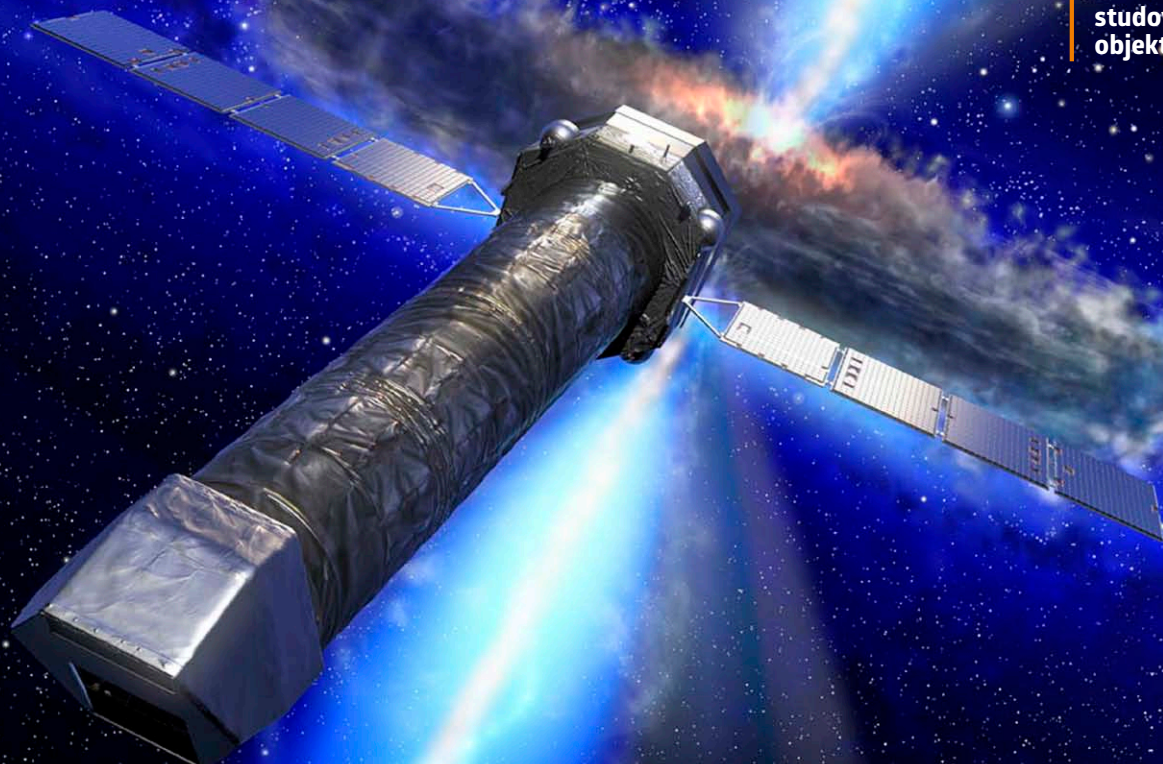




Za deset let by měl do kosmu vyrazit teleskop ATHENA, ambiciózní projekt ESA, na němž se podílejí také čeští vědci. Přístroj bude schopen studovat i velmi vzdálené objekty



České stopy v kosmonautice

Program Akademie věd nazvaný Vesmír pro lidstvo má důležitý cíl: podpořit českou spolupráci s mezinárodní vědeckou elitou v oblasti vesmírného výzkumu. O které kosmické mise se jedná a jakým způsobem se do nich čeští vědci zapojují, nám popsal hlavní koordinátor Jiří Svoboda

Ptala se Jana Žďárská

? Jaké je vlastně postavení českých astronomů ve světě?

