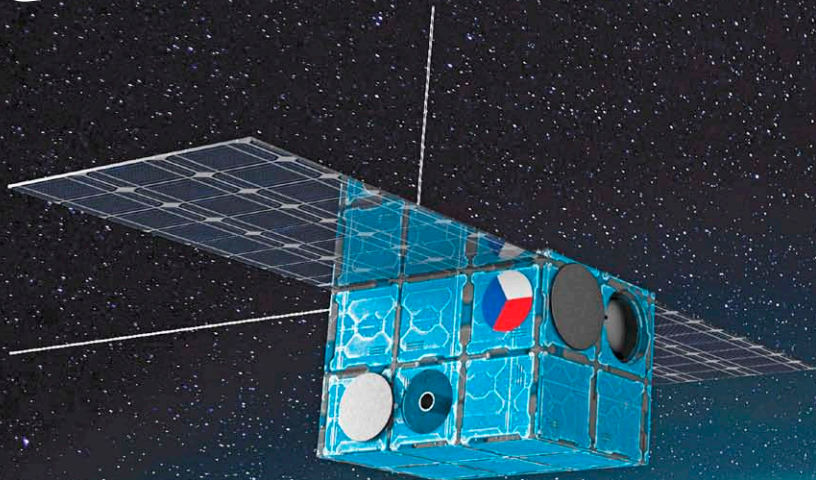




Cílem unikátní české mise SLAVIA je ověřit technologie mapování nerostného bohatství v okolí naší planety



Česká mise za poklady

Známé zdroje nerostných surovin na modré planetě jsme již z větší části vyčerpali a dřív či později budeme muset hledat nová naleziště. Myšlenka těžby materiálů mimo Zemi dlouho žila pouze v oblasti sci-fi, což se však nyní mění – a k realizaci jí má pomoci také český projekt SLAVIA

Ptala se Jana Žďárská

Vsoutěži kosmických projektů, jež se odehrála v režii českého Ministerstva dopravy a ESA, získala skupina firem a akademických institucí pod vedením brněnské společnosti SAB Aerospace podporu pro přípravu projektu SLAVIA neboli Space Laboratory for Advanced Variable Instruments and Applications. O podrobnostech mise, zejména cílem je **ověřit technologie mapování nerostného bohatství v okolí naší planety**, jsme hovořili s **Martínem Ferusem** z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského.

? Je těžba surovin ve vesmíru v budoucnu nevyhnutelná? A kde bychom je nejlépe měli hledat?

Vyčerpání surovin, jako jsou drahé kovy či kovy vzácných zemin (viz *Fakta*), představuje předmět diskusí. Nevíme, zda a kdy k tomu dojde – vzhledem k možnostem objevu

nových nalezišť i technologií. Někteří vědci se ovšem přiklánějí k názoru, že zejména suroviny pro elektroniku se vyplatí v horizontu několika dekad těžit v kosmu. Řešení by mohlo přinést jejich získávání těsně za hranicemi naší planety, na asteroidech a možná na Měsíci. Těžba nerostného bohatství se však neomezuje jen na tyto vzácné komodity.

? Zlato, stříbro, platina – o těžbě vzácných kovů na planetkách se ve vědecké komunitě mluví už víc než sedmdesát let. Co o nerostných surovinách na asteroidech v současné době víme? A představují drahé a vzácné kovy pro průmysl a elektroniku skutečně to hlavní, co tam máme hledat?

O těžbě nerostných surovin v kosmu se vlastně diskutuje už od devatenáctého století. Zajímavá je třeba zmínka o asteroidu plném zlata, který objevila kosmická loď ve

vědecko-fantastické knížce Edison dobývá Mars z roku 1898 od amerického astronoma a spisovatele Garretta Servise. Vědecká komunita se začala tématu plně věnovat přibližně od padesátých let dvacátého století. Jednu z prvních publikací v oboru představuje teoretický článek Technologie interorbitální přepravy od Thomase Prestona z roku 1952, tedy pět let před startem první umělé družice Sputnik 1.

Dnešní vědci a inženýři však nepomýšlejí primárně na dobývání zlata a vzácných surovin, ale chtějí zdroje na cizích tělesech využít především s ohledem na náročnou dopravu základních komodit do vesmíru. Například budování základen na Měsíci vyžaduje hlavně železo, titan, chrom a stavební materiál, vodu pro astronauty, kyslík k dýchání. Co je na Zemi běžně dostupné, znamená pro budoucí kolonisty položku, jejíž velkoobjemová doprava do kosmu se velmi prodražuje.

