

Samuel | Norbert  
KOVÁČIK | WERNER

# ROZHOVORY O VESMÍRE



## POSÚVANIE HRANÍC

„V živote máme k dispozícii približne 30-tisíc dní a mali by sme premýšľať nad tým, čo s nimi spravíme,“ hovorí kanadský astronaut **Chris Hadfield**. „Môžeme sa tváriť, že hlavným cieľom týchto 30-tisíc dní je dostať na záver ešte 600 dní navyše. No uprimme, to by bolo smutné.“ Hadfield strávil vo vesmíre 166 dní a zažil aj vypäté situácie. „Myslím si však, že získané poznanie a možnosť vidieť našu planétu „zvonka“ stáli za to.“

**Samuel:** Videli ste pokračovanie filmu Top Gun o elitných pilotoch stíhačiek, ktoré vyšlo v roku 2022?

**Chris:** Videl a až sa mi popri ňom začnelo za kariérou pilota. Počas studenej vojny som bol bojovým pilotom stíhačky F-18, no riadil som hádam aj stovku iných lietadiel. Slúžil som ako testovací pilot vzdušných a námorných síl USA a mnoho lietadiel som pilotoval aj v NASA.

Pokračovanie filmu Top Gun sa mi zdalo oveľa lepšie než prvý diel. Je to hádam najlepší film o lietaní, aký som kedy videl. Tvorcovia si pri výrobe dali záležať na tom, aby výsledok vyzeral tak reálne, ako sa len dá. Film ma úplne pohltil a celý čas ma skrúcalo v sedadle.

**Norbí:** Povolanie testovacieho pilota je riziková práca rovnako ako misia astronauta. Sme toto riziko ochotní akceptovať pre vedecký pokrok alebo sme skôr hnaní vnútornou túžbou objavovať?

**Chris:** Všetko v živote prináša riziká, dokonca aj niečo také bežné ako jazda na bicykli. Čím rýchlejšie pritom človek ide, tým je riziko vyššie. Keď sa jedno z mojich detí na ňom učilo jazdiť, spadlo a vybil si oba predné zuby.

Výsledok však napriek tomu stojí za to, veď o koľko rýchlejšie a ďalej môžeme vďaka bicyklu cestovať. K tomu sa pridáva ten skvelý pocit, keď nám vietor fúka do tváre. Sme ochotní prijať riziko, pretože z neho plynie niečo dobré. Ľudia teda robia mnohé veci napriek tomu, že riskujú. Začnú sa učiť, trénujú, zlepšujú sa a potom to začnú robiť. S letmi do vesmíru je to podobné ako s bicyklovaním, akurát trochu komplikovanejšie. Myslím si však, že získané poznanie a možnosť vidieť našu planétu „zvonka“ stoja za to.

Keď som mal deväť rokov, povedal som si, že podobne ako bicyklovanie aj lietanie mi stojí za to riziko. Neskôr sa to stalo mojou prácou. Neznamená to však, že nebezpečenstvo nevnímam a tvárim sa, že sa nebojím. Mojou prácou je učiť sa, ako to robiť čo najlepšie, teda tak, aby som si nevybil zuby alebo nezomrel.

**Norbí:** Ešte extrémnejší príklad.

Ak by ste mali možnosť vydať sa na jednosmernú cestu, aby ste preskúmali úplne unikátne svety, ako napríklad exotické mesiace Saturnu Titán či Enceládus, išli by ste do toho?

**Chris:** Všetci sme na jednosmernej ceste a nikto nebude žiť večne. S tým sa treba vyrovnáť. Záleží teda až tak veľmi na tom, kde sa budeme nachádzať v posledný deň nášho života?

Určite však záleží na živote ako takom a nielen na tom, kedy a kde presne skončí. Mali by sme premýšľať nad tým, čo je pre nás dôležité. Koľko dní máme k dispozícii? 30-tisíc? A čo s nimi spravíme? Môžeme sa tváriť, že hlavným cieľom týchto



dzích telies, druhí zasa, že sú to pozostatky sopečných erupcií. Až vzorky z misie ukázali, že horniny boli vystavené takým vysokým tlakom a teplotám, aké môžu nastať iba pri nárazoch iných kozmických telies.