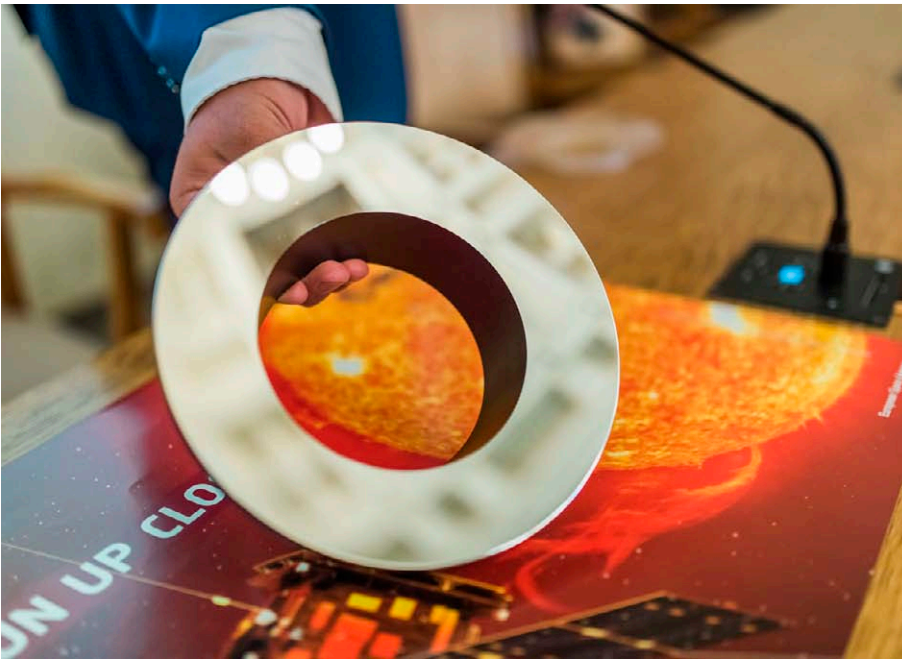
Česká astronomie má ve světě velmi dobré jméno již historicky, o což se zasloužily generace našich významných astronomů, včetně řady těch současných. Vždyť v Čechách působily tak význačné osobnosti jako Johannes Kepler, Tycho Brahe nebo Albert Einstein. Česká republika a čeští vědci se těší globálnímu uznání i solidnímu postavení a v oblasti

základního výzkumu v astronomii a v astrofyzice spolupracují se špičkovými světovými institucemi i vysokými školami. Hlubší poznání procesů a zákonitostí vesmíru je velmi podstatné, proto má obor důležité místo také na předních českých univerzitách.

? V rámci programu Vesmír pro lidstvo se budou Češi podílet na realizaci významných sond Evropské kosmické

agentury (ESA). Co pro nás, mimo přetíž, taková spolupráce znamená?

Česká republika je členem ESA již od roku 2008 a tato spolupráce má pro nás velký význam v oblasti vědy i průmyslu. Zapojení obou složek je podstatné pro postupné budování českého národního potenciálu v oblasti kosmického výzkumu. Největší význam naší účasti v ESA spatřuji v tom, že nám umožňuje zapojovat se



Zrcadlo pro koronograf METIS už nyní míří na sondě Solar Orbiter vstříc Slunci. O jeho precizní výrobu se postaral tým Výzkumného centra speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC Ústavu fyziky plazmatu AV ČR

Lze potom uplatnit pro běžné použití v celé společnosti.

? Prostřednictvím vesmírného výzkumu se vyvíjejí i nové materiály či aplikace. Spolupráce tak přinese užitek nám všem?

Ano, přesně to je cílem našeho zapojování se do kosmických projektů – snažíme se o zajištění přínosu pro všechny skupiny obyvatel. Výsledky takto orientovaného výzkumu jsou sice primárně důležité

do komplexních projektů s prvotřídními vědeckými přístroji, které bychom si jako malá země nemohli dovolit vyvíjet z důvodu omezeného rozpočtu i technologických znalostí. Vědci se tak mohou podílet na plánování světově nejvýznamnějších kosmických projektů s následným přístupem k získaným datům a průmysl má možnost se zapojit do vývoje špičkových technologií. Výsledky získané při vývoji a výrobě

Vývoj špičkových technologií zákonitě produkuje řadu nových materiálů a mnoho „drobností“, které se pak uplatní i v běžném životě

Kdo je...