? Proto se také kosmické zdroje dělí do dvou skupin...

Ano, dělí se na zdroje užitečné pro vesmírný průmysl a osídlování kosmu a na ty, jež jsou důležité pro průmysl na Zemi. Právě druhou zmíněnou skupinu tvoří vzácné kovy, kterých je na naší planetě relativní nedostatek a jejichž těžba ve vesmíru a doprava zpět se někdy v budoucnu z hlediska ceny a množství vyplatí. Patří mezi ně palladium, iridium, rhodium, osmium, platina a zlato, dále lanthanoidy a aktinoidy, ale také izotop helium-3, který se možná stane palivem pro fúzní reaktory druhé generace. Toho se snad dožijí dnešní novorozenci, my už ne.

? Než začneme suroviny na planetkách těžit, musíme přesně určit jejich mineralogickou skladbu. Jak toho dosáhneme?

Informace o objektech Sluneční soustavy máme z meteoritů, u nichž však většinou nevíme, odkud přesně pocházejí. Těch kompletně prozkoumaných s jasným původem, takzvaně s rodokmenem, známe v současné době pouze třicet dva. Vybrané planety se v minulosti staly cílem kosmických misí a bude tomu tak i v budoucnu. Vzhledem k obrovskému počtu asteroidů – konkrétně jde téměř o milion známých objektů – je to ovšem podobné, jako kdybyste v obchodním domě se zavázanými očima náhodně naskládali zboží do tašky a na základě toho usuzovali, co a kde se tam dá koupit.

Kdo je...

RNDr. Martin Ferus, Ph.D.
(*1983)

je český fyzikální chemik. Vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze, v současnosti působí jako vědecký pracovník a vedoucí Oddělení spektroskopie Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského a věnuje se výzkumu chemie planet, spektroskopii exoplanet, studiu meteorů a materiálové chemii. Martin Ferus, stejně jako jeho



studenti, obdržel několik akademických cen za výsledky v oblasti výzkumu chemických následků dopadu asteroidů na rané planety.

Co je na Zemi běžně dostupné, představuje pro budoucí dobyvatele kosmu vzácnou komoditu

K pátrání po ložiskách nerostného bohatství napříč Sluneční soustavou tak bude zásadní nalézt správnou rovnováhu mezi technologickou proveditelností, časovou náročností a ekonomickými náklady. Není možné zmapovat úplně všechno. Existují různé koncepty, jak informace

o planetkách získat, a my jsme si vybrali dva z nich: spektrální studium plazmatu, které obklopuje drobná tělesa vstupující do zemské atmosféry, a analýzu meziplanetárního prachu. Podobná mise zaměřená na systematické mapování zdrojů v blízkém okolí naší planety dosud chyběla.

Planety Sluneční soustavy by mohly tvořit zdroj vzácných nerostných surovin



Podle mnohých odborníků budeme muset suroviny, jež jsme na naší planetě téměř vyčerpali, v budoucnu těžit za hranicemi Země



? Zmíněnou misí se stane nízkonákladový satelit SLAVIA, určený pro spektrální analýzu složení blízkozemních objektů?

Ano, tým vědců z české Akademie věd a univerzit ve spolupráci s firmou SAB Aerospace koncipoval zajímavý projekt. Hlavním cílem je ověřit nové technologie pro nízkonákladový satelit, jehož úkolem se stane studium planetek a Měsíce za účelem prospekce – tedy vyhledávání

? Vaše laboratoř se věnuje simulaci spekter a fyzice meteorů pomocí laserových experimentů již téměř deset let. Navázali jste tedy na popsání pokusy?

Ano, dlouhodobě pracujeme s výkonovými lasery zaměřenými na chemické následky dopadu asteroidů. Naším cílem bylo napodobit za kontrolovaných laboratorních podmínek plazma a spektra meteorů pomocí laserové ablace reálných vzorků meteoritů. Díky publikaci spekter meteorů na webu

agentury České republiky. Dá se tedy říct, že tento ambiciózní projekt výrazně zaujal?