**Samuel:** Takže veľké krátery už na Mesiaci nepribúdajú?

**Pavel:** Nielen pre Mesiac, ale pre všetky telesá vo vnútornej časti slnečnej sústavy platí, že si na začiatku prešli divokým bombardovaním. Dialo sa to v čase vzniku planét, keď bolo v ich okolí veľa materiálu. Postupne sa priestor čistil od „smetia“, a tak ubúdalo aj nárazov.

Potom však nastala ďalšia, neskorá fáza intenzívneho bombardovania. Máme indicie, že sa to dialo pred 3,8 miliardy rokov, teda dlho po vzniku našej slnečnej sústavy, ktorá sa vytvorila pred 4,6 miliardy rokov. V tom čase prudko stúpol počet nárazov.

Dnešný vedecký konsenzus hovorí, že tieto neskoré nárazy spôsobila migrácia veľkých planét. Jupiter so Saturnom sa posúvali a Urán s Neptúnom si dokonca možno prehodili poradie vzdialenosti od Slnka.

Migrácia spôsobila chaos v hlavnom pásme planét aj v **Kuiperovom pásme** slnečnej sústavy. Do jej vnútor-

nej časti bolo vyvrhnutého veľa materiálu, ktorý tu napáchal zmätok.

Na Mesiaci vidno tento zmätok voľnými očami, napríklad, keď sa pozrieme na jeho tmavé flaky, teda mesačné moria. Sú prevažne okrúhle, pretože sú pozostatkami obrovských kráterov. Bývajú veľké aj stovky kilometrov. Všetky veľké krátery nielen na Mesiaci, ale aj na Marse či Merkúre, vznikli v období neskorého bombardovania.

Nie je to teda tak, že na začiatku bolo rušno a potom bol pokoj. Na začiatku bolo rušno, potom bol pokoj a potom zasa rušno.

**Norbí:** Aj mesačné moria teda vznikli pri veľkom bombardovaní?

**Pavel:** Pri veľkom bombardovaní vznikali veľké krátery. Keď sú dosť veľké, už ich nevoláme krátery, ale impaktné panvy. Mnoho ľudí si myslí, že pri bombardovaní došlo k roztaveniu mesačnej kôry, do ktorej sa vyliala láva, no nie je to tak. Vulkanická činnosť na Mesiaci začala až stovky miliónov rokov po vzniku kráterov.

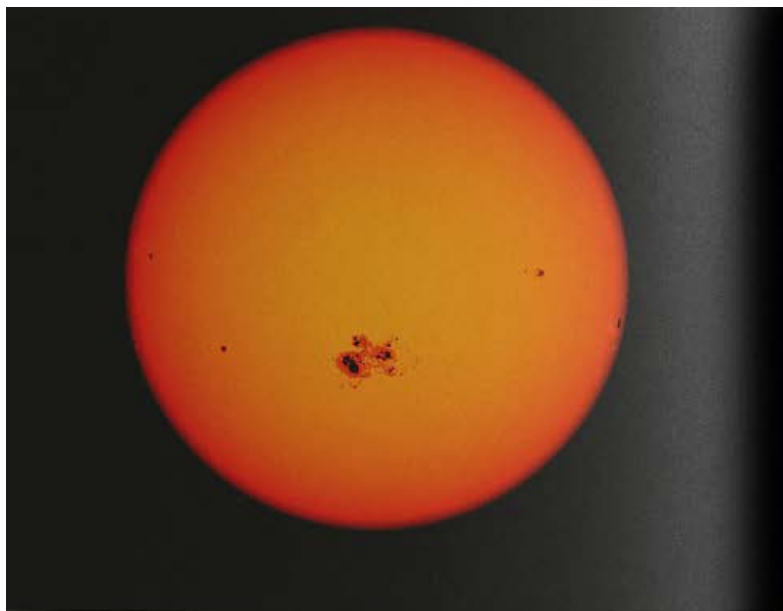
Mesiac vo svojom vnútri obsahoval veľa rádioaktívnych prvkov ako urán či tórium, ktoré začali pri rozpade uvoľňovať rádioaktívne teplo, čím sa naštartovala vulkanická aktivita. Keď si láva hľadala cestičky na povrch mesačného pláštá, najlepšie sa jej tieklo na miestach, kde bol povrch popraskaný a popretrhávaný – teda cez impaktné panvy. Láva sa tam vyliala, stuhla a vytvorila mesačné moria. Impaktné panvy teda súvisia so vznikom mesačných morí, ale nedialo sa to naraz.