RNDr. Jiří Svoboda, Ph.D., (*1982)

je vědeckým pracovníkem Astronomického ústavu AV ČR. Vystudoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy, kde v roce 2010 získal doktorát. Poté obdržel prestižní ESA Fellowship a dva roky působil v astronomickém centru ESAC poblíž

Madridu. Je držitelem Ceny Bernarda Bolzana, Fričovy a Wichterleho prémie. Ve výzkumu se zabývá zejména rentgenovou astronomií a studiem aktivních galaxií. Vede juniorský vědecký tým zkoumající černé díry různých hmotností. Je také koordinátorem programu Strategie Akademie věd Vesmír pro lidstvo, v jehož rámci zajišťuje odbornou spolupráci na mezinárodních kosmických misích určených k vědeckému výzkumu vesmíru. Má na starosti české zapojení do velkých evropských misí ATHENA a LISA, zaměřených na studium černých děr. Věnuje se i pedagogické činnosti na univerzitách, popularizaci astronomie a kosmických projektů. Jako odborný poradce se podílel na přípravě seriálu Génius o Albertu Einsteinovi v produkci National Geographic.



především pro vesmírný výzkum samotný, ale díky novým technologiím nabízejí různé praktické aplikace, které může využívat každý z nás. Připomeňme například suchý zip, původně určený pro skafandry astronautů. Nyní ho používáme v podstatě všichni, stejně jako třeba navigaci zajišťovanou pomocí GPS družic. Vývoj špičkových technologií zákonitě produkuje celou řadu nových materiálů a velmi mnoho „drobností“, jež pak nacházíme i v běžném životě – od elektroniky až po satelity a telekomunikaci.

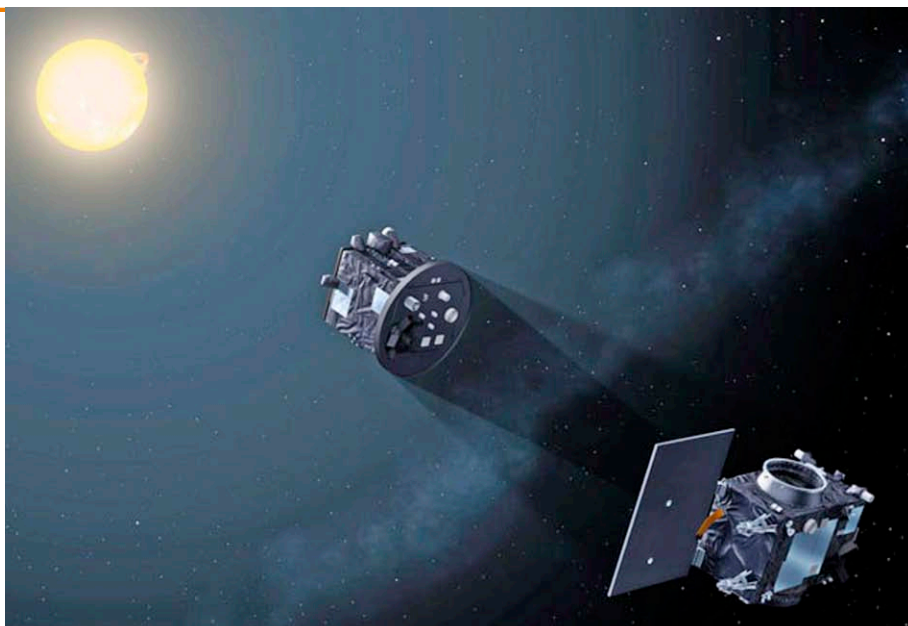
? Do jakých misí se program Vesmír pro lidstvo zapojil?