Podpora Akademie věd přinesla v našem úsilí velkou vzpruhu. Přemýšleli jsme, jaké by bylo sledovat meteory z oběžné dráhy, a dokonce jsme dohledali odborné články představující koncept takových misí. Nadšenci z Valašského Meziříčí předtím vypouštěli například stratosférické balony, a mají tak záznaky meteorů i z výšky přes třicet kilometrů. Kromě toho jsme se pokusili meteory sledovat pomocí monitorů ionosférických poruch a vlastních radarových stanic.

Kosmická mise zaměřená na systematické mapování zdrojů v blízkém okolí Země dosud chyběla

a průzkumu ložisek nerostných surovin. Badatelé z našeho ústavu vedou vývoj dvou přístrojů: spektrální kamery VESNA pro monitorování spekter meteorů a hmotnostního spektrometru HANKA určeného pro analýzu prachu. Rádiový detektor Říp-2 má na starosti tým z Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd. Na misi se však podílí i řada dalších pracovišť a soukromých subjektů.

České astronomické společnosti jsme se dostali do kontaktu s hvězdárnou ve Valašském Meziříčí. Tamní nadšenci v čele s Liborem Lenžou a Jakubem Koukalem byli ochotní nejen sdílet veškerá naměřená data, ale také s námi intenzivně spolupracovat.

? Vaši snahu a společné aktivity následně podpořila rovněž Akademie věd, a poté jste dokonce získali podporu Grantové

? Začalo vyhlásování projektů na cubesaty. Představovala vaše následná spolupráce s firmou SAB Aerospace další logický krok?

Situace díky soutěži Ministerstva dopravy a ESA skutečně dozrála k dalšímu kroku, a to ke spolupráci s výrobcem cubesatů. Už delší dobu mi do mailu chodily návrhy na schůzku od Václava Havlíčka z SAB Aerospace. A i mně dřímala v hlavě představa, co by se dalo společně podniknout. V době covidových opatření jsme začali spolupracovat nejprve online. Ale nenechali jsme se odradit a připravovali jsme projekt po mailech i telekonferencích, aniž bychom se kdy osobně potkali.

? SLAVIA se tedy kompletně zrodila v kyberprostoru?

Slovníček

Přesně tak. Ale když je vůle, jde téměř všechno. Můj kolega Ján Žabka navrhoval, aby byl satelit jakýmsi českým spacelabem, tedy cubesatem se spoustou přístrojů a experimentů. Jenže to bylo s ohledem na komplexnost a finance absolutně neprůchozí. Proto jsme rozhodli, že se leitmotivem mise stane téma, které navazovalo na náš předchozí výzkum zaměřený na využití laserů v kosmu. Koordinoval ho můj kolega Nikola Schmidt a pracovali jsme na něm ještě s Miroslavem Krüsem, šéfem velkého laseru PALS (viz *Slovníček*).

? Na projektu SLAVIA jste spolupracovali i s centrem HiLASE (viz *Slovníček*). Jaké experimenty tam probíhaly?

V centrech HiLASE a PALS jsme prováděli především interakční experimenty. Mezi koncepty, které jsme v rámci laserového projektu rozvíjeli, patřilo využití laserů k odpařování asteroidů za účelem průzkumu jejich prvkového složení. Odtud byl už jen krůček k my-

spektrometr detekující ionty kovů v meziplanetárním prachu na oběžné dráze a rádiovou anténu poskytující klíčové informace potřebné pro diagnostiku plazmatu meteorů.

? Co by mohl projekt SLAVIA přinést české vědě a průmyslu?

Český průmysl má velkou tradici jak z hlediska mezinárodní spolupráce, tak v oblasti unikátních technologií, například výroby monokrystalových materiálů či elektronických součástek obsahujících tantal. Svým zaměřením na pátrání po ložiskách surovin ve vesmíru otevírá SLAVIA České republice dveře do blízké i velmi vzdálené budoucnosti. Vybrali jsme si za cíl ověření jedinečných technologií – hmotnostního spektrometru, který využívá neotřelý princip stanovení hmotnosti iontů kovů s naprosto bezprecedentním rozlišením a hyperspektrální analýzy v kombinaci se záznamem rádiových signálů plazmatu meteorů z oběžné dráhy.

Ani jednu ze zmíněných technologií ve vesmíru ještě nikdo nevyzkoušel.