**Samuel:** Mesiac teda neobsahoval len teplo, ktoré v ňom bolo uložené pri jeho vzniku. Bol „vykurovaný“ zvnútra podobne ako Zem. V čom je ešte Mesiac podobný Zemi?

**Pavel:** Mesiac a Zem sú si podobnejšie, než by sme si mysleli a pre lunárnych geológov je to problém. Spomínal som teóriu veľkej zrážky, s ktorou vedci prišli po analýze vzoriek Mesiaca získaných v rámci misie Apollo. Až do konca 90. rokov výsledky analýz zapadali do obrazu, aký pontíkala táto teória.

Kuiperov pás a iné štruktúry

Vplyvom gravitačného pôsobenia vznikajú v našej slnečnej sústave miesta, kde sa hromadia asteroidy, planétky či kométy. Ďaleko za hranicou obežných dráh známych planét sa nachádza Oortov mrak komét. Medzi ním a obežnou dráhou Neptúna je Kuiperov pás, do ktorého spadá napríklad aj Pluto. Medzi obežnou dráhou Marsu a Jupitera je pás-mo planétok, prípadne asteroidov.



Slnko a slnečné škvrny. Ich veľkosť je porovnateľná s veľkosťou Zeme.

**Samuel:** Vo výskume sa venuješ najmä pekuliárnym hviezdám. To sú aké?  
**Zdeněk:** Sú to hviezdy, ktoré majú na povrchu veľmi atypické chemické zloženie. K pekuliárnym hviezdám ma to ťahalo odjakživa. Keď som písal prácu na kandidáta vied, mojím školiteľom bol astrofyzik Jiří Grygar. Odporúčal mi tri hviezdy, ktoré sa mu zdali zaujímavé, a jednou z nich by som sa podľa neho mohol zaoberať v práci. Vybral som si hviezdu HD 119213, pretože ma zaujala svojim fotometrickým správaním, hoci som vtedy o ňom takmer nič nevedel. To bola prvá pekuliárna hviezda, ktorej som sa venoval roky. Neskôr bola premenovaná na CQ Ursae Majoris a niektorí o nej píšu ako o „Mikulášek's star“.

Myslel som si, že pri tejto hviezde zostanem celý život, keďže stále bolo čo skúmať. Napísal som o nej hrubú dizertačnú prácu, ktorá bola preložená do ruštiny. Začali ma však baviť aj iné pekuliárne hviezdy. Prešlo mi ich cez ruky asi 250 a všetky boli nesmierne zaujímavé.

Najviac ma na nich fascinuje, že každá je originál. Ich spektrum je ako odtlačok prsta. Na povrchu Slnka a jemu podobných hviezd sa nachádzajú temné chladné miesta, známe ako slnečné škvrny. Aj pekuliárne hviezdy majú škvrny. Majú rovnakú teplotu ako ich okolie, líšia sa však chemickým zložením. Dá sa to spoznať podľa rozloženia energie v ich spektre, čo sa prejavuje tak, že hviezda pri otáčaní jemne mení farbu.

Je to, akoby sa na stoličke otáčal klaun s namaľovanou tvárou. Z diaľky by jeho hlava vyzerala ako bodka, ktorej sa postupne mení farba.

**Samuel:** Čím je to spôsobené?

**Zdeněk:** Pekuliárne hviezdy sú na povrchu extrémne pokojné, hmota tam neprúdi väčšími rýchlosťami než pár centimetrov za sekundu. Pre porovnanie – na Slnku sú to desiatky až stovky kilometrov za sekundu. Tieto hviezdy sú teplejšie než Slnko a to je dôvod ich pokoja.

Namiesto **konvekcie** tam prebieha **žiarivá difúzia**. Navyše od svojho vzniku majú na povrchu takzvané fosilné magnetické pole, ktoré robí s hmotou divy.