Podarilo se nám zapojit do všech významných velkých a středně velkých misí ESA, což považuji za neobvykle důležité. Česká republika se tak bude moct po další dvě desetiletí podílet na všech oblastech vědeckého kosmického výzkumu. Díky tomu dostanou příští generace vědců a studentů obrovské příležitosti, ať už je budou zajímat planety Sluneční soustavy, exoplanety u jiných hvězd, nebo černé díry.

Vesmírný koronograf na palubě mise Proba-3 bude pozorovat vnitřní sluneční korónu v dlouhých periodách v podmínkách blízkých úplnému zatmění Slunce

? Mezi vlajkové lodě ESA patří mise **Solar Orbiter**. Co tvoří její hlavní cíl a kde se sonda v současnosti pohybuje? Cíl mise Solar Orbiter představuje komplexní studium Slunce, slunečních erupcí a také slunečního větru. Sonda se bude Slunci postupně přibližovat po eliptických dráhách. Ze Země odstartovala loni 10. února a ke hvězdě se dostala blíž, než obíhá Venuše. Nyní se bude vracet směrem k Zemi, takže se v listopadu dočkáme téměř jejího návratu. Samozřejmě nepřistane, ale využije gravitační pole planety k dalšímu urychlení a navedení na dráhu, která ji ještě víc přiblíží k cíli.

Díky popsaným gravitačním manévřům se ke Slunci dostane na vzdálenost pouhých šedesáti jeho poloměrů, tedy 0,28 astronomické jednotky (*astronomická jednotka = vzdálenost Slunce–Země, pozn. red.*). Bude se pohybovat na oběžné



atmosféru Slunce, zahřátou na miliony stupňů v důsledku přepojování siločar jeho magnetického pole.

? Nese sonda i nějaké přístroje z českých laboratoří?

Solar Orbiter má na palubě spektrometr STIX, na jehož vývoji se podíleli vědci

koronografu ASPIICS na palubě mise Proba-3. O jaký výzkum půjde?

Zmíněná mise se věnuje demonstraci technologie letu ve formaci a tvoří ji dva satelity: Jeden nese koronograf, druhý poslouží jako zákryt slunečního kotouče. Vlastně se tak napodobí zatmění Slunce, kdy sluneční disk zakryje Měsíc. Zatímco však přírodní divadlo na Zemi trvá jen několik minut, Proba-3 jej vytvoří na podstatně delší dobu.

Mise TARANIS ztracena není. Aktuálně probíhají jednání, jak ji opět zrealizovat – a česká účast by neměla chybět

dráze podobné trajektorii Merkuru, její sklon však postupně poroste až na třicet stupňů. Umožní to unikátní pozorování oblastí kolem obou slunečních pólů, které tak uvidíme vůbec poprvé. V okamžicích největšího přiblížení bude sonda čelit třináctkrát většímu tepelnému toku ve srovnání s tokem dopadajícím na Zemi. Přístroje jsou však na to připraveny, takže věříme, že mise přinese významné objevy.

? Jaké otázky by měl Solar Orbiter zodpovědět?

Měl by objasnit mnoho zásadních otázek. Přístroje na palubě budou zjišťovat, jak dochází ke slunečním erupcím, co způsobuje vznik slunečního větru nebo jak se utváří sluneční koróna. Jde o řídkou

z Astronomického ústavu. Zrcadlový dalekohled pro koronograf METIS má zrcadlo vyrobené v TOPTEC. Vlastnosti slunečního větru bude zkoumat analyzátor elektromagnetických vln z laboratoře Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd nebo částicový detektor, na jehož vývoji se podíleli kolegové z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Oba posledně zmiňované přístroje pracovaly už během letu, takže kolegové již mají k dispozici nová měření plazmových vln a částic slunečního větru. Česká účast na misi tudíž sklízí první ovoce, což je samozřejmě skvělý výsledek!

? Česká republika se významně podílí také na projektu vesmírného

? Velké naděje vkládali vědci do francouzské družice TARANIS (viz *Za nebeskými skřítky*), jež se měla zabývat studiem atmosférických výbojů. Co zapříčinilo její zničení?