Asteroidy jsou v jistém smyslu „cítit“. Z povrchu tělesa se uvolňuje materiál vypovídající o jeho složení

šlence dívat se na podobný fenomén – tedy plazma na povrchu planetek, respektive meteoroidů – spektrografem z oběžné dráhy. Oslovili jsme též kolegu Ondřeje Santolíka, protože jsme měli předchozí zkušenost se spoluprací při detekci rádiových signálů meteorů. Kolega Ján Žabka navíc navrhl, aby byl na palubě také pokročilý hmotnostní spektrometr, a následně jsme se ho rozhodli využít pro analýzu prachu. Vše se pěkně provázalo a SLAVIA byla na světě.

? V rámci mise SLAVIA plánujete vynést dva cubesaty třídy mikrosatelitu na oběžnou dráhu do výšky šesti set kilometrů. Jakým způsobem tam budou pracovat?

Misi SLAVIA tvoří dva satelity, každý o velikosti 12U – jednu jednotku U představuje krychle o rozměru deset krát deset centimetrů. Každý satelit v tandemu nese tři přístroje: hyperspektrální kameru pro detekci emisních čar kovů v plazmatu meteorů v rozsahu 200 až 1 100 nanometrů, hmotnostní

Zaměstnají přitom současné české inženýry i vědce a vydláždí cestu budoucím generacím. A přesně taková by ambiciózní mise měla být. Malé státy mají pouze dvě volby, jak v nadcházející éře kosmického výzkumu uspět: Buď se široce zapojí do spolupráce s velkými hráči, nebo vyvinou unikátní, ostatním nedostupné technologie a koncepce s vysokou přidanou hodnotou. My jsme se vydali tou druhou cestou.

? Čeští vědci se podíleli na mnoha vesmírných misích, ale zatím nebyli dost vidět. Mohla by to SLAVIA změnit?

Já myslím, že čeští vědci vidět jsou. Třeba Solar Orbiter reprezentuje velký úspěch domácích týmů. Nicméně je pravda, že v Česku dynamicky roste segment kosmického průmyslu, a myslím, že SLAVIA přináší skvělou příležitost demonstrovat jeho rozvíjející se kapacity na národní i mezinárodní úrovni. Zdar mise zaměřené na skutečně přelomové technologie však bude určitě znamenat jistý předěl. SLAVIA má totiž shodou okolností

Cubesaty představují malé družice složené z jedné nebo více krychlí, každé o hraně 10 cm a hmotnosti asi 2 kg. Pořizují snímky Země, testují nové technologie, často jde také o studentské projekty. Koncept cubesatů se rozšířil na tzv. 1U, 2U, 3U a 6U tvary, složené z jednoho, dvou, tří nebo šesti základních „stavebních bloků“. Prvním českým cubesatem se stal v roce 2017 **VZLUSAT-1**, nano-družice vybavená miniaturizovaným rentgenovým dalekohledem, přístrojem FIPEX pro měření koncentrace kyslíku v atmosféře a nově vyvinutým radiačním štítem z kompozitního materiálu. **Mise SLAVIA** bude tvořena dvěma satelity, každý o velikosti 12U a hmotnosti asi 23 kg.