Hviezdu si zvyčajne predstavujeme ako guľu s pevnou hranicou a povrchom, za ktorým nič ďalšie nie je. Nie je to však správna predstava. Hviezda je teleso, ktoré sa smerom dovnútra zhusťuje. Vo vnútri je vysoká teplota a hustota, na povrchu je však hustota veľmi nízka. Predstavme si ju ako vatru, ktorej plameň by bol riedky, no napriek tomu by sme cez ňu nevideli.

Na mieste, kde sa končí fotosféra, je atmosféra hviezdy redšia než atmosféra Zeme vo výške 50 kilometrov. Nachádza sa tam extrémne riedky plyn, ktorý je však nepriehľadný, pretože má vysokú teplotu. K tomu sa pridáva silné magnetické pole, ktoré sa vďaka **ionizovanému**, a teda vodivému povrchu hviezd nerozpadáva. Jeho energia je vyššia než tepelná energia samotného plynu. Plyn je teda týmito magnetickými poľami zafixovaný – akoby zamrzol.

Správanie hmoty pekuliárných hviezd je určené týmto globálnym magnetickým poľom, ktoré na povrchu vytvára akúsi riedku šupku. A tá spôsobuje viaceré zvláštne proce-

**Konvekcia a žiarivá difúzia**

Konvekcia je proces, pri ktorom v gravitačnom poli ľahké objekty, ako napríklad horúci redší vzduch, stúpajú a hustejšie a chladnejšie klesajú. Pri žiarivej difúzii sa objekty, ktoré interagujú so svetlom a sú ním nadšasané, pohybujú v smere od zdroja žiarenia – napríklad preč od jadra hviezdy.

**Ionizácia**

Proces, pri ktorom dochádza k odtrhnutiu elektrónov z atómov, čím zvyčajne vzniká elektricky nabitá hmota. Ionizujúce žiarenie má možnosť vyvolať zmeny v chemických zlúčeninách, preto je pre živé organizmy nebezpečné.



NORBERT WERNER  
(Norbi)

bol od malička fascinovaný vesmírom a hviezdnu oblohou. Začalo to rozprávaním jeho otca o misiách Apollo k Mesiacu a pohľadom na nádhernú Mliečnu dráhu z okolia jeho rodnej Rožňavy. Veľmi ho inšpirovali aj prednášky a láskavosť známeho astronóma a popularizátora vedy Jiřího Grygara.

Norbi je dnes vedúcim výskumnej skupiny astrofyziky vysokých energií v Ústave teoretickej fyziky a astrofyziky Prírodovedeckej fakulty Masarykovej univerzity v Brne. Pomocou vesmírnych ďalekohľadov študuje najhorúcejšie miesta a najenergetickejšie javy vo vesmíre. Podieľal sa na objavoch horúceho plynu a tmavej hmoty vo vlákne kozmickej pavučiny, spájajúcom dve kopy galaxií. Venuje sa výskumu vplyvu obrích čiernych dier na vývoj galaxií a využitiu malých družíc v astrofyzike. Podieľal sa na publikovaní viac ako 160 článkov s vyše 8-tisíc citáciami. V roku 2020 mu Rakúska akadémia vied udelila prestížne ocenenie Ignaza L. Liebena za prínos k röntgenovej astronómii.



SAMUEL KOVÁČIK  
(Samuel)

nebol vesmírom fascinovaný hneď od malička, keď to však prišlo, prišlo to naplno. Vesmír ho upútal svojou podivnosťou - čiernymi dierami, kvantovou fyzikou alebo štruktúrou času a priestoru. Kvantovej štruktúre priestoru sa venuje aj vo svojom výskume, a to od teoretických matematických základov až po možné pozorovania a javy. Okrem toho popularizuje vedu. Založil projekt Vedátor, robí Vedátorský podcast a napísal knihy Najznámejšie experimenty vo fyzike, Obyčajné zázraky a Kúsky reality. Za popularizačné aktivity sa dostal medzi finalistov Falling Walls Lab v Berlíne, bol nominovaný na Kaliga prizu a získal Cenu za vedu a techniku 2021 v kategórii popularizácia vedy.