Čeští vědci na dané misi spolupracovali dlouhých patnáct let. Tím větší je to ztráta. Po úspěšném startu rakety Vega 5, která měla satelit vynést, selhal její poslední stupeň AVUM, jenž nedosáhl požadované výšky. Obě družice, které měl nosič dopravit na oběžnou dráhu – tedy TARANIS a SEOSAT-Ingenio – byly tudíž ztraceny. Pro evropskou kosmonautiku je to velká škoda, k neúspěchům však dochází a je třeba se z nich poučit. Práce na misi TARANIS tímto neúspěchem zničena není. Věřím, že se jí podaří využít v budoucnosti na nějaké příští podobně zaměřené misi.

? Další výzkumnou misi ESA a ruské kosmické agentury Roskosmos představuje sonda ExoMars 2020, která bude hledat stopy života na rudé planetě. Letos v březnu se přejmenovala na ExoMars 2022. Je pravda, že za to mohl koronavirus?

Těžko říct. Samozřejmě omezení související s cestováním do značné míry ovlivňují mezinárodní spolupráci. U planetárních misí se musí vše stihnout připravit do unikátního startovacího okna, které umožňuje sondu nasměrovat k cíli. V případě Marsu by bylo nevýhodné ji vysílat, když se planeta nachází na druhé straně od Slunce. Proto i drobná zpoždění, způsobená například zjištěním technických nedostatků či chybějícími finálními testy nějaké části přístroje, mohou start odsunout o několik let. Pandemie při hektických finálních přípravách samozřejmě nijak nepomohla, omezila provoz některých laboratoří i cestování mezi partnerskými institucemi. Takže i když se český přístroj podařilo připravit včas, všechno se podle plánu nestihlo. Aktuální harmonogram počítá se startem v září 2022, kdy se na dvanáct dní otevře nové okno – což nastává pouze jednou za dva roky a právě tehdy se dá k Marsu ze Země letět nejsnáze. Odklad o dva roky neznamená v kosmických projektech nic dramatického, jen se v daném případě musela mise přejmenovat.

? V rámci mise ExoMars byla již v roce 2016 vypuštěna orbitální sonda TGO neboli Trace Gas Orbiter spolu s přistávacím modulem Schiaparelli. Co způsobilo jeho selhání?

Zkušební přistávací modul Schiaparelli bohužel nezvládl přistání a nekontrolovatelně se zřítil na povrch planety. V dobývání Marsu a zejména v přistávání není ESA tak úspěšná jako NASA. Jde o testování nových technologií, tudíž se s nezdarů musí počítat. Každopádně věříme, že se inženýři z předchozích chyb poučí a že druhá část mise – ExoMars 2022 tvořená přistávací platformou a robotickým vozítkem – na povrch planety úspěšně dosedne.

? Kde by se mělo přistání odehrát a co volbu místa ovlivnilo?

Hlavním cílem druhé části mise je přistát s vozítkem v oblasti, kde existuje vysoká pravděpodobnost nalezení organických materiálů, především z rané historie planety. Volba padla na dvě místa, jež kdysi dávno zahrnovala velké množství vody, a to Oxia Planum a Mawrth Vallis. Rover bude vybaven malým vrtným zařízením a chemickou laboratoří pro analýzu stop hypotetického života. Přistávací platforma současně ponese vědecké přístroje pro monitorování okolního prostředí.

tam potom život, jenž by však pocházel z našich laboratoří.

? Co přesně bude přístroj WAM zkoumat?

Mezi jeho hlavní cíle patří detekce elektromagnetického záření z možných výbojů uvnitř oblaků prachu v atmosféře Marsu a záznam elektromagnetických vln, jež pronikají k povrchu planety z okolního kosmického prostoru. Pro možnost pozorovat dané vlny jsou podstatné místní magnetické anomálie. V okolí již zmiňovaných možných míst přistání se vyskytují

Je důležité, abychom na Mars nezačali poslat bakterie a neobjevili tam pak život, který by pocházel z našich laboratoří

? Zahrne zmíněná sonda i nějaké přístroje z českých laboratoří?