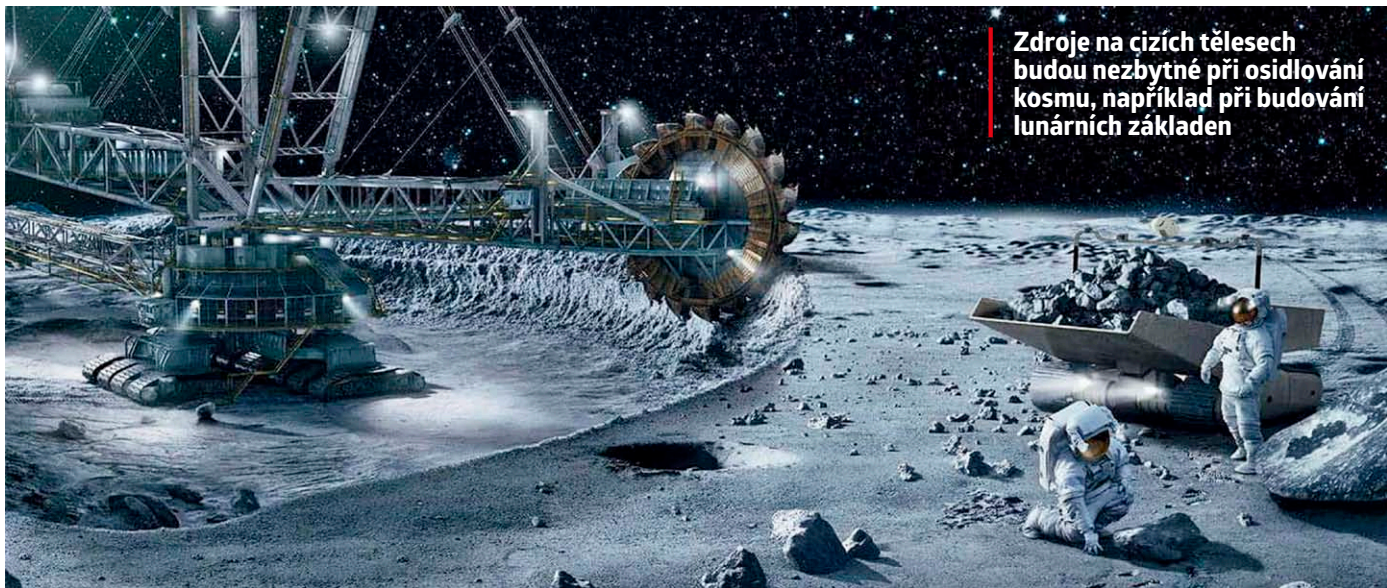
PALS neboli Prague Asterix Laser System je **laboratoř pro výzkum výkonných laserů a jejich aplikací**. V současnosti patří mezi tři největší civilní laserové systémy v Evropě. Páteř laboratoře tvoří výkonový jódový laserový systém poskytující pulzy o energii do 1 kJ.

HiLASE neboli High average power pulsed LASERS je **vědecké výzkumné centrum zaměřené na laserovou techniku**. Nachází se v Dolních Břežanech u Prahy a spadá pod Fyzikální ústav Akademie věd ČR. Hlavní cíl výzkumu představuje vývoj nových laserových technologií.

řadu velmi pozitivních atributů: Jde o „sexy“ téma, představuje výzvu pro budoucnost a rozvíjí naprosto nové technologie.

? Co je cílem mise a jakým způsobem bude pracovat?

SLAVIA se zaměřuje na vyvinutí a otestování konceptu malé průzkumné družice, která bude autonomně analyzovat studovaný objekt pomocí několika doplňujících se metod a následně odesílat výsledky na Zemi. Položí tak základ pro budoucí mise: Například flotila těchto automatických online analyzátorů by mohla časem prozkoumat rozsáhlé oblasti Sluneční soustavy, přičemž hmotnostní spektrometr může v prachu uvolňovaném z povrchu planetek detekovat vzácné kovy. Lze si představit, že sondy s pokročilými spektrometry budou jako smečka ohařů „čechňat“ kolem blízkozemních objektů a pátrat po stopách kovů vzácných zemin.



Zdroje na cizích tělesech budou nezbytné při osidlování kosmu, například při budování lunárních základen

? **Chcete tím naznačit, že sonda může složení asteroidu poznat po „čichu“?** Asteroidy v jistém slova smyslu „cítit“ jsou. Z povrchu objektu se uvolňuje materiál vypovídající o jeho složení, například v důsledku dopadů malých tělísek či působení slunečního větru. Lze si představit, že jiná flotila družic může hledat zajímavé průmyslové prvky ve spektrech padajících hvězd a na základě analýzy drah pak dopočítáme, odkud pocházejí meteoroidy s vysokým

„Padající hvězda“, tedy meteor, vzniká nárazem velmi rychlého objektu – meteoroidu – do molekul vzduchu. Při rychlostech desítek kilometrů za sekundu se do prostoru uvolňuje materiál meteoroidu a vzduch se třením a zahuštěním prudce zahřívá na velmi vysoké teploty, při nichž vzniká zářící atomární plyn. Plazma meteoru má strukturu podobnou cibuli: Nejbliž k rychle se pohybujícímu tělesu panuje teplota v řádech desítek tisíc stupňů, zatímco

prvků uvolněných z povrchu meteoroidu do plazmatu meteoru.

