme, že opravdu tohle těleso dolehne ke schwarzschildovskému poloměru, odkud už nic nemůže vycházet ven, až v nekonečné budoucnosti pro pozorovatele, který je daleko, který se neúčastní tohoto kolapsu, a je proto Vaše námitka v principu