Ano, právě mezi přístroje chystané pro přistávací platformu sondy ExoMars 2022 patří modul vlnového analyzátoru WAM, vyvinutý v Ústavu fyziky atmosféry. Na jeho vývoji a výrobě se podílel Ústav přístrojové techniky Akademie věd v Brně. A také je třeba zmínit přínos Mikrobiologického ústavu, který pomohl s testováním množství biologických látek na přístroji. To je důležité kvůli planetární ochraně, abychom nezačali na Mars poslat bakterie a neobjevili

jen v omezené míře; přesto doufáme, že pokud se podaří na Marsu měkce dosednout, zaznamená náš přístroj nová, a možná i nečekaná pozorování.

? Mise JUICE k Jupiteru představuje první z nejvýznamnějších kategorií „velkých“ misí evropského programu Kosmická vize. Kdy odstartuje a kdy doputuje k cílové planetě?

Její start se očekává v příštím roce a přelet k Jupiteru v roce 2030. Předpokládá se, že přinejméním tři roky bude sonda detailně zkoumat největší planetu Sluneční soustavy

Za nebeskými skřítky

Mise TARANIS alias Tool for the Analysis of Radiation from Lightning and Sprites se měla zabývat nadoblačnými elektrickými výboji, o jejichž podstatě toho stále mnoho nevíme. Zajímavé výboje tvoří tzv. skřítci, které lze za jistých podmínek spatřit i ze Země, ale pro jejich krátké trvání jde o velmi vzácné pozorování. Mise TARANIS se měla zaměřit i na pozemní gama-záblesky, jejichž původ se dosud nepodařilo uspokojivě vysvětlit.





ExoMars 2022 se skládá z robotického vozítka a přistávací platformy. Hlavním cílem mise je dosednout s roverem v oblasti s vysokou pravděpodobností pro případné nalezení organických materiálů, především těch z rané historie planety

a zejména její tři ledové měsíce Ganymed, Kallisto a Europu. Nejvíce času stráví studiem největšího z nich, Ganymedu, aby zjistila, jak spolu interagují magnetická pole měsíce a mateřské planety. Přístroje na palubě JUICE se také zaměří na zkoumání vnitřní stavby těchto souputníků, protože pod jejich ledovými krustami se mohou nacházet oceány tekuté slané vody.

? A která z misí se zaměří na objekty daleko za hranicí Sluneční soustavy, třeba na vzdálené galaxie a černé díry?

Jde například o teleskop ATHENA, který díky své mimořádné prostorové a spektrální citlivosti dokáže studovat velmi vzdálené objekty, jejichž světlo k nám letí mnoho miliard let. Umožní nám to podívat se zpět do minulosti a odpovědět tak na základní otázky, jimiž se

Astronomický ústav se ve spolupráci s Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd účastní vývoje přístroje X-IFU, který představuje vůbec nejcitlivější rentgenový spektrograf vyvíjený pro kosmický výzkum a nejkompaktnější a nejdražší zařízení kdy připravované pro misi ESA. Tady se právě potvrzuje důležitost mezinárodní spolupráce: Zmíněný přístroj by si nemohl dovolit vyvinout žádný stát sám o sobě. Do konsorcia se zapojilo třináct nejvyspělejších zemí světa včetně USA, a pro Česko tak jeho účast znamená jedinečnou příležitost podílet se na vzniku jednoho z nejambicióznějších vědeckých zařízení, jaká se kdy plánovala pro kosmický výzkum.

Rentgenový spektrograf se bude chladit téměř na absolutní nulu. Dokáže tak velmi přesně měřit každý rentgenový foton z vesmíru

? Ponese i JUICE nějaké přístroje z českých laboratoří?