? **Technologický koncept spektrografu VESNA ideově kopíruje design pozemních spektrografů pro pozorování meteorů. Jak přesně bude pracovat?**

Jedná se o kameru, před jejíž objektiv se instaluje optická mřížka a rozloží světlo meteoru podle vlnových délek na jednotlivé spektrální barvy, které se promítnou do obrázku meteoru. Kamera pořizuje zhruba čtyři takové snímky za sekundu. Počítač na palubě satelitu pak meteory ve vytvořených záznamech rozpozná a odešle pozemní stanici pouze záběry, na nichž jsou zachyceny. Spektrum pak dešifrujeme pomocí plně automatických algoritmů prvkové analýzy, které již nyní máme připraveny. Metodu vyvinul kolega Petr Kubelík a pracují na něm studenti Anna Křivková a Vojtěch Laitl. Vojta za to obdržel cenu Česká hlavička.

Unikátní přístroj rozpozná jednotlivé prvky či molekuly v zrnku meteorického prachu stanovením jejich přesné hmotnosti

obsahem kovů – titanu, chromu, manganu. Spektroskopii meteorů z oběžné dráhy neomezuje počasí, propustnost atmosféry pro důležitou spektrální oblast UV a kupodivu ani světelné znečištění, protože pro satelity je dostupné temné nebe nad oceány a neobydlenými regiony. Není potřeba spolupráce se zahraničními observatořemi ani složité vyjednávání o transferu dat – zkrátka kdo vyšle flotilu satelitů, získá spoustu informací pro sebe.

? **Spektroskopii meteorů má na starosti zmíněný spektrograf VESNA. Na jakém principu funguje?**

ve vzdálenějším okolí a v ohonu meteoru klesá „jen“ k několika tisícům stupňů. Atomy jsou za takových podmínek nabuzeny energií, kterou vyzáří ve formě světla. Světlo z atomárního plynu ovšem neobsahuje spojitě všechny spektrální barvy, nýbrž pouze nespojitě úzké linie na přesně definovaných vlnových délkách. Tyto takzvané spektrální čáry lze přirovnat k otiskům prstů atomů jednotlivých prvků, které tak můžeme v zaznamenaném spektru jednoznačně identifikovat. Z poměrné intenzity linií pak dokážeme určit relativní zastoupení jednotlivých atomů a iontů, a tím na dálku provést kvalitativní i kvantitativní analýzu

? **SLAVIA ponese také pokročilý, vysoce rozlišující hmotnostní spektrometr HANKA alias Hmotnostní ANalyzátor pro Kosmické Aplikace. Jaký bude jeho úkol?**

Spektrometr je vybaven mřížkou, do níž narazí zrníčka meziplanetárního prachu a v důsledku vysoké rychlosti při srážce vznikne oblak iontů, které se následně analyzují. Rovina oběžné dráhy satelitu je orientována ke Slunci tak, aby do přístroje vstupovaly prachové částice z významných zdrojů kolem naší planety: z boku ve směru pohybu Země (apex) a zepředu při oběhu satelitu směrem od Slunce (helion), proti němu (antihelion) a ze severního a jižního směru (northern a southern – toroid). Proto se vstupní štěrbinu spektrometru na

tandemu satelitu SLAVIA jmenují Apex a HANS. Přístroj má za cíl detekovat širokou paletu různých cílových látek: vzácné kovy, vodu, organické látky i helium-3.

? Mohl byste nám vysvětlit princip orbitrapové pasti?

Orbitrap je hmotnostní analyzátor, který vynalezl Alexander Makarov koncem devadesátých let dvacátého století. Kolega Ján Žabka z našeho ústavu však navrhl svůj vlastní koncept. Po vzniku ionizovaného plynu nárazem zrníčka meziplanetárního prachu do mřížky se ionty soustředí v analyzátoru, kde jsou přinuceny kmitat v elektrostatičtém poli. Frekvence kmitů zaznamenaná měrnou elektrodou je úměrná jejich hmotnosti. Analyzátor tedy rozpozná jednotlivé prvky či molekuly stanovením jejich přesné hmotnosti – podobně jako v případě spektra jde o jakýsi „otisk prstu“, který atom identifikuje. Spektrometr daného typu představuje novou generaci hmotnostních analyzátorů, protože dosahuje dvacetkrát vyššího rozlišení než ostatní analyzátoři na všech předchozích vesmírných misích.

? Fyzikální parametry meteorů navíc upřesní antény Říp-2, které budou

zaznamenávat odrazy a emise rádiových signálů jejich plazmatu. Jaké informace mohou zmíněné signály přinést?