Ano, kolegové z Ústavu fyziky atmosféry a Astronomického ústavu Akademie věd se podíleli na vývoji a stavbě přístroje RPWI neboli Radio and Plasma Waves Investigation. Konkrétně Češi vyvinuli digitální analyzátor pro měření vln o frekvencích pod dvacet kilohertzů a také napěťový zdroj pro celý přístroj. Ten se v současnosti nachází zkompletovaný i důkladně otestovaný v technologickém centru ESA a mise je téměř připravena ke startu v příštím roce. Zajímavé jsou rozměry solárních panelů: Jedná se o úctyhodných osmdesát pět metrů čtverečních, aby bylo možné zajistit dostatečný přísun elektrické energie do sondy a jejích přístrojů u Jupitera, neboť planetu dělí od Slunce zhruba pětikrát větší vzdálenost než Zemi.

současná astronomie zabývá: Jakým způsobem vznikly rozsáhlé struktury hmoty, které pozorujeme v dnešním kosmu? Jak se zformovaly obří černé díry v centrech galaxií a jakou roli hrály při utváření okolního vesmíru?

? Vypuštění mise ATHENA se plánuje na rok 2028. Jak se na ní podílejí čeští vědci?

Již v tuto chvíli je jasné, že se rok 2028 nestihne, a aktuálně se počítá s rokem 2031. Už nyní se však čeští vědci z Astronomického ústavu Akademie věd podílejí na simulacích, jež ukazují, jak citlivá měření zvládne ATHENA uskutečnit. Využívají při tom vlastní modely, zahrnující veškeré efekty Einsteinovy obecné teorie relativity, například gravitační rudý posuv či ohyb světla v gravitačním poli.

? Proč ATHENA ponese tak drahé a náročné detektory?

Rentgenová astronomie vyžaduje kosmické sondy, protože rentgenové paprsky atmosférou Země neprocházejí. Zmíněné záření nám přitom poskytlo mnoho významných objevů, například že existují černé díry a neutronové hvězdy nebo že se v kupách galaxií nachází horký plyn. Současná rentgenová observatoř XMM-Newton představuje historicky zdaleka nejúspěšnější vědeckou misi ESA, co se týče počtu odborných publikací a dosažených objevů. I proto vkládá vědecká komunita do příští rentgenové mise velká očekávání a je třeba skutečně přijít s takovou observatoří, jež dokáže pořídít mnohem citlivější pozorování, než máme dnes k dispozici s XMM-Newton či s americkou Chandrou.

? Nezatíží takto nákladná mise rozpočet ESA příliš?

Její proveditelnost při stanoveném rozpočtu pro velkou misi ESA zkoumá v současné

době tým inženýrů a vědců, včetně českých odborníků. V případě přístroje X-IFU neboli X-ray Integral Field Unit určují výši nákladů zejména ambiciózní požadavky kladené na spektrální vlastnosti detektorů. X-IFU představuje mikrokalořimetr chlazený na teplotu rovnou téměř absolutní nule, konkrétně jen o padesát miliontin stupně vyšší. V podstatě půjde o nejchladnější místo ve vesmíru, protože takto nízké teploty se nevyskytují ani v prázdném a chladném vzduchoprázdnu, kterým prochází vředy-přítomné záření. Přístroj tak zvládne velmi přesně určit energii a čas přiletu každého rentgenového fotonu z vesmíru. Díky své nadstandardně vyspělé technologii, na níž se budou podílet špičkové laboratoře Evropy, Japonska i Spojených států, dosáhne ATHENA vysoké spektrální citlivosti – nižší než pět elektronvoltů – při zachování velké sběrné plochy důležité pro pozorování zejména slabých či vzdálených objektů.

? Kde bude teleskop pracovat a jakou má předpokládanou životnost?

Teleskop by měla vynést nově připravovaná raketa Ariane 6 a nasměrovat jej do jednoho z libračních bodů, kde se vyrovnávají gravitační síly Země a Slunce. Bude tudíž obíhat stejnou úhlovou rychlostí společně s naší planetou a jeho pozorování nebudou tolik rušit sluneční vlivy, jako u většiny současných rentgenových družic na zemské oběžné dráze. ATHENA tak nebude

kolem Země kroužit, ale bude pracovat ve vzdálenosti asi jednoho a půl milionu kilometrů čili téměř čtyřikrát dál, než se nachází Měsíc. Pokud jde o její životnost, v současném návrhu se počítá s minimem pěti let, ale věříme, že se mise nakonec výrazně prodlouží – podobně jako u družice XMM-Newton, která oslavila již dvacet let fungování na oběžné dráze.

? Poslední velkou plánovanou misi v rámci evropského programu Kosmická vize tvoří LISA. Kdy má odstartovat a co bude měřit?

LISA uzavírá strategické velké mise ESA pro příštích patnáct let, s plánovaným vypuštěním v roce 2034. Má sestávat ze tří satelitů vzdálených navzájem dva a půl milionu kilometrů, které budou mezi sebou vysílat laserový paprsek. V každém modulu se bude přesně měřit fáze laserového svazku, a jakmile projde významná

ESA, protože představuje jedinečnou gravitační laboratoř v kosmu.

? Jaká bude česká účast v tomto případě?

Ke kritickým technologiím patří spolehlivý přenos laserového svazku, který se musí na vzdálenosti dvou a půl milionu kilometrů trefit do modulu o velikosti několik metrů. K jeho nasměrování poslouží mechanismy na takzvané optické lavičce. V každém modulu se plánují vždy dva zdroje laserového svazku, aby se zajistila redundance. K přepínání mezi nimi se využije mechanismus zvaný Fibre Switch Unit Actuator, k jehož vývoji se Česká republika zavázala.

? Který z českých vědeckých ústavů bude na projektu pracovat?

Spojily se k němu čtyři ústavy Akademie věd – Astronomický, Fyzikální, Ústav termomechaniky a Ústav fyziky atmosféry – aby

Díky obřím vzdálenostem mezi družicemi LISA bude možné vůbec poprvé zachytit gravitační vlny ze srážky superhmotných černých děr

gravitační vlna, detektory ji zaznamenají. Díky velkým vzdálenostem mezi družicemi bude možné vůbec poprvé zachytit gravitační vlny pocházející ze srážky superhmotných černých děr. Ty mají totiž daleko větší vlnoplochu než gravitační vlny od černých děr hvězdných hmotností, proto musíme mít laserový svazek dlouhý miliony kilometrů, čehož lze dosáhnout jen ve vesmíru. LISA se tak řadí mezi nejvýznamnější mise

ve spolupráci s českým průmyslem vyvinuly a dodaly pro misi LISA kritické mechanismy. Jde o ukázkový příklad kooperace mezi více ústavů Akademie věd a v tom vidím největší přínos, který nám program Vesmír pro lidstvo přináší. I díky zmíněnému projektu zaznamenává česká účast v kosmických misích v posledních letech nevídaný rozmach a jedná se o významný milník pro českou astronomii i kosmické vědy a inženýrství. Dalším krokem se stane systematická příprava studentů vysokých škol na praktickou činnost, ať už půjde o zpracování vědeckých dat z vesmírných misí, nebo o vývoj nové instrumentace a kosmických technologií. V obou případech se nám díky evropské spolupráci otevírají nebyvalé možnosti. ↻

Čeští vědci se podíleli také na přípravě jedné z velkých, tzv. L-class misí Evropské kosmické agentury: sonda JUICE zamíří k Jupiteru a jeho velkým měsícům

Mgr. Jana Žďárská působí jako místopředsedkyně Kosmologické sekce České astronomické společnosti, pracuje na Fyzikálním ústavu AV ČR. K astronomii ji v dětství přivedl otec, v rámci její popularizace se věnuje ponejvíce rozhovorům s vědeckými osobnostmi a reportážím z astronomických akcí