Coby nástroj pro zkoumání elektromagnetických signálů, generovaných či odražených stopami meteorů, poslouží tandem rádiových přístrojů Říp-2, který vyvíjí tým vedený kolegou Ondřejem Santolíkem z Oddělení kosmické fyziky Ústavu fyziky atmosféry. Systém sestává z radiopřijímačů s dipólovými anténami, pracujícími v širokém kmitočtovém rozsahu od několika kilohertzů do čtyřiceti megahertzů. Zkoumání elektromagnetických signálů, odražených od stop meteorů nebo generovaných plazmatickými nestabilitami pomocí radiopřijímače, poskytnou údaje

» fakta

TĚŽCE VYDOBYTÉ

Jako **kovy či prvky vzácných zemin** označujeme skupinu zahrnující skandium, yttrium a všechny lanthanoidy. Jde o **měkké kovy s výbornými magnetickými vlastnostmi**. Využití nacházejí především v elektrotechnice, proto se poptávka po nich stále zvyšuje. Jako vzácné se označují proto, že se málokdy vyskytují v takových koncentracích, aby se vyplatila těžba. Navíc se z rudy získávají loužením v silné kyselině, což představuje velkou zátěž pro životní prostředí.

Tandem spektrografu s rádiovým systémem a hmotnostním analyzátořem na zemské oběžné dráze ještě nikdy nepůsobil

Vesmírné kamení



Planetka

Planetka (starším a nepřesným výrazem asteroid) je malé těleso obvykle s rozměry přes 100 m, obíhající kolem Slunce. V naší soustavě se zmíněné objekty vyskytují především v hlavním pásu planetek a v Kuiperově pásu.



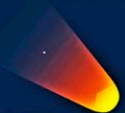
Kometa

Těleso složené převážně z ledu a prachu obíhá Slunce po výstředně eliptické dráze. Během přiblížení ke hvězdě kometární led sublimuje, uvolňují se prachové částičky a vzniká koma, případně kometární ohon.



Meteoroid

Jde o objekty velké od milimetrů až po desítky metrů. Prachové částice menší než 1 mm se označují jako mikrometeoroidy.



Meteor

Jedná se o světelný jev, který nastává při průletu meteoroidu atmosférou. Velmi jasný meteor se nazývá bolid.



Meteorit

Zbytek hmotnějšího meteoroidu, který přežil průlet atmosférou a dopadl na zemský povrch, označujeme jako meteorit.

pro jejich diagnostiku s cílem zlepšit přesnost prvkové analýzy.

? V čem je využití kombinace pospaných přístrojů tak výjimečné?

Tandem spektrografu s rádiovým systémem a hmotnostním analyzátořem ještě nikdy na zemské oběžné dráze nepůsobil. Například během meteorického deště může podstatně přispět k našemu porozumění skladbě meteoroidů a k mapování chemického složení těles Sluneční soustavy díky analýze trajektorie. Navzdory mnoha výhodám se satelit určený ke spektroskopii či pozorování meteorů z oběžné dráhy na svou misi ještě nikdy nevydal, ačkoliv dané koncepty již existovaly „na papíře“.

? Mohl by průzkum asteroidů ve Sluneční soustavě v budoucnu přispět k záchraně naší planety?

Demonstrace technologií pro prospekci v rámci mise SLAVIA bude bezpochyby znamenat posun v mapování zdrojů důležitých pro kosmické mise. V horizontu desítek let se lidstvo možná skutečně vydá cestou těžby vzácných surovin na blízkozemních objektech, a i tam se technologické dědictví mise jistě využije. Nemluvil bych o záchraně, ale spíš o klíči k udržení životního a technologického standardu, který může být vysoký pouze tehdy, pokud bude dostatek klíčových surovin a zajistíme-li rozvoj technologií pro jejich získávání a využití. SLAVIA poskytne České republice a našemu průmyslu velmi důležité know-how a čeští vědci se mohou stát v dané oblasti významnými hráči. ✍

Mgr. Jana Žďárská pracuje ve Fyzikálním ústavu AV ČR, v rámci popularizace vědy publikuje v Československém časopise pro fyziku a dalších periodikách, je členkou České astronomické společnosti (ČAS), Kosmologické sekce ČAS (dříve místopředsedkyně), Astronautické sekce ČAS, porotkyně Československé astrofotografie měsíce (ČAM) a členkou Jednoty českých matematiků a fyziků